

بررسی و تحلیل ارتباط نوسانات گرد و غبار با نوسانات دما و بارش غرب و جنوب غرب ایران

سیدحسین میرموسوی^۱

زهرا تاران^۲

چکیده

گرد و غبار یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که در سال‌های اخیر مشکلات متعددی را در زمینه‌های مختلف در ایران ایجاد کرده است. نوسانات متغیرهای اقلیمی نظیر دما و بارش در شدت و فراوانی رخداد این پدیده بسیار موثر است. بنابراین لازم است تا ضمن بررسی ارتباط بین نوسانات این متغیرها با پدیده گرد و غبار، تغییرات فضایی آنها نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

این پژوهش به منظور بررسی ارتباط بین نوسانات دما و بارش با پدیده گرد و غبار و تحلیل فضایی تغییرات آنها در منطقه غرب و جنوب غرب ایران انجام گرفته است. در این پژوهش داده‌های روزانه تعداد ۳۰ ایستگاه سینوپتیک ناحیه‌ی غرب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۶۲ در زمینه متغیرهای بارش، دما و گرد و غبار از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردیده است و با توجه به یکسان بودن طول دوره آماری در همه ایستگاهها، دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۸۵ انتخاب و سپس مورد استفاده قرار گرفته است. هم‌چنین به منظور ارزیابی نوسانات متغیرهای مورد مطالعه از روشهای تحلیل طیفی و به منظور بررسی رفتار فضایی این پدیده‌ها از الگوهای خود همبستگی فضایی استفاده شده است. نتایج حاصل از تحلیل خودهمبستگی فضایی با شاخص موران نشان داد که پدیده گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران با دما، بارش و روزهای خشک دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. نتایج حاصل از تحلیل لکه‌های داغ نیز متمرکز شدن و خوشه‌ای شدن گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: گرد و غبار، روزهای خشک، روند، خودهمبستگی فضایی، غرب و جنوب غرب ایران.

مقدمه

گرد و غبار یکی از شایع‌ترین پدیده‌های اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (رشکی و همکاران، ۲۰۱۸: ۵۹۰؛ صداقت و حاجی محمدی، ۱۳۹۸: ۹۴؛ گندمکار و همکاران، ۱۳۹۸: ۹۱). تقارب ایران با مدار رأس السرطان باعث عبور کمربند کم بارش و خشک دنیا از ایران شده است (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۷: ۸۸). پدیده گرد و غبار رویدادی طبیعی است و در مناطقی حادث می‌شود که دارای بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و بیابانی، فاقد پوشش گیاهی و دیگر پوشش‌های سطحی است (بابایی فینی، ۱۳۹۳: ۳۷۵). وزش بادهای فصلی عمدتاً تابستانه در فراهم آوردن آئروسول‌ها می‌تواند نقش موثری داشته باشد (رشکی و همکاران، ۲۰۱۳: ۵۵۲). در سال‌های اخیر وقوع پدیده‌ی گرد و غبار در منطقه‌ی خاورمیانه در حال افزایش است (طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲)، زیرا این منطقه یکی از پنج منطقه‌ی جهان است که بیشترین تولید گرد و غبار را دارد (رضازاده و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۰۳).

^۱. دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (نویسنده مسئول)

Email: hossein.mirmousavi@znu.ac.ir – Tel: 09124420117

^۲. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

دوره‌های خشکسالی طولانی و دخالت‌های غیر اصولی در طبیعت می‌تواند احتمال بروز این پدیده را افزایش دهد (گندمکار و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۷۸). ذرات گرد و غبار می‌توانند از بسترهای خشک شده منابع آبی (مناطق تولید گردو غبار فرامرزی و داخلی) که با خشکسالی از بین رفته‌اند منشا بگیرند (محمودی مه‌پاش و سوری، ۱۳۹۹: ۳۵۵). بررسی و ارزیابی پدیده گرد و غبار و ریزگردها یکی از ارزش‌های مهم در زمینه مدیریت مخاطره اقلیمی و محیطی در خاورمیانه بویژه مناطق خشک غرب و جنوب و قسمت‌های مرکزی ایران می‌باشد (صفریان زنگیر و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۵).

در سال‌های اخیر، شدت، تداوم و فراوانی گرد و غبار نسبت به گذشته بیشتر شده و مسائل و مشکلات زیادی را بوجود آورده است. در کشور ما و بخصوص در بخش جنوب غربی و غرب آن، شدت و تکرار این پدیده نسبت به دیگر مناطق کشور بیشتر است (امیدوار و سپندار، ۱۳۹۷: ۱). این پدیده متاثر از شرایط جوی خاصی است (گندمکار و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۷۸) البته به عقیده شی و همکاران (۲۰۲۰: ۱۱۷) تغییر زمانی انتشار گرد و غبار در آسیای میانه در دهه های اخیر و ارتباط آن با عوامل جوی به خوبی اثبات نشده است. کاهش دراز مدت در بارش موجب کاهش رطوبت خاک و پوشش گیاهی و در نهایت منجر به انتشار شدید گرد و غبار می‌شود (نامداری و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۶۵). در مقابل انصافی مقدم و همکاران (۲۰۱۹: ۷۷۰) چنین اذعان داشته‌اند که گرد و غبار می‌تواند به طور قابل توجهی به عنوان عامل کاهنده یا سرکوب کننده میزان بارندگی در منطقه عمل کند.

تاکنون در این زمینه مطالعات متعددی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. نامداری و همکاران (۲۰۱۸: ۲۶۵) در مطالعه‌ی اثرات آب و هوا و نوسانات سینوپتیک بر فعالیت طوفان گرد و غبار در خاورمیانه طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ اظهار کرده‌اند که تجزیه و تحلیل رگرسیون دو متغیره بین داده‌های دما و AOD^1 نشان دهنده‌ی همبستگی بالا برای عربستان سعودی (۰/۷۲) و عراق-سوریه (۰/۶۴) است. بین AOD و بارش نیز اگرچه در ماه‌های فوریه، مارس و آوریل همبستگی وجود دارد، در مقیاس سالانه ارتباط بیشتری را نشان داده است. اجر و همکاران^۲ (۲۰۱۸: ۱۰۵۱) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که کاهش سریع پوشش گیاهی و کاهش تدریجی سطح دریاچه به عنوان منابع مولد ریزگردها موجب افزایش ناگهانی انتشار گرد و غبار در صحرای غربی آفریقا شده است. اچاکوویست و همکاران^۳ (۲۰۱۷: ۴۴۹) در بررسی اینکه چه عواملی میزان گرد و غبار را در فصل بهار کنترل می‌کند، بیان کرده است: ۱. شرایط محیطی خشک و گرم‌تر تحت تاثیر دخالت موثر بین ENSO^۴ و PDO^۵، ۲. کاهش رطوبت خاک در مناطق کویری آمریکای شمالی و ۳. افزایش حمل و نقل در اقیانوس آرام، با افزایش غلظت گرد و غبار مرتبط هستند. رشکی و همکاران (۲۰۱۳: ۵۵۲) خشکی دریاچه‌های طولانی و عواقب آن برای فعالیت گرد و غبار را بررسی کردند. آنان با داده‌های ماهواره‌ای و هواشناسی نشان دادند که میزان آب در دریاچه‌ی هامون دارای تغییرات قابل توجه سالیانه در طول دوره‌ی ۱۹۸۵-۲۰۰۵ است که به شدت مربوط به ناهنجاری‌های بارش می‌باشد که این امر باعث تغییرات همزمان در فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار، شکل‌گیری آئروسول و بدتر شدن دید منطقه می‌شود.

