

بررسی نیاز آبی تالاب هامون صابوری جهت کاهش اثرات گرد و غبار در زابل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

کامران خاشی^۱، مهدی اژدری مقدم^۲، سید آرمان هاشمی منفرد^{۳*}

۱. دانشجوی دکترای مهندسی عمران مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲. استاد گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳. دانشیار گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان

(تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۰۴/۲۰؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۰۵/۲۸ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۰۹/۲۸)

چکیده

نیاز به انرژی برقابی و توسعه کشاورزی در بالادست حوضه آبریز رودخانه هیرمند میزان آب ورودی به منطقه سیستان را به صورت چشم‌گیری کاهش داده که نتیجه آن کاهش نیاز زیست‌محیطی و افزایش دوره خشکی تالاب بین‌المللی هامون بوده است. این مسئله باعث کاهش حجم آب هامون‌های سیستان و خشک شدن بخش زیادی از آن‌ها در سال‌های اخیر شده است. به دلیل وجود بادهای ۱۲۰ روزه و موقعیت تالاب صابوری، یکی از تالاب‌های سه‌گانه هامون، این تالاب توسط برخی محققان به عنوان یکی از منشأهای گرد و غبار در منطقه معرفی شده است. در این تحقیق کاهش اثرات گرد و غبار بر اثر افزایش سطح آبی با کمک تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. به منظور بررسی دقیق موضوع و برآورد میزان نیاز تخصیص آب برای کاهش گرد و غبار، سطح پوشش آب در تالاب صابوری ایران با استفاده از شاخص آب تفاضلی نرمال‌شده (NDWI) در ۱۱۳ تصویر ماهواره‌ای از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ محاسبه و روزهای گرد و غبار در شهر زابل از ایستگاه هواشناسی استخراج شد. با بررسی روزهای گرد و غبار ماهیانه شهر زابل و پوشش سطح آب ماهیانه در تالاب، مشاهده شد که هیچ نوع همبستگی بین دو پارامتر یادشده وجود ندارد و پوشش تالاب هامون صابوری اثری بر میزان گرد و غبار شهر زابل نمی‌گذارد. همچنین در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ کمترین سطح آب و کمترین ماندگاری آب در تالاب اتفاق افتاده و تنها سطحی معادل ۱۵۰ کیلومتر مربع سطح پوشش آب بوده است.

کلمات کلیدی: گرد و غبار، تالاب صابوری، هیرمند، NDWI، زابل.

مقدمه

تالاب‌ها اکوسیستم ارزشمندی هستند که خدمات و منافع متنوعی ارائه می‌دهند، به منظور استفاده از این زیست‌بوم، شناخت صحیح خدمات تالاب‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد [۱]. برخی از فواید تالاب‌ها شامل امکان استفاده از خدمات آبی‌پروری، حفظ گونه‌های در معرض خطر، کنترل کیفیت آب‌وهوا، کنترل فرسایش خاک، محصولات گیاهی متنوع قابل استفاده، کنترل سیلاب و تغذیه آب‌های زیرزمینی است [۲].

در سال‌های اخیر به دلایل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در بالادست حوضه‌های آبریز شمار تالاب‌ها و دریاچه‌های خشک‌شده افزایش چشم‌گیری در سطح جهان داشته است [۳]. بستر خشک دریاچه‌ها و تالاب‌ها به عنوان منشأ گرد و غبار در نقاطی از جهان معرفی شده‌اند. دریاچه‌ها و تالاب‌های خشک‌شده آرال در ازبکستان [۴] اوون در کالیفرنیا آمریکا [۵]، اتوشا پن در نامیبیا [۶]، ایری در استرالیا [۷]، هامون و دریاچه ارومیه در ایران [۸-۱۰] به عنوان تشدیدکننده‌های پدیده گرد و غبار در نقاط مختلف دنیا شناخته شده‌اند. اثرات مخرب گرد و غبار طیف وسیعی از مشکلات را شامل می‌شود؛ از جمله موارد مرتبط با سلامتی به خصوص سلامتی ریوی، هزینه‌های صدمه به محصولات، صدمه به تأسیسات عمومی و شخصی، هزینه‌های نظافت، فرسایش و آلودگی خاک را شامل می‌شوند [۱۱-۱۳].

