

بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تولید گرد و غبارهای داخلی با استفاده از تصاویر لندست و گل توفان (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

زهره ابراهیمی خوسفی^{۱*}، عباسعلی ولی^۲، محمد خسروشاهی^۳ و رضا قضاوی^۴

*۱ - نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، بخش بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.

پست الکترونیک: z_ebrahimi@hotmail.com

۲ - دانشیار، گروه مهندسی علوم بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۳ - دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴ - دانشیار، گروه علوم مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۲

چکیده

تالاب گاوخونی یکی از تالاب‌های مهم ایران مرکزی است که در دهه‌های اخیر عوامل متعدد اقلیمی و انسانی تغییرات قابل توجهی در سطوح خشک و مرطوب آن به وجود آورده است و زمینه را برای تولید بیشتر گرد و غبار در مناطق مرکزی ایران فراهم کرده است. هدف از این پژوهش، بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تولید گرد و غبارهای داخلی ایستگاه اصفهان با بهره‌گیری از تکنیک دورسنجی و گل توفان‌ها در بازه زمانی ۲۲ ساله (۷۱-۱۳۷۰ تا ۹۲-۱۳۹۱) می‌باشد. بدین منظور از تصاویر ماهواره لندست و داده‌های پادسنجی ایستگاه سینوپتیک اصفهان استفاده شد. پس از اعمال عملیات تصحیح هندسی و رادیومتریک، با استفاده از شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI)، تقویم سطوح خشک و مرطوب تالاب تهیه و مساحت هر طبقه محاسبه گردید. برای تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی، نمونه‌های دست نخورده به دستگاه سنجش فرسایش بادی انتقال داده شد. تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک اصفهان بر اساس سرعت باد بیشتر از سرعت آستانه فرسایش بادی محاسبه گردید. ارتباط بین تعداد روزهای گرد و غبار و سطوح خشکیده تالاب با تحلیل همبستگی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت برای حصول اطمینان از جهت وزش بادهای غبارزا از سمت تالاب گاوخونی به ایستگاه اصفهان، گل بادهای گل توفان‌های فصلی و سالانه ترسیم و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی، رابطه معکوس معنی‌دار را بین تعداد روزهای غبارآلود و سطوح خشکیده تالاب در فصول پاییز، بهار و تابستان و در مقیاس سالانه در ایستگاه اصفهان نشان داد. همچنین نتایج حاصل از بررسی جهت حرکت بادهای غبارزا با استفاده از گل توفان‌ها حکایت از عدم وزش این بادهای گل تالاب گاوخونی به سمت اصفهان داشت.

واژه‌های کلیدی: گرد و غبار، تالاب گاوخونی، NDWI، گل توفان، اصفهان.

مقدمه

تالاب‌ها آینه تمام‌نمای عملکرد ما در حوضه‌های آبخیز می‌باشند و بقای آنها ارتباط مستقیم با فعالیت‌های انسانی و چگونگی توسعه در بالادست حوضه آبخیز دارد (Bakhshhi

2013, Khaniki). خشک شدن بستر دریاچه‌ها و یا تالاب‌ها در اثر عوامل مختلف اقلیمی و یا انسانی می‌تواند منجر به بروز و تشدید گرد و غبار گردد و از آنجا که گرد و غبارهای نشأت گرفته از بستر دریاچه‌های خشک شده

تحلیل زمانی و مکانی توفان‌های گرد و خاک در ایران بر اساس داده آمار روزانه پدیده گرد و غبار در طی دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶ نشان داده است که بیشترین فراوانی پدیده گرد و خاک معلق در هوا مربوط به ماه مرداد و کمترین فراوانی مربوط به ماه دی می‌باشد. به‌طوری‌که برای ایستگاه سینوپتیک اصفهان، تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار محلی و متوسط به‌ترتیب ۹۸۴ و ۲۳ روز گزارش شده است، در حالی‌که برای توفان گرد و خاک در اطراف ایستگاه و همچنین توفان شدید گزارشی اعلام نشده است (Farajzadeh & Alizadeh, 2012). Nazari Samani و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه خود را بر روی توفان‌های گرد و غبار شهر تهران با استفاده از گلباد، گلماسه و گل توفان انجام دادند. نتایج بررسی آنان نشان داد که بادهای قطاع غربی، شمال‌غربی و جنوب‌غربی به‌ترتیب بالاترین توان میزان برداشت شن را دارند. همچنین نتایج این تحقیق حکایت از افزایش تعداد روزهای همراه با گرد و غبار از ۱۰ روز به ۸۰ روز در طول ۴۷ سال اخیر دارد. Joseph و همکاران (۱۹۸۰)، توفان‌های گرد و غبار را بر اساس سرعت باد و قدرت دید در شمال‌غرب هند به سه کلاس تقسیم‌بندی کردند. بر این اساس توفان‌های گرد و غبار ضعیف، توفان‌هایی هستند که سرعت باد آنها چهار تا شش بوفورت (Beaufort Scale) و قدرت دید بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، توفان‌های گرد و غبار متوسط، سرعت باد شش تا هشت بوفورت و قدرت دید ۵۰۰-۲۰۰ متر و توفان‌های گرد و غبار قوی، سرعت باد با نیروی بیشتر از نه بوفورت و قدرت دید کمتر از ۲۰۰ متر را تعریف کردند.

Jhon و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهش خود در زمینه پایش توفان‌های گرد و غبار و ماسه (Sand and dust storms: SDSs) با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، شاخص گرد و غبار تفاضلی نرمال شده (Difference Dust Index Normalized) (اختلاف محدوده‌های طیفی با طول موج‌های ۲/۱۳ و ۰/۴۶۹ میکرومتر به مجموع آنها) را به‌عنوان بهترین شاخص در شناسایی این توفان‌ها معرفی کردند. در پژوهشی که توسط Kim (۲۰۰۸) با استفاده از

ممکن است حاوی موادی از جمله ذرات نمک باشد، از این جهت می‌تواند سلامت انسان‌ها، محیط‌زیست و اراضی کشاورزی اطراف را در معرض خطر قرار دهد. یکی از نمونه‌های چنین وقایعی، خشک شدن تالاب گاوخونی در ناحیه جنوب‌شرقی استان اصفهان در ایران می‌باشد. هرچند این تالاب به‌عنوان یکی از تالاب‌های بین‌المللی شناخته می‌شود ولی از نظر مدیریت و حفاظت بسیار ضعیف است (Hajian, 2013).

