

بررسی نوسانات سالانه غالب بر گردوغبار و سرعت باد در حوضه آبخیز هیرمند

فاطمه درگاهیان^{۱*}، زهرا سعیدی فر^۲، محمدرضا پودینه^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴

چکیده

اکوسیستم بیابانی شرق کشور با دو پدیده طبیعی و دائمی باد و گردوغبار مواجه است. شبیه‌سازی چرخه‌های حاکم بر این دو پدیده، برای مدیریت هرچه بهتر آن ضروری است. این منطقه به دلیل وجود بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و شرایط توپوگرافی در بیشتر مواقع با پدیده باد و گردوغبار مواجه است. هم‌نمایی شرایط مورفولوژی زمین و جریانات هوای ناشی از گرادیان فشار و وجود رسوبات ریزدانه منجر به ایجاد طوفان‌های گردوغبار در دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان شده است. از آنجاکه این بادهای در رخداد گردوغبار در منطقه مورد مطالعه بسیار تأثیرگذار است، نوسانات سالانه حاکم بر سرعت باد و گردوغبار از اهمیت فراوانی برخوردار است. در همین راستا در این مطالعه، به بررسی و تحلیل چرخه‌های سالانه حاکم بر گردوغبار و سرعت باد حوضه آبخیز هیرمند پرداخته شده است. برای این منظور، داده‌های مربوط به گردوغبار و سرعت باد در هفت ایستگاه سینوپتیکی در محدوده حوضه آبخیز هیرمند طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ (دوره هجده‌ساله) از سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. بعد از استخراج کدهای گردوغبار و محاسبه سرعت باد در مقیاس سالانه، برای استخراج چرخه‌های حاکم بر سرعت باد و گردوغبار از تحلیل همسازها استفاده شد. در این روش، تک‌تک موج‌ها، استخراج و سهم هر یک از آن‌ها در واریانس کل تعیین و در نهایت، پس از استخراج واریانس، تک‌تک موج‌ها از لحاظ معنی‌داری آماری بررسی شد. نتایج حاصل از تحلیل نوسانات گردوغبار و سرعت باد در حوضه آبخیز هیرمند نشان می‌دهد که نوسانات غالب بر این دو پارامتر متنوع است. با وجود این، بیشتر چرخه‌های غالب بر گردوغبار و سرعت باد از نوع کوتاه‌مدت دو تا چهارساله است. در بعضی از ایستگاه‌ها چرخه‌های معادل با طول دوره آماری مشاهده شده است که این نوع چرخه‌ها بیانگر وجود روند در سری داده‌هاست.

کلیدواژه‌ها: باد ۱۲۰ روزه، گرادیان فشار، رسوبات ریزدانه، نوسانات، چرخه غالب.

۱. دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
dargahian@rifr-ac.ir

۲. دکتری بیابان‌زدایی بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳. استادیار گروه جغرافیا دانشگاه سیستان و بلوچستان، سیستان و بلوچستان، ایران

• این مقاله برگرفته از طرح مطالعاتی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است.

مقدمه

اکوسیستم‌هایی بیابانی که تحت حاکمیت دائمی و پایدار یک یا چند استرس ناشی از عوامل محیطی شکل گرفته و تکامل می‌یابند، در صورتی که تحت تأثیر پدیده‌های نوظهور طبیعی یا دخالت انسان تخریب شوند، امکان بازگشت آن‌ها به حالت اولیه غیرممکن است یا به زمان طولانی و فراتر از مقیاس عمر انسان نیاز دارد. برخلاف این موضوع، شکنندگی بیابان‌ها در چارچوب برنامه‌های توسعه کشور نادیده گرفته شده است؛ به نحوی که اکثر این اکوسیستم‌ها در معرض تخریب قرار گرفته‌اند (جلیلی، ۲۰۲۰). هرساله در جهان بر اثر وزش باد و طوفان‌های گردوغبار مخاطراتی اتفاق می‌افتد که خساراتی را به جوامع تحمیل می‌کند؛ اما آنچه محرز است، میزان آسیب‌پذیری در مقابل این مخاطرات در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، بیشتر است. در جایی که وابستگی اقتصادی وجود دارد، آثار این حوادث بیشتر نمایان می‌شود (میرموسوی، ۲۰۱۶؛ انصاری و عراقی‌نژاد، ۲۰۱۸). به‌طور کلی، حوادث طبیعی از جمله طوفان‌های گردوغبار جزء جدایی‌ناپذیر حیات انسانی است. پس این واکنش‌های انسان در برابر حوادث است که می‌تواند میزان خسارت این وقایع طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد و در این بین، شناخت ابزاری است که اثرگذاری مخاطرات را بر زندگی انسان کاهش می‌دهد (طاعی سمیری و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از این مخاطرات پدیده گردوغبار است که تأثیر زیادی بر بوم‌شناسی، محیط‌زیست منطقه، سلامت انسان، امنیت و همچنین آب‌وهوای جهانی دارد (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی‌های صورت گرفته بر روی روند گردوغبار در ایران در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که در کنار عوامل طبیعی به‌وجودآورنده توده گردوغبار، عوامل غیرطبیعی مانند فعالیت‌های انسانی نیز در بروز این پدیده مخاطره‌آمیز و پایداری و تداوم طولانی آن دخیل است (میری و همکاران، ۲۰۱۹؛ خدام و همکاران، ۲۰۱۵). وجود مناطقی با پوشش گیاهی تنک و بارندگی کم، از مشخصه‌های اصلی سرزمین‌های واقع در عرض‌های پایین جغرافیایی است که موجب ایجاد شرایط آب‌وهوای بسیار گرم و خشک در این

مناطق و پیدایش بادهای موسمی در فصول گرم سال می‌شود (راهی زهی و همکاران، ۲۰۱۹). این بادهای که بر اثر اختلاف فشار و اختلاف شدید دمای شب و روز مناطق بیابانی و صحراها به وجود می‌آیند، می‌توانند ذرات حاصل از فرسایش بادی خاک را از سطح زمین بلند کنند و به حالت معلق درآورند. تأثیر جریان‌های هوایی موجب می‌شود تا این ذرات معلق در هوا به حرکت درآید و طوفان‌های ماسه و گردوغبار در این گونه مناطق ایجاد گردد و اثراتی بر روی امنیت، سلامت و محیط‌زیست بگذارد (حمیدیان‌پور و همکاران، ۲۰۱۶؛ شهبازی و همکاران، ۲۰۱۶؛ محرابی و همکاران، ۲۰۱۵). با افزایش دفعات طوفان‌های گردوغبار در ساعات مختلف روز، ذرات بیشتری وارد جو می‌شود و غلظت گردوغبار افزایش می‌یابد (میری و همکاران، ۲۰۲۱). این درحالی است که بیشترین گردوغبار موجود در جو با منشأ ذرات ریزدانه اتفاق می‌افتد و این ذرات ریز در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از فراوانی بیشتری برخوردار است (دایان و کوچ^۲، ۱۹۸۶؛ گاریک^۳، ۲۰۱۰). به‌طور کلی، طوفان گردوغبار به باد شدیدی گفته می‌شود که ذرات خاک را در هوا با خود حمل می‌کند و آن‌ها را از یک مکان به مکان دیگر منتقل می‌کند (رودوپائولو^۴ و همکاران، ۲۰۱۴؛ مالتسیکا^۵ و همکاران، ۲۰۱۵). برحسب تداوم زمانی این پدیده به دو نوع طوفان گردوخاک کوتاه‌مدت (تا نیم ساعت) و طولانی‌مدت (چند ساعت و حتی چند شبانه‌روز) تقسیم می‌شود (کاپراز و دوگان^۶، ۲۰۱۷). طوفان‌های گردوغبار با طولانی‌ترین مدت در تیر ۱۳۸۰ و خرداد ۱۳۸۷ (به ترتیب ۱۱۴ ساعت و ۷۸ ساعت) در دشت سیستان رخ داد (میری و همکاران، ۲۰۲۱). قطر ذرات ماسه‌های مذکور رابطه مستقیم با سرعت باد دارد؛ بدین ترتیب بادهای با سرعت بیشتر توان حمل مواد درشت‌تر را داشته و بادهای با سرعت کمتر مواد ریزتری را حمل می‌کند (فریدی و همکاران، ۲۰۱۷). در بسیاری از مطالعات از شاخص‌ها و روش‌های مختلفی برای ارزیابی طوفان‌های گردوغبار استفاده