سبحانی و همکاران (۱۳۹۹: ۱۷) در مطالعه خود با استفاده از مدل TOPSIS، دریافته‌اند که ایستگاه‌های آبادان، مسجد سلیمان، و اهواز به ترتیب با مقدار درصد (۱، ۰/۹۵، و ۰/۸۱) در معرض گرد و غبار قرار گرفته‌اند. ظریف معظم و همکاران (۱۳۹۹: ۱۹۰) در پژوهش خود متغیر بودن اثر گرد و غبار را روی بارش نشان دادند و چنین نتیجه گرفتند که در یک سامانه نمی‌توان از اجزاء آن همواره رفتار ثابتی را انتظار داشت و از این رو رسیدن به جمع بندی‌های جامع در موارد ذکر شده نیازمند مطالعات گسترده‌تر می‌باشد. جعفری و همکاران (۱۳۹۷: ۸۶۳) در واکاوی آماری پدیده گرد و غبار اصفهان چنین نتیجه گرفته‌اند که با آغاز دوره سرد سال، وزش بادهای همراه

¹ - Aerosol Optical Depth

² - Egerer et al

³ - Achakulwisut et al

⁴ - El Niño Southern Oscillation

⁵ - Pacific Decadal Oscillation



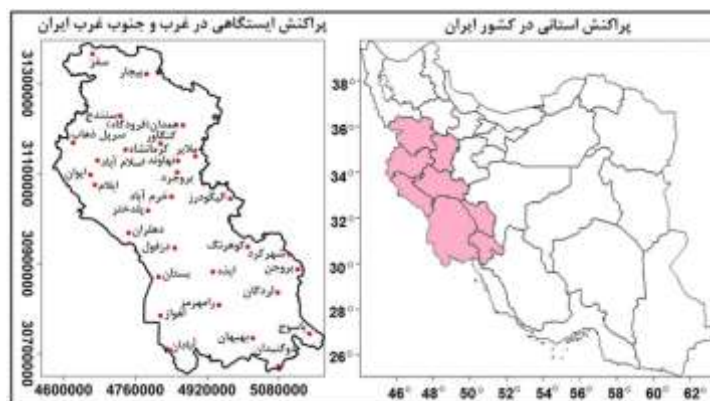
با گرد و غبار از نیمه غربی به سمت اصفهان شدت گرفته و در زمستان به بیشترین حد می‌رسد اما با شروع فصل گرما و به ویژه فصل تابستان وزش آنها از سمت غرب تقریباً به صفر رسیده و از جهت شرق می‌باشد. گندمکار و همکاران (۱۳۹۶: ۲۷۶) به بررسی و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گرد و غبار استان همدان پرداخته و دریافته‌اند سری‌های دمایی در ماه‌هایی که رونددار بوده‌اند از روند افزایشی برخوردار بوده و تعداد روزهای همراه با گرد و غبار نیز در ماه‌های سرد سال روند کاهشی و در ماه‌های گرم روند افزایشی داشته است که طبق مدل پیش بینی انجام شده روند رخداد این پدیده در آینده نیز افزایشی خواهد بود.

در پژوهش حاضر نیز سعی بر آن است تا ضمن ارزیابی ارتباط بین نوسانات دما و بارش با پدیده گرد و غبار در منطقه غرب و جنوب غرب ایران، نسبت به شناسایی و تحلیل الگوهای فضایی این پدیده اقدام گردد.

داده ها و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی غرب و جنوب غرب ایران به لحاظ توپوگرافی، از دشت‌ها و جلگه‌های پست بسیار کم ارتفاع نسبت به سطح دریا، در نواحی جنوبی (دشت‌های خوزستان و ایلام) تا رشته کوه‌های زاگرس با ارتفاع نزدیک به ۴۰۰۰ متر از سطح دریا و در نواحی مرکزی و شمالی تشکیل شده است. نواحی کوهستانی این محدوده از اقلیمی معتدل و نیمه خشک ولی بخش جنوبی آن از اقلیمی گرم و خشک برخوردار می‌باشد. غرب این محدوده با کشور عراق و جنوب آن به دریای خلیج فارس محدود شده است (رئیس پور، ۱۳۹۳). در این پژوهش، تعداد ۳۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک از استان‌های خوزستان، همدان، کردستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد، ایلام، لرستان و کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل (۱). محدوده‌ی مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه غرب و جنوب غرب ایران

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش داده‌های روزانه تعداد ۳۰ ایستگاه سینوپتیک ناحیه‌ی غرب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۶۲ در زمینه متغیرهای بارش، دما و گرد و غبار از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و با توجه به یکسان نبودن طول دوره آماری در همه ایستگاه‌ها، به منظور یکسان‌سازی طول دوره آماری، دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۸۵ انتخاب و سپس مورد استفاده قرار گرفت. در راستای این مطالعه، از نرم افزارهای ArcGIS، MATLAB و SURFER بهره گرفته شده و در جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات، شناخت نوسانات و بررسی ارتباط گردوغبار، دما و بارش استفاده شده است. برای بررسی نوسانات از روش‌های تحلیل طیفی و به کمک روش ضریب همبستگی پیرسون میزان پراش مشترک گرد و غبار با دما و بارش محاسبه گردیده و برای خوشه بندی از الگوی خودهمبستگی فضایی موران استفاده شده است. لازم به ذکر است که روزهای خشک با شرط بارشی کمتر از ۰/۱ میلی‌متر توسط امکانات برنامه‌نویسی در

نرم‌افزار متلب استخراج شده است. بر اساس مطالعات سازمان هواشناسی جهانی آستانه ۰/۱ میلی‌متر کمترین مقداری می‌باشد که یک ایستگاه هواشناسی می‌تواند برای بارش ثبت کند.