بررسی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که مطالعات متعددی در ایران و سایر مناطق دنیا در زمینه مسائل مختلف و مرتبط با زیست‌بوم‌ها به‌ویژه زیست‌بوم بیابان و واحدهای آن مانند تالاب‌ها و اراضی مرطوب و یا زیست‌بوم‌های آبی و توفان‌های گرد و غبار نشأت گرفته از مناطق بیابانی انجام شده است.

El-Asmar (۲۰۱۳) به‌منظور تفکیک اراضی مرطوب از سایر کاربری‌ها در شمال دلتای نیل و کمی‌سازی تغییرات این کاربری‌ها از سال ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱، از شاخص‌های اختلاف آب نرمال شده (NDWI: Normalized Difference Water Index) و اختلاف آب نرمال شده بهبود یافته (MNDWI: Modified Normalized Difference Water Index) استفاده کردند. نتایج بررسی آنان با بکارگیری شاخص‌های مذکور نشان داد که ۴۲/۸ درصد از سطح اراضی مرطوب تا پایان سال ۲۰۱۱ در اثر دخالت‌های شدید انسانی کاهش یافته است. Gutam و همکاران (۲۰۱۵) از تکنیک‌های پردازش تصویر از قبیل تبدیل تسلدکپ (Tasselled Cap)، شاخص‌های WRI، NDWI، MNDWI و طبقه‌بندی نظارت‌شده به‌منظور شناسایی اراضی خشک و مرطوب در منطقه مطالعاتی خود استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که استفاده از شاخص‌های رطوبتی کارایی بیشتری در جداسازی هرچه سریع‌تر محدوده‌های خشک و مرطوب دارد. Jawak و Luis (۲۰۱۵) نیز قابلیت بالای شاخص‌های NDWI، MNDWI تولید شده از تصاویر ماهواره‌ای در تفکیک سطوح آب از سایر مناطق اطراف را به اثبات رساندند.

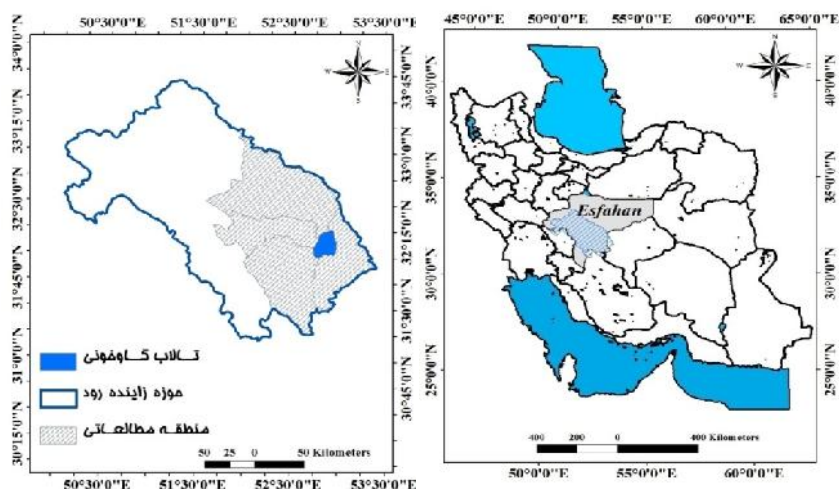
کاهش گرد و غبارهای داخلی در ایستگاه اصفهان مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

مواد و روش

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، تالاب گاوخونی در حوضه زاینده رود استان اصفهان می باشد. در انتهایی ترین قسمت حوضه آبریز زاینده رود، زیرحوضه گاوخونی قرار گرفته که در مرکز آن تالاب نسبتاً وسیع به مساحت ۴۱۷/۷ کیلومتر مربع قرار دارد. این تالاب در مختصات جغرافیایی $45^{\circ} 52'$ تا $30^{\circ} 30'$ طول شرقی و $32^{\circ} 58'$ عرض شمالی و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع تالاب از سطح دریا ۱۴۷۵ متر و نوسانهای آب در آن به نیم متر می رسد. حداکثر عمق این تالاب در فصل پرآبی یک متر است. بنابر آمار بارندگی ایستگاه ورزنه به عنوان نزدیکترین ایستگاه به تالاب گاوخونی در طول دوره آماری (۱۳۵۱ تا ۱۳۹۱) میانگین بارش سالانه ۹۰/۳ میلی متر، میانگین دمای سالانه ۱۹/۰۳ درجه سانتی گراد، میزان تبخیر و تعرق توان سالانه ۳۲۶۵ میلی متر و نوع اقلیم محدوده مطالعاتی به روش دومارتن از نوع خشک بیابانی می باشد.

داده های اقلیمی ایستگاه های همدید و تصاویر مودیس در زمینه منشأ گرد و غبارهای آسیایی مؤثر بر کره جنوبی و مسیرهای انتقال آن انجام شد. مشخص گردید که ۸۷٪ از رخدادهای گرد و غبار در فصل بهار و طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ اتفاق افتاده است. پایش منابع گرد و غبار در شمال شرق آسیا با استفاده از داده های دو سنجنده MODIS و NOAA حکایت از نقش مؤثر باندهای تشعشعی این سنجنده ها در تهیه نقشه توفان های ماسه و غبار در این مناطق دارد (Ochirkhuyang & Tsolmon, 2008). Baddock و همکاران (۲۰۰۹) شاخص اختلاف دمای درخشندگی (Brightness Temperature Differences) (تفاوت دمای درخشندگی گرد و غبار در طول موج های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر) را به عنوان قابل اطمینان ترین روش در شناسایی خاستگاه گرد و غبار معرفی کردند. از این رو بر اساس تاریخچه این تحقیق، گرچه مطالعات متعددی در زمینه تفکیک اراضی خشک و مرطوب و پدیده های مختلف گرد و غبار با استفاده از تکنیک های مختلف در داخل و خارج از کشور انجام شده است اما تاکنون مطالعه ای که تأثیر سطوح خشکیده تالاب گاوخونی را بر وقوع توفان های گرد و غبار در این منطقه مورد بررسی قرار دهد، انجام نشده است. از این رو در این تحقیق سعی گردید که با استفاده از فنون دورسنجی و تهیه تقویم زمانی از سطوح خشکیده تالاب مذکور، ارتباط آن بر افزایش و یا