تغییرات و اصلاحاتی در مدیریت منابع آب برای احیای دریاچه‌ها و تالاب‌ها به منظور مقابله با این پدیده و سایر عواقب ناشی از تخریب تالاب‌ها مورد نیاز است. در برخی مدل‌های مدیریت منابع آب با نگرش احیای دریاچه‌ها و تالاب‌ها، موضوع مهار گرد و غبار در تخصیص آب جهت کاهش این پدیده لحاظ شده است [۳، ۱۴ و ۱۵].

بچانو (۲۰۱۵) در یک مدل اقتصادی جامع به منظور احیای دریاچه آرال، موضوع فواید اقتصادی ناشی از تخصیص آب به دریاچه را جهت مهار ریزگردها با دو تابع سود حفاظت از سلامت مردم منطقه در برابر گرد و غبار و سود حفاظت زمین‌های کشاورزی در مقابل توفان خاک و نمک در کنار سایر مزایای اقتصادی زیست‌محیطی شامل ماهی‌گیری و ارزش تفریحی در منطقه وارد مدل کرد و سودی برابر با ۲۶ میلیون دلار محاسبه کرد [۱۵]. مالکی و

همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، احیای تالاب هامون را با سه اولویت بیشترین زمان حفظ آب، تأمین آب زیستگاه پرندگان و حفظ رطوبت در خاستگاه گرد و غبار به منظور کاهش آن را مورد بررسی قرار دادند و سطح مورد نیاز جهت هر کاربری را محاسبه کردند. مساحت مورد نیاز برای آبیگری به منظور کنترل گرد و غبار در دو قسمت تالاب صابوری و هامون هیرمند حدود ۴۷۰۰ هکتار برآورد شد که با توجه به توپوگرافی منطقه حجم نیاز آبی به دست خواهد آمد و پیشنهاد در نظرگیری تخصیص آب در مدیریت منابع آب جهت کاهش گرد و غبار بر این اساس ارائه کردند [۱۴]. بوروقانی براساس عکس‌های ماهواره‌ای ارتباط بین خشکی دریاچه ارومیه و افزایش گرد و غبار را نشان داد و عامل اصلی خشکی دریاچه را عدم مدیریت صحیح منابع آبی، افزایش فعالیت کشاورزی و افزایش جمعیت معرفی کرد و نیاز به بازنگری مدیریت منابع آب در منطقه را الزام‌آور دانست [۳].

از آنجا که باد یکی از عوامل تشدیدکننده اثر گرد و غبار است، در مناطقی با خشکی زیاد و باد شدید اثر تخریبی گرد و غبار بسیار بیشتر است [۱۶]. دشت سیستان در ایران در پایین‌دست رودخانه هیرمند در منطقه مرزی با افغانستان که بخش اعظم تالاب بین‌المللی هامون در آن واقع شده است، شاهد بادهای ۱۲۰ روزه‌ای است که از سرعت و شدت زیادی برخوردارند. با توجه به سدهای ساخته‌شده در بالادست رودخانه در کشور افغانستان دوره‌های کم‌آبی در منطقه افزایش یافته و تالاب بیشتر اوقات خشک است. بر اثر گرد و غبار شدید در منطقه ۶۳ درصد مردم دچار بیماری‌های تنفسی هستند و برآورد شده که سالیانه خسارت ناشی از گرد و غبار ۱۶۶ میلیون دلار باشد [۱۷].

در منطقه سیستان مطالعات متعددی بر اساس روش‌های مختلفی از جمله نمونه‌گیری از گرد و غبار و از مناطق مستعد ایجاد گرد و غبار و همچنین، روش‌های سنجش از دور جهت بررسی منشأ گرد و غبار انجام گرفته است که در برخی از آن‌ها نیز قسمتی از تالاب بین‌المللی هامون به نام هامون صابوری به عنوان منشأ گرد و غبار معرفی شده است [۹، ۱۱ و ۱۸-۲۱].