ضریب همبستگی پیرسون

در این مقاله از ضریب همبستگی پیرسون به منظور تعیین میزان رابطه، نوع و جهت رابطه‌ی بین متغیر استفاده شده است و در نهایت توسط آزمون معنی‌داری میزان اعتماد به آن مقادیر سنجیده شده‌اند. همبستگی بین دو متغیر تنها نشان دهنده‌ی این است که افزایش یا کاهش یک متغیر چه تاثیری بر افزایش یا کاهش متغیر دیگر دارد (عساکره، ۱۳۹۰: ۱۶۲). ضریب همبستگی و مفاهیم توصیفی آنها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱). ضریب همبستگی و مفاهیم توصیفی آنها

معنای توصیفی	ضریب همبستگی
همبستگی بسیار کم	۰ - ۰/۱۹
همبستگی کم	۰/۲ - ۰/۳۹
همبستگی متوسط	۰/۴ - ۰/۶۹
همبستگی زیاد	۰/۷ - ۰/۸۹
همبستگی بسیار زیاد	۰/۹ - ۱

ماخذ: عساکره ۱۳۹۰: ۱۶۱

الگوی خود همبستگی فضایی

برای الگوی خود همبستگی فضایی در این پژوهش، از تحلیل خوشه و ناخوشه^۱ و تحلیل لکه‌های داغ^۲ (هات اسپات) جهت شناسایی الگوها و تغییرات زمانی و مکانی استفاده شده است. تحلیل خوشه و ناخوشه که به شاخص انسلین محلی موران^۳ نیز مشهور است، الگویی بهینه برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا می‌باشد (گتیس و آلدستد^۴، ۲۰۰۴ و انسلین و همکاران^۵، ۲۰۰۹ و ویلر و پیز^۶، ۲۰۰۹). برای تحلیل خوشه و ناخوشه برای هر عارضه موجود در لایه، مقدار شاخص موران محلی، نمره Z و P-Value که بیانگر معنی‌داری شاخص محاسبه شده می‌باشد، برآورد می‌شود. آماره‌ی محلی موران^۱ بر اساس رابطه ۲ قابل محاسبه است:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} w_{i,j} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

در رابطه‌ی فوق x_i خصیصه عارضه i و \bar{x} میانگین خصیصه مربوطه $w_{i,j}$ وزن فضایی بی عارضه i و j می‌باشد. مقدار S_i^2 از رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شود:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j}^2}{n-1} - \bar{x}^2 \quad (3)$$

در رابطه‌ی فوق n برابر با تعداد کل عارضه هاست.

نمره استاندارد Z_{I_i} از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

- 1 - Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)
- 2 - Hot Spot Analysis (Getis - Ord Gi)
- 3 - Anselin Local Moran's I
- 4 - Getis & Aldstadt
- 5 - Anselin et al
- 6 - Wheeler & Paéz



$$z_{I_i} = \frac{I_i}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (4)$$

برای محاسبه ی $V[I_i]$ از رابطه‌های ۵ و ۶ استفاده می‌شود:

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (5)$$

$$E[I_i] = -\frac{\sum_{j=1, j \neq 1}^n}{n-1} \quad (6)$$

نمره Z محاسبه شده نشان می‌دهد که در کدام مناطق، داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده است. چهارچوب مفهومی این تحلیل این گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای، مقداری بالا داشته باشد جالب و مهم است، ولی این به این معنی نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه‌ی داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه‌ی آن از نظر آماری معنی‌دار باشد. امتیاز Z برای خروجی نهایی، زمانی بدست خواهد آمد که مجموع محلی (Local sum) عارضه و همسایه‌ی آن به طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد (جکوز و گرلینگ^۱، ۲۰۰۳ و ژانگ و همکاران^۲، ۲۰۰۸).

تحلیل طیفی

روش تحلیل همسازها، روشی بسیار کارا و مفید برای توصیف شاخص‌های نهان و الگوهای سالانه است. از اهداف تحلیل همسازها، تعیین پارامترهای مشخص‌کننده واریانس بسامدهاست. تحلیل طیف اندازه‌ای از توزیع واریانس، در امتداد تمامی طول موج‌های سری زمانی را گویند. به طور کلی برای استخراج چرخه‌ها توسط تحلیل طیفی، مراحل زیر انجام می‌شود (عساکره، ۱۳۸۸: ۳۹):

با استفاده از رابطه ۷ واریانس هر یک از فرکانس‌ها (موج‌ها) حساب می‌شود:

$$I(f_i) = \frac{n}{2} (a_i^2 + b_i^2) \quad (7)$$

برای آزمون ابتدا یک فاصله اطمینان (عموماً ۹۵ درصد) مشخص می‌شود هر کدام از طیف‌ها (فرکانس‌ها) سری زمانی خارج از فاصله اطمینان باشند آن چرخه‌ها معنی‌دار خواهند بود. بدین منظور از آزمون χ^2 استفاده می‌شود. درجه آزادی آزمون از رابطه ۸ به دست می‌آید:

$$df = \frac{2n - \frac{q}{2}}{q} \quad (8)$$

با این درجه آزادی و با یک سطح اطمینان ۹۵ درصد، با استفاده از مقادیر جدول χ^2 سطح معنی‌داری با استفاده از رابطه ۹ محاسبه می‌شود:

$$\text{sig} \hat{I}(f) = \frac{\chi^2}{df} \times \hat{I}(f) \quad (9)$$

برای چرخه‌هایی که در آنها مقدار واریانس $I(f) > \hat{I}(f)$ باشد، به مفهوم چرخه‌های معنی‌دار خواهد بود.