2. Dayan & Koch

3. Gabric

4. Rodopoulou

5. Maletsika

6. Capraz & Doğan

1. Zhang

سری زمانی براساس ضرایب خودهمبستگی را تحلیل در رویکرد زمان می‌گویند. در این رویکرد از توابع خودهمپراش، خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی برای مطالعه تغییر تدریجی یک سری زمانی، با توجه به الگوهای پارامتری استفاده می‌شود. در این روش سعی می‌شود همه همبستگی موجود در مشاهدات به مدل درآید؛ به طوری که باقی مانده‌های حاصل از برازش مدل ناهمبسته باشد. در این صورت با گذشت زمان روند و نوع رفتار سری آشکار و مشخص می‌شود. تحلیل در رویکرد فرکانس، روش دیگری است که نوسانات سری زمانی را برحسب رفتار سینوسی در فرکانس‌های مختلف بیان نموده، فراوانی وقوع داده‌ها را مد نظر قرار داده و موج‌ها و طول‌موج‌های مختلف در روند سری زمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این روش، از روش تحلیل طیفی برای تجزیه و تحلیل سری زمانی استفاده می‌شود (علیچانی و همکاران، ۲۰۱۶؛ عساکره و همکاران، ۲۰۱۵؛ سبزی‌پرور و همکاران، ۲۰۱۹). در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل طیفی، نوسانات و چرخه‌های حاکم بر گردوغبار و سرعت باد حوضه آبخیز هیرمند شناسایی شده است.

مواد و روش‌ها

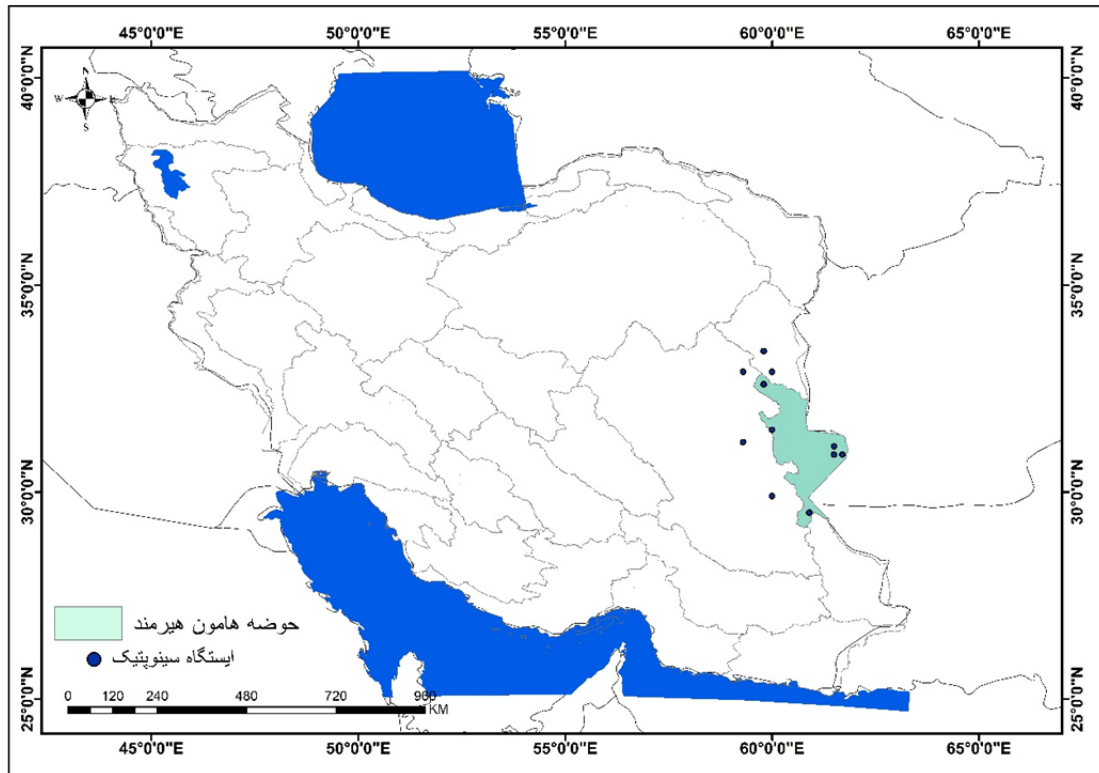
در این مطالعه، به بررسی و تحلیل چرخه‌های حاکم بر گردوغبار و سرعت باد حوضه آبخیز هیرمند پرداخته شد. برای این منظور، داده‌های سرعت باد و گردوغبار هفت ایستگاه سینوپتیکی (زابل، زهک‌هامون، نصرت‌آباد، زاهدان، درمیان، نهبندان و بیرجند) در محدوده حوضه آبخیز هیرمند طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ (دوره ۱۸ ساله) از سازمان هواشناسی کشور استخراج شده است (شکل ۱). بعد از استخراج و کنترل کیفی داده‌ها برای استخراج گردوغبار از کد پدیده‌های مربوط به گردوغبار استفاده شد (جدول ۱).

شده است. به منظور بررسی تغییرات فراوانی طوفان‌های گردوغبار و غبارناکی از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود: شاخص^۱ DDI (روزهایی که سرعت باد بیشتر از ۱۵ متر بر ثانیه و دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر است) (میری، ۲۰۲۰)؛ شاخص^۲ DSI (شاخص غبارناکی) (ابراهیمی و درگاهیان، ۲۰۲۲)؛ شاخص DSI و لنکستر (شریفی و همکاران، ۲۰۲۱)؛ شاخص دید افقی (درگاهیان و رضوی‌زاده، ۲۰۲۱)؛ شاخص^۳ AOD (رضوی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۱) و مدل‌های شبیه‌سازی مانند مدل جفت‌شده پیش‌بینی عددی وضع هوا (کارگر و همکاران، ۲۰۱۷).

