



پایش تغییرات سطح تالاب گاوخونی و ارتباط آن با پدیده گرد و غبار و حرکت تپه‌های ماسه‌ای پیرامون آن

محمد خسروشاهی^{۱*}، زهره ابراهیمی خوسفی^۲، آزاده گوهردوست^۳، سکینه لطفی نسب اصل^۴، فاطمه درگاهیان^۴، لیلا کاشی زرنوزی^۴

۱. دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 ۲. استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.
 ۳. کارشناس ارشد پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 ۴. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- * نویسنده مسئول: khosro@rrfr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۵

چکیده

تالاب گاوخونی در دهه اخیر تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وضعیت فیزیکی سطوح خشک و آبدار خود داشته‌است. هدف پژوهش حاضر بررسی روند این تغییرات در چند دهه گذشته و نقش احتمالی سطوح خشکیدگی در تشدید پدیده گردوغبار منطقه پیرامونی آن است. به این منظور ابتدا تغییرات سطح آبدار و خشک تالاب در دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۶۵، از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست-۵، ۷ و ۸ برای هر ماه از سال‌های مطالعه تعیین شد. سپس تعداد روزهای دارای پدیده گرد و غبار در ایستگاه‌های هم‌دید پیرامون محدوده مطالعاتی محاسبه شد. نتایج نشان داد در سال آبی ۱۳۷۳-۱۳۷۲ بالغ بر ۸۹ درصد سطح تالاب آب دار بوده و پس از آن روند افزایشی خشک شدن تالاب ادامه داشته است؛ به‌طوری که در سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ سطح آبدار تالاب به کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. از سال مذکور تا سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ سطح تالاب کامل خشک بوده است. بررسی شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای (لنکستر) در حاشیه تالاب گاوخونی و سطح خشک تالاب نشان داد که رابطه معنی‌داری بین این دو وجود ندارد، ولی تپه‌های ماسه‌ای در دوره مورد بررسی تقریباً فعال بوده‌اند. تحلیل همبستگی روزهای گرد و غبار سالانه و فصلی با خشکیدگی همزمان تالاب در بیشتر ایستگاه‌ها رابطه معنی‌داری نشان نداد. این رابطه برای ایستگاه اصفهان در فصل بهار و تابستان در سطح ۱٪ و در فصل پاییز در سطح ۵٪ معنی‌دار شد، اما به دلیل هم‌جهت نبودن گل‌توفان‌ها از طرف تالاب به سمت اصفهان رابطه مذکور قابل پذیرش نبود. برای فصل تابستان ایستگاه شهرضا و فصل پاییز ایستگاه عقدا این رابطه در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. با توجه به هم‌جهت بودن توفان‌های گرد و غبار از طرف تالاب به سمت این دو ناحیه در دو فصل مذکور، روند افزایشی تولید گرد و غبار در این دو منطقه و در دو فصل مورد اشاره، می‌تواند متاثر از سطوح خشکیده تالاب در سال‌های اخیر باشد.

واژگان کلیدی: خشکیدگی؛ گل‌توفان؛ تحلیل همبستگی؛ تالاب گاوخونی؛ شاخص لنکستر؛ اصفهان

■ مقدمه

پیامدهای چالش پدیده گرد و غبار، در قالب بحرانی فراموضوعی، تمامی سطوح زندگی از محیط زیست گرفته تا اقتصاد و فرهنگ و امنیت را در کشور و در مقیاسی فرمانطقه‌ای، کارایی سرزمین‌ها را کاسته و بر دامنه کیفی و کمی آلودگی‌های محیطی افزوده است. در سال‌های اخیر نیز مدیریت و بهره‌برداری نادرست از حوضه‌های تالابی سبب شده تا برخی از تالاب‌ها به کانون فرسایش بادی و تولید گرد و غبار تبدیل شوند. بررسی تالاب‌های ایران نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها بر اثر مدیریت نادرست آب و تغییر و تبدیل کاربری اراضی و یا تغییرات اقلیمی و خشکسالی، دچار تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وضعیت هیدرولوژیک خود شده‌اند این تغییرات غیر معمول سبب شده سطوحی از تالاب‌ها که خشکیده‌اند به کانون گرد و غبار تبدیل شوند (۱۷). وضعیت نامطوب تالاب‌ها و اثرات سوء احتمالی ناشی از تخریب آنها، سبب شده تا در دهه‌های اخیر از طریق انجام تحلیل‌های جامع به منظور حفظ و مدیریت آنها تلاش‌هایی صورت گیرد (۱۴). اینگونه تحلیل‌ها معمولاً بین انواع تالاب تفاوتی قائل نشده و در تالاب‌های منفرد متمرکز گردیده است (۲). اگر چه از آهنگ سریع نابودی تالاب‌ها در جهان تا حدودی کاسته شده، لیکن سنگینی بار تخریب‌های گذشته و تداوم آهسته آن خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست وارد کرده است. به‌طور مثال در کشور چین از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ طی ۲۰ سال حدود 2883 km^2 از تالاب‌ها به دلیل گسترش مناطق شهری از دست رفته است (۲۳). مسلماً تغییر در فراوانی و میزان آگیری دریاچه‌ها منجر به نوسانات قابل توجهی در افزایش فعالیت‌های توفان گرد و غبار در مقیاس فصلی و سالانه می‌شود (۲۰). همچنانکه سطوح آبی خشک می‌شوند، سطوح اراضی که قبلاً خیس و یا توسط پوشش گیاهی تثبیت شده بودند به‌طور قابل توجهی به بادبردگی حساس می‌شوند و در نهایت موجب بیابان‌زایی و افزایش وقوع گرد و غبار می‌شوند (۲). از این رو خشک شدن بستر دریاچه‌ها و یا تالاب‌ها در اثر عوامل

مختلف اقلیمی و یا انسانی می‌تواند منجر به افزایش فعالیت‌های گرد و غبار گردد. این وضعیت در مناطق خشک و نیمه خشک که معمولاً بستر پلایاها دارای رسوب و خاک سطحی مستعد ایجاد گرد و غبارهای شور هستند از جنبه‌های شیمی جو و سلامت انسان اهمیت دارد و در بسیاری از موارد آنرا نه تنها یک مسئله محلی بلکه باید یک فاجعه محیط‌زیستی منطقه‌ای به‌شمار آورد (۲۹).

بررسی پژوهش‌های انجام شده حاکی از بررسی‌های متنوعی از جنبه‌های مختلف در ارتباط با تالاب‌ها و پلایاهای مناطق خشک و نیمه خشک در ایران و سایر نقاط دنیا است. هر یک از متخصصان بنا به فراخور تخصص و دغدغه‌های حوزه کاری خود پژوهش‌ها و بررسی‌هایی در این زمینه داشته‌اند. برای شناسایی الگوهای از بین رفتن تالاب شیانگ‌آن^۱ در کشور چین تغییرات چشم انداز و از بین رفتن عناصر تالاب بر اساس نقشه کاربری اراضی و تصاویر سری لندست از دهه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ بررسی شده است (۱۴). نتیجه محاسبه‌ها نشان داد از دهه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵، سطح تالاب با $40/94 \text{ km}^2$ کاهش همراه بوده است. در این پژوهش از بین رفتن تالاب به سه مرحله زمانی مرطوب، مرحله کاهش و مرحله بهبودی تقسیم شده است و اراضی تالاب عمدتاً توسط زمین‌های زراعی و گسترش اراضی شهری جایگزین شده است. در همین زمینه تاثیر رویدادهای آب و هوایی روی تغییرات ذخیره سطحی در حوضه تونلی‌سپ^۲ با ترکیب مشاهدات سنجش از دور، تصاویر چند وجهی و ارتفاع سنجی رادار از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ بررسی گردیده و نتیجه نشان داده است که تغییرات حجم آب سطحی دریاچه با بارندگی‌های فصل بارانی در کل حوضه رودخانه مکونگ در مقیاس زمانی بین سالی همبستگی بسیار زیادی معادل $0/84$ دارد (۸). تحلیل تغییرات دینامیک سطح دریاچه بی‌یانگ‌دیان^۳ بر اساس روش جدید و کم هزینه SMDPSO^۴ برای استخراج سطح آب دریاچه توسط تصاویر لندست از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ انجام شده است (۲۷). در این پژوهش تغییرات سطح آب دریاچه به چهار دوره خشک، تخریب، پایدار، و بهبود یا

^۴ Spectrum Matching based on Discrete Particle Swarm Optimization

^۱ Xiong'an

^۲ Tonle Sap

^۳ Baiyangdian

بازیابی تقسیم شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد مساحت آب در سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ به ترتیب به بیشترین (280 km^2) و کمترین (44 km^2) مقدار رسیده است. این تغییرات در اثر شرایط اقلیمی و انسانی در دوره اول و دوم ایجاد شده، اما فعالیت‌های انسانی بیشتر در دوره سوم و چهارم بوده است. در حقیقت، سیاست‌های موثری همراه با پروژه‌های حفاظت از آب به‌طور مستقیم منجر به بهبود یا حتی بازیابی آب و محیط زیست دریاچه بی‌یاندیان گردیده است.

پایش تغییرات تپه‌های ماسه‌ای تالاب بین المللی گاوخونی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM⁺، ETM⁺، MSS و LISSIII طی ۳۲ سال از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ نشان داده است که در این بازه زمانی توزیع مکانی تپه‌های ماسه‌ای 5086 ha افزایش یافته است (۱۳). تغییرات ایجاد شده در ناهمواری‌های کوچک پلائیای گاوخونی و تعیین بی‌نظمی‌های رخ داده در آنها با گذشت زمان و بر اثر خشک شدن بخش زیادی از تالاب با استفاده از مدل فرکتال محیط - مساحت و در یک دوره دو ساله در محدوده زون مرطوب مورد بررسی قرار گرفته است (۱۵). نتایج به‌دست آمده از مدل نشان داده است تمایل ناهمواری‌های کوچک به افزایش مقدار بی‌نظمی و آشفتگی با گذشت زمان است که در نتیجه تغییرات سامانه تالابی بر اثر خشک شدن روی داده است. یعنی با ادامه وضع فعلی تالاب گاوخونی، ممکن است روند ایجاد سطوح کویری شدت یابد و افزایش رسوب کانی‌های تبخیری و اشباعی روی نهشته‌های آواری و گسترش زون نمکی موجب تبدیل تالاب به کویر شود. به منظور تعیین مناطق مستعد وقوع غلظت‌های بالای گردوغبار و ارتباط آن با مناطق مختلف حوضه و تالاب جازموریان از مدل جهانی NMMB/BSC استفاده شده است (۱۹). در این پژوهش مسیرهای انتقال گرد و غبار طی سالهای ۲۰۱۴-۲۰۱۶ تا ۷۲ ساعت بعد از وقوع رهگیری گردید. نتایج حاکی از ارتباط کامل الگوی مکانی نقشه‌های رطوبت خاک و غلظت گردوغبار در مقاطع زمانی مختلف بود. بررسی تصاویر توفانهای ورودی به حوضه و بستر خشک تالاب نشان داد که با رسیدن به این ناحیه، با

افزایش غلظت چشمگیر گرد و غبار همراه شده و از این رو بستر خشکیده تالاب خود عاملی در تشدید غلظت پدیده گرد و غبار محسوب می‌شود. برخی از محققان برای شناسایی مناطق منشاء گرد و غبار، از روشهای داده‌کاوی استفاده کرده‌اند. در پژوهشی برای شناسایی منشاء تولید گرد و غبار و پهنه بندی مکانی آنها در استان خوزستان، هشت الگوریتم داده‌کاوی به‌کار گرفته شد (۱۰). هدف این پژوهش پیش‌بینی منشاء توفان گرد و غبار با استفاده از مدل‌های داده‌کاوی فردی و مدل بندی گروهی بود. محققان مربوطه دوازده مشخصه مهم از عامل‌های اقلیم، خاک، کاربری اراضی و زمین شناسی را برای تعیین امتیازهای مربوطه به‌کار گرفتند. بر اساس نتایج مدل^۱ MDAM بالاترین و پایین‌ترین نمره اهمیت برای سرعت باد و عامل زمین شناسی بدست آمد. از بین مدل‌ها نیز، مدل‌سازی تجمیعی^۲ دارای بالاترین دقت برای پیش‌بینی مناطق تولید گرد و غبار بود. از این رو محققان استفاده از این مدل را برای پهنه بندی مکانی مناطق منشاء گرد و غبار برای سایر مناطق توصیه کردند.