1 - Jacquez & Greiling

2 - Zhang et al

بحث و بررسی

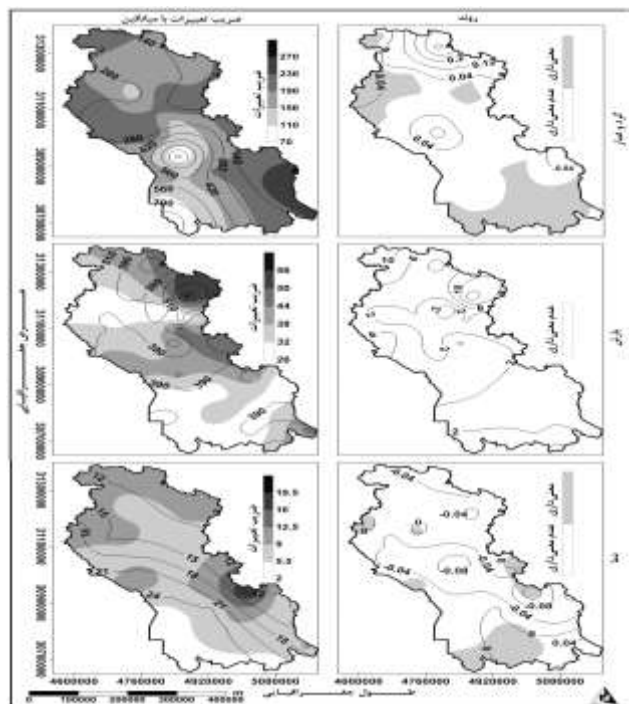
روند تغییرات گردوغبار، بارش و دما

معنی‌داری و عدم معنی‌داری در نقشه‌های روند تغییرات گردوغبار، بارش و دما و توزیع مکانی ضریب تغییرات به همراه میانگین در آنها مشاهده می‌شود (شکل ۲). توزیع مکانی ضریب تغییرات و میانگین رخداد گرد و غبار در غرب و جنوب‌غرب ایران نشان می‌دهد که فراوانی وقوع رخداد گرد و غبار، به شکل هسته‌ای در بخش غربی منطقه وجود دارد؛ هر چند کانون دیگری هم با همین مقدار در بخش جنوب‌غرب همین منطقه مشاهده می‌شود. این در حالی است که کمترین مقدار ضریب تغییرات با این مناطق منطبق شده است. در حین اینکه ضریب تغییرات به سمت مناطق جنوب‌شرقی افزایش یافته است، از شدت وقوع گردوغبارها کاسته شده و به طور متوسط به ۱۴۰ روز در طی دوره آماری مورد بررسی، رسیده است.

بر اساس نقشه‌های روند حاصل از روش پیرسون، بررسی توزیع مکانی روند گرد و غبار نشان می‌دهد که ایستگاه‌های بخش جنوبی محدوده‌ی غرب و جنوب‌غرب ایران و همین‌طور برخی ایستگاه‌های شمال‌غربی و شمال‌شرقی، از روند معنی‌داری نسبت به سایر بخش‌ها برخوردار است. اکثر ایستگاه‌های این محدوده روند افزایشی گرد و غبار را داشته‌اند اما این روند مثبت، معنی‌دار نیست؛ بدین معنا که میزان اعتماد به این موضوع کم می‌باشد. تنها در ایستگاه شهرکرد روند کاهشی منفی به چشم می‌خورد. در بخش غربی و شمال‌شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه، روند افزایشی گرد و غبار به شکل متمرکز مشاهده می‌شود که البته این افزایش معنی‌دار نیست. بیشترین مقدار روند افزایشی گردوغبار نیز در ایستگاه بیجار رخ داده است. به گونه‌ای که در این ایستگاه ضریب تغییرات به ۱۵۰ و فراوانی رخداد گردوغبار به ۱۴۰ روز رسیده است. مدبرپور و همکاران (۱۳۹۸: ۹۱) نیز برای ایستگاه‌های دوگنبدان و یاسوج روند افزایشی گرد و غبار را در مطالعه خود نشان دادند.

توزیع مکانی میانگین بارش نشان می‌دهد، بیشترین وقوع بارش‌ها در شمال‌شرقی منطقه رخ داده است. این در حالی است که مجموع بارش غالب در محدوده‌ی مورد مطالعه با مقدار متوسط ۳۹۰ میلی‌متر اتفاق افتاده است. ضریب تغییرات سالانه‌ی بارش از مقدار ۲۶ درصد در بخش‌هایی از شمال‌غرب، جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی، به ۵۶ درصد در بخش شمال‌شرقی منطقه رسیده است که بیشترین میزان ضریب تغییرات با بیشترین میزان بارش منطبق شده است. نقشه‌ی روند تغییرات بارش، عدم معنی‌داری را در تمام منطقه‌ی مورد بررسی نمایان می‌سازد. به غیر از ایستگاه کنگاور که دارای روند منفی بوده است، سایر ایستگاه‌های منطقه از روند مثبت برخوردار هستند. بالاترین میزان روند در قسمت شمال‌شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه با مقدار متوسط ۱۴ میلی‌متر در سال مشاهده می‌شود که بر اساس نقشه‌ی ضریب تغییرات و مجموع بارش، این قسمت دارای بالاترین مقدار آنها بوده است. آذرخشی و همکاران (۱۳۹۲: ۱) در بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۶ به این نتیجه رسیدند که روند تغییرات بارش سالانه در دامنه شمالی البرز و دامنه‌های غربی زاگرس منفی و در بخش‌های مرکزی ایران مثبت بوده است.

نقشه‌ی توزیع مکانی ضریب تغییرات و میانگین دما نشان می‌دهد در غرب و جنوب‌غرب ایران کمترین میانگین دما از جنوب‌غربی به سمت شمال‌شرقی محدوده کاهش پیدا کرده است. ضریب تغییرات در بخش جنوب‌غربی کمترین میزان و در بخش شرقی بیشترین میزان را دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کمترین میانگین دما در مناطقی که دارای ضریب تغییرات بالایی بوده است، اتفاق افتاده است. میانگین بالای دما نیز با مقدار متوسط ۲۴ درجه‌ی سانتیگراد در ایستگاه‌های جنوب‌غربی روی داده است که این مناطق دارای ضریب تغییرات ۲ تا ۹ درصدی بوده‌اند. آنچه که از نقشه‌ی روند دمایی استنباط می‌شود، معنادار بودن ایستگاه‌های دهلران، سرپل ذهاب، کرمانشاه، الیگودرز، کوهرنگ، آبادان، رامهرمز و بهبهان و عدم معنی‌داری سایر ایستگاه‌های مورد بررسی می‌باشد. به جز ایستگاه یاسوج که از روند افزایشی دما برخوردار می‌باشد، سایر ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی دما بوده‌اند. بر اساس یافته‌های گندمکار و همکاران (۱۳۹۶: ۲۸۳) در بررسی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گردوغبار استان همدان طی دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۹۲ روند سالانه‌ی دمای متوسط ایستگاه همدان ۰/۱۷ بوده است.



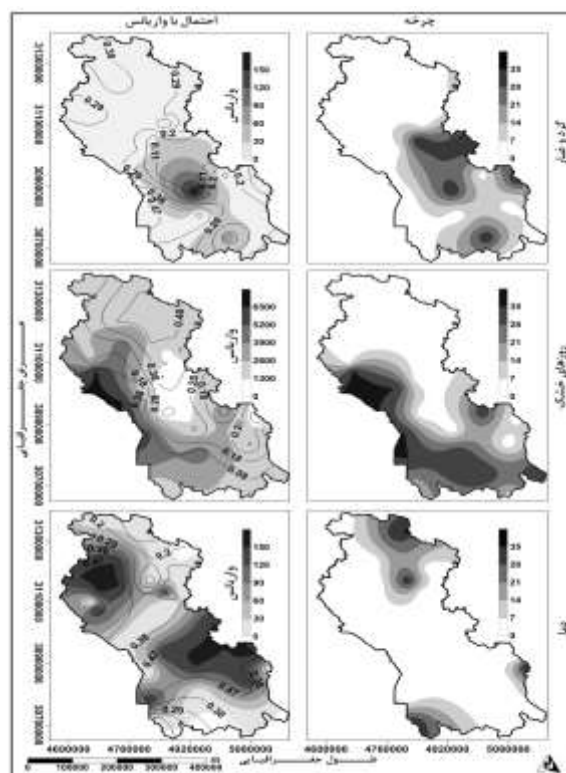
شکل (۲). روند تغییرات گرد و غبار، بارش و دمای غرب و جنوب غرب ایران