پدیده گردوغبار به عنوان رویدادی اقلیمی در همه شرایط آب‌وهوایی رخ می‌دهد؛ اما به عنوان پدیده بارز مناطق خشک و نیمه‌خشک، سبب اختلال در فعالیت‌ها و زیرساخت‌های جوامع انسانی مانند کشاورزی، حمل‌ونقل و صنایع می‌گردد. در بعضی از مناطق جهان، به ویژه خاورمیانه، طوفان گردوغبار از پدیده‌هایی است که فراوانی رخداد بالایی دارد. در دهه گذشته، رخداد طوفان‌های گردوغبار پی‌درپی در این منطقه رو به فزونی نهاده تا آنجا که در ماه‌های سرد و پربارش این منطقه نیز مشاهده می‌شود. مطالعه‌های صورت گرفته روی طوفان‌های گردوغبار در ایران نشان می‌دهد که در کنار عوامل طبیعی به وجود آورنده توده گردوغبار علاوه بر عوامل محیطی، عوامل انسانی بسیاری نیز در بروز این پدیده، پایداری و تداوم طولانی مدت آن دخالت دارد (قادری و همکاران، ۲۰۱۸).

یکی از روش‌های مناسب برای بررسی نوسانات غالب بر گردوغبار و سرعت باد، استفاده از روش تحلیل طیفی است. در تحلیل سری‌های زمانی یک سری زمانی را می‌توان در دو رویکرد مورد مطالعه و بررسی قرار داد: یکی رویکرد زمانی و دیگری رویکرد فرکانسی تحلیل سری‌های زمانی (ویلکز، ۲۰۰۶). همه روش‌های توصیف، تحلیل و پیش‌بینی روند مشاهدات و نیز روش‌های ترسیم و وابسته، در زمره رویکردهای زمانی تحلیل سری‌های زمانی است. در این صورت تحلیل

1. Dusty Days Index
2. Dust Storm Index
3. Aerosol Optical Depth
4. Wilks



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده
Figure (1): The studied area and the used synoptic stations

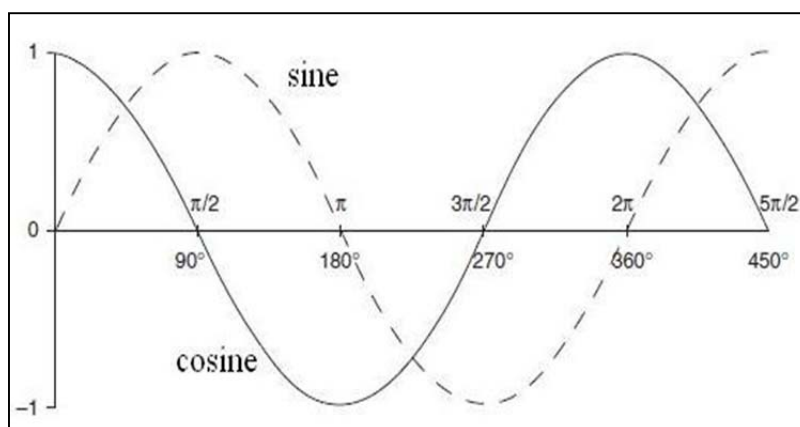
جدول (۱): کدهای گردوغبارهای مورد مطالعه

Table (1): Codes of studied dusts

کد	وضعیت
۰۶	کاهش دید بر اثر انتشار گردوغبار معلق در هوا که به وسیله باد بلند شده است.
۰۷	گردوغبار یا شن که در زمان دیده‌بانی در اطراف ایستگاه به وسیله باد بلند شده است.
۰۸	گسترش گردبادهای گردوغبار و ماسه در ایستگاه یا اطراف آن در زمان دیده‌بانی یا ساعت پیش‌بینی
۰۹	طوفان گردوغبار و ماسه در اطراف ایستگاه در زمان دیده‌بانی و یا ساعت پیش‌بینی
۳۰	طوفان گردوغبار که در طول ساعت قبل کاهش یافته است.
۳۱	طوفان گردوغبار که در طول ساعت قبل تغییر قابل ملاحظه‌ای پیدا نکرده است.
۳۲	طوفان گردوغبار که در طول ساعت قبل شروع شده یا افزایش پیدا کرده است.
۳۴	طوفان گردوغبار که در طول ساعات گذشته تغییر قابل ملاحظه‌ای پیدا نکرده است.
۳۵	طوفان گردوغبار که در طول ساعات گذشته شروع شده و یا افزایش یافته است.

و در نهایت، پس از استخراج واریانس، تک‌تک موج‌ها از لحاظ معناداری آماری بررسی شد. شکل (۲) نسبت‌های توابع مثلثاتی سینوسی و کسینوسی را در بازه زاویه‌ای ۰ تا ۴۵۰ درجه (رادیان $0 - \frac{5\pi}{2}$) نشان می‌دهد.

بعد از آماده‌سازی داده‌های سالانه سرعت باد و گردوغبار برای تحلیل چرخه‌ها از تحلیل طیفی بهره گرفته شده است. اندازه‌ای از توزیع واریانس در امتداد تمامی طول‌موج‌های سری زمانی را تحلیل طیفی گویند. در این روش، تک‌تک موج‌ها، استخراج و سهم هریک از آن‌ها در واریانس کل تعیین



شکل (۲): نسبت‌های توابع مثلثاتی سینوسی و کسینوسی در بازه ۰ تا ۴۵۰ درجه (ویلکس، ۲۰۰۶)

Figure (2): ratios of sine and cosine trigonometric functions in the range of 0 to 450 degrees (Wilcox, 2006)

باین حال برای استخراج چرخه‌ها باید سری‌های زمانی به

$$y_t = \bar{y} + C_k \cos\left(\frac{2\pi t}{n}\right) \quad (3)$$

در نهایت برای رفع مشکل سوم و هماهنگ کردن فراز و فرود توابع مثلثاتی با داده‌های زمانی و برای جبران اختلاف فاز، از پارامتر استفاده می‌شود که به آن پارامتر تغییر فاز نیز می‌گویند. در نتیجه:

$$y_t = \bar{y} + C_k \cos\left(\frac{2\pi t}{n} - \phi\right) \quad (4)$$

در رابطه فوق که معادله کلی تبدیل داده‌های زمانی به داده‌های فرکانسی (توابع مثلثاتی) است، پارامترهای C_k و ϕ به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}$$

$$A_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos\left(\frac{2k\pi t}{n}\right)$$

$$B_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \sin\left(\frac{2k\pi t}{n}\right) \quad (5)$$

در روابط فوق، k همان تعداد (شماره) موج‌هاست؛ چون هر موج یک فراز و یک فرود دارد، پس به تعداد نصف طول سری (n)، موج (k) وجود خواهد داشت؛ یعنی $k = \frac{n}{2}$. حال اگر طول سری زمانی فرد باشد، تعداد موج‌ها بدین صورت خواهد بود: $k = \frac{(n-1)}{2}$. پس از محاسبه همسازها، میزان واریانس که توسط هر موج توجیه می‌شود، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_k^2 = \frac{n}{2} C_k^2 \quad (6)$$