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان اصفهان و ایران

مراحل گام به گام اجرای تحقیق

پردازش داده‌های باد و محاسبه تعداد روزهای همراه با گرد

و غبار

برای بررسی رژیم باد، ابتدا داده‌های ساعتی ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک اصفهان از قبیل زمان و تاریخ دیده‌بانی، جهت و سرعت باد، میدان دید و کد پدیده‌های گرد و غبار (۳۴، ۳۳، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۸، ۲۷، ۲۶ و ۲۵) از سازمان هواشناسی کشور گرفته شد. آنگاه توضیحات مربوط به کد پدیده‌های گرد و غبار در جدول ۱ آورده شد. سپس با توجه به موجود بودن تصاویر در بازه زمانی ۲۲ ساله (۷۱-۱۳۷۰ تا ۹۲-۱۳۹۱)، بازه زمانی مذکور برای تجزیه و تحلیل داده‌ها انتخاب گردید. نظر به اینکه توفان‌های گرد و غبار معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در مواقعی رخ می‌دهد که تند بادی با سرعت بیشتر از سرعت آستانه فرسایش بوزد، از این‌رو در مرحله بعد برای تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی، از خاک منطقه مطالعاتی برداشت گردید. با انتقال نمونه‌های دست نخورده به داخل تونل باد، سرعت آستانه با سه تکرار برای هر نمونه اندازه‌گیری شد و در نهایت میانگین سرعت‌های اندازه‌گیری شده به‌عنوان سرعت آستانه فرسایش بادی ثبت گردید. در مرحله بعد با توجه به سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه مطالعاتی و میدان دید تعریف شده بر اساس تعریف سازمان جهانی هواشناسی استرالیا، تعداد روزهای همراه با این پدیده در ایستگاه اصفهان در سه حالت مختلف (سرعت باد بیشتر از سرعت آستانه فرسایش بادی و میدان دید بیشتر از یک کیلومتر برای گرد و غبارهای محلی، میدان دید بین ۲۰۰ متر تا یک کیلومتر برای توفان‌های گرد و غبار متوسط، میدان دید کمتر از یک کیلومتر برای توفان‌های گرد و غبار شدید) در بازه زمانی مورد مطالعه، با استفاده از روش فیلتر کردن و شمارش آنها در محیط نرم‌افزار اکسل برآورد گردید. سپس مجموع و میانگین تعداد روزهای غبارآلود مربوط به هر پدیده برای دوره آماری مورد مطالعه در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه برآورد شد.

پیش پردازش، پردازش و پس‌پردازش داده‌های ماهواره‌ای

به‌منظور تهیه تقویم زمانی از سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی در دوره آماری مورد مطالعه (۷۱-۱۳۷۰ تا ۹۲-۱۳۹۱) از تصاویر فصل بهار مربوط به فریم ۳۸-۱۶۳ سنجنده‌های متعدد ماهواره لندست (TM، ETM+ و L8 OLI/TIRS) استفاده گردید. برای انجام عملیات تصحیح هندسی و رادیومتریک به ترتیب از روش تصویر به تصویر و کاهش تیرگی پدیده ((Dark Object Subtraction (DOS) که در نرم‌افزار ENVI4.7 قابل اجراست، استفاده شد (Du *et al.*, 2009). سپس عملیات اصلاح خطاهای ناشی از سنجنده در هنگام تصویربرداری (gap-filling) بر روی تصاویر سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ و تصویر مربوط به سال ۲۰۱۲ در نرم‌افزار Envi4.7 انجام گردید. برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای اقدام به تهیه شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) گردید (رابطه ۱؛ Gao, 1995).

$$NDWI = \frac{R_{NIR} - R_{SWIR}}{R_{NIR} + R_{SWIR}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که R_{NIR} باند مادون قرمز کوتاه و R_{SWIR} باند مادون قرمز میانی می‌باشد. اگر مقدار این شاخص از صفر بیشتر شود آن سطح به‌عنوان سطح مرطوب و اگر کمتر و یا مساوی صفر شود به‌عنوان سطح خشک تعریف می‌گردد. در نهایت به‌منظور انجام عملیات پس‌پردازش بر روی نقشه‌های تولید شده بر اساس شاخص مذکور، از فیلتر میانگین 3×3 برای شارپ کردن و بارز کردن بیشتر کلاس‌ها و همچنین حذف پیکسل‌های به اشتباه طبقه‌بندی شده استفاده گردید (Lillesand & Kiefer, 1994). سپس مساحت هر کلاس (مرطوب و خشک) محدوده تالاب محاسبه گردید. در نهایت بدلیل عدم دسترسی به نمونه‌های تعلیمی مناسب از سطح خشک و مرطوب تالاب در هر سال، از روش تفسیر بصری با استفاده از تصاویر کاذب رنگی مختلف و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای ارزیابی صحت تفکیک سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی استفاده شد.

جدول ۱- کدهای مختلف سازمان جهانی هواشناسی برای بیان انواع پدیده گرد و غبار (O'Loingsigh, 2014)

توضیحات	کد
مه ناشی از گرد و غبار	۶
غبار یا شن برخاسته از زمین	۷
طوفان گرد و غبار	۸
طوفان گرد و غبار اتفاق افتاده در گذشته (اتفاق افتاده در یک ساعت قبل از مشاهده یا در ایستگاه)	۹
گرد و غبار خفیف یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش میدان دید کمتر از ۱۰۰۰ متر اما بیشتر از ۲۰۰ متر	۳۰
گرد و غبار پایدار یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش میدان دید کمتر از ۱۰۰۰ متر اما بیشتر از ۲۰۰ متر	۳۱
شروع یا افزایش گرد و غبار خفیف یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش میدان دید کمتر از ۱۰۰۰ متر اما بیشتر از ۲۰۰ متر	۳۲
طوفان گرد و غبار شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر	۳۳
طوفان گرد و غبار پایدار شدید با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر	۳۴
شروع یا افزایش طوفان گرد و غبار شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر	۳۵

نتایج

نتایج حاصل از پردازش و پس‌پردازش تصاویر لندست

پس از اعمال عملیات پیش پردازش بر روی ۲۱ سری از تصاویر لندست، شاخص NDWI برای هر تصویر تهیه گردید و بر اساس مقادیر کوچکتر از صفر و بزرگتر از آن، سطوح خشکیده و مرطوب تالاب گاوخونی تفکیک و مساحت هر سطح محاسبه شد. نتایج حاصل از این بررسی در شکل‌های (۲ تا ۴) ارائه شده است.