نتیجه بررسی تغییرات رطوبت تالاب میقان با استفاده از دورسنجی و ارتباط آن با شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی نشان داد که محتوای رطوبتی تالاب میقان در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۳۶۹ به مقدارن قابل توجهی کاهش یافته به‌طور ی که مقدار متوسط رطوبت سطح تالاب از ۰/۳۶ در سال آغازین پژوهش به ۰/۰۴ در سال‌های پایانی رسیده است. نکته حائز اهمیت، روند کاهشی قابل توجه محتوای رطوبتی تالاب میقان اگر به همین روند باشد نشانه تشدید پدیده بیابان‌زایی و گرد و غبار در آینده در محدوده تالاب میقان است (۵). همچنین در پژوهش دیگری (۶) روند خشکیدگی تالاب گاوخونی برای بازه زمانی ۲۲ ساله از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ از جنبه تأثیر گرد و غبارهای این ناحیه بر شهر تاریخی اصفهان با استفاده از تصاویر لندست و گل‌توفان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق رابطه معکوس معنی‌داری بین تعداد روزهای غبارآلود و سطوح خشکیده تالاب در مقیاس سالانه و فصلی برای ایستگاه اصفهان نشان داده است. اگرچه خشک شدن تالاب گاوخونی توجه دانشمندان و علاقمندان زیادی را

² Ensemble modelling¹ Mean decrease accuracy measure (MDAM)

۳۹/ در سال آبی ۱۳۲۷-۲۸ تا دبی $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ در سال آبی ۱۳۸۹-۹۰ در این ایستگاه قابل مشاهده است (۱۷).

روش کار

تعیین سطوح خشک و مرطوب تالاب:

تغییرات فیزیکی تالاب گاوخونی در دوره زمانی منتخب و نزدیک به زمان حاضر از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۸، با بهره‌گیری از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی تعیین شد. بدین منظور در آغاز مرز هیدرولوژیک تالاب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی و کنترل آن با نقشه‌های کدگذاری شده حوضه‌های آبخیز وزارت نیرو شناسایی و تعیین شد. در گام بعدی با انتخاب سری زمانی مورد بررسی و بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ تقویم سطوح خشکیده تالاب در محدوده مطالعاتی تهیه گردید. برای تهیه تغییرات پهنه آبی تالاب گاوخونی از شاخص تفاوت نرمال شده آب NDWI^۱ برای مدل سازی تغییرات فضایی و زمانی سطح تالاب گاوخونی در دوره زمانی مذکور از رابطه (۱) بهره‌گیری شد (۲۸ و ۱۶).

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (1)$$

که در آن:

Green: باند سبز در محدوده طول موج ۵۲۵-۶۰۲ nm و NIR: مادون قرمز نزدیک با طول موج ۷۵۰-۹۰۰ nm است (۲۱ و ۸). حد آستانه آب برای شاخص NDWI ۰.۳ به بالا در نظر گرفته شد (۹).

پردازش داده‌ها در سامانه شبکه‌ی موتور گوگل ارث انجین برنامه نویسی شد (۱۲) و از تصاویر ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ در دوره زمانی منتخب هر ۱۶ روز یکبار با در نظر گرفتن فیلتر ابر ۱۰٪ استفاده شد. کاربرد فیلتر ابر به منظور تفکیک و حذف تصاویر دارای ابر بیشتر از ۱۰٪ بود (جدول ۱). پس از آن مساحت سطوح خشک و مرطوب برای ۴۶۲ تصویر با در نظر گرفتن حد آستانه ۰.۳ به بالا محاسبه شد. در پایان میانگین ماهانه و سالانه مساحت سطح آب تالاب گاوخونی محاسبه شد (جدول ۴).

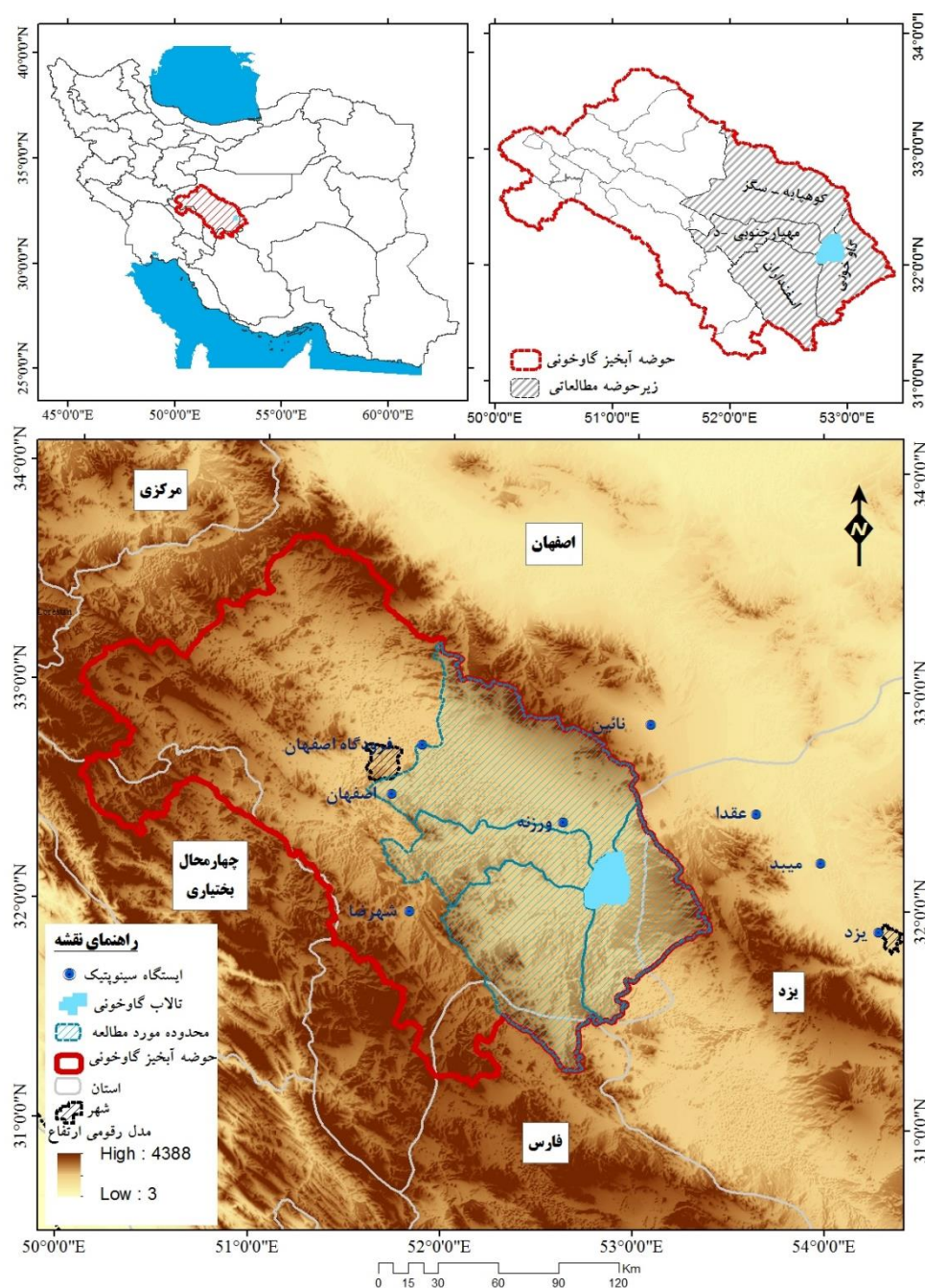
در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است و مطالعات متنوعی در راستای تأثیر عوامل اقلیمی و انسانی در روند خشکیدگی این تالاب ارزشمند در بازه‌های زمانی مختلف انجام گرفته اما در راستای اهداف این مقاله بررسی‌ها کمتر از انتظار بوده است. در همین رابطه افزایش و تشدید پدیده گرد و غبار که در سال‌های اخیر برخی از شهرهای اطراف تالاب و مناطقی از استان اصفهان به‌ویژه مرکز استان را تحت تأثیر قرار داده است، نظرهای کارشناسی فراوانی در پی داشته است (۲۱ و ۲۵). به‌طوریکه در برخی موارد خشکیدگی تالاب گاوخونی به‌عنوان یکی از منابع جدید و تشدید کننده این پدیده اعلام شده است. از این رو هدف مقاله حاضر بررسی تغییرات فیزیکی ماهانه سطح تالاب گاوخونی طی چند دهه اخیر و نقش این خشکیدگی و اثرات آن بر افزایش پدیده گرد و غبار و فعالیت احتمالی تپه‌های ماسه‌ای محیط پیرامونی تالاب است.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تالاب گاوخونی با وسعتی بالغ بر 475 km^2 در انتهایی‌ترین نقطه حوزه آبخیزی به همین نام و در پایاب رودخانه زاینده رود واقع شده است. حوزه آبخیز گاوخونی که رودخانه زاینده رود از آن تغذیه می‌شود مساحتی بالغ بر 41552 km^2 را در بخش مرکزی ایران به خود اختصاص داده است. این حوضه در مختصات جغرافیایی $50^\circ 2' 50''$ تا $53^\circ 24' 53''$ طول شرقی و $31^\circ 12' 31''$ تا $33^\circ 42' 33''$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). میانگین بارش سالانه محدوده تالاب در دوره آماری ۱۳۵۱-۹۵ معادل $88/4 \text{ mm}$ بیشترین و کمترین مقدار بارش فصلی به ترتیب متعلق به فصل زمستان (41 mm) و تابستان ($1/5 \text{ m}$) است. دمای میانگین سالانه در محدوده تالاب در همان دوره آماری $16/5^\circ \text{C}$ درجه سانتیگراد و تبخیر میانگین سالانه 2797 mm است. دبی ورودی به تالاب بر اساس آمار آخرین ایستگاه هیدرومتری رودخانه زاینده رود که در شهر ورزنه قرار دارد در طول دوره ۶۷ ساله ۱۳۲۷-۹۵ افت و خیزهای زیادی داشته است. به‌طوری که از دبی‌های زیاد، حدود $15 \text{ m}^3/\text{s}$

¹ Normalized Difference Water Index



شکل ۱. موقعیت و وضعیت پستی و بلندی حوزه آبخیز تالاب گاوخونی

جدول ۱. تصاویر ماهواره ای مورد استفاده (۱۲)

تعداد تصاویر	Path	Row	باند Near infrared	باند Green	تاریخ	تصاویر ماهواره
۱۰۸	۱۶۳	۳۸	۵	۳	۱۳۹۲-۱۳۹۸	لندست ۸
۱۳۸	۱۶۳	۳۸	۴	۲	۱۳۷۷-۱۳۹۲	لندست ۷
۲۱۶	۱۶۳	۳۸	۴	۲	۱۳۶۵-۱۳۸۱	لندست ۵

بررسی داده های باد و روزهای همراه با گرد و غبار

برای بررسی داده های باد از جمله زمان و تاریخ دیده بانی، جهت و سرعت باد، میدان دید و کد پدیده های گرد و غبار شامل کد ۶، ۷، ۸، ۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵؛ ابتدا داده های سه ساعته مورد نیاز از طریق سازمان هواشناسی برای ایستگاه های هم دیدی منطقه مطالعاتی تهیه شد (جدول ۲). سپس با بررسی دوره مشترک آماری، ایستگاه های منتخب، بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۵ برای تجزیه و تحلیل داده ها انتخاب شد. نظر به اینکه نزدیک ترین ایستگاه به تالاب گاوخونی، ایستگاه ورزنه است، که از سال ۲۰۰۶ دارای آمار روزانه پارامترهای باد می باشد از این ایستگاه به دلیل اهمیت موضوع در تجزیه و تحلیل ها و همچنین از ایستگاه عقدا به عنوان ایستگاه کمکی استفاده شد.

تعداد روزهای توأم با گرد و غبار با در نظر گرفتن کد پدیده های گرد و غبار از طریق داده های اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور محاسبه شد.

با توجه به تعداد برداشت و ثبت اطلاعات ۸ بار در روز در ایستگاه های سینوپتیک شمارش تعداد پدیده و روز گردوغبار در ایستگاه های محدوده مطالعاتی صورت گرفت. سپس مجموع و میانگین تعداد روزهای غبار آلود برای دوره آماری مورد مطالعه در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه تعیین شد.