سری مثلثاتی (فرکانسی) تبدیل شود. برای حصول به این امر باید سه نکته مورد توجه قرار گیرد: ۱. توابع مثلثاتی از جنس زاویه‌اند، در حالی که سری‌های زمانی توابعی از زمان هستند؛ ۲. توابع مثلثاتی سینوسی و کسینوسی ما بین +۱ و -۱ نوسان می‌کنند، در صورتی که داده‌های زمانی در دامنه‌های متفاوتی نوسان دارند؛ ۳. تابع کسینوسی برای زوایای صفر و ۳۶۰ درجه بیشترین مقدار خود را داراست (+۱) در حالی که داده‌های زمانی در زمان‌های مختلف مقادیر بیشینه دارند (ویلکس، ۲۰۰۶). برای رفع مشکل اول بایستی مقیاس داده‌های زمانی به مقیاس مثلثاتی تبدیل شود. با توجه به اینکه چرخه کامل زاویه‌ای ۳۶۰ درجه (2π رادیان) است، برای نیل به این هدف می‌توان به طرق زیر عمل کرد:

$$\alpha = \left(\frac{360^\circ}{\text{cycle}}\right) \left(\frac{t}{n/\text{cycle}}\right) = \frac{t}{n} 360^\circ \quad (1)$$

$$\alpha = \left(\frac{2\pi}{\text{cycle}}\right) \left(\frac{t}{n/\text{cycle}}\right) = 2\pi \frac{t}{n} \quad (2)$$

که t و n متعلق به مقیاس داده‌های زمانی است و به ترتیب زمان و تعداد داده‌هاست. برای رفع مشکل دوم، با توجه به اینکه وقتی متغیری مثل بارش را به صورت توابع مثلثاتی در می‌آوریم مقادیر حاصله بین +۱ و -۱ خواهد شد؛ در حالی که داده‌های دما مقادیر مختلف و متنوعی دارد. بدین منظور برای تبدیل داده‌های خام به توابع مثلثاتی از یک ضریب ثابت (C) استفاده می‌کنند که به آن دامنه نیز گفته می‌شود. ترکیب دو راه‌حل فوق برای مشکلات ذکر شده در بالا برای یک سری داده

و باد پس‌زمینه و همچنین واریانس چرخه گردوغبار و باد از نرم‌افزار سورفر استفاده شد.

نتایج

در جدول (۲) نوسانات (چرخه)، احتمال و واریانس گردوغبار برای ایستگاه‌های حوضه آبخیز هیرمند آورده شده است. در این جدول برای هر ایستگاه در ستون اول چرخه، ستون دوم احتمال رخداد آن چرخه و ستون سوم واریانس هر چرخه نشان داده شده است. در این جدول بالا بودن واریانس بیانگر مهم بودن نوسان غالب این چرخه است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در ایستگاه بیرجند سری زمانی گردوغبار دارای دو چرخه کوتاه‌مدت شش و دوساله است که احتمال رخداد این چرخه‌ها به ترتیب ۰/۲ و ۰/۵ است. با توجه به اینکه واریانس چرخه دوساله بیشتر است، چرخه دوساله در سری زمانی گردوغبار ایستگاه بیرجند از اهمیت بالایی برخوردار است.

که R_k^2 همان قدرت کنترل موج k است. برای تشخیص معناداری یا عدم معناداری واریانس یک موج خاص و یا معناداری یک موج، از آزمون خی دو (χ^2) استفاده شد. آماره χ_0^2 مشاهده‌ای (محاسبه‌ای) از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\chi_0^2 = \frac{R_k^2}{R_{k(E)}^2} \quad (7)$$

که $R_{k(E)}^2$ قدر مطلق مورد انتظار است که بدین صورت به دست می‌آید:

$$R_{k(E)}^2 = \frac{\sum_{k=1}^m R_k^2}{m} \quad (8)$$

در اینجا m تعداد موج‌ها و k شماره موج است. آماره χ_0^2 جدول، در سطح اطمینان مشخص و با درجه آزادی $df = \frac{2n}{m} - 0.5$ به دست می‌آید و واریانس هر موج است. اگر آماره χ_0^2 محاسبه شده برای هر موج، بزرگ‌تر از آماره χ_0^2 باشد، آن موج (چرخه) معنادار است. به‌منظور ترسیم نقشه‌های مربوط به چرخه و احتمال رخداد چرخه گردوغبار

جدول (۲): چرخه‌های غالب گردوغبار برای ایستگاه حوضه آبخیز هیرمند

Table (2): Dominant cycles of dust for Hirmand watershed station

بیرجند			نهبندان			زابل		
چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس
۶	۰/۲	۲۲۰/۸	۲	۰/۵	۵۲۹	۶	۰/۲	۶۹۵۲/۸
۲	۰/۵	۲۴۵/۴						
زهک			نصرت‌آباد			میرجاوه		
چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس
۶	۰/۲	۱۷۳۳/۴	۱۸	۰/۱	۱۳۳۶۵/۱	۳	۰/۳	۳۵۳/۸
۲/۳	۰/۴	۹۵۵/۸				۲/۵۷۱۴	۰/۴	۳۱۰/۵
زاهدان								
چرخه			چرخه			چرخه		
۴/۵			۴.۵			۴.۵		

نوسان یا چرخه شش‌ساله با توجه به واریانس ۱۷۳۳/۴ از اهمیت بیشتری برخوردار است. در سری زمانی گردوغبار در ایستگاه نصرت‌آباد یک چرخه هجده‌ساله مشاهده شده است. این چرخه معادل با طول دوره آماری است. به عقیده دانشمندان چرخه‌های معادل طول دوره روند بیانگر وجود روند در سری زمانی داده‌هاست (عساکره و همکاران، ۲۰۱۴؛ علیچانی و همکاران، ۲۰۱۵؛ دوستکامیان و درگاهیان، ۲۰۱۹). در ایستگاه

در ایستگاه نهبندان فقط یک چرخه غالب دوساله با احتمال رخداد ۰/۵ مشاهده شده است. واریانس چرخه دوساله در این ایستگاه ۵۲۹ است که نسبت به همین چرخه در ایستگاه بیرجند از واریانس بیشتری برخوردار بوده است. این امر به مهم بودن این چرخه در سری زمانی گردوغبار نهبندان اشاره دارد. گردوغبار در ایستگاه زابل و زهک (نیمه شرقی حوضه آبخیز هیرمند) دارای نوسانات شش و دوساله است. در ایستگاه زهک

اشاره دارد. در ایستگاه نهبندان سه نوسان ۱۸، ۴/۵ و ۳/۶ ساله حاکم است. چرخه هجده ساله از آنجا که معادل طول دوره آماری است، بیانگر وجود روند در سری زمانی سرعت باد در این ایستگاه است (دوستکامیان و میرموسوی، ۲۰۱۵). بنابراین در مجموع می‌توان گفت نوسانات غالب بر سرعت باد در ایستگاه‌های حوضه آبخیز هیرمند بین دو تا پنج ساله است. آزاد و همکاران (۲۰۰۹) چرخه‌های سه تا پنج ساله را در موسمی هند ناشی از تأثیر پدیده انسو دانسته‌اند. سلوام و جوشی^۱ (۱۹۹۵) چرخه‌های دو تا هفت ساله و چرخه‌های دو تا سه ساله را در دمای سطح زمین کشف کردند. ایشان به ترتیب این چرخه‌ها را به انسو و تغییرات دوسالانه نسبت دادند.