تحلیل طیفی چرخه‌های گرد و غبار، روزهای خشک و دما

هر چرخه‌ای احتمال رخداد و واریانس مخصوص به خود را دارد. در این تحلیل روزهای خشک به روزهایی اطلاق می‌شود که بارشی کمتر از $0/1$ میلی‌متر داشته باشد. مطابق نقشه‌های چرخه‌ی گرد و غبار (شکل ۳) کمترین دوره‌های مشاهده شده، دوره‌های ۷-۰ ساله می‌باشند که به عنوان چرخه‌های کوتاه‌مدت از آنها یاد می‌شود. این چرخه‌ها در مناطق شمالی شمال شرقی، غربی، جنوب غربی و جنوب شرقی دیده می‌شوند که واریانس آنها کمتر از ۳۰ درصد می‌باشد. این مناطق از احتمال یکسانی برخوردار نیستند. در مناطق شمال غربی و شمال شرقی دوره‌های کوتاه‌مدت با احتمال $0/29$ درصد، در مناطق شمالی $0/38$ درصد و در جنوب غرب محدوده، این دوره‌ها با احتمال $0/47$ درصد مشاهده می‌شوند.

بیشترین دوره‌های بازگشت در چرخه‌های گردوغبار، دوره‌های ۳۵-۲۸ ساله می‌باشند که در ایستگاه‌های شرقی و جنوبی محدوده‌ی مورد بررسی دیده می‌شوند که تنها در ایستگاه ایزه بالاترین واریانس وجود داشته است و واریانس بالا نیز در چرخه‌ها، نشان از اهمیت دوره‌های مورد نظر دارد. در تمام این ایستگاه‌ها احتمال رخداد گردوغبار $0/11$ درصد بوده است. بر این اساس می‌توان گفت دوره‌های کوتاه‌مدت از احتمال رخداد بیشتری نسبت به دوره‌های بلندمدت برخوردار بوده و بیشترین پراکنش را در محدوده‌ی غرب و جنوب غرب ایران داشته‌اند. به گونه‌ای که این دوره‌ها در این منطقه غالب بوده و بیشترین تکرار را داشته‌اند.

بر اساس آنچه از نقشه‌ی چرخه‌های روزهای خشک استنباط می‌شود (شکل ۳)، دوره‌های کوتاه‌مدت در نیمه‌ی شمالی محدوده‌ی مورد مطالعه غالب می‌باشد. در نیمه‌ی شمالی بیشترین احتمال برآورد شده تا $0/48$ درصد می‌باشد و واریانسی کمتر از ۲۶۰۰ درصد در این نیمه اتفاق افتاده است. واریانس به سمت مناطق غربی افزایش پیدا کرده است. به طوری که بیشترین میزان دوره‌های بازگشت در نقشه‌ی چرخه‌های روزهای خشک نیز با بیشترین واریانس موجود همپوشی داشته است. علیچانی و همکاران (۱۳۹۵: ۲۱۷ و ۲۱۸) در تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه ایران به نتیجه رسیدند که در غرب، جنوب غرب و شمال غرب کشور چرخه‌های ۲ تا ۳ ساله غالب بوده‌اند.



شکل (۳). چرخه به همراه واریانس و احتمال گرد و غبار، روزهای خشک و دمای غرب و جنوب غرب ایران

برخلاف نقشه‌های گرد و غبار و روزهای خشک، در نقشه‌های دما، چرخه‌های بلندمدت با کمترین واریانس اتفاق افتاده است؛ اما احتمال رخداد آنها همچنان دارای کمترین مقدار می‌باشند. بیشترین چرخه‌های اتفاق افتاده در ناحیه غرب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری مورد مطالعه، دوره‌های دمایی کوتاه‌مدت با احتمال رخداد و واریانس بالا بوده است. عساکره (۱۳۸۹: ۱۱) در تحلیل چرخه‌های میانگین دمای سالانه شهر زنجان با استفاده از تابع اتوکواریانس، طیف دما و چرخه‌های دمایی شهر زنجان را استخراج کرده و بر اساس یافته‌های پژوهش خود نشان داده است دمای زنجان حاوی چرخه‌ی ۲/۵ ساله است.

تحلیل ضریب همبستگی

جدول (۲) همبستگی بین گردوغبار را با روزهای خشک، بارش و دما نشان می‌دهد. در این جدول ایستگاه‌هایی که در آزمون معنی‌داری، معنی‌دار بوده‌اند با علامت * نشان داده شده است.

با توجه به جدول (۲)، همبستگی گردوغبار با دما و روزهای خشک در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه مثبت بوده و نشان دهنده‌ی ارتباط مسقیم بین آنهاست. به بیان ساده‌تر می‌توان گفت روزهای همراه با گردوغبار با افزایش دما و روزهای خشک، افزایش می‌یابد.

میزان گردوغبار با روزهای خشک تنها در دو ایستگاه شهرکرد و بروجن از رابطه‌ی منفی و معکوس برخوردار بوده است. به عبارتی با افزایش روزهای خشک در این دو ایستگاه، روزهای توأم با گردوغبار کاهش می‌یابد. اما به دلیل اینکه همبستگی ضعیفی بین گردوغبار با روزهای خشک در این دو ایستگاه حاکم است، به طور دقیق، به این نتیجه نمی‌توان اعتماد کرد. البته این موضوع می‌تواند به دلیل موقعیت ارتفاعی این دو شهر نیز باشد؛ هر چند که معنی‌داری خاصی در آنها مشاهده نمی‌شود. ایستگاه شهرکرد به همراه سه ایستگاه کوهرنگ، یاسوج و اهواز در همبستگی بین دما با گرد و غبار نیز رابطه‌ی معکوسی را نشان داده است. بروغنی و همکاران (۱۳۹۴: ۴۵)، در مطالعه ارزیابی نقش خشکسالی در فراوانی وقوع گرد و غبار در استان خراسان رضوی طی دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۰۴ به این نتیجه رسیدند که بین وقوع گرد و غبار با خشکسالی ارتباط مستقیمی وجود دارد و در سال‌هایی که شدت خشکسالی زیاد شده بر تعداد وقوع

گرد و غبار نیز افزوده شده است. همچنین گووس و همکاران (۲۰۱۹: ۳۳) نیز به حالات فعلی گرم شدن کره زمین با تأکید ویژه بر نقش رویدادهای گرد و غبار در افزایش منطقه‌ای دما اشاره کرده است.