برای بررسی بیشتر اثر خشکی دریاچه‌ها و تالاب‌ها بر پدیده گرد و غبار نیاز است تغییرات مکانی و زمانی پهنه‌های

اصفهان مورد بررسی قرار داد و نتایج به خلاف انتظار نشان‌دهنده رابطه‌ی معکوس بین روزهای گرد و غباری و میزان خشکی تالاب است [۲۹]. هراتی و همکاران با محاسبه شاخص NDWI برای برآورد سطح دریاچه ارومیه در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ و محاسبه شاخص‌های نشان‌دهنده وجود گرد و غبار از عکس‌های هوایی در هر سال مشاهده کردند که با کاهش سطح آبی میزان و شدت گرد و غبار نیز افزایش پیدا می‌کند [۱۰]. در حوضه آبی دجله و فرات نیز با استخراج شاخص NDWI و محاسبه پهنه آبی در منطقه و برآورد روزهای گرد و غباری از طریق تابش سنج طیفی تصویربرداری با وضوح متوسط MODIS^۲ رابطه بین این دو مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد پهنه‌های آبی خشک‌شده بزرگ‌ترین منشأ گرد و غبار در منطقه هستند [۲۲]. بلورانی و همکاران با استفاده از شاخص اصلاح‌شده NDWI پهنه‌های آبی در منطقه سیستان را به صورت سالیانه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی قرار دادند و مقایسه‌ای با یک توفان گرد و غبار در همان سال کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد با کاهش پهنه آبی افزایش غلظت گرد و غبار در منطقه اتفاق افتاده است [۹]. از آنجا که جهت بررسی اثر پوشش آب در یک منطقه خاص روی میزان گرد و غبار نیاز به تصاویر ماهواره‌ای به اندازه کفایت و روش مناسب برای برآورد سطح آبی است [۳۰-۳۲]. در تحقیق حاضر با توجه به موقعیت قرارگیری شهر زابل نسبت به تالاب صابوری و تحقیقاتی که این تالاب را به عنوان منشأ گرد و غبار معرفی کرده‌اند، به منظور بررسی دقیق‌تر و عمیق‌تر موضوع و یافتن رابطه‌ای بین میزان سطح آب مورد نیاز جهت کاهش مؤثر گرد و غبار برای اولین بار با استفاده از ۱۱۳ تصویر ماهواره‌ای و تعداد روزهای گرد و غبار آن در ماه مربوط به برداشت آن تصویر، رابطه بین سطح آب و تعداد روزهای گرد و غبار بررسی شده تا در صورت وجود رابطه معناداری بتوان تخصیص مورد نیاز جهت کاهش گرد و غبار را محاسبه و در مدل‌های تصمیم‌گیری مدیریت منابع آب منطقه از آن استفاده کرد.

۳. مواد و روش‌ها

۳.۱. منطقه مورد مطالعه

تالاب بین‌المللی هامون در دورترین نقطه رودخانه هیرمند در مرز ایران و افغانستان در دشت سیستان قرار گرفته و

آبی بر میزان و شدت رخداد گرد و غبار مورد بررسی قرار گیرد و با آنالیز رابطه بین پهنه آبی و گرد و غبار امکان مدیریت آبی بهتر جهت تصمیم‌گیرندگان تخصیص منابع آب فراهم خواهد شد [۲۲]. از آنجا که ارزیابی‌های زمینی در زیست‌بوم‌های آبی به دلیل محدودیت‌های اجتماعی و اقتصادی مشکلاتی به همراه دارد، سنجش از دور در طیف وسیعی از تحقیقات اکوهیدرولوژی قابل کاربرد است و به صورت متداول مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۳].