زاهدان یعنی جنوب شرق حوضه هیرمند یک نوسان چهارساله با احتمال رخداد ۰/۲ و واریانس ۳۴۵۲/۴ مشاهده شده است. جدول (۳) چرخه‌های سرعت باد برای ایستگاه حوضه آبخیز هیرمند را نشان می‌دهد. بررسی وضعیت نوسانات سرعت باد در ایستگاه‌های حوضه آبخیز هیرمند نشان می‌دهد که همانند گردوغبار بیشتر نوسانات کوتاه مدت بر سرعت باد حاکم است؛ با وجود این، چرخه‌های متنوع شش و یازده ساله در بعضی از ایستگاه‌ها مشاهده شده است. برای مثال در ایستگاه زهک چرخه یازده ساله غالب بوده است؛ از این رو می‌توان گفت نوسانات حاکم بر سرعت باد و گردوغبار مشابه است که این امر می‌تواند به ارتباط این دو پارامتر در پهنه جنوب شرق کشور

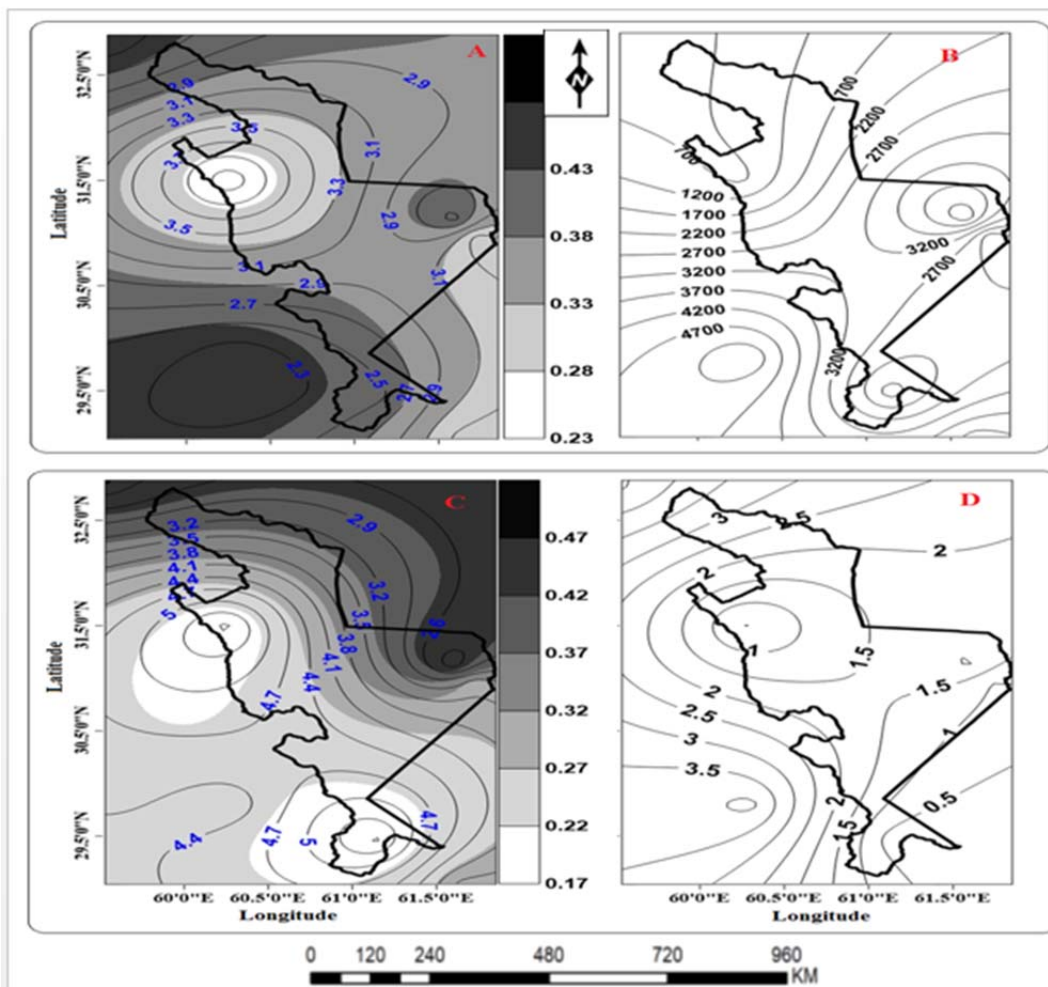
جدول (۳): چرخه‌های سرعت باد برای ایستگاه حوضه آبخیز هیرمند

Table (3): Wind speed cycles for Hirmand watershed station

بیرجند			نهبندان			زابل		
چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس
۱۸	۰/۰۶	۱۵۸۵	۱۸	۰/۰۶	۲/۱۸	۱۸	۰/۰۶	۶/۲۰
۲	۰/۵	۳/۲۷	۴/۵	۰/۲۲	۰/۴۶	۶	۰/۱۷	۱/۷۸
			۳/۶	۰/۲۸	۰/۳۵	۳/۶	۰/۲۸	۰/۷۹
زهک			نصرت آباد			میرجاوه		
چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس	چرخه	احتمال	واریانس
۱۱	۰/۰۹	۳/۵۷	۱۱	۰/۰۹	۲/۵۴	۶	۰/۱۷	۰/۲۱
۳	۰/۳۳	۲/۳۸	۳/۶	۰/۲۸	۲/۶۶	۴/۵	۰/۲۲	۰/۱۶
			۳	۰/۳۳	۲/۳۸	۲/۵۷	۰/۳۹	۰/۰۷
زاهدان								
چرخه			چرخه			چرخه		
۱۸			۱۸			۱۸		
۴/۵			۴/۵			۴/۵		
۲/۶			۲/۶			۲/۶		

گردوغبار بسیار بیشتر از واریانس نوسانات حاکم بر سرعت باد است. برای مثال واریانس چرخه‌ها در بخش‌های شرق حوضه برای گردوغبار بین ۲۵۰۰ تا ۳۲۰۰ در نوسان است؛ این در حالی است که این وضعیت برای سرعت باد بین ۱ تا ۳ در نوسان است (شکل ۳-B-D).

در ادامه، چرخه‌های غالب بر سرعت باد و گردوغبار حوضه آبخیز هیرمند در شکل (۳) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نوسانات حاکم بر این دو پارامتر گردوغبار و باد بر حوضه آبخیز هیرمند بین دو تا چهارساله است. بر اساس شکل (۳-B) واریانس چرخه‌های



شکل (۳): چرخه و احتمال رخداد چرخه گردوغبار پس‌زمینه (A); واریانس چرخه گردوغبار (B); چرخه و احتمال رخداد چرخه سرعت باد پس‌زمینه (C); واریانس چرخه سرعت باد (D)

Figure (2): Cycle and probability of occurrence of background dust cycle (A); Variance of dust cycle (B); Cycle and probability of occurrence of background wind speed cycle (C); Variance of wind speed cycle (D)

نتیجه‌گیری

می‌گردد (علیجانی و رئیس‌پور، ۲۰۱۱).