بررسی تأثیر نوسانهای سطوح خشکیده تالاب گاوخونی

بر تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح خشکیده تالاب گاوخونی

بر افزایش یا کاهش تعداد روزهای غبارآلود، از تحلیل

همبستگی بین سطوح خشکیده تالاب و تعداد روزهای

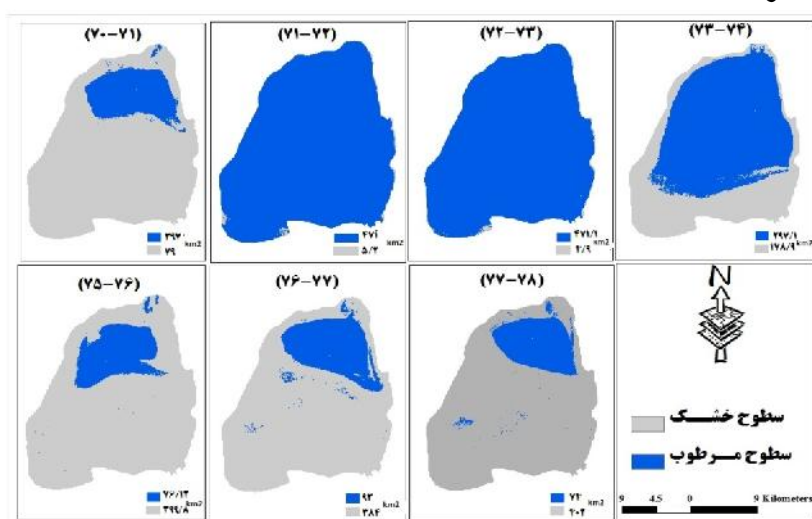
همراه با گرد و غبار در ایستگاه اصفهان استفاده شد. پس از

تحلیل همبستگی، برای حصول اطمینان از وزش بادهای

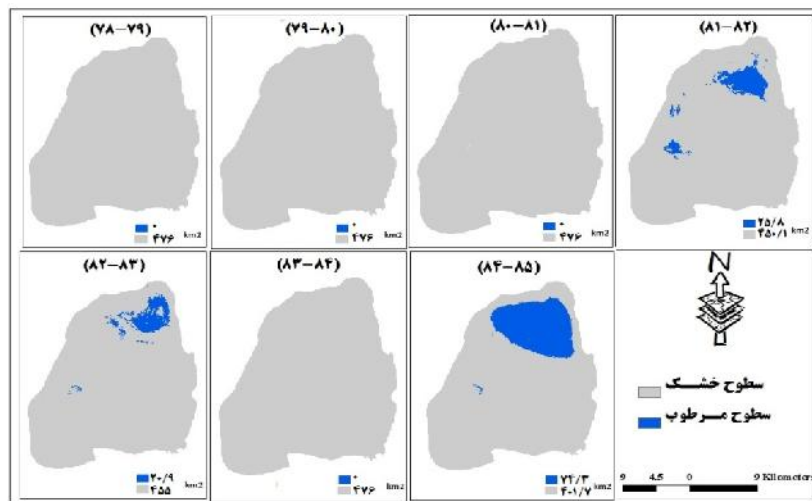
غبارآلود از سمت تالاب گاوخونی به سمت ایستگاه اصفهان،

با استفاده از نرم‌افزار 7 WRplot اقدام به ترسیم گل

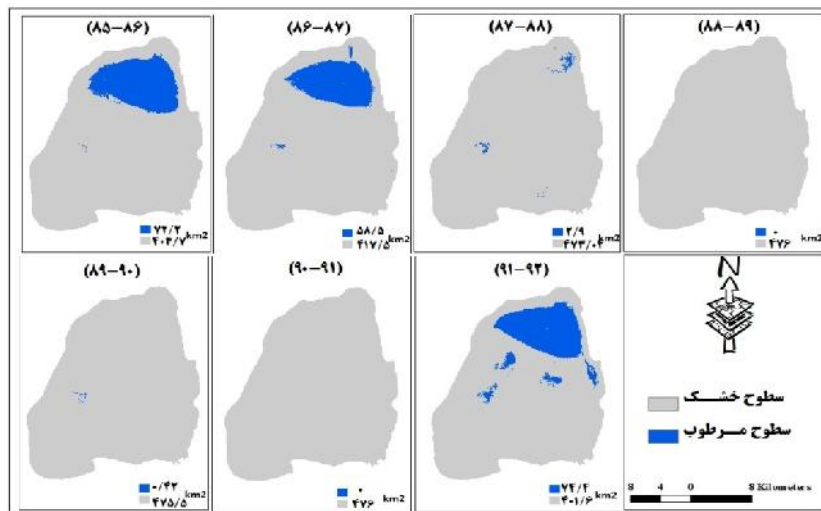
توفان‌های فصلی و سالانه گردید.