به منظور محاسبه منطقه مرطوب شاخص NDWI^۱ اختلاف آب نرمال‌شده، در روش سنجش از دور در سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ در شمال دلتای نیل مورد استفاده قرار گرفت و درصد سطح اراضی کاهش‌یافته بر اثر دخالت‌های انسانی محاسبه شد [۲۴].

کارایی بالای این شاخص برای تفکیک مناطق مرطوب از سایر مناطق در تحقیقات جاواک در سال ۲۰۱۵ بیان شده است [۲۵].

تنگ و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ دریاچه پویانگ چین، همبستگی بین شاخص NDWI و داده‌های هیدرولوژیک سطح آب در ایستگاه‌های هیدرولوژیکال دریاچه مورد بررسی قرار دادند و دریافته‌اند که شاخص یادشده در شناسایی پهنه آبی از دقت بسیار مناسبی برخوردار است [۲۶]. آشوک و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات سطح آبی تالاب رنوکا در هند را براساس تصاویر ماهواره‌ای و محاسبه NDWI از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۹ مورد بررسی جامعی قرار دادند. برای بررسی صحت شاخص در نشان دادن سطح آبی صحت‌سنجی میدانی و تصادفی صورت گرفت که نشان‌دهنده دقت زیاد ۹۰ درصدی شاخص است [۲۷]. در سال ۲۰۲۰ به منظور بررسی وضعیت تالاب‌های ایرلند از طریق عکس‌های ماهواره‌ای با شاخص NDWI و شاخص مرتبط با سطح پوشش گیاهی تحقیقاتی انجام پذیرفت و ارزیابی زمینی نشان از دقت زیاد شاخص NDWI داشت و در نهایت، استفاده از آن جهت مانیتورینگ و پایش تالاب‌ها را پیشنهاد کردند [۲۸].

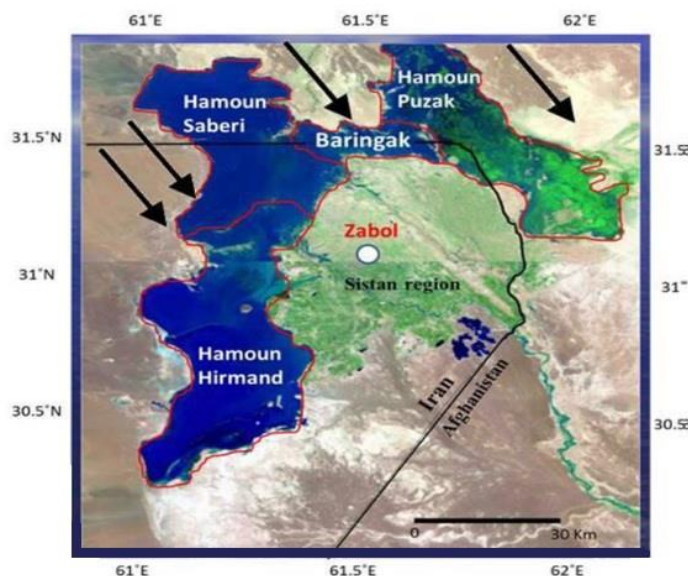
ابراهیمی (۲۰۱۷) در یک بازه ۲۲ ساله با استفاده از ۲۱ تصویر ماهواره‌ای و شاخص NDWI و آمار بادسنجی ایستگاه سینوپتیک اصفهان اثر خشکی تالاب گاوخونی را روی شهر

بخشی از آن در هر دو کشور واقع شده است. تالاب از سه بخش هامون هیرمند، هامون صابوری و هامون پوزک تشکیل شده که هنگام پرآبی کل تالابها گستره واحدی با حجم حدود ۱۲ میلیارد متر مکعب ایجاد می‌کنند. علاوه بر رودخانه هیرمند رودخانه‌های دیگری از کشور افغانستان وارد تالاب مزبور می‌شوند. منطقه سیستان که بخش بزرگ تالاب بین‌المللی در آن واقع شده با میزان بارندگی نزدیک به ۵۷ میلی‌متر در سال و تبخیری بالاتر از ۴ هزار میلی‌متر یکی از مناطق خشک کشور ایران است.