بررسی فعالیت ماسه های روان

خشک شدن تالاب و افت سطح آب لایه زیرین خاک که موجب کاهش پوشش گیاهی بین تپه های ماسه ای می شود (۳)، و احتمال فعالیت ماسه های اطراف تالاب را بیشتر خواهد کرد. برای بررسی این موضوع و تعیین احتمال تحرک تپه های ماسه ای و ماسه زارها، از شاخص لنکستر استفاده شد (۱۸). لنکستر شاخصی را معرفی کرده است که وضعیت فعالیت تپه های ماسه ای را از نظر وجود پوشش گیاهی بین تپه ها نشان می دهد (رابطه ۲).

$$M=W/(P/PET) \quad (2)$$

M = مقدار تحرک پذیری رسوبات بادی

W = درصد فراوانی بادهای با سرعت بیشتر از سرعت

آستانه فرسایش برحسب m/s در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین

P = میانگین بارندگی سالیانه برحسب mm

PET = تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه برحسب mm

ارزش تجربی به دست آمده از شاخص M عبارت است از: کمتر از ۵۰، تپه های غیر فعال و سطوح ماسه توسط پوشش گیاهی تثبیت شده، ۵۰-۱۰۰، فعال فقط در مناطق تاج تپه ها؛ ۱۰۰-۲۰۰، تپه های ماسه ای فعال است، اما مناطق بین تپه های ماسه ای توسط پوشش گیاهی تثبیت شده؛ و بیشتر از ۲۰۰، تپه های ماسه ای به طور کامل فعال اند.

جدول ۲. موقعیت ایستگاه های سینوپتیک منتخب جهت بررسی پدیده گرد و غبار

نام ایستگاه	کد ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع m
اصفهان	۴۰۸۰۰	۵۱°۴۰'	۳۲°۳۷'	۱۵۵۰/۴
یزد	۴۰۸۲۱	۵۴°۱۷'	۳۱°۵۴'	۱۲۳۷
نابین	۴۰۸۰۱	۵۳°۰۵'	۳۲°۵۱'	۱۵۴۹
شهرضا	۴۰۸۱۵	۵۱°۵۰'	۳۱°۵۹'	۱۸۴۵
ورزنه	۹۹۵۰۵	۵۲°۳۷'	۳۲°۲۴'	۱۲۵۰
فرودگاه اصفهان	۴۰۸۰۲	۵۲°۸۶'	۳۲°۷۴'	۱۵۵۲
عقدا	۴۰۸۰۴	۵۳°۶۴'	۳۲°۴۴'	۱۱۵۰
میبد	۹۹۵۱	۵۳°۹۸'	۳۲°۲۱'	۱۱۰۸

سال آبی ۱۳۷۷-۷۸ در اکثریت ماه‌های سال، سطح وسیعی از تالاب آبدار بوده و بیشترین سطح آبدار تالاب به سال آبی ۱۳۷۲-۷۳ اختصاص داشته است. میانگین سالانه سطح آبدار تالاب در این سال برابر با $421/2 \text{ km}^2$ معادل با ۸۹ درصد سطح تالاب بوده و حجمی معادل 938 MM^3 آب وارد تالاب شده است.

از سال آبی ۷۷-۷۸ تا سال آبی ۹۱-۹۲ به مرور از سطح آبدار تالاب کاسته شده به طوری که طی این دوره سطح آبدار بین $200 - 100 \text{ km}^2$ در نوسان بوده است. پس از این دوره تا سال ۹۷-۹۸ سطح تالاب به طور کلی خشک بوده است. (جدول ۳).

وضعیت روزهای گرد و غباری در ایستگاه‌های اطراف تالاب
تعداد روزهای توأم با پدیده گرد و غبار با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هم‌دیددی پیرامون تالاب در طول دوره مطالعه تعیین شد (شکل ۲).

در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در دهه منتهی به سال ۱۳۹۵، تعداد روزهای گرد و غباری بیشتر شده‌اند. همچنین تعداد پدیده و روزهای گرد و غباری در دوره همزمان ده ساله ۹۵-۱۳۸۵ برای ایستگاه‌ها نیز تفکیک و محاسبه شد. بیشترین تعداد پدیده و روز گرد و غبار در ایستگاه نائین و کمترین آن در ایستگاه ابرکوه و عقدا به ثبت رسیده است (جدول ۴). همچنین بررسی داده‌ها نشان داد که بر خلاف تصور، بیشترین روزهای گرد و غباری در منطقه مورد مطالعه در فصل بهار اتفاق افتاده است.

بالغ بر ۵۰ درصد پدیده‌ها و روزهای گرد و غبار کل سال، فقط در فصل بهار بوده است. در ایستگاه نائین توزیع روزهای گرد و غباری در طول فصول سال تا حدی متعادل تر بوده است. به عبارتی در طول فصول سال با اختلاف کمتری توزیع شده‌اند. علاوه بر این تداوم و مدت زمان ماندگاری گرد و غبار در ایستگاه‌های اصفهان و آبادیه در روزهای غبارآلود، نسبت به دیگر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است (جدول ۴).

بررسی ارتباط سطح خشکیده تالاب و روزهای گرد و غبار
به منظور بررسی تأثیر سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر افزایش یا کاهش تعداد روزهای توأم با پدیده گرد و غبار، از تحلیل همبستگی بین سطوح خشکیده تالاب و تعداد روزهای توأم با گرد و غبار در ایستگاه‌های منتخب اطراف تالاب بهره‌گیری شد. در این بررسی علاوه بر ارتباط سالانه بین دو متغیر و به منظور رسیدن به نتایج دقیق‌تر تغییرات فصلی سطوح خشک تالاب و تعداد روزهای گرد و غبار نیز بررسی شد.

بررسی سرعت و جهت وزش بادهای فرساینده
برای حصول اطمینان از وزش بادهای غبارآلود از سمت تالاب گاوخونی به سمت ایستگاه‌های مورد مطالعه، اقدام به ترسیم گلبادها و گلتوفان‌ها گردید. ابتدا با استفاده از ترسیم گلبادهای سالانه و فصلی ایستگاه‌های هم‌دیددی، وضعیت بادناکی در منطقه مورد مطالعه بررسی شد. سپس با در نظر گرفتن فرسایش پذیری خاک سطحی، بادهای فرساینده که قادر به حمل و تولید توفان‌های گرد و غبار در سطح منطقه می‌شوند، جدا شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. به همین منظور گل‌توفان‌های سالانه و فصلی تهیه شدند. در این مطالعه سرعت آستانه فرسایش بادی برابر 6 m/s در نظر گرفته شد. همچنین به منظور بررسی سرعت بادهای فرساینده، کلیه وقایع باد که در فواصل سه ساعته در ایستگاه‌های هم‌دیددی ثبت شده‌اند، شمارش و سپس در پنج دامنه کمتر از 6 m/s ، ۶ تا ۱۰، ۱۱ تا ۱۵، ۱۶ تا ۲۰ و بیشتر از 20 m/s طبقه‌بندی شدند.

■ نتایج

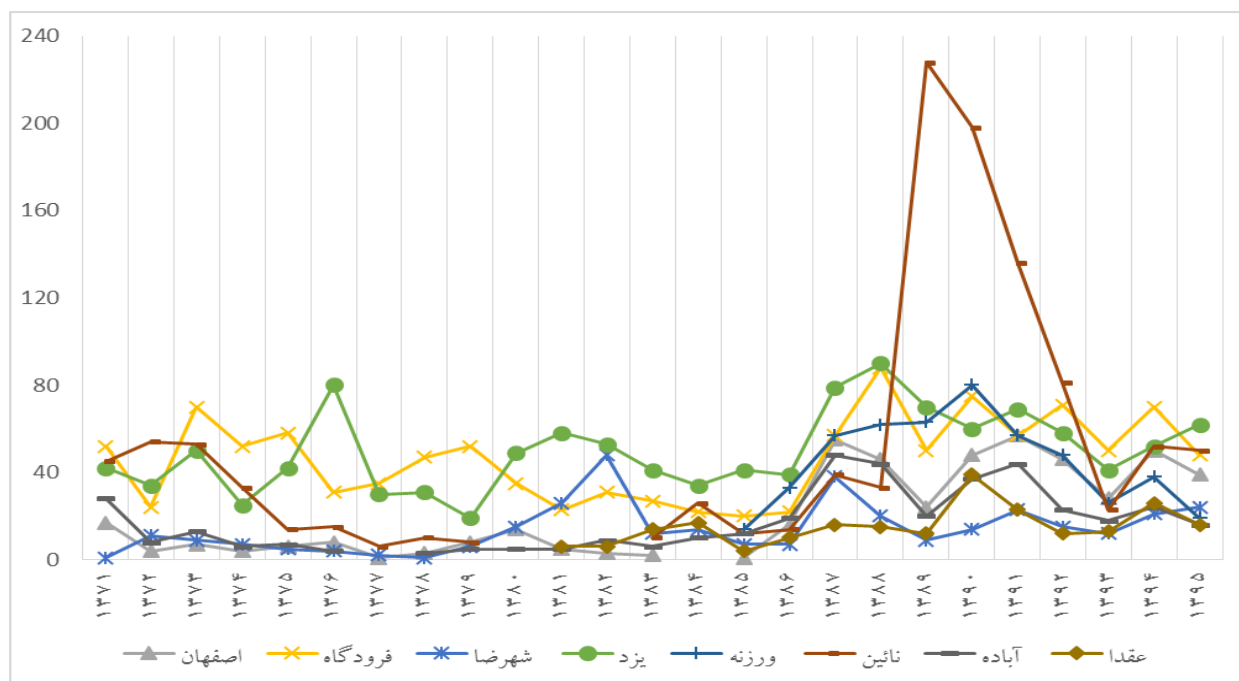
محاسبه سطوح خشک و مرطوب ماهانه تالاب

سطح مرطوب تالاب برای کلیه ماههای واجد تصویر در هر سال و در کل دوره مطالعه در (جدول ۴) ارائه شده است. تالاب گاوخونی در سال‌های ابتدایی دوره مورد مطالعه و در بیشتر ماه‌های سال از رطوبت کافی برخوردار بوده است به طوری که از سال آبی ۶۶-۱۳۶۵ تا

جدول ۳. محاسبه درصد سطوح آبدار ماهانه و سالانه تالاب گاوخونی

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	سال آبی
۶۷	۷۶	۷۹	۸۶	۷۵	۷۷	۷۷	۶۳	۵۳	۵۵	۰	۲۷	۰	۱۳۶۵ ۶۶
۸۴	۸۵	۹۰	۷۹	۸۹	۷۶		۹۲		۹۲	۸۹	۷۶	۷۵	۱۳۶۶ ۶۷
۸۲	۷۴	۵۸	۷۸	۸۵	۹۰	۸۷			۹۴		۸۵	۸۳	۱۳۶۷ ۶۸
۵۸	۴۴	۴۵	۵۲	۵۹	۶۳			۷۹				۶۸	۱۳۶۸ ۶۹
۴۸	۳۸	۳۶	۴۰	۵۱	۵۸	۶۲	۶۱		۴۸	۳۷			۱۳۶۹ ۷۰
۵۰	۴۴	۴۳	۵۷	۶۰	۵۳		۶۰	۵۵	۵۲	۶۵		۱۱	۱۳۷۰ ۷۱
۶۷		۸۷		۶۵				۸۴	۰	۰	۵۲	۴۸	۱۳۷۱ ۷۲
۸۹	۸۴	۸۹	۷۰	۸۷		۹۶	۹۷	۹۱	۹۳	۸۲	۹۵	۹۰	۱۳۷۲ ۷۳
۷۳	۴۷	۵۴	۶۳	۷۶	۸۰	۷۸		۸۸	۸۶	۷۶		۸۲	۱۳۷۳ ۷۴
۵۷	۴۲	۵۰	۶۲	۷۲		۷۷			۸۴		۳۱	۴۰	۱۳۷۴ ۷۵
۴۵	۳۳	۳۸	۴۲	۵۳		۵۷		۴۲			۴۵	۴۶	۱۳۷۵ ۷۶
۴۰		۳۹	۴۳	۵۰	۵۵	۵۹		۵۵	۲۶	۱۴	۱۹	۳۵	۱۳۷۶ ۷۷
۴۶	۴۰	۴۵	۴۷	۴۹	۵۱	۵۶	۶۵	۷۷	۰	۲۱	۲۷	۳۲	۱۳۷۷ ۷۸
۲۴	۱۶	۲۵	۲۲	۲۳	۲۹	۲۸	۲۵	۲۸	۶	۱۱	۳۵	۳۹	۱۳۷۸ ۷۹
۲۵	۲۱	۲۸	۳۲	۳۵	۴۲	۴۴	۴۹	۵	۵	۵	۰	۱۲	۱۳۷۹ ۸۰
۳۸	۴۲	۴۷	۴۴		۴۹		۴۸			۳۵	۲۶	۱۷	۱۳۸۰ ۸۱
۳۸		۳۶			۴۵	۴۵	۴۹	۴۵			۱۴	۰	۱۳۸۱ ۸۲
۳۲	۳۲	۳۴		۴۳	۴۶	۰		۳۶			۶	۳۰	۱۳۸۲ ۸۳
۳۲	۳۲	۳۳	۳۸	۳۹	۳۶	۳۵		۳۱	۲۹		۱۶	۳۰	۱۳۸۳ ۸۴
۳۶	۳۷	۴۰	۴۳	۴۶	۴۲	۵۲	۴۸	۳۰	۲۲		۵	۳۰	۱۳۸۴ ۸۵
۴۴	۰	۴۴	۴۵	۵۱				۵۰	۳۸		۴۶	۳۷	۱۳۸۵ ۸۶
۳۶	۲۳	۳۴	۳۵	۳۵	۳۹	۳۹		۴۴					۱۳۸۶ ۸۷
۲۱	۲۹	۲۸	۳۴	۴۲				۸	۲	۲		۲۳	۱۳۸۷ ۸۸
۳۰			۳۲	۳۹		۳۶		۳۱	۱۶			۲۵	۱۳۸۸ ۸۹
۲۵	۲۱	۲۹				۰	۳۱	۳۱			۱۰	۲۷	۱۳۸۹ ۹۰
۲۷	۳۱	۳۳	۳۳	۳۶	۳۷	۴۰	۲۷	۰	۱۶	۲۴	۰	۲۰	۱۳۹۰ ۹۱
۹۰۹	۰	۰	۰	۰	۲	۶	۵	۳۳	۲۶		۱۰	۲۷	۱۳۹۱ ۹۲
۰۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰		۰	۴	۰	۰		۱۳۹۲ ۹۳
۰	۰	۰	۰	۰	۰		۰		۱	۱	۰	۰	۱۳۹۳ ۹۴
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		۰			۰	۰	۱۳۹۴ ۹۵
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۹۵ ۹۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰			۰			۰	۰	۱۳۹۶ ۹۷
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱		۰			۰	۰	۱۳۹۷ ۹۸

تمایل آبی پر رنگ به آبی کم رنگ نشانه کم شدن سطح آبدار است و هر قدر بسمت قرمز تیره تر نزدیکتر می شود شدت خشکیدگی تالاب بیشتر می شود.