استفاده از روش تحلیل طیفی و استخراج چرخه‌های حاکم بیشتر در مطالعات مربوط به بارش انجام شده است؛ به طوری که بررسی روند و رفتار بارشی شهر شاهرود با استفاده از مدل‌های آماری و تحلیل طیفی وجود دو چرخه با ضریب اطمینان ۹۵٪ در فرکانس‌های ۰/۰۳ و ۰/۱۷ با دوره بازگشت تقریبی پانزده و سه‌ساله برای میانگین بارش سالانه شصت‌ساله نشان داد (عساکره و یوسفی‌زاده، ۲۰۱۵). تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز حله و مند با استفاده از روش تحلیل طیفی نشان داد چرخه‌های دو تا سه‌ساله، سه تا ده‌ساله و گاه چرخه‌های با دوره بازگشت ده‌ساله و بالاتر بر

حدود ۹۰ میلیون هکتار یعنی معادل ۵۵ درصد سرزمین ایران تحت سیطره اکوسیستم بیابانی است. حوضه سیستان به‌عنوان یکی از فعال‌ترین منابع گردوغبار و بادخیزترین محیط‌های بیابانی در جهان شناخته شده است. اگرچه فعالیت گردوغبار در سیستان در طول تابستان به حداکثر می‌رسد، طوفان‌های گردوغبار نادر شدید ممکن است در زمستان نیز رخ دهد (دومکا^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). تحلیل آماری و هم‌مدیدی طوفان‌های گردوغباری منطقه سیستان طی دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۸ نشان داد که شیو فشار و دمای شدید بین مرکز کم‌فشار موسمی هند و پرفشار دریای خزر، منجر به ایجاد طوفان‌های شدید

برخی فرکانس‌ها از نمونه‌های واقعی به دست نمی‌آیند؛ بلکه به وسیله میان‌یابی مقادیر حاصل می‌شود. از این رو بر روی قدرت تفکیک طیف اثر می‌گذارد. این خطاها به‌ویژه در طول‌موج‌های ۵ تا ۲۵ ساله مشهود است (عساکره، ۲۰۰۹). در بعضی از ایستگاه‌ها از جمله زهک و نصرت‌آباد چرخه‌های یازده‌ساله مشاهده شده است. وجود چرخه‌های ۱۱ سال و بالاتر (تغییرات درون‌دهه‌ای) در پهنه‌های کم‌وسعتی واقع در جنوب شرقی منطقه تأییدی بر یافته‌های جهان‌بخشی و عدالت‌دوست (۲۰۰۸) مبنی بر تأثیر چرخه فعالیت لکه‌های خورشیدی است. همچنین براساس یافته‌های ایشان، نوسانات اطلس شمالی نیز از یک دوره تناوب یازده تا دوازده‌ساله در منطقه برخوردار است که مشابه چرخه‌های یازده‌ساله لکه‌های خورشیدی است.

نوسانات حاکم بر این دو پارامتر بر حوضه آبخیز هیرمند بین دو تا چهار سال است؛ چه بسا شباهتی در چرخه‌های غالب سرعت باد و گردوغبار مشاهده می‌شود که این امر گویای این مطلب است که چرخه‌های غالب این قسمت از کشور تحت تأثیر سامانه کلان‌مقیاس جوی اقیانوسی یکسان است. شناخت این چرخه‌های حاکم بر دو پدیده اصلی اکوسیستم بیابانی حوضه هیرمند می‌تواند مدیران و برنامه‌ریزان را در جهت مناسب‌ترین راهبردهای مدیریتی کمک و از صرف هزینه‌های هنگفت جلوگیری کند.

بارش حوضه حاکم است (بالیانی^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). تحلیل تغییرات بارش حوضه آبریز هراز با استفاده از روش‌های آماری و روش تحلیل طیفی، حاکی از وجود چرخه‌های سینوسی معنادار ۳-۲، ۳-۵، ۵-۱۱ و ۱۱ سال به بالا در منطقه مورد مطالعه است که وجود این چرخه‌ها را می‌توان به تأثیر عوامل کلان‌مقیاس جوی- اقیانوسی نسبت داد (داداشی رودباری و همکاران، ۲۰۱۶). از این روش تاکنون در مورد مطالعه گردوغبار و باد استفاده نشده است. بررسی تحلیل چرخه‌های گردوغبار نشان داد که عمده نوسانات حاکم بر گردوغبارهای حوضه آبخیز هیرمند کوتاه‌مدت دو تا چهارساله است. در بعضی از ایستگاه‌ها چرخه‌های معادل با طول دوره آماری مشاهده شده است که محققان این‌گونه نوسانات را به روند نسبت داده‌اند (جعفری و دوستکامیان، ۲۰۱۶). بنابراین این نوع چرخه‌ها بیان‌گر وجود روند در سری داده‌هاست.

در این بین، در بعضی از ایستگاه‌ها از جمله زهک، بیرجند و زابل، نوسانات دو و شش‌ساله مشاهده شده است. بعضی از محققان، نوسانات دو تا شش‌ساله را با نوسانات النینو مرتبط می‌دانند (کالایکی^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). با وجود این، نوسانات غالب بر گردوغبار در اکثر ایستگاه‌ها در حوضه آبخیز هیرمند بین دو تا چهار سال بوده است که این نتایج با یافته‌های آزاد و همکاران (۲۰۰۹) در موسمی هند که با آشکار ساختن چرخه‌های سه تا پنج‌ساله، این چرخه‌ها را به پدیده انسو نسبت دادند، مطابقت دارد. با توجه به اینکه بارش‌های این بخش از کشور اغلب تابستانی و موسمی هستند، این چرخه‌های معنادار را نیز می‌توان به رخداد پدیده جوی اقیانوسی انسو نسبت داد (هارتمن^۳ و همکاران، ۲۰۰۸).