شکل ۲- سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی از سال آبی (۷۰-۷۱) تا (۷۷-۷۸)



شکل ۳- سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی از سال آبی (۷۸-۷۹) تا (۸۴-۸۵)



شکل ۴- سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی از سال آبی (۸۵-۸۶) تا (۹۱-۹۲)

گرد و غبار محلی، متوسط و شدید در ایستگاه اصفهان در بازه زمانی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

- نتایج حاصل از پردازش داده‌های باد و محاسبه تعداد روزهای همراه با گرد و غبار
نتایج حاصل از محاسبه تعداد روزهای همراه با پدیده

جدول ۲- مجموع و میانگین تعداد روزهای همراه با پدیده‌های مختلف گرد و غبار در ایستگاه اصفهان (۷۲-۱۳۷۱ تا ۹۲-۱۳۹۱)

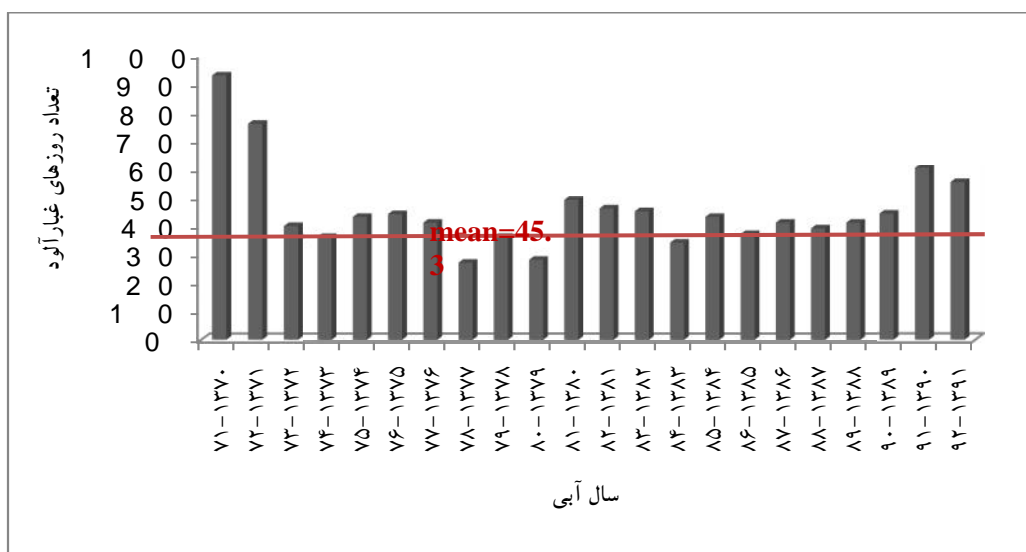
پدیده گرد و غبار	مجموع	ماه											
		مهر	مهر	آبان	آذر	دی	اسفند	فروردین	اردیبهشت	مرداد	شهریور	مهر	
شدید	مجموع	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
	میانگین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۴	۰	۰	۰	۰
متوسط	مجموع	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۰	۰	۱
	میانگین	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰	۰/۰۹
محلی	مجموع	۴۱	۴۹	۴۱	۳۹	۱۰۴	۱۷۰	۱۶۴	۱۸۸	۹۸	۴۱	۳۱	۳۲
	میانگین	۱/۹	۲/۲	۱/۹	۱/۸	۴/۷	۷/۷	۷/۵	۸/۵	۴/۵	۱/۹	۱/۴	۱/۵

توجه به اینکه در سال‌های دیگری از بازه زمانی مورد مطالعه نیز سطح خشکیده تالاب حداکثر بوده اما فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار متوسط و شدید صفر بوده است، از این رو می‌توان اذعان کرد که نوسانهای سطوح خشکیده تالاب گاوخونی تأثیری بر افزایش یا کاهش پدیده‌های مذکور نداشته است. بنابراین برای بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تعداد روزهای غبارآلود، تنها باید نوسان تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار محلی با حداقل میدان دید یک کیلومتر مورد بررسی قرار گیرد. بدین دلیل، نمودارهای توزیع فصلی و سالانه تعداد روزهای همراه با گرد و غبار معلق محلی طی شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج حاصل از برآورد سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی، بیشترین سطح خشکیده تالاب مربوط به بازه زمانی ۷۹-۱۳۷۸ تا ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۱-۱۳۹۰ می‌باشد. از طرفی مقادیر مربوط به مجموع و میانگین تعداد روزهای همراه با پدیده‌های مختلف گرد و غبار در دوره آماری مورد مطالعه (جدول ۲) نشان می‌دهد که مجموع روزهای همراه با گرد و غبار شدید و متوسط در طی ۲۲ سال در ایستگاه اصفهان تنها یک مورد گزارش شده است که هر دو پدیده در سال (۸۸-۱۳۸۷) بوقوع پیوسته است، با توجه به اینکه در این سال، سطح خشکیده تالاب نیز حداکثر بوده است شاید بتوان وقوع پدیده‌های مذکور را به خشکیدگی تالاب نسبت داد. اما با



شکل ۱- توزیع فصلی تعداد روزهای همراه با گرد و غبار معلق محلی ایستگاه اصفهان



شکل ۶- توزیع سالانه تعداد روزهای همراه با گرد و غبار معلق محلی ایستگاه اصفهان

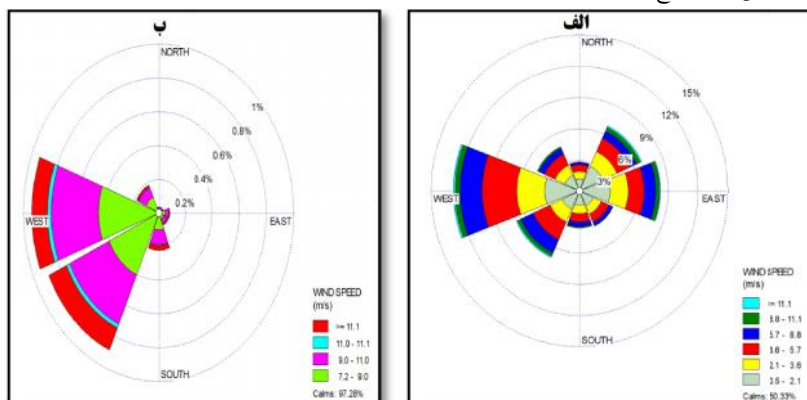
بین این دو متغیر گردید. نتایج حاصل از این بررسی در (جدول ۳) ارائه شده است. گلبادها و گل توفان‌های فصلی و سالانه ایستگاه اصفهان به منظور بررسی جهت وزش بادهای فرسایش‌زا از سمت تالاب گاوخونی به سمت ایستگاه اصفهان در شکل ۷ تا ۹ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از بررسی تأثیر نوسانهای سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار به منظور بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر افزایش یا کاهش پدیده گرد و غبار معلق داخلی در ایستگاه اصفهان، اقدام به برقراری تحلیل همبستگی پیرسون