شکل ۲. نمودار تعداد روزهای گرد و غبار در ایستگاههای اطراف تالاب

جدول ۴. تعداد پدیده و روزهای گرد و غبار ایستگاههای اطراف تالاب در دوره همزمان ۹۵-۱۳۸۵

نام ایستگاه	بهار		تابستان		پاییز		زمستان		سال		نسبت فصل بهار به کل سال		نسبت پدیده به روز
	پدیده	روز	پدیده	روز	پدیده	روز	پدیده	روز	پدیده	روز	پدیده	روز	
نائین	۸۴۷	۲۸۶	۷۱۶	۲۶۸	۳۵۱	۱۷۲	۲۹۹	۱۴۰	۲۲۱۳	۸۶۶	۳۸	۳۳	۳
یزد	۱۰۳۰	۳۳۶	۴۸۹	۱۵۳	۱۰۹	۵۸	۳۲۸	۱۱۴	۱۹۵۶	۶۶۱	۵۳	۵۱	۳/۱
اصفهان-فرودگاه	۸۶۰	۲۷۴	۵۳۷	۱۸۹	۱۲۴	۶۹	۱۶۳	۷۶	۱۶۸۴	۶۰۸	۵۱	۴۵	۳/۱
اصفهان	۷۶۱	۲۰۶	۴۹۳	۱۴۳	۷۶	۳۳	۸۰	۲۸	۱۴۱۰	۴۱۰	۵۴	۵۰	۳/۷
ورزنه	۵۷۶	۲۳۳	۲۸۸	۱۱۸	۹۶	۵۶	۱۹۰	۹۰	۱۱۵۰	۴۹۷	۵۰	۴۷	۲/۵
آباده	۶۳۵	۱۷۳	۲۴۹	۵۹	۲۷	۱۰	۱۹۲	۶۳	۱۱۰۳	۳۰۵	۵۸	۵۷	۳/۷
اردستان	۵۴۳	۱۹۲	۲۹۵	۹۵	۱۰۲	۳۹	۱۵۲	۶۵	۱۰۹۲	۳۹۱	۵۰	۴۹	۲/۸
شهرضا	۳۰۵	۱۱۱	۱۴۶	۴۲	۲۷	۱۴	۷۷	۲۳	۵۵۵	۱۹۰	۵۵	۵۸	۲/۷
عقدا	۲۱۳	۹۷	۱۰۰	۴۰	۳۲	۱۸	۶۹	۳۱	۴۱۴	۱۸۶	۵۱	۵۲	۲/۲
ابركوه	۱۵۶	۶۸	۷۰	۲۳	۱۴	۷	۷۵	۳۲	۳۱۵	۱۳۰	۵۰	۵۲	۲/۳

بررسی سرعت باد

بررسی داده های سرعت باد نشان داد عمده وقایع باد در منطقه مورد مطالعه سرعتی کمتر از 6 m/s داشتند و بادهایی که منجر به فرسایش خاک شده اند بیشتر در دامنه 6 m/s تا 20 m/s به ندرت در بعضی از ایستگاهها گرفت. بادهای تا 20 m/s به ندرت در بعضی از ایستگاهها مشاهده شد. در بین ایستگاههای مورد مطالعه حدود ۹۳ درصد بادهای ثبت شده در ایستگاه اصفهان و ۹۰ درصد

ایستگاه فرودگاه، بادهای آرامی بوده اند که منجر به تولید گرد و غبار نشده اند. ایستگاههای ورزنه و شهرضا بادهای فرسایش زای بیشتری نسبت به دو ایستگاه قبلی داشته اند. ایستگاه نائین با ۲۶/۱ درصد از بادهای فرسایش زا در صدر ایستگاههای مطالعاتی قرار گرفت (جدول ۵).

از آنجا که گرد و غبار در شرایطی اتفاق می افتد که سرعت باد بیشتر از سرعت آستانه فرسایش باشد از این نظر سرعت بادهای بیشتر از آستانه فرسایش برای تعدادی

از ایستگاه‌ها که روزهای گرد و غباری بیشتری داشتند، در طول سال‌های مطالعه محاسبه شد. با اینکه بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی ملایمی را نشان دادند ولی ایستگاه نائین به‌طور مشخص در دهه ۱۳۸۵-۱۳۹۵ روند افزایشی قابل توجهی داشت (شکل ۳).

اثر سطوح خشکیده تالاب بر گرد و غبار

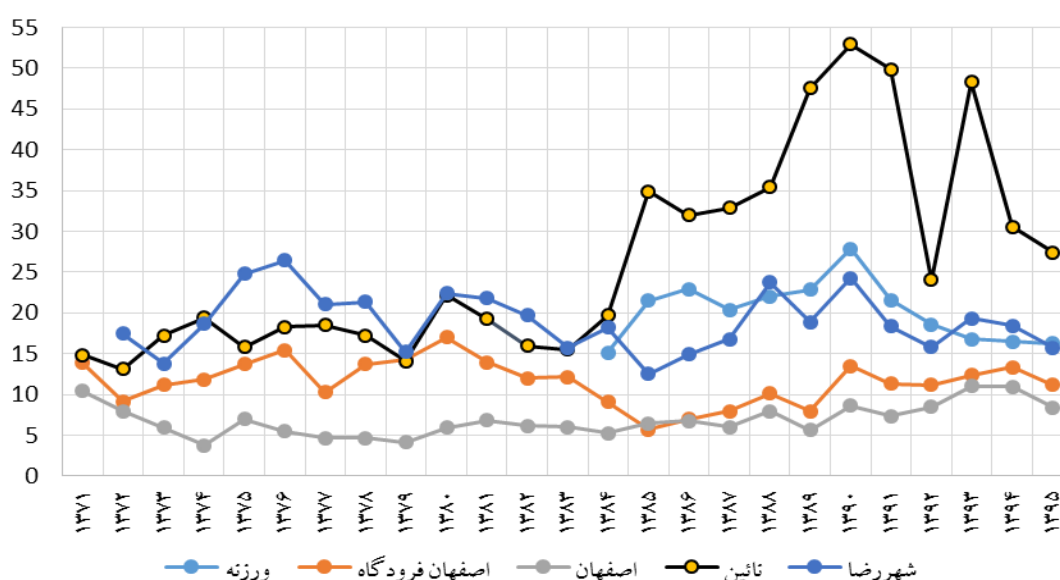
یافته‌های بدست آمده از رابطه تعداد روزهای گرد و

غبار سالانه و سطح خشک تالاب در سال‌های واجد آمار به‌صورت نمودار در (شکل ۴) ارایه شده است.

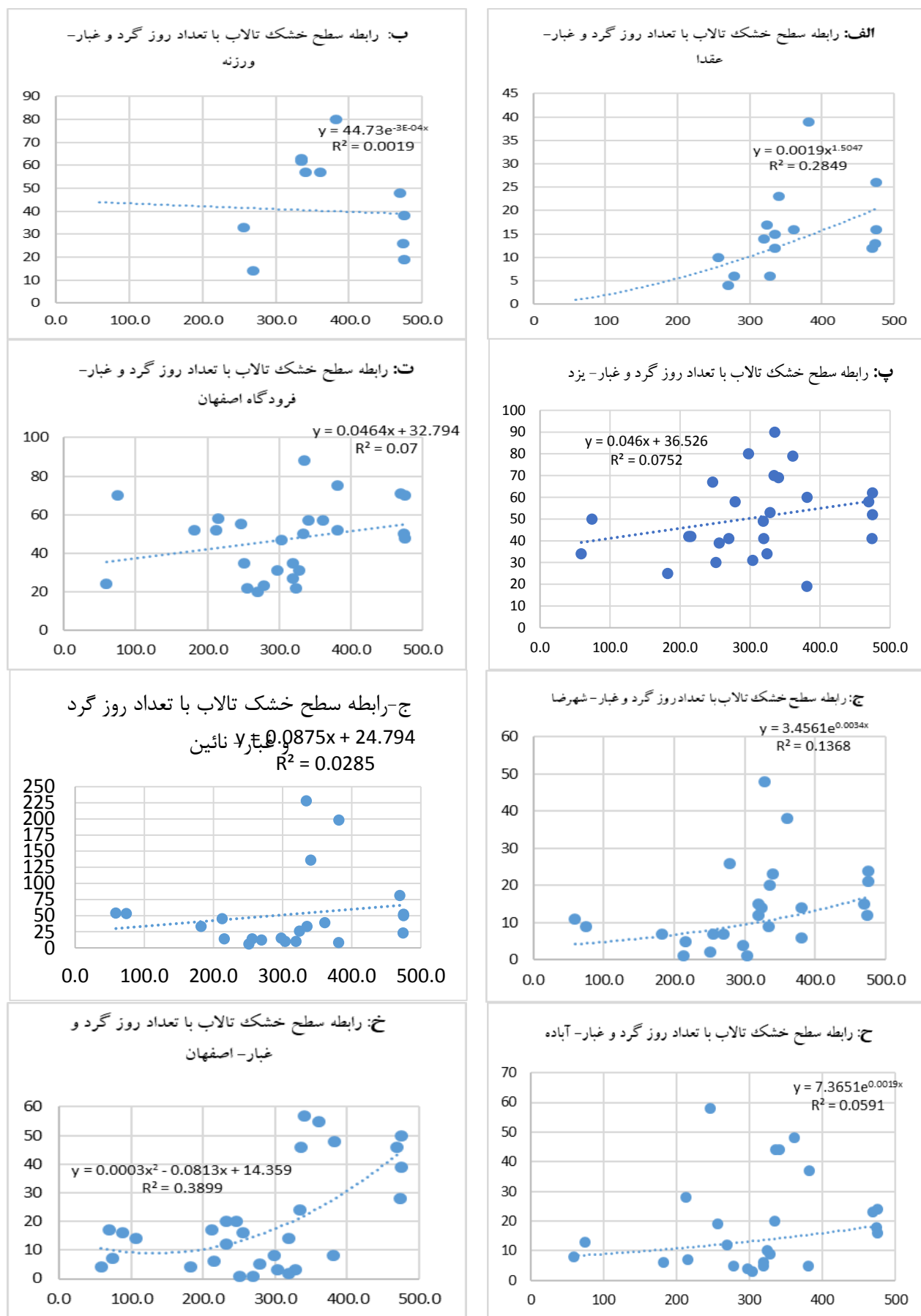
با اینکه خط ترسیمی در تعدادی از نمودارهای مربوطه، شیب افزایشی ملایمی را نشان داد ولی رابطه معنی‌داری نداشت. همچنین بررسی همبستگی در سطح ایستگاه‌ها (جدول ۶) نشان داد که در سال‌های اخیر تعداد روزهای گرد و غبار در بسیاری از ایستگاه‌ها بیشتر شده ولی ارتباط آماری قابل قبولی با خشکیدگی تالاب گاوخونی ندارد.