بررسی همبستگی بین روزهای همراه با گردوغبار با پارامتر بارش نشان می‌دهد که در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی منفی بوده و بیانگر ارتباط معکوس بین آنهاست (جدول ۲). این همبستگی تنها در ایستگاه‌های کوه‌رنگ، بروجرد، الیگودرز و همدان دارای ارتباط مستقیم می‌باشد.

میزان همبستگی بین گرد و غبار با روزهای خشک، بارش و دما در جدول (۲) را می‌توان بر اساس جدول ضرایب همبستگی (جدول ۱)، سنجید. برای مثال با توجه به این جداول همبستگی بین روزهای همراه با گرد و غبار با دما در ایستگاه بروجرد، به میزان ۰/۶۳، یعنی همبستگی با میزان متوسط می‌باشد.

جدول (۲). همبستگی بین گرد و غبار با روزهای خشک، بارش و دمای غرب و جنوب غرب ایران

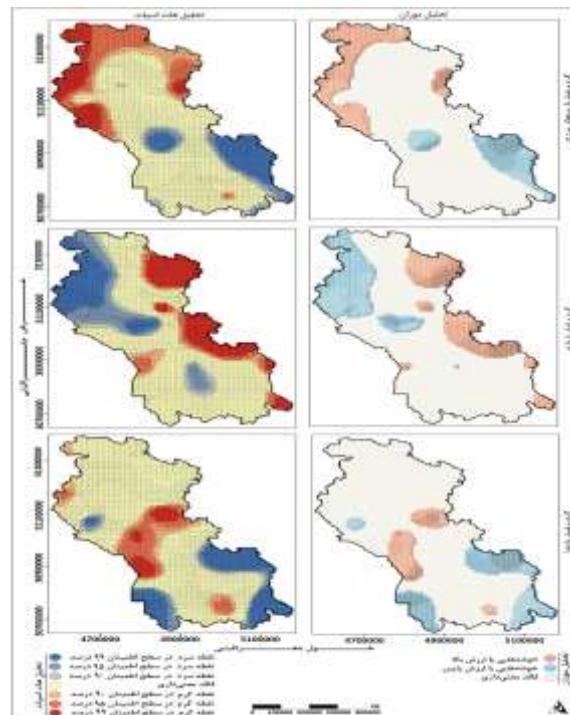
ایستگاه	گردوغبار و روزهای خشک	آزمون معنی‌داری	گردوغبار با بارش	آزمون معنی‌داری	گردوغبار با دما	آزمون معنی‌داری
ایلام	0/64	*	-0/42	*	0/07	*
دهلران	0/50	*	-0/18	*	0/46	*
ایوان	0/33		-0/40	*	0/48	*
شهرکرد	-0/25		-0/14		-0/03	
بروجن	-0/09		-0/02		0/14	
کوه‌رنگ	0/16		0/05		-0/16	
لردگان	0/19		-0/27		0/43	*
خرم‌آباد	0/42	*	-0/47	*	0/44	*
بروجرد	0/37	*	0/06	*	0/63	*
الیگودرز	0/38	*	0/24	*	0/42	*
پلدختر	0/31		-0/49	*	0/54	*
یاسوج	0/27		-0/04		-0/56	*
دوگنبدان	0/23		-0/20		0/12	
اهواز	0/35	*	-0/22	*	-0/03	
بستان	0/42	*	-0/08	*	0/60	*
آبادان	0/27		-0/22		0/08	
دزفول	0/13		-0/11		0/42	*
بهبهان	0/53	*	-0/31	*	0/52	*
ایذه	0/50	*	-0/42	*	0/30	*
رامهرمز	0/39	*	-0/41	*	0/41	*
سندج	0/45	*	-0/43	*	0/37	*
بیجار	0/53	*	-0/21	*	0/41	*
سقز	0/55	*	-0/41	*	0/43	*
همدان	0/50	*	0/20	*	0/43	*
نپاوند	0/44	*	-0/21	*	0/42	*
ملایر	0/60	*	-0/41	*	0/43	*
کرمانشاه	0/28		-0/32		0/32	
کنگاور	0/32		-0/26		0/28	
سرپل‌ذهاب	0/64	*	-0/57	*	0/48	*
اسلام‌آباد	0/52	*	-0/53	*	0/19	*

توزیع الگوی خودهمبستگی فضایی

برای نشان دادن الگوی خودهمبستگی فضایی، از دو روش تحلیل موران^۱ و تحلیل هات اسپات^۲ استفاده شده است (شکل ۴). خودهمبستگی فضایی موران فقط نوع الگو را مشخص می‌کند. به همین دلیل برای نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر توزیع روزهای خشک، بارش و دمای غرب و جنوب غرب ایران، طی دهه‌های مورد مطالعه از موران محلی استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده و یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده است (علی آبادی و رودباری، ۱۳۹۴: ۹۶).

بر این اساس می‌توان گفت تحلیل موران محلی برای خودهمبستگی فضایی گرد و غبار با روزهای خشک در مناطق غربی، شمال غربی، شمالی و بخش‌هایی از شرق محدوده‌ی مورد مطالعه، الگوی خوشه‌ای بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) و در مناطق مرکزی و جنوب شرقی، الگوی خوشه‌ای پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) را نشان می‌دهد. خودهمبستگی فضایی گرد و غبار با بارش در مناطق شمال شرقی، شرقی و بخش کوچکی از جنوب شرقی و غرب محدوده‌ی مورد بررسی، دارای الگوی خوشه‌ای بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) و در مناطق مرکزی و شمال غربی، دارای الگوی خوشه‌ای پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) می‌باشد.

خودهمبستگی فضایی گرد و غبار با دما در مناطق شرقی، غربی و بخش کوچکی از جنوب محدوده، از الگوی خوشه‌ای بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) و مناطق جنوب شرقی، جنوب غربی و بخش کوچکی از غرب منطقه، از الگوی خوشه‌ای پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) برخوردار می‌باشد. در تحلیل موران مناطقی که با رنگ سفید استخوانی مشخص شده است نیز تصادفی بوده و فاقد معنی‌داری می‌باشد.



شکل (۴). توزیع الگوی خودهمبستگی فضایی در غرب و جنوب غرب ایران

1 - moran
2 - HotSpot



روش تحلیل هات اسپات به منظور حصول اطمینان از مناطق دارای بارش بالا و پایین به کار گرفته شده است. تحلیل هات اسپات که برای هر عارضه‌ی موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود نوعی امتیاز Z است. برای امتیاز Z مثبت و معنی‌دار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z بزرگ‌تر باشد مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و مناطق پر ارزش را تشکیل می‌دهد. برای امتیاز Z منفی و معنی‌داری از نظر آماری هر چه امتیاز Z کوچک‌تر باشد، به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین بوده و مناطق کم‌ارزش را نشان می‌دهد (علی آبادی و داداشی رودباری، ۱۳۹۴: ۹۹ و ۹۸). بر همین اساس، توزیع خودهمبستگی فضایی در تحلیل هات اسپات نیز تقریباً در همان مناطقی قرار دارد که در تحلیل موران نمایش داده شده است.