وضعیت چرخه‌های حاکم بر سرعت باد نشان داد که همانند گردوغبار در اکثر ایستگاه‌ها نوسانات کوتاه‌مدت دو تا چهارساله حاکم بوده است. با وجود این، در حوضه آبخیز هیرمند سرعت باد در بعضی از ایستگاه‌ها چرخه‌های پنج تا یازده‌ساله مشاهده شد. در مورد این چرخه‌ها نیز دانشمندان بسیاری معتقدند که به دلیل گسسته بودن مقادیر در دوره‌نگار،

1. Balyani
2. Kalaycı
3. Hartmann

منابع

1. Alijani, B., Bayat, A., Doostkamian, M., & Balyani, Y. (2016). Spectral Analysis of Time Series for Annual Precipitations in Iran. *Journal of Geography and Planning*, 20(57), 217-236.
2. Alijani, D., Doostkamian, M., Ashrafi, S., & Shakeri, F. (2015). Review the Changes of Spatial Autocorrelation Patterns Within a Decade of Precipitation Over the Last Half-Century in Iran. *Journal of Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 5(14), 71-88.
3. Alijani, B., & Raeispor, K. (2011). Statistical, Synoptical Analysis of Sand Storms in SE IRAN. (Study Case: Region of SISTAN). *Arid Regions Geographic Studies*, 2(5), 107-130.
4. Ansari Ghojghar, M., Araghinejad, S.H. (2018). Investigation of the frequency of dust in the west and southwest of the country, *the 2nd National Conference on Climatology of Iran*, May 9th, Ferdowsi University of Mashhad: 886-892.
5. Asakereh, H., Doostkamian, M., & Sadrafshary, S. (2015). Anomalies and cycles of perceptible water over Iran in recent decades. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(11), 9569-9576.
6. Asakereh, H., Doostkamian, M., & Qaemi, H. (2014). Analysis of anomalies and perceptible water cycles in Iran atmosphere. *Journal of Physical Geography Research Quarterly*, 46(4), 435-444.
7. Asakereh, H. (2009). Spectral analysis of time series of annual temperature of Tabriz. *Journal of Geographical Research*, 93, 33-50.
8. Asakereh, H., & Yousefzadeh, R. (2015). Evaluating the trend and behavior rain the Shahrood city using the model statistically and spectral analysis. *Geography (Regional Planning)*, 5(3), 51-66
9. Azad, S., Vigneshb T.S., & Narasimha, R. (2009). Periodicities in Indian Monsoon Rainfall over Spectrally Homogeneous Regions. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.2045.
10. Balyani, Y., Saligheh, M., Asakereh, H., & Nasserzadeh, M.H. (2015). Cycle analysis of time series of annual precipitation Helehand Mond watershed. *Jgs*, 15(37), 245-272
11. Çapraz, Ö., Deniz, A., & Doğan, N. (2017). Effects of air pollution on respiratory hospital admissions in İstanbul, Turkey, 2013 to 2015. *Chemosphere*, 181, 544-550.
12. Dayan, U., & Koch, J. (1986). A Synoptic analysis of the meteorological conditions affecting dispersion of pollutants emitted from tall stacks in the coastal plain of Israel: 537-543.
13. Dadashi Roudbari, A., Fallah Ghalheri, G., Karami, M., & Baaghide, M. (2016). Analysis of Precipitation Variations of Haraz Watershed Using by Statistical Methods and Spectrum Analysis Technique. *Hydrogeomorphology*, 3(7), 59-86.
14. Doostkamian, M., & dargahian, F. (2019). The analysis of the continuity and frequency of fluctuations and jumps of the cold waves (Case Study: Northwest of Iran), *Geographic Space*, 19(6): 147-159
15. Doostkamian, M., & Mirmousavi, S. (2015). The Study and Analysis the Clusters of Heavy Rainfall Threshold in Iran. *Geography and Development Iranian Journal*, 13(41), 131-146.
16. Dargahian, F., & Razavizadeh, S. (2021). Spatial distribution of frequency and intensity of dust phenomenon based on horizontal field of view in Khuzestan province. *Iranian Journal of Nature*, 6(2): [In Persian]
17. Ebrahimikhusfi, Z., & Dargahian, F. (2022). Investigation of the Climatic parameters Effect on the Concentration Change of Particles Matter less than 10 μm and its Relation to Wind Erosion Occurrence in Arid Regions. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 9(34), 76-92.
18. Faridi, S., Naddafi, K., Kashani, H., Nabizadeh, R., Alimohammadi, M., Momeniha, F., et al. (2017). Bioaerosol exposure and circulating biomarkers in a panel of elderly subjects and healthy young adults. *Science of the Total Environment*, 593: 380-389.
19. Dumka, U.C., Kaskaoutis, D.G., Francis, D., Chaboureau, J.P., Rashki, A., Tiwari, S., & Mihalopoulos, N. (2019). The role of the Intertropical discontinuity region and the heat low in dust emission and transport over the Thar Desert, India: A Premonsoon case study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(23), 13197-13219.
20. Faridi S, Naddafi K, Kashani H, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Momeniha F, et al. (2017). Bioaerosol exposure and circulating biomarkers in a panel of elderly subjects and healthy young adults. *Science of the Total Environment*, 593:380-389.
21. Gabric, A. J., Cropp, R. A., McTainsh, G. H., Johnston, B. M., Butler, H., Tilbrook, B., & Keywood, M. (2010). Australian dust storms in 2002–2003 and their impact on Southern Ocean biogeochemistry. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(2).
22. Ghaderi, F., Karami, M., Shekari, P., & Jafari, A. (2018). Atmospheric dust deposition trend and its relation with selected climatic and spatial factors in Javanrood Township. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(6): 123-140.
23. Hamidian Pour, M., Mofidi, A., Saligheh, M. and Alijani, B., (2016). The role of topography on the simulation of Sistan wind structure in the east of Iranian Plateau. *Researches in Geographical Sciences*, 16(43): 25-53.
24. Hartmann, H., Becker, S. & King, L. (2008). Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation Time Series. *Theor. Appl. Journal of Climatology*, 92: 155–163.
25. Jafari, D., & Doostkamian, M. (2016). The Study & Analysis of Oscillation Changes of Discharge &