بادهای ۱۲۰ روزه سیستان همواره یکی از مختصات اقلیمی منطقه بوده‌اند و باعث شده‌اند شهر زابل به عنوان یکی از شهرهای آلوده جهان شناخته شود [۳۴ و ۳۵]. با توجه به جهت غالب این بادها که از سمت شمال غربی هستند، بادهای یادشده از روی تالاب گذر می‌کنند و به شهر زابل می‌رسند و به نظر می‌رسد که منشأ این گرد و غبار تالاب صابوری است. سطح تالاب صابوری معادل ۶۵۰

کیلومتر مربع با ارتفاع متوسط ۳ متر تخمین زده شده است. رودخانه‌های منتهی به این تالاب شامل هاروت، فراه رود و رودخانه هیرمند هستند. احداث سد های کجکی در سال ۱۹۵۳ و سد کمال خان در سال‌های اخیر در افغانستان باعث کاهش قابل توجه حجم آب ورودی از رودخانه هیرمند به ایران و تالاب‌های منطقه شده است. در نتیجه این کاهش ضمن آسیب به بخش کشاورزی، تالاب‌های سه‌گانه هامون نیز تحت تأثیر قرار گرفته و دوره خشکی آن‌ها افزایش چشم گیری داشته است.

تالاب هامون صابوری توسط رودخانه فراه رود توجه به فصل بارندگی و سیلاب در افغانستان در بخشی از سال آبیگری شده و نسبت به آب ورودی در هر سال دارای سطح آبیگری متفاوتی است. شکل ۱ موقعیت دشت سیستان و تالاب‌های بین‌المللی سه‌گانه هیرمند به همراه باد غالب در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری تالاب صابوری در منطقه سیستان و جهت باد غالب
منبع: (<http://Earthexplorer.usgs.gov>)

۳.۲. داده‌های هواشناسی

جهت، سرعت باد و میزان دید روزانه طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۷ از ایستگاه هواشناسی زابل که در فاصله ۱۰ کیلومتری هامون صابوری قرار گرفته، به دست آمد. روزهای گرد و غبار براساس تعریف، روزهای با دید کمتر از ۲ هزار در نظر گرفته می‌شود.

۳.۳. آنالیز سنجش از دور

۳.۳.۱. تصاویر ماهواره‌ای

سنجش از دور و روش‌های آنالیز تصاویر ماهواره‌ای برای محاسبه سطح پوشش آب در تالاب صابوری مورد استفاده قرار گرفتند. برای سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۱ از تصاویر لندست ۵ و برای سال ۱۳۹۲ از تصاویر لندست ۷ و برای

قرمز نزدیک و سبز برای این منظور استفاده کرد. با توجه به اینکه آب در باند سبز دارای انعکاس بالا و در باند مادون قرمز نزدیک دارای انعکاس پایین است، شاخص NDWI به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود.

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

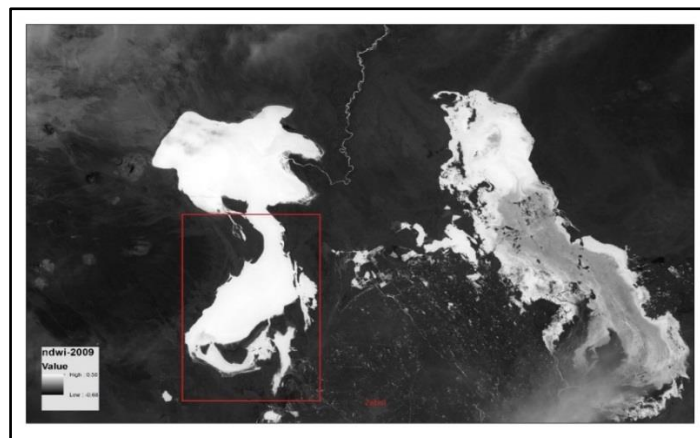
NDWI با استفاده از این خصوصیت آب که در طول موج سبز دارای انعکاس بیشتری نسبت به طول موج مادون قرمز است، اثر مناطق غیر آبی همچون خاک و پوشش گیاهی را کم می‌کند. حد آستانه صفر توسط مک فیتز پیشنهاد شد که مقادیر مثبت نشان‌دهنده آب و مقادیر منفی نشان‌دهنده مناطق غیر آبی همچون خاک و پوشش گیاهی است. شکل‌های ۲-۴ مقدار محاسبه شده NDWI مرتبط با تصاویر ماهواره‌ای اردیبهشت ۱۳۸۸ و فروردین ۱۳۹۷ و همچنین ناحیه آبی استخراج‌شده را نشان می‌دهند.

سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ از تصاویر لندست ۸ استفاده شد. تصاویر برای هر ماه دو تصویر و در مجموع، ۱۱۳ تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

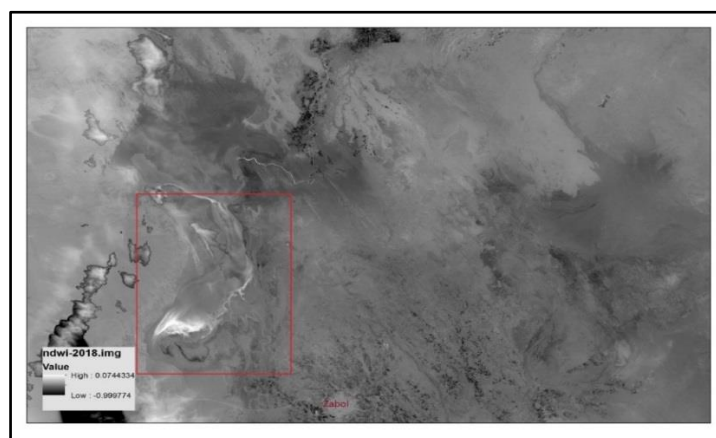
۳.۲.۳. پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

مهم‌ترین بخش در پیش‌پردازش، فرایند تصحیحات اتمسفری است. تصحیحات اتمسفری به دلیل حذف اثر پخش و جذب امواج الکترومغناطیس در محدوده امواج مرئی و مادون قرمز، انجام می‌شود. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار ENVI تصحیح اتمسفری با روش FLAASH^۱ روی تصاویر انجام شد و مقدار بازتاب طیفی در بالای اتمسفر به دست آمد.

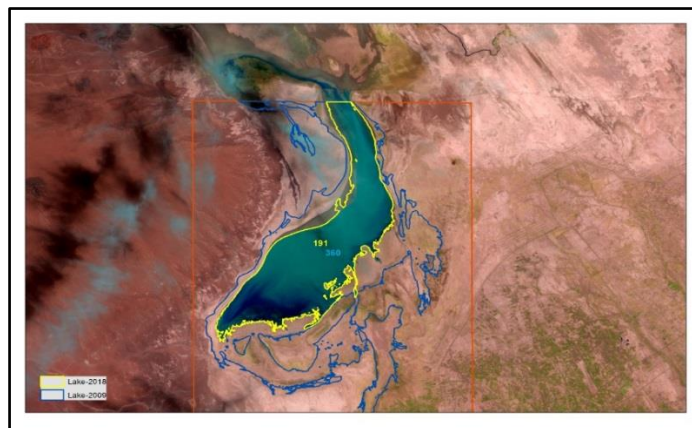
شاخص NDWI توسط مک فیتز در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد شد [۲۷] تا سطح پوشش آب را در تصاویر و داده‌های سنجش از دور مشخص کند. وی از باند مادون