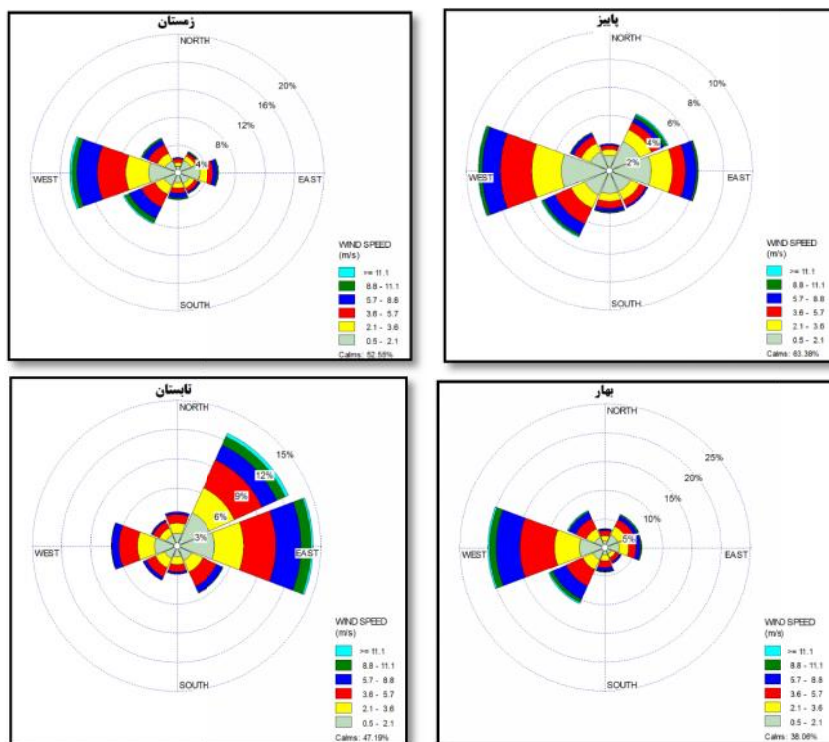
جدول ۳- ضریب همبستگی بین سطح خشکیده تالاب و تعداد روزهای همراه با گرد و غبار معلق داخلی در ایستگاه اصفهان

ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
اصفهان	-۰/۶۳۴**	-۰/۰۶۲	-۰/۴۹۹*	-۰/۷۲**	-۰/۵۲۹*

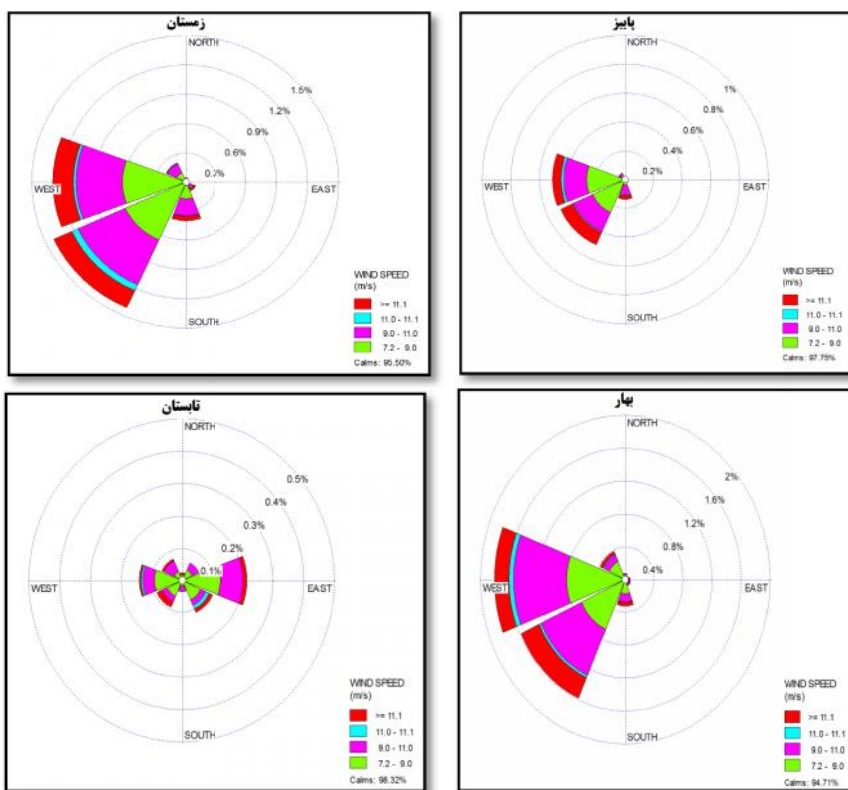
** معنی‌دار در سطح اطمینان ۱٪ و * معنی‌دار در سطح اطمینان ۵٪



شکل ۷- الف: گلباد سالانه؛ ب: گل توفان سالانه ایستگاه سینوپتیک اصفهان



شکل ۸- گلبادهای فصلی ایستگاه سینوپتیک اصفهان



شکل ۹- گل توفان‌های فصلی ایستگاه سینوپتیک اصفهان

بحث

بررسی کلی پدیده گرد و غبار معلق محلی در ایستگاه اصفهان حکایت از آن دارد که مجموع تعداد روزهای غبارآلود مربوط به پدیده گرد و غبار معلق محلی در دوره آماری مورد بررسی در ایستگاه اصفهان ۹۹۸ روز می‌باشد (جدول ۲). به طوری که بیشترین تعداد روزهای همراه با این پدیده (میدان دید بیشتر از یک کیلومتر و سرعت باد بیشتر از سرعت آستانه فرسایش بادی) به ترتیب مربوط به فصل بهار (۴۵٪)، زمستان (۳۱٪)، پاییز (۱۳٪) و تابستان (۱۱٪) می‌باشد (نمودار ۱). میانگین وقوع پدیده مذکور ۴۵/۳ روز در سال می‌باشد که ۶ سال بیشتر از میانگین و ۱۶ سال کمتر از میانگین بوقوع پیوسته است. به طوری که بیشترین روزهای غبارآلود مربوط به سال ۷۱-۱۳۷۰ (۹۳ روز در سال) و ۷۲-۱۳۷۱ (۷۶ روز در سال) و کمترین آن مربوط به سال ۷۸-۱۳۷۷ (۲۷ روز در سال) بوده است (نمودار ۲). این در حالیست که بررسی سطوح خشکیده و مرطوب تالاب در این سال‌ها (۷۱-۱۳۷۰ و ۷۲-۱۳۷۱) حکایت از آن دارد که بخش عمده تالاب در این سال‌ها مرطوب بوده است (۳۹۷ و ۴۷۰ کیلومتر مربع)، همچنین بررسی سطوح مختلف تالاب در سال ۷۸-۱۳۷۷ نشان می‌دهد که مساحتی برابر ۴۰۲ کیلومتر مربع از تالاب در این سال خشک و ۷۴ کیلومتر مربع آن مرطوب بوده است. از این رو نمی‌توان افزایش و یا کاهش روزهای غبارآلود در این سال‌ها را مرتبط با سطوح خشکیده تالاب دانست و این روند متأثر از تغییر در سایر پارامترها مانند بارندگی، دما، تبخیر، رطوبت نسبی و ... بوده است.