جدول ۵. طبقه بندی درصد فراوانی سرعت باد در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	بازه زمانی	<6	6-10	11-15	16-20	>20
اصفهان	1985-2016	92.6	6.8	0.5	0.0	0.0
فرودگاه	1985-2016	89.3	9.8	0.9	0.1	0.0
یزد	1985-2016	88.1	8.6	0.4	0.0	0.0
شهرضا	1992-2017	81.2	16.4	2.2	0.2	0.0
نائین	1992-2017	73.9	24.3	1.6	0.2	0.0
ورزنه	2006-2016	79.4	17.8	2.7	0.1	0.0
میبد	2002-2016	57.5	10.8	0.8	0.1	0.0
عقدا	2003-2016	57.7	11.2	0.9	0.1	0.0



شکل ۳. وضعیت بادهای بیشتر از سرعت آستانه فرسایش (درصد) در ایستگاه‌های مورد بررسی



شکل ۴. ارتباط سالانه تعداد روزهای گرد و غبار و سطح خشک تالاب در ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۳۶۵-۹۵)

(در نمودارهای شکل ۴، محور افقی مساحت تالاب را نشان می‌دهد)

جدول ۶. همبستگی سطح خشک تالاب و تعداد روزهای گرد و غبار سالانه در ایستگاه‌های اطراف تالاب

ایستگاه	اردستان	اصفهان	فرودگاه اصفهان	شهرضا	یزد	ورزنه	نائین	آباده	عقدا
سطح همبستگی	۰.۱۷۶	۰.۶۱۲	۰.۲۶۵	۰.۳۴۹	۰.۲۷۴	-۰.۱۱۵	۰.۱۶۹	۰.۱۹۴	۰.۳۹۳

تحلیل همبستگی

چون تعداد روزهای گرد و غبار با سطوح خشکیده تالاب به صورت سالانه بجز ایستگاه اصفهان ارتباط قابل قبولی نشان نداد از این رو تحلیل همبستگی پیرسون برای این دو متغیر بصورت فصلی انجام شد. این رابطه برای برخی از فصول سال در ایستگاه‌های اصفهان، عقدا و شهرضا در سطح اطمینان ۱٪ و ۵٪ معنی دار شد (جدول ۷). به منظور بررسی جهت وزش بادهای فرسایش زا از سمت تالاب به سمت ایستگاه های منتخب، گل بادهای و

گل توفان‌های فصلی و سالانه ایستگاه‌ها بررسی شد که بدلیل محدودیت فضای مقاله نمونه‌هایی از آنها در شکل (۵ تا ۸) نشان داده شد. نتایج بررسی گل‌باد و گل‌توفان ایستگاه هم‌دیدگی اصفهان نشان‌دهنده هم‌جهت بودن بادهای غالب و فرسایش زا با جهت غربی می باشد که بیش از ۹۳٪ بادهای دارای سرعتی کمتر از سرعت آستانه فرسایش بادی می‌باشند. بررسی گل‌بادهای سالانه ایستگاه شهرضا حاکی از غالب بودن سریع‌ترین بادهای و بادهای غبارزا از قطاع جنوب غربی می‌باشد.

جدول ۷. همبستگی سطح خشک تالاب و روزهای گرد و غبار در فصول مختلف سال

فصول سال	سطح همبستگی	فصول سال	سطح همبستگی
آباده بهار	۰.۲۱۷	اصفهان - فرودگاه بهار	۰.۴۲۵*
آباده تابستان	۰.۰۸۱	اصفهان - فرودگاه تابستان	۰.۲۲۳
آباده پاییز	-۰.۰۲۵	اصفهان - فرودگاه پاییز	-۰.۰۸۷
آباده زمستان	۰.۱۹۱	اصفهان - فرودگاه زمستان	-۰.۲۵۶
ابرکوه بهار	-۰.۰۷۰	نائین بهار	۰.۱۵۹
ابرکوه تابستان	-۰.۱۳۰	نائین تابستان	۰.۲۴۳
ابرکوه پاییز	۰.۰۳۸	نائین پاییز	۰.۱۲۳
ابرکوه زمستان	-۰.۳۸۵	نائین زمستان	۰.۰۱۸
عقدا بهار	۰.۴۰۱	شهرضا بهار	۰.۳۵۲
عقدا تابستان	۰.۳۵۱	شهرضا تابستان	۰.۴۰۱*
عقدا پاییز	۰.۵۲۲*	شهرضا پاییز	۰.۲۸۲
عقدا زمستان	-۰.۲۰۳	شهرضا زمستان	-۰.۱۱۴
اردستان بهار	۰.۲۵۰	ورزنه بهار	-۰.۰۱۳
اردستان تابستان	۰.۰۱۳	ورزنه تابستان	۰.۰۳۳
اردستان پاییز	۰.۰۶۲	ورزنه پاییز	-۰.۰۱۲
اردستان زمستان	۰.۱۶۸	ورزنه زمستان	-۰.۴۲۰
اصفهان بهار	۰.۵۷۵**	یزد بهار	۰.۳۳۱
اصفهان تابستان	۰.۵۳۶**	یزد تابستان	۰.۱۹۷
اصفهان پاییز	۰.۴۴۵*	یزد پاییز	۰.۲۸۲
اصفهان زمستان	۰.۳۷۸	یزد زمستان	-۰.۱۴۸

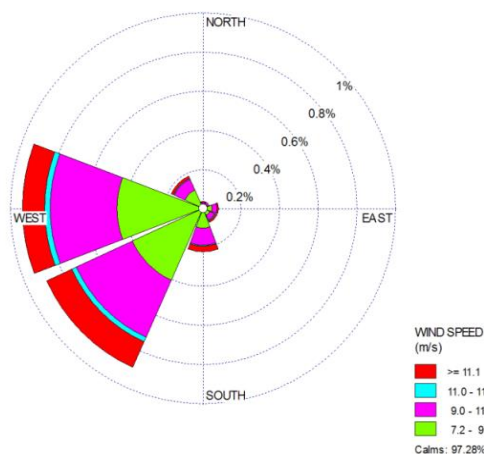
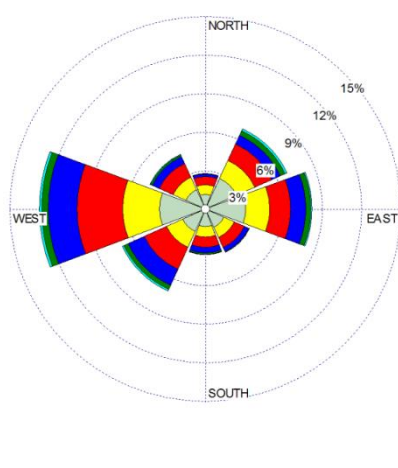
** معنی داری در سطح اطمینان ۱٪ و * معنی داری در سطح اطمینان ۵٪

غرب است. هم‌سو نبودن جهت وزش باد غالب گل‌بادها و گلتوفان نشان می‌دهد که ایجاد گرد و غبار در این منطقه، علاوه بر تأثیر سرعت باد، عوامل دیگری از جمله ورود سامانه‌های جدید به این ایستگاه، عوامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، چسبندگی ذرات سطح خاک، مقدار بارندگی، فشار هوا و رطوبت نسبی هوا نیز در تشدید یا کاهش پدیده گرد و غبار نقش دارند.

غالب بودن وزش بادها از جنوب غربی در گل‌بادها و گل‌توفان‌های فصول پاییز، زمستان و بهار نیز دیده می‌شود. اما در فصل تابستان بیشترین درصد وزش بادها از سمت شمال شرقی می‌باشد که این وضعیت در مورد بادهای فرساینده نیز صادق است. گل‌بادها سالانه ایستگاه نایین نیز نشان داد که بادهای نایب غالب، شامل بادهای شمال شرق و شرق نیز می‌باشند. اما بررسی گلتوفان سالانه حاکی از وزش باد غالب از سمت جنوب

الف

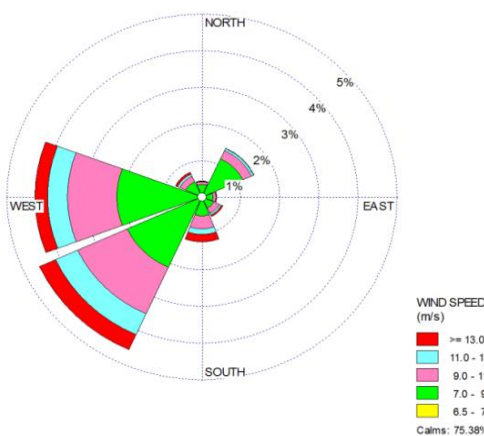
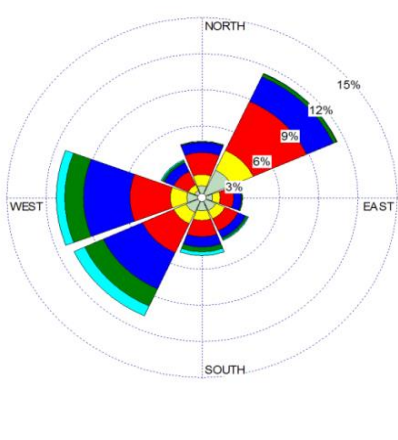
ب



شکل ۵. گل‌بادها و گلتوفان سالانه ایستگاه هم‌دید اصفهان (الف: گل‌بادها ب: گلتوفان)

الف

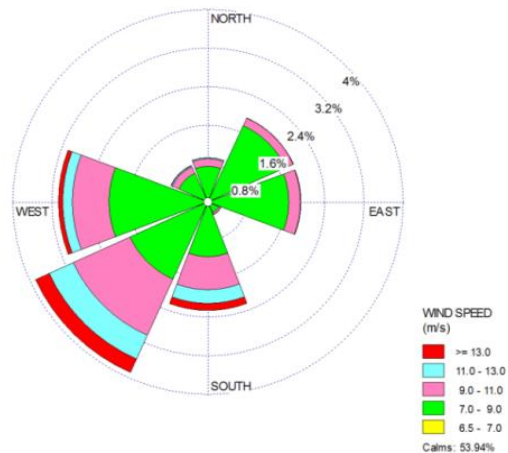
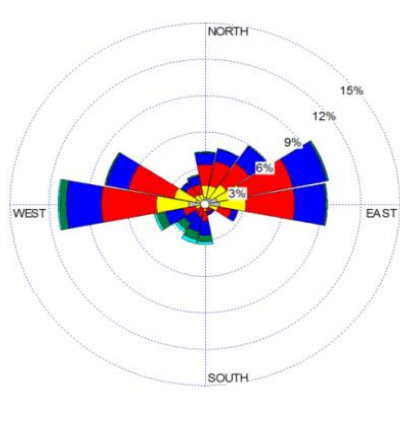
ب



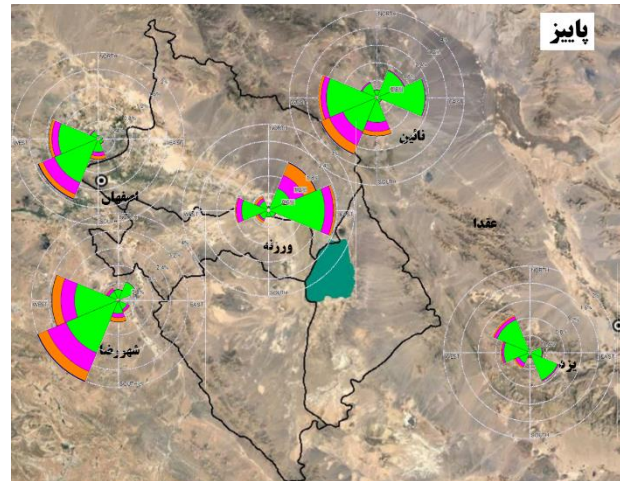
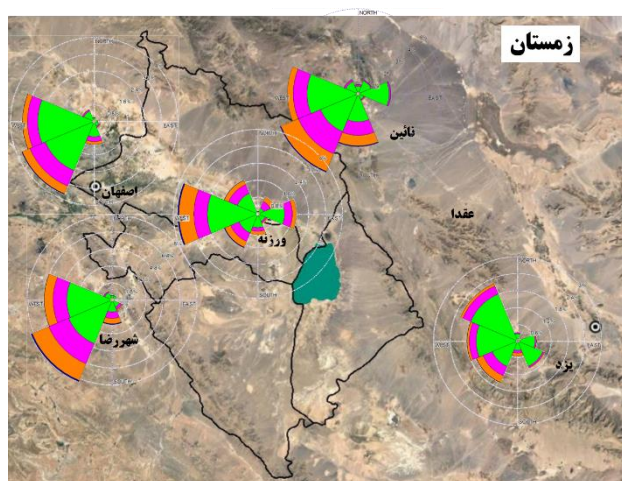
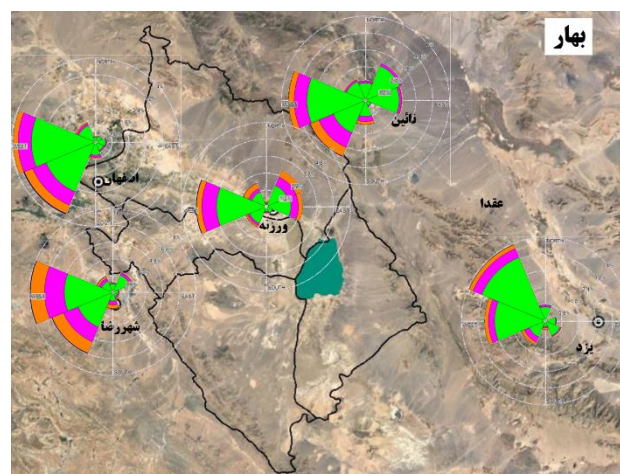
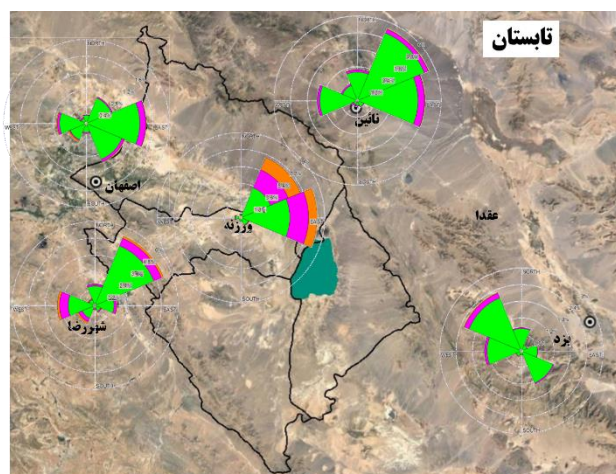
شکل ۶. گل‌بادها و گلتوفان سالانه ایستگاه هم‌دید شهرضا (الف: گل‌بادها ب: گلتوفان)