نتیجه گیری

در این پژوهش، نسبت به بررسی ارتباط بین نوسانات دما و بارش با پدیده گرد و غبار در منطقه غرب و جنوب غرب ایران اقدام شده است. نتایج حاصل از روش‌های تحلیل طیفی نشان می‌دهد که پدیده گرد و غبار در ایستگاه‌های بخش جنوبی و برخی از ایستگاه‌های شمال غربی و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه، از روند افزایشی معنی‌داری نسبت به سایر ایستگاه‌ها، برخوردار هستند و تنها در ایستگاه شهرکرد، این پدیده دارای روند کاهشی می‌باشد. هم‌چنین در بین تمام ایستگاه‌ها، بیشترین مقدار روند افزایش گرد و غبار، در ایستگاه بیجار مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل روند تغییرات بارش نیز نشان می‌دهد که به غیر از ایستگاه کنگاور که دارای روند منفی است، سایر ایستگاه‌های منطقه، از روند افزایشی برخوردار می‌باشند. بیشترین میزان روند افزایشی بارش، در بخش شمال شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه به میزان ۱۴ میلی‌متر در سال است. نتایج حاصل از تحلیل روند دما نیز حاکی از کاهش معنی‌دار این متغیر در طی دوره مورد مطالعه در ایستگاه‌های دهلران، سرپل ذهاب، کرمانشاه، الیگودرز، کوهرنگ، آبادان، رامهرمز و بهبهان می‌باشد.

تحلیل طیفی چرخه‌های گرد و غبار نشان داد که چرخه‌های کوتاه‌مدت گرد و غبار در مناطق شمالی، شمال شرقی، غربی، جنوب غربی و جنوب شرقی برقرار است. چرخه‌های بلندمدت گرد و غبار نیز با واریانس بالا در ایستگاه‌های شرقی و جنوبی محدوده‌ی مورد بررسی دیده می‌شود. در کل می‌توان گفت دوره‌های کوتاه‌مدت علاوه بر بیشترین پراکنش، احتمال رخداد بیشتری را نسبت به دوره‌های بلندمدت نشان می‌دهند. چرخه‌های مربوط به روزهای خشک نیز، غالب بودن دوره‌های کوتاه‌مدت را در نیمه‌ی شمالی محدوده‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهند. هم‌چنین این چرخه‌ها نشانگر بیشترین میزان دوره‌های بازگشت با بیشترین واریانس موجود در مناطق غربی می‌باشند. برخلاف نقشه‌های گرد و غبار و روزهای خشک، چرخه‌های بلندمدت دمایی با کمترین واریانس اتفاق افتاده است؛ اما احتمال رخداد آنها هم‌چنان دارای کم‌ترین مقدار می‌باشند. بیشترین چرخه‌های اتفاق افتاده در ناحیه‌ی غرب و جنوب غرب ایران طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه، دوره‌های دمایی کوتاه‌مدت با احتمال رخداد و واریانس بالا می‌باشد.

بر اساس تحلیل‌های همبستگی، پدیده گرد و غبار با دما و روزهای خشک در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه به استثنای دو ایستگاه شهرکرد و بروجن، ارتباط مثبت و معنی‌داری دارد. هم‌چنین ایستگاه شهرکرد به همراه سه ایستگاه کوهرنگ، یاسوج و اهواز در همبستگی بین دما با گرد و غبار نیز رابطه‌ی معکوسی را نشان دادند. همبستگی بین روزهای همراه با گرد و غبار با پارامتر بارش در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی منفی بوده و بیانگر ارتباط معکوس بین آنهاست. این همبستگی تنها در ایستگاه‌های کوهرنگ، بروجرد، الیگودرز و همدان مثبت می‌باشد.

توزیع الگوی خودهمبستگی فضایی گرد و غبار با روزهای خشک در مناطق غربی، شمال غربی، شمالی و بخش‌هایی از شرق محدوده‌ی مورد مطالعه، الگوی خوشه‌ای بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) و در مناطق مرکزی و جنوب شرقی، الگوی خوشه‌ای پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) را نشان می‌دهد. خودهمبستگی فضایی گرد و غبار با بارش در مناطق شمال شرقی، شرقی و بخش کوچکی از جنوب شرقی و غرب محدوده‌ی مورد مطالعه، دارای الگوی خوشه‌ای بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) و در مناطق مرکزی و شمال غربی، دارای الگوی خوشه‌ای پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) می‌باشد. خودهمبستگی فضایی گرد و غبار با دما در مناطق شرقی، غربی و بخش کوچکی از جنوب محدوده، از الگوی خوشه‌ای بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) و مناطق جنوب شرقی،

جنوب‌غربی و بخش کوچکی از غرب منطقه، از الگوی خوشه‌ای پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) برخوردار می‌باشد. این موضوع می‌تواند به دلیل بیابان‌های خشک کشورهای همسایه نظیر عربستان، سوریه و عراق و انتقال ریزگردهای آن به بخش‌های غربی و جنوب غربی ایران باشد.