شکل ۲. تالاب صابوری ۹ اردیبهشت ۱۳۸۸



شکل ۳. تالاب صابوری ۱۷ فروردین ۱۳۹۷



شکل ۴. نواحی آبی استخراج شده از شاخص NDWI

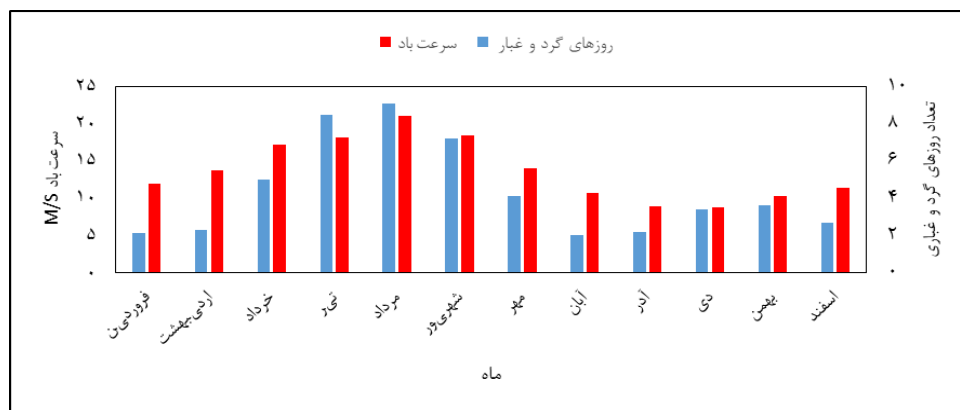
۴. نتایج و بحث

۱. تغییرات سرعت باد و روزهای گرد و غبار

با استفاده از اطلاعات مربوط به سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ متوسط ماهیانه سرعت باد محاسبه شد (شکل ۵). متوسط سرعت باد طی سال‌های دوره آماری ۱۲/۵ متر بر ثانیه است. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از خرداد تا شهریور اتفاق می‌افتند. امتداد باد در مسیر ۳۳۰ درجه با تغییرات ۱۰ درجه‌ای است. پرسرعت‌ترین بادهای مربوط به تیر و مرداد ماه هستند که سرعت متوسط آن‌ها ۱۸ متر بر ثانیه است. روند افزایشی سرعت باد از ماه اردیبهشت شروع شده و

پس از اوج تیر و مرداد دوباره تا آبان کاهش می‌شود. ماکزیمم سرعت باد تا مقدار ۳۲ متر بر ثانیه نیز حادث شده است.

متوسط روزهای گرد و غبار در هر ماه برای دوره زمانی یادشده محاسبه شده است. روند تغییرات روزهای گرد و غباری از روند تغییرات سرعت باد پیروی می‌کند. کمترین تعداد روز گرد و غبار با دو روز در آبان اتفاق می‌افتد و بیشترین مربوط به تیرماه با تعداد ۱۰ روز است. ضریب همبستگی پیرسون بین سرعت باد و روزهای گرد و غباری ۰/۸۸ است که نشان از همبستگی بالای بین این دو پدیده دارد.