الف

ب



شکل ۷. گل‌بادها و گلتوفان سالانه ایستگاه هم-دیدنی نائین (الف: گل‌بادها ب: گل‌توفان)



شکل ۸. موقعیت تالاب گاو خونی و گلتوفانهای چند ایستگاه منتخب اطراف تالاب در فصول مختلف سال

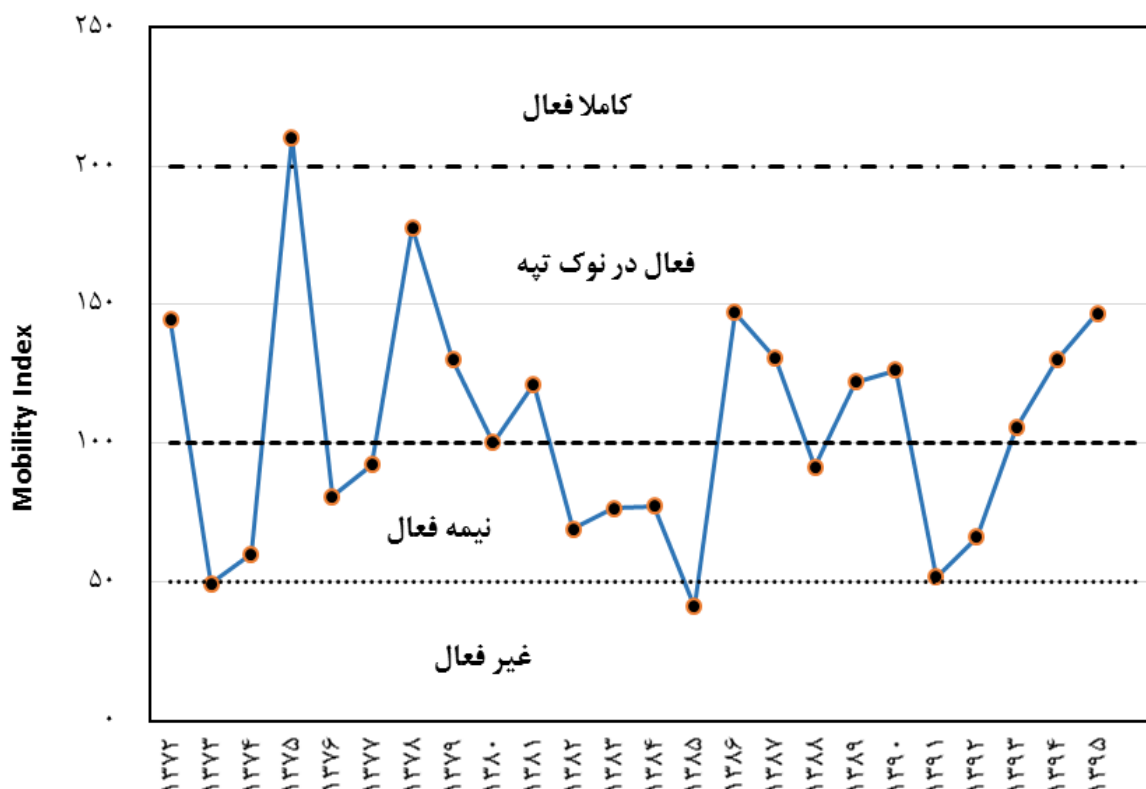
بررسی فعالیت ماسه‌های روان

در حاشیه سراسر مرز غربی محدوده تالاب گاوخونی تپه‌های ماسه‌ای طولی بزرگ وجود دارد که در تأثیر باد غالب در جهت شمال شرقی-جنوب غربی گسترش یافته‌اند.

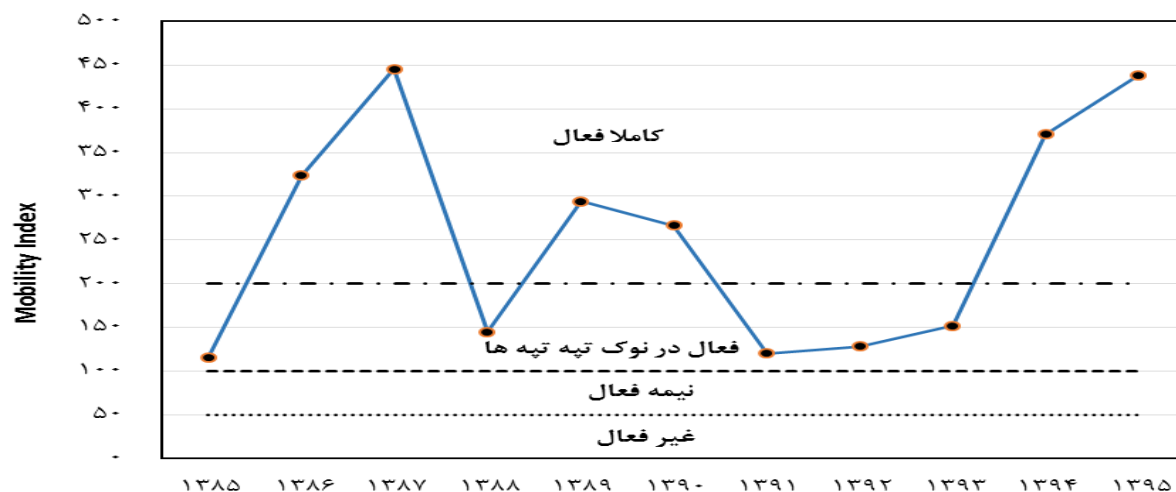
بررسی‌های انجام شده (۳) در دو مقطع زمانی ۱۳۷۷ و ۱۳۹۵ نشان داد که بخش زیادی از گونه‌های گیاهی اطراف تالاب و کفه‌های بین تپه‌ها طی این مدت به موجب کاهش شدید آب ورودی به تالاب و افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های محدوده تالاب گاوخونی از بین. از این رو احتمال بیشتر شدن فعالیت ماسه‌های اطراف تالاب در سال‌های اخیر مورد انتظار است. بررسی شاخص فعالیت ماسه‌ها در دو ایستگاه ورزنه و شهرضا که نزدیکترین فاصله را به ابتدا و انتهای تپه‌های ماسه‌ای دارند، نشان داد که در طول دوره مطالعه روند مشخصی در فعالیت ماسه‌ها وجود نداشته ولی میزان تحرک پذیری

در طول دوره ۲۵ ساله مورد مطالعه از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۵ در ایستگاه شهرضا، بیشتر در دامنه ۵۰ تا ۲۰۰ قرار داشته است (شکل ۹). میزان فعالیت ماسه‌ها بر اساس داده‌های ایستگاه ورزنه که در فاصله کوتاه‌تری نسبت به تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد، در دهه منتهی به سال ۱۳۹۵ حاکی از فعال بودن تپه‌ها است (شکل ۱۰).

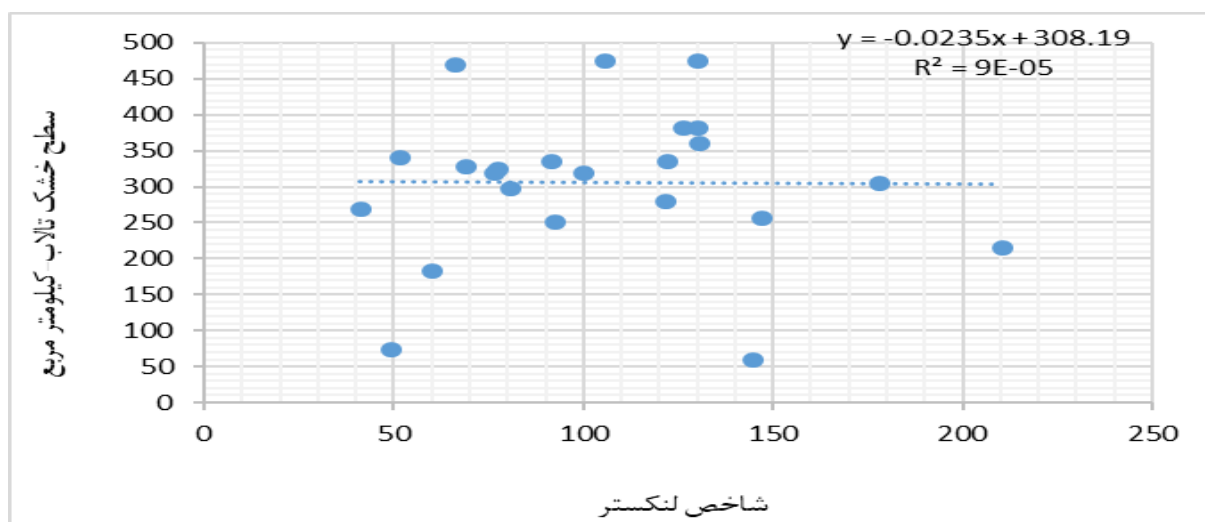
با توجه به مساحت قابل ملاحظه تالاب گاوخونی که در زمان آبیگری کامل بالغ بر ۴۷۶۰۰ ha وسعت دارد و احتمال تاثیرگذاری این سطوح خشکیده وسیع بر تغییر خرد اقلیم منطقه، ارتباط فعالیت ماسه‌ها و سطح خشکیده تالاب در دو دهه اخیر نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که بین این دو متغیر رابطه‌ای معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱۱) این در حالی است که رابطه معکوس بارش و فعالیت ماسه‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (شکل ۱۲).