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که فرج‌زاده و عزیززاده (۱۳۸۹) تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار شدید، متوسط و محلی را در ایستگاه اصفهان به ترتیب ۰، ۲۳ و ۹۸۴ روز در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶ به ثبت رسانده‌اند. مقایسه نتایج حاصل از بررسی این پژوهشگران با نتایج حاصل از این مطالعه نشان از روند رو به رشد وقوع پدیده‌های مختلف گرد و غبار پس از سال ۲۰۰۶ دارد. البته افزایش وقوع توفان‌های مختلف در سال‌های اخیر در سایر

مناطق ایران نیز به اثبات رسیده است (Nazari Samani *et al.*, 2013 و Dehghanpour *et al.*, 2014) که می‌تواند مؤید نتایج این تحقیق نیز باشد. به منظور بررسی کلی تر تأثیر سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در سال‌های مربوط به بازه زمانی مورد مطالعه، روابط همبستگی بین پارامترهای مذکور برقرار گردید. نتایج حاصل از این بررسی در ایستگاه اصفهان بیانگر رابطه همبستگی معکوس بین دو پارامتر مذکور می‌باشد (جدول ۳). از این رو می‌توان بیان کرد که سطوح خشکیده تالاب گاوخونی در بازه زمانی مورد مطالعه تأثیر مستقیمی بر افزایش یا کاهش تولید ریزگردها در اصفهان نداشته است. به منظور اثبات این نتیجه، از گلبادها و گل توفان‌های ایستگاه سینوپتیک اصفهان در بازه زمانی مورد مطالعه استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی ایستگاه سینوپتیک اصفهان نشان می‌دهد که ۵۵/۳۳ درصد از دیده‌بانی‌های سه ساعته ایستگاه از شرایط آرام برخوردار بوده و در بقیه اوقات دیده‌بانی (حدود ۴۵٪) شرایط بادناکی با سرعت بیش از ۰/۵ متر بر ثانیه در منطقه حاکم بوده است. همان‌گونه که در گلباد سالانه مربوط به این ایستگاه (شکل ۵- الف) نشان داده شده، باد غالب (بیش از ۱۲٪ از کل بادها) در این ایستگاه غربی بوده و بادهای شرق و جنوب غرب در رتبه بعدی قرار می‌گیرند. هرچند بر اساس گلباد حاصل می‌توان سریع‌ترین بادهای ایستگاه اصفهان را در قطاع غربی مشاهده کرد ولی به صورت قطعی نمی‌توان مؤثرترین بادهای عامل فرسایش خاک و تولید گرد و غبار را به این قطاع نسبت داد. از این رو با اعمال سرعت آستانه فرسایش بادی اندازه‌گیری شده در ایستگاه مذکور (۷/۲ متر بر ثانیه) به جای سرعت پایه گلباد و حذف بادهای فاقد توانایی در تولید توفان گرد و خاک (کمتر از ۷/۲ متر بر ثانیه)، گل توفان مربوط به این ایستگاه تهیه گردید (شکل ۵- ب). نتایج بررسی گلباد و گل توفان این ایستگاه نشان‌دهنده هم‌جهت بودن بادهای غالب و فرسایش‌زا (جهت غربی) می‌باشد که تنها حدود ۳٪ از بادها، حامل ذرات گرد و غبار بوده و بیش از ۹۷٪ بادها دارای سرعتی کمتر از

بررسی سهم هر تغییر کاربری در خشکیدگی تالاب گاوخونی و همچنین محاسبه شاخص‌های متعدد غلظت گرد و غبار در هر سال از بازه زمانی درازمدت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نیز بررسی ارتباط آن با وسعت اراضی خشک تالاب در هر سال در پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌گردد. از این رو با توجه به موارد مطرح شده، به نظر می‌رسد که حفاظت و پایداری زیستگاه ارزشمند تالاب گاوخونی مستلزم اعمال مدیریت جامع‌نگر با تأکید بر حفظ کاربری اراضی در حوضه آبریز مربوطه و تخصیص سهم حقایق آن از رواناب‌های جاری در رودخانه زاینده رود باشد.

منابع مورد استفاده

- Baddock, M. C., Bullard, J. E. and 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: 1511–1528.
- Bakhshi Khaniki, Gh., 2013. Biodiversity. Payam Noor University Press, Iran, 227p.
- Du Y., Teille P. M. and Cihlar, J., 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment*, 82:123–134.
- El-Asmar H. M., Hereher M. E. and El Kafrawy, S. B., 2013. Surface area change detection of the Burullus Lagoon, North of the Nile delta, Egypt, using water indices: a remote sensing approach. *Journal Remote Sensing Space Science* 16:119–123.
- Farajzadeh, M. and Alizadeh, K., 2012. Temporal and spatial analysis of dust storms in Iran. *Journal of Spatial Planning*, 15 (1):57-67.
- Gao, B. C., 1996. NDWI: A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58:257-266.
- Gautam, V. K., Gaurav, P. K., Murugan, P. and Annadurai, A., 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*, 739-746.
- Hajian, N., 2014. Zayanderood problems, questions and answers. Esfahan Press, Iran, 463p.
- Jawak, S. D. and Luis, A. J., 2015. A rapid extraction of water body features from antarctic coastal oasis