منابع

- آذرخشی، مریم، فرزاد مهر، جلیل، اصلاح، مهدی، صحابی، حسین، (۱۳۹۲)، بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران، مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، دوره ۶۶، شماره ۱، صص ۱۶-۱.
- امیدوار، کمال، سپندار، نساء، (۱۳۹۷)، تحلیل همبند و پایش ماهواره‌ای پدیده گرد و غبار در استان کرمانشاه در بازه زمانی (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰) مطالعه موردی: گرد و غبار فراگیر ۲۷ و ۲۸ خرداد ۱۳۸۸، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، دوره ۱۸، شماره ۴۹، صص ۱۸-۱.
- بابایی فینی، ام‌السلمه، صفراد، طاهر، کریمی، مصطفی، (۱۳۹۳)، تحلیل فضایی - زمانی رخداد گرد و غبار در غرب ایران، محیط شناسی، دوره ۴۰، شماره ۲، صص ۳۷۵-۳۸۸.
- بروغنی، مهدی، مرادی، حمیدرضا، زنگنه اسدی، محمدعلی، (۱۳۹۴)، تحلیل وقوع گرد و غبار و پهنه بندی آن در استان خراسان رضوی، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ۵، شماره ۴، صص ۵۷-۴۵.
- جعفری، مهدی، زهتابیان، غلامرضا، مصباح زاده، طیبه، (۱۳۹۷)، واکاوی آماری پدیده گردو غبار (مطالعه موردی اصفهان)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۵، شماره ۴، صص ۸۷۶-۸۶۳.
- رئیس پور، کوهزاد، (۱۳۹۳)، اقلیم شناسی سینوپتیکی، ماهواره ای گرد و غبارهای غرب و جنوب غرب ایران. رساله دکتری، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- سبحانی، بهروز، صفریان زنگیر، وحید، فیض اله زاده، سینا، (۱۳۹۹)، مدل سازی و پیش بینی گرد و غبار در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، دوره ۵۲، شماره ۱، صص ۳۵-۱۷.
- صداقت، مهدی، حاجی محمدی، حسن، (۱۳۹۸)، بررسی نقش ناوه پارسا و باد شمال در تشدید طوفان‌های گرد و غبار فراگیر دوره گرم سال غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۸، شماره ۲۱، صص ۱۱۰-۹۳.
- صفریان زنگیر، وحید، زینالی، بتول، جعفری حسنی کندی، یوسف، جعفرزاده علی آباد، لیلا، (۱۳۹۷)، بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۵، شماره ۲، صص ۱۴۲-۱۲۵.
- طائی سمیرمی، سیاوش، مرادی، حمید رضا، خداقلی، مرتضی، احمدی آخوومه، مریم، (۱۳۹۲)، **ساخت و بررسی عوامل موثر بر پدیده گرد و غبار در غرب ایران**، دوره ۱۱، شماره ۴ (۲۷ پیاپی ۳۸)، صص ۱۰-۱.
- ظریف معظم، ملیحه سادات، مهدوی، رسول، جوانمرد، سهیلا، رضائی، مرضیه، (۱۳۹۹)، بررسی اثر احتمالی گرد و غبار روی بارش استان خراسان رضوی، مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۱۲، شماره ۱، صص ۲۰۰-۱۹۰.
- عساکره، حسین، (۱۳۸۸)، تحلیل طیفی سری های زمانی دمای سالانه تبریز، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۴، شماره ۳ (پیاپی، ۹۴)، صص ۳۳-۵۰.
- عساکره، حسین، (۱۳۸۹)، تحلیل چرخه های میانگین دمای سالانه شهر زنجان، جغرافیا و توسعه، دوره ۸، شماره ۱۹، صص ۲۴-۱۱.
- عساکره، حسین، (۱۳۹۰)، **مبانی اقلیم شناسی آماری**، انتشارات دانشگاه زنجان، صص ۱-۵۴۵.
- علی آبادی، کاظم، داداشی رودباری، عباسعلی، (۱۳۹۴)، بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی دمای بیشینه‌ی ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ۶، شماره ۲۱، صص ۱۰۴-۸۶.
- علیجانی، بهلول، بیات، علی، دوستکامیان، مهدی، بلیانی، بداله، (۱۳۹۵)، تحلیل طیفی سری های زمانی بارش سالانه ایران. **جغرافیا و برنامه ریزی**، دوره ۲۰، شماره ۵۷، صص ۲۳۶-۲۱۷.

- قويدل رحيمي، يوسف، فرج زاده، منوچهر، لشنی زند، اسماعيل، (۱۳۹۷)، تحليل تغييرات زمانی توفان‌های گرد و غباری خرم آباد، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۸، شماره ۵۱، صص ۱۰۲-۸۷.
- گندمکار، امیر، فنايي، راضيه، دانشور، فاطمه، کاردان، حسين، احدى نژاد، مريم السادات، رضایی، نجمه، (۱۳۹۶)، بررسی و ارتباط سنجی روند سری های دمایی و روزهای همراه با گرد و غبار استان همدان، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، سال ۱۵، شماره ۳، صص ۲۹۳-۲۷۶.
- گندمکار، امیر، مدبرپور، علی، خداقلي، مرتضی، (۱۳۹۸)، بررسی زمانی - مکانی مخاطره گرد و غبار (مطالعه موردی: ایستگاه های یاسوج و دوگنبدان)، فصلنامه جغرافیا، پیاپی ۶۱، صص ۱۰۸-۹۱.
- محمودی مه پاش، ناهید، سوری، بابک، (۱۳۹۹)، منشاء یابی گرد و غبار با استفاده از نسبت یونها و مرفولوژی ذرات در نیمه غربی ایران، محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)، دوره ۷۳، شماره ۲، صص ۳۶۷-۳۵۵.
- Achakulwisut, P., Lu, Sh., Mickiey, L.J. (2017), What Controls Springtime Fine Dust Variability in the Western United States? Investigating the 2002–2015 Increase in Fine Dust in the U.S. Southwest, *Journal of Geophysical Research*, 122(22), 12,449-12,467.
- Anselin, L., Syabri, I., Kho, Y., (2009), GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In Fischer MM, Getis A (eds) *Handbook of applied spatial analysis*, Springer, Berlin, Heidelberg and New York, 73-89.
- Egerer, S., Claussen, M., Reick, Ch., (2018), Rapid increase in simulated North Atlantic dust deposition due to fast change of northwest African landscape during the Holocene, *climate of the past*, 14, 1051–1066.
- Ensafi Moghaddam, t., Khoshakhlagh, F., Shamsipour, A., Akhavan, R., Safarrad, T., Amiraslani, F., (2019), Analysis of simultaneous dust fall and rainfall events frequency in southwest of Iran, *Iranian Range and Desert Research*, 25 (4), 770-788.
- Getis, A., Aldstadt, J., (2004), Constructing the spatial weights matrix using a local statistic, *Geogr Anal*, 36(2), 90-104.
- Ghouse, B., Venkat, M., Ratnama, K., Niranjan, K., Kishored, P., Isabella, V., (2019), Long-term variation of dust episodes over the United Arab Emirates, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 7(187), 33-39.
- Jacques, GM., Greiling, DA. (2003), Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island, New York, *Int J Health Geographics*, 2(3), 1-12.
- Namdari, s., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, Gh H., Sehat kashani, S., (2018), Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East, *Atmospheric Environment*, 173, 265-276.
- Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Sepehr A., (2018), Statistical evaluation of the dust events at selected stations in Southwest Asia: From the Caspian Sea to the Arabian Sea, *Catena*, 165, 590-603.
- Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Goudie, A.S.Kahn., (2013), Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran, *Science of the total environment*, 552.564.
- Rezazadeh, M., Irannejad, P., Shao, Y., (2013), Climatology of the Middle East dust events, *Aeolian Research*, 103-109.
- HuadongGuo

- Shi, Lamei., Zhang, Jiahua., Yao, Fengmei., Zhang, Da., Guo, Huadong., (2020), Temporal variation of dust emissions in dust sources over Central Asia in recent decades and the climate linkages, Atmospheric Environment, 222, 117176.
- Wheeler, D, Paéz A. (2009), Geographically Weighted Regression. In Fischer MM, Getis A (eds) Handbook of applied spatial analysis, Springer, Berlin, Heidelberg and New York, 461-486.
- Zhang, C., Luo, L., Xu, W., Ledwith, V. (2008), Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland, Sci Total Environ, 398(1-3), 212-221.