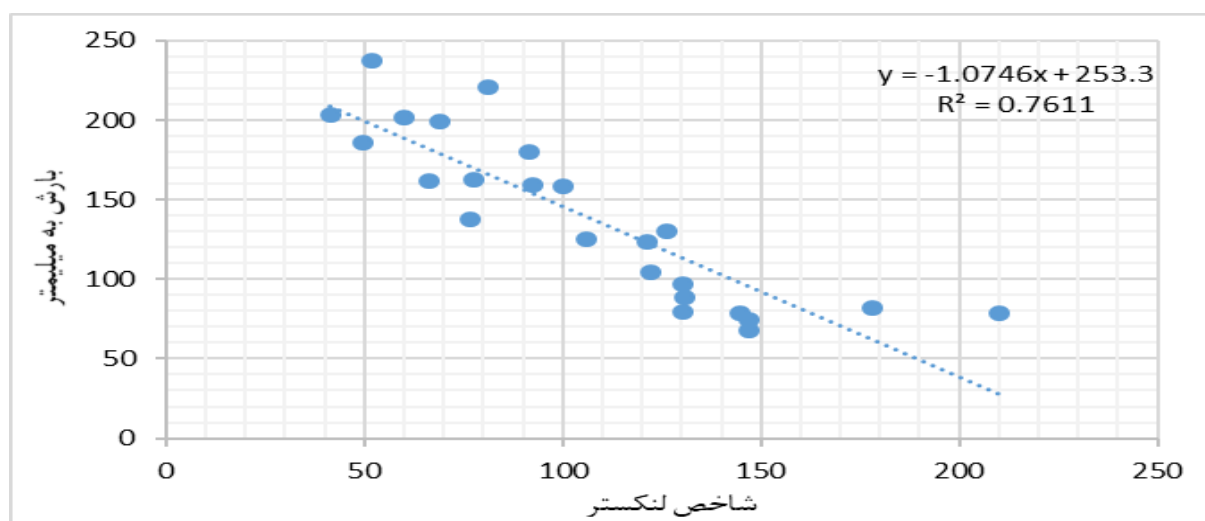
شکل ۹. تغییرات زمانی فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در نواحی جنوب غرب تالاب (ایستگاه شهرضا)



شکل ۱۰. تغییرات زمانی فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در نواحی شمال شرق تالاب (ایستگاه ورزنه)



شکل ۱۱. نمودار رابطه سطح خشک تالاب با مقدار شاخص فعالیت تپه‌های ماسه‌ای حاشیه تالاب



شکل ۱۲. نمودار رابطه بارش با مقدار شاخص فعالیت تپه‌های ماسه‌ای حاشیه تالاب

■ بحث و نتیجه گیری

خشک شدن تالابها بر اثر عوامل مختلف اقلیمی و انسانی به یکی از مشکلات محیط زیستی سالهای اخیر تبدیل شده به طوری که این مشکل در برخی نواحی موجب بروز و تشدید پدیده گرد و غبار شده است. در این راستا تالاب گاوخونی را می توان به عنوان نمونه بارزی از تالابهای خشکیده ایران معرفی کرد. در سالهای اخیر با افزایش و تشدید پدیده گرد و غبار در مناطقی از استان اصفهان که برخی از شهرهای استان بویژه مرکز استان را در تأثیر قرار داده است اظهار نظرهای فراوانی شده است. در بیشتر موارد خشکیدگی تالاب گاوخونی از جمله منابع جدید و تشدید کننده این پدیده اعلام شده است.

بررسی حاصل از روند خشک شدن تالاب گاوخونی در بازه زمانی ۳۰ ساله بصورت سالانه و ماهانه نشان داد که تغییر فیزیکی و روند خشکیدگی تالاب بعد از سال آبی ۱۳۷۲-۷۳ که دارای بیشترین سطح آبدار بوده، رو به کاهش گذاشته و به مرور و هر سال نسبت به سال قبل، سطح بیشتری از تالاب خشک شده است. در اسفند سال ۱۳۷۲ سطحی بالغ بر $463/8 \text{ km}^2$ معادل با $97/4$ درصد از سطح تالاب زیر آب قرار داشته و در ماه بعد یعنی فروردین ۱۳۷۳ نیز $95/7$ درصد از سطح تالاب آبدار بوده است. میانگین ۱۲ ماهه سطح آبدار تالاب در سال آبی ۷۳-۱۳۷۲ با $421/2 \text{ km}^2$ در طول دوره ۳۰ ساله مورد بررسی بیشترین سطح آبدار تالاب بشمار می رود. از آن تاریخ به بعد خشکیدگی تالاب سال به سال بیشتر شده به طوریکه در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ سطح آبدار تالاب به کمتر از ۱۰ درصد رسیده است. از سال مورد اشاره تا سال ۹۸-۱۳۹۷ سطح تالاب کلاً خشک بوده است. به این ترتیب با خشک شدن سطوح وسیع تالاب در سالهای اخیر انتظار می رود که احتمال توفانهای گرد و غباری بیشتری وجود داشته باشد. آنچنانکه این وضعیت در پژوهش راشکی و همکاران (۲۴) حاکی از همبستگی زیاد تعداد روزهای گرد و غبار و درصد بسترهای خشک تالابهای چهارگانه سیستان بوده است. روابط بدست آمده در هامون صابری و بارینگ با مقادیر بالای همبستگی به میزان $0/88$ و $0/82$ همراه بوده و در هامون هیرمند کمتر ولی همگی معنی دار بوده اند.

نتیجه نهایی این پژوهش نشان داده که توفانهای گرد و غباری سیستان به طور مستقیم با خشکی دریاچه هامونها مرتبط بوده است. در پژوهش دیگری که در تالاب جازموریان انجام شد نیز نتایج مشابهی بدست آمد و بستر خشکیده تالاب در تشدید غلظت گرد و غبار موثر بوده است (۱۹) اما نتایج به دست آمده از بررسی سالانه تعداد روزهای گرد و غباری و سطح خشک تالاب گاوخونی نشان داد که اگرچه در تعدادی از ایستگاههای مورد مطالعه شیب افزایشی ملایمی در تعداد روزهای گرد و غباری سالهای اخیر مشاهده شد ولی رابطه معنی داری بین این دو وجود نداشت. بررسی سرعت باد نشان داد که علت بیشتر بودن روزهای گرد و غباری در برخی ایستگاههای مورد مطالعه بویژه در ایستگاه نائین ناشی از درصد بالای سرعت بادهای بیشتر از آستانه فرسایش بادی در دهه ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ بوده که روندی افزایشی داشته است. بنابراین افزایش وقوع پدیده مذکور در برخی از ایستگاهها مانند نائین، فرودگاه اصفهان و اردستان پس از سال ۱۳۸۵ را صرفاً نمی توان به نوسانهای سطوح خشک تالاب گاوخونی ربط داد.

بررسی پژوهشهای گذشته که قبل از خشکیدگی شدید تالاب گاوخونی انجام شده، افزایش تعداد روزهای توام با پدیده گرد و غبار را نیز نشان داده است (۷). افزایش تعداد روزهای توام با پدیده گرد و غبار شدید، میانگین و محلی در ایستگاههای اصفهان و یزد در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶ و همچنین در سایر مناطق ایران به اثبات رسیده است (۱، ۲۲، ۲۶). از این نظر روند رو به رشد تعداد روزهای توام با گرد و غبار در بیشتر ایستگاههای مورد بررسی محدوده مطالعاتی با نتایج محققان یاد شده همخوانی دارد. برای بررسی دقیق تر موضوع روابط بین سطح خشک تالاب و تعداد روزهای گرد و غبار علاوه بر میانگین سالانه، به صورت فصلی نیز انجام شد. نتایج حاصل از بررسی همزمان سطح خشک تالاب و روزهای گرد و غبار بصورت فصلی برای ایستگاههای اطراف تالاب گاوخونی نشان داد که اگرچه در بیشتر ایستگاهها، تعداد روزهای گرد و غباری در سالهای اخیر و همزمان با خشکیدگی سطح تالاب افزایش یافته ولی در بیشتر آنها از جمله نائین، ورزنه، اردستان، ابرکوه، آباده و یزد بین این دو متغیر به صورت فصلی نیز رابطه معنی داری وجود ندارد. این رابطه برای

ایستگاه اصفهان در فصل بهار و تابستان در سطح ۱٪ و در فصل پاییز در سطح ۵٪ معنی دار شد. همچنین برای ایستگاه فرودگاه اصفهان در فصل بهار و برای ایستگاه شهرضا در فصل تابستان و برای عقدا در فصل پاییز در سطح ۵٪ معنی دار شد.

برای بررسی بیشتر موضوع، سمت و سوی گل‌بادها و گلتوفانهای فصلی ایستگاه‌های مذکور ترسیم و مد نظر قرار گرفت. نتایج بررسی گل‌بادها و گل‌توفان ایستگاه اصفهان نشان‌دهنده هم جهت بودن بادهای غالب و فرسایش زا از سمت غرب است و حدود ۷٪ از بادها، حامل ذرات گرد و غبار بوده و بیش از ۹۳٪ بادها دارای سرعتی کمتر از سرعت آستانه فرسایش بادی می‌باشند و توانایی تولید توفان‌های گرد و خاک را ندارند. از آنجا که در هر دو ایستگاه اصفهان و فرودگاه اصفهان جهت گل‌توفان‌ها در فصل بهار و پاییز از غرب به شرق است لذا این موضوع مؤید عدم وزش بادهای غبارزا از سمت تالاب گاوخونی به سمت اصفهان می‌باشد زیرا تالاب در نواحی جنوب شرقی شهر اصفهان واقع شده در حالی که جهت بادهای فرساینده در اصفهان از سمت غرب و جنوب غرب می‌باشد بنابراین رابطه مذکور نمی‌تواند پذیرفته شود. این نتایج با یافته حاصل از پژوهش ابراهیمی و همکاران همخوانی دارد (۷). ایشان رابطه معکوس معنی‌داری را بین روزهای غبارآلود و سطح خشکیده تالاب در مقیاس سالانه و فصلی و در بازه زمانی ۹۲ - ۱۳۷۰ به صورت موردی برای ایستگاه اصفهان نشان داده‌اند. بررسی داده‌های ایستگاه شهرضا نیز نشان داد که اگرچه غالب بودن وزش بادها از جنوب غربی در گل‌بادها و گل‌توفان‌های فصول پاییز، زمستان و بهار دیده می‌شود، اما در فصل تابستان بیشترین درصد وزش بادها از سمت شمال شرقی می‌باشد. واقع بودن تالاب گاوخونی در شمال شرقی این ایستگاه و جهت وزش بادهای فرساینده از آن سو می‌تواند یکی از دلایل ورود گرد و غبارهای برخاسته از تالاب به سمت شهرضا در فصل تابستان باشد. از این رو می‌توان پذیرفت که روند افزایشی تولید گرد و غبار در این منطقه در فصل تابستان می‌تواند ناشی از سطوح خشکیده تالاب در سال‌های اخیر باشد که وجود ضریب همبستگی مثبت و معنی دار، این موضوع را نیز تایید می‌کند.

بررسی گل‌توفان‌های ایستگاه‌های شهرضا، اصفهان، نائین و باد نایب غالب ایستگاه ورزنه نشان داد که در فصل پاییز جهت جنوب غربی دارند از طرفی تعداد روزهای گرد و غباری در ایستگاه عقدا که در شمال شرق تالاب قرار دارد در دهه منتهی به سال ۱۳۹۵ روندی افزایشی دارند. با توجه به اینکه تالاب گاوخونی در سمت جنوب غرب عقدا قرار گرفته است و بادهای فرسایش زای فصل پاییز از این سمت به طرف عقدا می‌وزند بنابراین روند افزایشی تولید گرد و غبار در این منطقه در فصل پاییز با توجه به ضریب همبستگی مثبت و معنی دار بین این دو متغیر، می‌تواند ناشی از سطوح خشکیده تالاب در سال‌های اخیر باشد.

همچنین بررسی شاخص فعالیت ماسه‌ها در نواحی جنوب غربی تپه‌های ماسه‌ای حاشیه تالاب نشان داد که مقدار شاخص تحرک پذیری ماسه‌ها در طول سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۵ در برخی از سال‌ها در وضعیت نیمه فعال و در برخی دیگر فقط در مناطق تاج تپه‌ها فعال بوده‌اند (شکل ۹). در واقع تالاب در ایام آبدار بودن بر روی عناصر اقلیمی به‌ویژه دما و رطوبت نسبی منطقه و بر پوشش گیاهی حاشیه تپه‌های ماسه‌ای موثر بوده است اما کاهش شدید آب ورودی به تالاب و افت سطح آب زیرزمینی نواحی اطراف در سال‌های اخیر (۱۷) موجب از بین رفتن گونه‌های گیاهی اطراف تالاب شده است (۳). به‌طوریکه از بین رفتن درختچه‌های گز و تاغ حاشیه غربی تالاب نیز به کم شدن رطوبت و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی این منطقه نسبت داده شده است. با توجه به اینکه گیاهان، زبری سطح را افزایش داده و در نتیجه سرعت باد را کاهش می‌دهند انتظار می‌رود با کاهش پوشش گیاهی اطراف تالاب و حاشیه تپه‌ها، فعالیت تپه‌های ماسه‌ای بیشتر شده باشد. از طرفی بر اساس رابطه معرفی شده لنکستر (۱۸) فعال بودن تاج تپه حکایت از تثبیت کفه‌ها و پای تپه‌ها به‌وسیله پوشش گیاهی دارد. با قبول این فرض، وجود پوشش گیاهی حاشیه و بین تپه‌های ماسه‌ای نیاز به رطوبت کافی خاک در فصل رویش دارد که از این نظر کاهش پوشش گیاهی اطراف تپه‌ها به‌دلیل افت سطح آب زیرزمینی با تردید مواجه است. بررسی رابطه بارش و شاخص فعالیت ماسه‌ها در منطقه مذکور نشان داد که در سال‌های کم بارش فعالیت ماسه‌ها زیاد و در سال‌های پر

در ناحیه کاملاً فعال قرار گرفته‌اند اگرچه اوج خشکیدگی سطح تالاب نیز از سال ۹۲-۱۳۹۱ و همزمان با روند صعودی شاخص فعالیت تپه‌های ماسه‌ای بوده است، اما رابطه همبستگی بین این دو، معنی دار نبود. با این وجود بررسی شاخص لنکستر نشان داد که در طول دوره بررسی تپه‌های ماسه‌ای حاشیه غربی تالاب گاوخونی در وضعیت نیمه فعال و کاملاً فعال قرار داشته‌اند. فعالیت تپه‌های ماسه‌ای این ناحیه در پژوهش‌های گذشته نیز به اثبات رسیده است جبالی و همکاران (۱۳) تغییر وضعیت تپه‌های ماسه‌ای تالاب بین المللی گاوخونی را با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM^+ ، TM ، MSS و $LISSIII$ طی دوره ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ پایش و نشان داده‌اند که در این بازه زمانی سطح توزیع مکانی تپه‌های ماسه‌ای 5086 ha افزایش یافته است.