- Precipitation in Mund Basin. *Journal of Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 6(20), 129-140.
26. Jalili, A. (2020). Do's and don'ts in desert ecosystems and selecting the proper management strategy. *Iran Nature*, 5(2), 3-3
 27. Jahanbakhsh, S., & Edalatdoust, M. (2008). Climate change in Iran (Case study: North Atlantic Fluctuation Index as an indicator of the effects of solar activity on precipitation changes in Azerbaijan), *3rd Iran Water Resources Management Conference*, Tabriz, University of Tabriz, 14 October.
 28. Kalaycı Serdar, M., Cagatay, K., & Kahya, E. (2004). Analysis of El Nino Signals on Turkish Streamflow and Precipitation Patterns Using Spectral Analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(8).
 29. Karegar, M.E., Bodagh Jamali, J., Ranjbar Saadat Abadi, A., Moenoddini, M., & Goshtasb, H. (2017). Simulation and Numerical Analysis of severe dust storms Iran East. *Journal title*, 3(4): 101-119
 30. Khoddam, N., Irannejad, P., & Ahmadi-Givi, F., (2015). A study of the impact of Indian Monsoon on summer climate of Iran. *Iranian Journal of Geophysics*, 9(2), 52-66.
 31. Maletsika, P.A., Nanos, G.D., & Stavroulakis, G.G., (2015). Peach leaf responses to soil and cement dust pollution. *Journal of Environmental Science and Pollution Research International*, 22: 15952-15960.
 32. Mehrabi, S.H., Soltani, S., & Jafari, R. (2015). The study of the relationship between climatic parameters and the occurrence of fine dust (Case study: Khuzestan province). *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 19(71): 69-80.
 33. Miri, A., Piri, H., Shafiqhi, N., & Bakhtiari Nasab, M. (2019). The effect of Sistan monsoon winds on the microbial contamination of traditional cheese offered in Zabol, 1st National Conference on dust with a Health-Focused Approach, Zabol University of Medical Sciences, 4 february.
 34. Miri, A., Maleki, S., & Middleton, N. (2021). An investigation into climatic and terrestrial drivers of dust storms in the Sistan region of Iran in the early twenty-first century. *Science of the Total Environment*, 757, 143952.
 35. Mirmousavi, S.H., (2016). Study of the role of wind in creating glacial climatic hazards Case study of Hamadan meteorological station. International Conference on Researches in Science & Engineering, Turkey, Istanbul University, 28 July.
 36. Rahi Zehi, H., Khosravi, M., & Hamidian Pour, M., (2019). *International Conference on Dust in Southwest*. Zabol: Zabol University, 23 April.
 37. Razavizadeh, S., Abbasi, H., & Dargahian, F. (2021). Investigation of Dust Phenomenon in Golestan Province, with Emphasis on Aerosol Optical Depth Index and Wind Direction and Speed. *Jwmseir*, 15(53): 58-67
 38. Rodopoulou, S., Chalbot, M.C., Samoli, E., DuBois, D.W., San Filippo, B.D., & Kavouras, I.G. (2014). Air pollution and hospital emergency room and admissions for cardiovascular and respiratory diseases in Doña Ana County, New Mexico. *Environmental research*, 129: 39-46.
 39. Sabziparvar, A. A., Mir Mousavi, S. H., Karampour, M., Doostkamian, M., Haghghi, E., Rousta, I., & Ghasemi, A. (2019). Harmonic analysis of the spatiotemporal pattern of thunderstorms in Iran (1961-2010). *Advances in Meteorology*, 2019, 1-14.
 40. Selwam, A.M., & Joshi, R.R. (1995). Universal spectrum for inter annual variability in codas global air and sea-surface temperature. *International Journal Climatology*, 15, 613-623.
 41. Shahbazi, T., Saiedi, M., Nosratti, I., & Jalali Honarmand, S.J. (2016). Evaluation the Effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (Triticum sp.). *Journal of Plant Process and Function*, 5(15): 195-204.
 42. Sharifi, R., & Abbasi, H.R., & Attapourfard, A. (2021). Evaluation of the phenomenon of dust and sand dunes based on effective factors and Lancaster index in Tehran province, *The fifth national conference on wind erosion and dust storms*, Yazd
 43. Taei Samiromi, S., Moradi, H., Khadagholi, M., & Ahmadi, M., 2013. Study of factors affecting dust phenomenon in west of Iran. *Journal of Human & Environment*, 11(27), 1-10.
 44. Wilks, D.S., 2006. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Cornell University.
 45. Zhang, J., Xu., H., Lan, J., Ai, L., Sheng, E., Yan, D., Zhou, K., Yu, K., Song, Y., Zhang, S.H., & Torfsterin, A., 2020. Weakening Dust Storm Intensity in Arid Central Asia Due to Global Warming Over the Past 160 Years. *Journal of Front Earth Science*. 21 July 2020 <https://doi.org/10.3389/feart.2020.0028>

Investigating Dominant Fluctuations of Dust and Wind Speed in Hirmand Watershed

Fatemeh Dargahian,^{*1} Zahra Saeedifar,² Mohammadreza Pudineh³

Received: 15/06/2023

Accepted: 23/04/2024

Extended Abstract

Introduction

The southeastern region of Iran is faced with dust phenomenon, which is primarily caused by 120-day Sistan winds and topographic conditions. Moreover, considering the great influence of the winds on the occurrence of dust in the study area, fluctuations of wind speed and dust are of great importance. Therefore, this study sought to investigate and analyze the cycles governing dust and wind speed in Hirmand watershed.

As a climatic event, dust phenomenon may occur in all weather conditions. However, the phenomenon disturbs human activities and damages social infrastructures such as agriculture, transportation, and industries in arid and semi-arid regions.

Dust storms frequently occur in some parts of the world, especially the Middle East. However, the occurrence of successive dust storms has so increased in the region during the last decade that it is also observed in the cold and rainy months. In this regard, studies conducted on dust storms in Iran suggest that in addition to natural factors that create the mass of fine dust, environmental or human factors are also involved in the occurrence of such a phenomenon and its long-term stability and continuity.

Materials and methods: The current study set out to examine and analyze the cycles governing dust and wind speed in the Hirmand watershed. To this end, the required data concerning wind speed and dust data were collected from 2000 to 2018 (18-year period) from seven synoptic stations located within the Hirmand watershed, including Zabul, Zahak Hamon, Nusratabad, Zahedan, Dermian, Deh Salam, Nehbandan, and Birjand stations, using the information published by the National Meteorological Organization (Figure 1). After extraction and quality control of the data, the code of phenomena related to dust has been used to extract the dust. After preparing the annual wind speed and dust data, spectral analysis has been used to analyze the cycles.

Results: Fluctuations (cycle), probability, and variance of dust were calculated for Hirmand watershed stations. The high variance indicates the importance of the dominant fluctuation of the cycle. In Birjand station, the time series of dust showed two short-term cycles of two and six years, and the probability of the occurred cycles were 0.2 and 0.5, respectively. Therefore, as the variance of the two-year cycle was found to be higher, it could be said that the cycle in the dust time series of Birjand station is very important.

However, only one dominant cycle of two years was observed in Nehbandan station, whose occurrence probability was reported to be 0.5. Moreover, the variance of the two-year cycle in Nehbandan station was 529, indicating the significance of the cycle in the time series of Nehbandan dust.

As for the Zabul and Zahak stations (located in eastern half of Hirmand watershed), the dust was found to have six and two-year fluctuations. On the other hand, an 18-year cycle was observed in the dust time series of Nusrat Abad station. Moreover, the examination of wind speed fluctuations in Hirmand watershed stations revealed that wind speed was also dominated by short-term fluctuations (just like what was found for the dust). However, various cycles of six and eleven years were observed in some stations. For instance, an eleven-year cycle was found to have prevailed in the drainage station. Therefore, it can be argued that the fluctuations governing dust and wind speed are similar, indicating the relationship between these two parameters in the southeast region of Iran.

Conclusion: Sistan basin is known as one of the most active sources of dust and windy desert environments in the world. Although dust activity in Sistan reaches its maximum during summer, the region may be hit by rare severe dust storms in winter. Many studies conducted on precipitation have already used spectral analysis method and the extraction of ruling cycles. However, the technique has not been used in the study of dust and wind.

The analysis of dust cycles showed that the major fluctuations governing the dusts of the Hirmand watershed occur in a short-term (two to four years). Moreover, the status of cycles governing wind speed revealed that short-term fluctuations of two to four years prevailed in most stations (the same as what occurred for the dust). Therefore, the fluctuations governing these two parameters in Hirmand watershed vary from two to four years. A similarity is also observed in the dominant cycles of wind speed and dust, indicating the fact that the dominant cycles of this part of Iran are the same under the influence of the macro-scale oceanic atmospheric system.

Keywords: Dust, Wind Speed, Fluctuations, Dominant Cycle.

1. Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; dargahian@rifr-ac.ir

2. PhD of Desertification, Desert Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3. Assistant Professor of Geography, University of Sistan and Baluchistan. Iran

DOI: 10.22052/DEEJ.2024.252996.1013