سرعت آستانه فرسایش بادی می‌باشند و توانایی تولید توفان‌های گردو خاک را ندارند. بررسی کلی گلبادهای فصلی ایستگاه سینوپتیک اصفهان (شکل ۶) نیز حکایت از غالب بودن بادهای قطاع غربی در فصول پاییز، زمستان و بهار و غالب بودن بادهای شرقی در فصل تابستان دارد. بررسی کلی گل توفان‌های فصلی (شکل ۷) نیز نشان‌دهنده وزش بادهای غبارزا عمدتاً از سمت غرب در فصول پاییز، زمستان و بهار و از سمت شرق در فصل تابستان می‌باشد. گرچه همسو بودن تقریبی جهات وزش سریع‌ترین بادهای بادهای مولد گرد و غبار در تمامی فصول به چشم می‌خورد اما نتایج حاصل از بررسی گل توفان‌های فصلی و سالانه مؤید عدم وزش بادهای غبارزا از سمت تالاب گاوخونی به سمت اصفهان می‌باشد. زیرا تالاب در نواحی جنوب شرقی شهرستان اصفهان واقع شده در حالی که جهت بادهای غبارزا در اصفهان از سمت غرب و جنوب غرب می‌باشد. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش حکایت از آن دارد که جهت حرکت جبهه بحران از نواحی حاشیه زیست‌بوم به سمت مرکز آن می‌باشد و هنوز اثرات گرد و غبار نشأت گرفته از تالاب گاوخونی شهر اصفهان را تحت تأثیر قرار نداده است. قرار گرفتن اصفهان در مرکز سیستم، زمانی متأثر از گرد و غبار می‌شود که جبهه بحران با شهر، تلاقی یا از آن عبور کند. اما با توجه به اینکه اصفهان در کریدور جریان عبوری (نتایج گل توفان‌ها مؤید این موضوع است) از تالاب نیست، متأثر از آن نمی‌شود. بنابراین افزایش وقوع توفان‌های گرد و غبار سالیان اخیر ایستگاه مذکور را می‌توان به سایر عوامل مانند برهم خوردن سطح تعادل در اراضی کشاورزی و تغییرات سایر کاربری‌های نزدیک آن نسبت داد. از این رو انتظار می‌رود که با اعمال مدیریت جامع بر مبنای تفکر سیستمی و تعادل بخشی به سیستم بتوان آثار مخرب توفان‌های گرد و غبار را قبل از رسیدن به شهر اصفهان کنترل و یا مهار کرد. بنابراین برای تشخیص دقیق‌تر و بهتر دیگر عوامل ایجاد کننده ناپایداری در منطقه مطالعاتی و جلوگیری از پیامدهای ناشی از آن، تعیین دقیق وسعت کاربری اراضی مناطق بالادست تالاب به صورت سالانه و

2013. A study on dust storms using wind rose, storm rose and sand rose (Case study: Tehran province). *Desert*, 18: 9-18.
- Nikolai, O. and Leah, A., 2003. White sand storms in central Asia. *Journal of Global alarm dust and sand storms from the world's drylands*, 330:169-201.
- Ochirkhuyang, L. and Tsolmon, R. S., 2008. Monitoring the source of trans-national dust storms in north east Asia. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(2): 835-839.
- O'Loingsigh, T., McTainsh, G. H., Tews, E. K., Strong, C. L., Leys, J. F., Shinkfield, P. and Tapper, N. J., 2014. The dust storm index (DSI): a method for monitoring broad scale wind erosion using meteorological records. *Aeolian Research*, 12: 29-40.
- using very high-resolution satellite remote sensing data. *Aquatic Procedia*, 4:125-132.
- John J. Q., Xianjun H., Menas, K. and Lingli, W., 2006. Asian dust storm monitoring combining terraand Aqua MODIS SRB Measurements. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(4): 484-486.
- Joseph, P. V., Rapial D. K. and Deka, S. N., 1980. "Andhi", the convective dust storms of Northwest India. *Mausam*, 31: 341-442.
- Kim, J., 2008. Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965-2004). *Atmospheric Environment*, 4:4778-4789.
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., 1994. *Remote sensing and interpretation*. Jhon Wiley and sons Inc, New York, 750 p.
- Nazari Samani, A. A., Dadfar, S. and Shahbazi, A.,

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)

Z. Ebrahimi Khusfi^{1*}, A. A. Vali², M. Khosroshahi³ and R. Ghazavi⁴

1*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Desert, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran, Email: z_ebrahimi@hotmail.com

2-Associate Professor, Department of Desert Sciences Engineering, Faculty of Natural Resources and Geo Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

3- Associate Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Associate Professor, Department of Range and Watershed Management Sciences Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran

Received:5/21/2016

Accepted:9/12/2016

Abstract

Wetlands in the central Iran lakes are considered as part of desert ecosystems and their destruction leads to adverse consequences. In central part of Iran, climatic and human factors have created significant differences between dry and wet surfaces of Gavkhooni wetland in recent decades, leading to produce more dust in central part of Iran. The aim of this research was to assess the impact of dried bed of Gavkhooni wetland on the production of the internal dust in Isfahan province by using remote sensing and storm roses in the period of 22 years (1991- 1992 to 2011-2012). For this propose, the landsat imagery and anemometer data were used. After geometric and radiometric corrections, Normalized Difference Water Index (NDWI) was calculated and the dry and wet surfaces were separated. To determine wind erosion threshold velocity, undisturbed soil samples were transferred to the wind erosion meter. Then, the number of dusty days in the synoptic station of Isfahan was calculated based on the wind speed greater than wind threshold speed. Relationship between the number of dusty days and dried bed of wetland was evaluated with correlation analysis. Finally, to determine the dusty wind direction from the side of Gavkhuni wetland to Isfahan station, annual and seasonal wind roses and storm roses were plotted and evaluated. The results of this study based on the artificial neural network model showed that the most important factors influencing the bed of the Gavkhuni wetland were input flow rate, evaporation, drop in groundwater level, temperature, and rainfall, respectively. The results of the correlation analysis showed that there was a significant inverse relationship between the number of dusty days and dried bed of wetland in the seasons of autumn, spring, summer and annual scale in Isfahan station. Also, results of storm roses showed that dusty winds did not blow from wetland toward this station.

Keywords: Dust, Gavkhooni wetland, NDWI, storm rose, Isfahan.