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی باید گفت، تالاب گاوخونی شرایط بوم‌شناختی پیچیده‌ای دارد که تأثیر متقابل عوامل هیدرواقليمی و مدیریت نادرست منابع آب توسط انسان موجب رخ دادن سیر قهقرايي در آن شده است. به دیگر سخن بر اثر اعمال فشار فراتر از حد توان بوم‌نظام، توانایی خود سازمان‌دهی در آن کاهش و در پایان منجر به تخریب آن و گسترش پدیده بیابان‌زایی در نواحی حاشیه تالاب شده است. از این رو با شناخت علل خشکیدگی تالاب، چاره‌جویی برای آن در مراحل اولیه با صرف انرژی و یارانه کمتر به بوم‌نظام، نظیر محدود کردن کشاورزی به مناطق مستعد و مدیریت درست منابع آب و کشاورزی حوضه و تخصیص حقابه طبیعی تالاب امکان پذیر است. در غیر این صورت احیای ساختار بوم‌نظام بسیار پرهزینه خواهد بود. کم توجهی به این مهم، در آینده‌ای نزدیک می‌تواند این بوم‌نظام منحصر به فرد را با مخاطرات جدی و غیر قابل برگشت روبرو کند.

بارش تحرک‌پذیری ماسه کم بوده است. به‌طور مثال در سال ۱۳۷۵ که شاخص فعالیت ماسه به عدد ۲۱۰ رسیده و تپه‌ها وضعیت فعال داشته‌اند، بارندگی منطقه کم و معادل ۷۸ میلی‌متر بوده است و بر عکس در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۱ که شاخص فعالیت ماسه مقدار ۴۱ و ۵۲ را نشان داده، مقدار بارندگی در این دو سال بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر بوده است از این رو بین این دو، رابطه معنی‌داری وجود دارد (شکل ۹). راشکی و همکاران (۲۴) نیز در پژوهش خود به رابطه معکوس مقدار بارش سالانه و تعداد روزهای گرد و غباری در منطقه هامون‌های سیستان اشاره کرده است. زیرا باران از طریق افزایش رطوبت خاک و پوشش گیاهی باعث کاهش فرسایش خاک می‌شوند. بنابراین اگرچه پوشش گیاهی در سال‌های اخیر بر اثر خشکیدگی تالاب کمتر شده ولی کم و زیاد شدن فعالیت ماسه‌ها و وجود پوشش گیاهی بین تپه‌های ماسه‌ای بیشتر ناشی از رطوبت باران بوده است تا افت سطح آب زیرزمینی. از طرفی همخوانی نوسان‌های بین سالی پوشش و باران و همچنین تحرک‌پذیری ماسه‌ها نشانگر وابستگی کمتر فعالیت تپه‌های ماسه‌ای این منطقه به پوشش گیاهی پایا است. بلکه بیشتر به پوشش‌های وابسته به باران سالانه می‌باشد. از این نظر می‌توان گفت پایین رفتن سطح آبهای زیرزمینی اطراف تالاب اثر خود را بیشتر بر پوشش گونه‌های گیاهی پایا گذاشته است که به دلیل تنک بودن نقش زیادی بر کاهش سرعت باد نداشته‌اند. بازدیدهای میدانی طی سه سال اجرای پروژه پژوهشاتی این موضوع را تایید کرد. بررسی شاخص لنکستر در نواحی شمالی تپه‌های ماسه‌ای طی دهه منتهی به سال ۱۳۹۵ نیز نشان داد که تپه‌ها در برخی از سال‌ها در منطقه تاج تپه و در برخی از سال‌ها به‌طور کامل فعال بوده‌اند. نمودار ترسیمی (شکل ۱۰) نیز نشان داد که از سال ۱۳۹۱ شاخص فعالیت ماسه روندی صعودی به خود گرفته است و تپه‌های ماسه‌ای

References

1. Asghari Podeh, Z., Shafieizadeh, M., Fakharian, S., & Gilani, A.R. (2015). Evaluation and zoning of changes spatial and temporal Dust storms using the DSI index in Khuzestan province. *Second National Conference on Climate Change and Sustainable Engineering for Agricultural*, Tehran, Shahid Beheshti University, 1-11. (in Farsi)

2. Baddock, M.C., Bullard, J.E., & Bryant, R.G. (2009). Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin Australia. *Remote Sensing of Environment*, 113(7), 1511-1528.
3. Borhani, M., Jaberolansar, Z., & Faizi, M.T. (2017). Gavkhooni, another dried wetland in the central of Iran. *Iran nature*, 2(6), 84-95. (in Farsi)
4. Dang, Y., Hongshi, H., Dandan Z., Michael, S., & Haibo, D. (2020). Quantifying the relative importance of climate change and human activities on selected wetland ecosystems in China, *Sustainability*, 12(3), 912-929.
5. Ebrahimi khusfi, Z., Khosroshahi, M., Naeimi, M., & Zandifar, S. (2019). Evaluating and monitoring of moisture variations in Meyghan wetland using the remote sensing technique and the relation to the meteorological drought indices. *RS & GIS for Natural Resources*, 10(2), 1-14. (in Farsi)
6. Ebrahimi Khusfi, Z., Vali, A.A., Khosroshahi, M., & Ghazavi. R. (2017). The role of dried bed of Gavkhooni wetland on the production of the internal dust using remote sensing and storm roses (Case study: Isfahan province). *Range and Desert Research*, 24(1), 152-164. (in Farsi)
7. Farajzadeh Asl, M., & Alizadeh, Kh. (2011). Temporal and spatial analysis of dust storms in Iran. *Spatial Planning*, 15(1), 65-84. (in Farsi)
8. Frappart, F., Sylvain Biancamaria, C., Normandin, F., Blarel, L., Bourrel, M., Aumont, P., Azemar, P. L., Vu, T., Le Toan, B., & Lubac Darrozes J. (2018). Influence of recent climatic events on the surface water storage of the Tonle Sap Lak. *Science of the Total Environment*, 636:1520-1533.
9. Gautama, V. K., Gaurava, P. K., Murugana, P., & Annadurai M. (2015). Assessment of surface water dynamics in Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, supervised classification and K-T transformation. *International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering*, 4, 739 – 746.
10. Gholami, H., Mohamadifar, A., & Collins, A. L. (2020). Spatial mapping of the provenance of storm dust: Application of data mining and ensemble modelling. *Atmospheric Research*, 233, 104716.
11. Groll, M., Opp, C., & Aslanov, I. (2013). Spatial and temporal distribution of the dust deposition in Central Asia-results from a long-term monitoring program, *Aeolian Research*, 9, 49-62.
12. <https://earthengine.google.com>.
13. Jebali, A., Jafari, R., & Khajeddin, J.S. (2014). Monitoring sand dunes changes of Gavkhouni international wetland using satellite imagery. *Remote Sensing & GIS*, 5(3), 33-48. (in Farsi)
14. Jinxia, L., Weiguo, J., Wenjie, W., & Zhuo L. (2019). Wetland loss identification and evaluation based on landscape and remote sensing indices in Xiong'an new area. *Remote Sensing*, 11(23), 2834.
15. Khedri Gharibvand, L., Ghahroudi Tali, M., Sabokkhiz, F., & Sepehr, A. (2018). Investigation of evolution in Gavkhouni wetland muddy zones by using fractal model. *Geography and Environmental Planning*, 29(2), 1-16. (in Farsi)
16. Khosravian, m., Entezari, A., Rahmani, A., & Baaghide, M. (2017). Monitoring the disturbance of lake district water level changes using remote sensing indices. *Hydrogeomorphology*, 4(16), 99-120. (in Farsi)
17. Khosroshahi, M. (2020). Monitoring of the process of Gavkhouni wetland dryness and their role in dust storm phenomenon. Research Institute of Forests and Rangelands, Unpublished final report of research project, 113 p. (in Farsi)
18. Lancaster, N. (2013) Climate change and aeolian processes. *Desert Research Institute, Reno, NV, USA*, 13. 132-151.

19. Lotfinasab asle, S., & Khosroshahi, M. (2020). Monitoring of the process of Jazmurian wetland dryness and their role in dust storm phenomenon. Research Institute of Forests and Rangelands, Unpublished final report of research project, 260 p (in Farsi).
20. Mahowald, N.M., Bryant, R.G., Del Corral, J., & Steinberger, L. (2003). Ephemeral lakes and desert dust sources. *Geophysical Research Letters*, 30(2), 1074-1083.
21. Moin, F. (2019). Dry land of Zayandehrud and Gavkhooni wetland; the cause of the increase in dust of Isfahan, *ISNA News Agency*, June 17 (in Farsi).
22. Nazari Samani, A.A., Dadfar, S., & Shahbazi, A. (2013). A Study on Dust Storms Using Wind Rose, Storm Rose and Sand Rose (Case Study: Tehran Province). *Desert*, 18, 9-18.
23. Orimoloye, I.R., Mukalazi Kalumba, A., Perez Mazinyo, S., & Nel, W. (2018). Geospatial Analysis of Wetland Dynamics: Wetland Depletion and Biodiversity Conservation of Isimangaliso Wetland, South Africa, March, *King Saud University - Science*, 32, 90-96.
24. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Goudie, A.S., & Kahn, R.A. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of the Total Environment*, 463-464, 552-564.
25. Shahnooshi, M., Jalalian, A., & Ataei, H. (2016). Dust production crisis due to drought in the Catchment Zayanderud and wetland Gavkhooni Isfahan. *International Conference Resaerch in science and technology, Istanbul-Turkey, 14 March*.
26. Tawoosi, T., & Zahraei, A. (2013). Modeling time series of dust phenomena in Ahvaz. *Geographical Research*, 28(2), 159-170. (in Farsi)
27. Wang, X., Wang, W., Weiguo, J., & Jinxia L. (2018). Analysis of the dynamic changes of the baiyangdian lake surface based on a complex water extraction method. *Water*, 10(11), 1-19.
28. Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033.
29. Yongxiao, G., Jilili, A., & Long, M. (2019). Lakes in arid land and saline dust storms, *E3S Web of Conferences* 99, 01007 CADUC, 1-4.

Monitoring the Physical Surface Changes of the Gavkhoni Wetland and Its Relation with Dust and Its Surrounding Sand Dunes Activity

M. Khosroshahi^{1*}, Z. Ebrahimi Khusfi², A. Gohardoust³, S. Lotfi Nasab Asl⁴, F. Dargahian⁴, L. Kashi Zenouzi³

1. Associate Professor, Desert research division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Department of Natural Science, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
3. Researcher, Desert research division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Desert research division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

* Corresponding Author: Khosro@rifr-ac.ir

Received date: 08/04/2020

Accepted date: 25/06/2020

Abstract

Gavkhuni wetland has faced numerous changes in its dry and humid surface due to some climatic and human factors in recent decades. This study aims to investigate the role of drought in producing and intensifying dust phenomena in the center and surrounding areas of Gavkhuni wetland. The physical changes of the wetland are first determined using remote sensing and GIS techniques. Then, the number of days with dust is identified using data measured at selected synoptic stations. Results showed that the wetland had its highest moisture level about 89% of the surface of water in 1993, and then there was a gradual decline each year since 1993. It has been more dried so that the wetland water level was less than 10% in 2013 and has been completely dried from 2013 to 2019. The results of the Lancaster index indicate most of the sand dunes in this area have been activated during the study period. Correlation analysis for annual and seasonal dust days at stations around wetland do not show a significant relationship with wetland drying condition in most of the stations. It is statistically significant for Isfahan station in spring and summer at 1%, and in autumn at 5%. However, since the direction of the Isfahan station storms is from west to east in spring and autumn, and the Gavkhuni wetland is located in the east of Isfahan, the relationship cannot be accepted. This relationship is significant for Shahreza station in summer and Aghda station in autumn at a 5% level. The directions of dust storms are from east to west towards Shahreza in summer, and from west to east towards Aqda in autumn. Therefore, increasing the trend of dust production in these two regions and seasons, considering the positive and significant correlation coefficient could be due to the dry surfaces of wetland in recent years.

Keywords: Drought; Dust rose; Correlation analysis; Isfahan