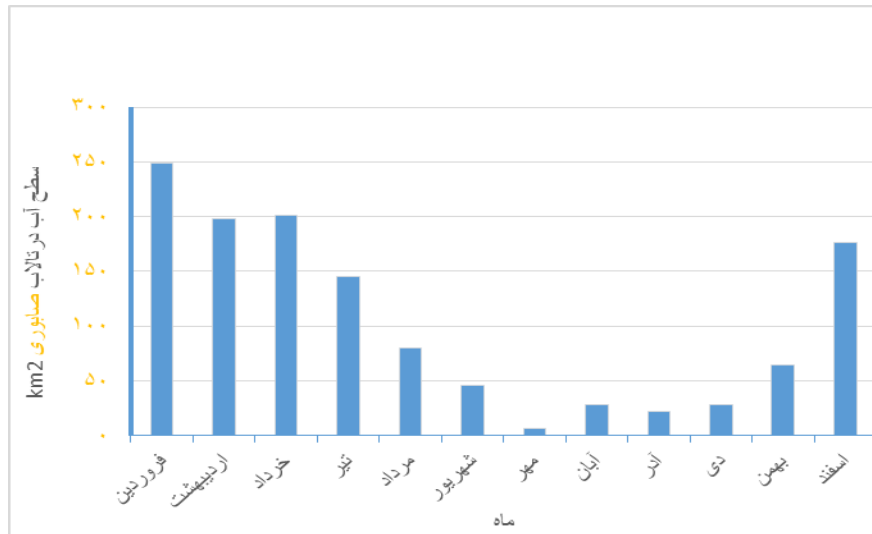


شکل ۵. سرعت متوسط باد و تعداد روزهای گرد و غبار در ماه‌های سال

۲. پوشش آب در هامون صابوری

با استفاده از تصویر ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ میانگین ماهیانه سطح آب در تالاب هامون صابوری به دست آمد که شکل ۶ این میانگین ماهیانه را نشان می‌دهد. بیشترین سطح پوشش مرتبط با فروردین‌ماه است و کمترین مقدار مربوط به مهرماه است. روند صعودی از

دی‌ماه شروع می‌شود و در فروردین‌ماه به حداکثر مقدار خود می‌رسد و دوباره با یک روند نزولی در ماه مهر به کمترین مقدار خود می‌رسد. روند تغییرات سطح آب در تالاب طی یک سال بسیار زیاد است که نشان‌دهنده عمق کم آب در تالاب و شدت تبخیر در منطقه است.



شکل ۶. میانگین مساحت آب تالاب صابوری در قسمت ایران طی سال در ماه‌های مختلف

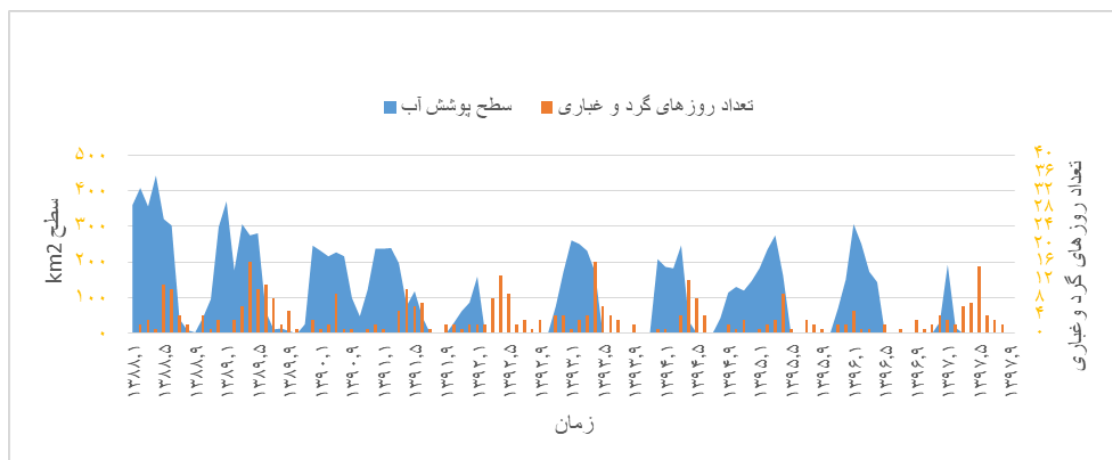
بیشترین ماه با روزهای گرد و غبار را داشته‌اند و هم‌زمان با این تعداد روز گرد و غباری در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۳ تالاب دارای آب بوده است. کمترین تعداد روزهای گرد و غباری نیز مربوط به سال ۱۳۹۶ است.

همواره روند سطح آب در تالاب صابوری پراکنندگی بیشتری داشته و از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ میزان پوشش آب از وضعیت بهتری برخوردار بوده است. در سال ۱۳۸۸ با بیشترین سطح، به میزان ۴۵۰ کیلومتر مربع رسیده و طی سال ۱۳۹۰ نیز همواره بخشی از تالاب دارای آب بوده است. در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ کمترین سطح آب و کمترین ماندگاری آب در تالاب اتفاق افتاده و سطح آب حدود ۱۵۰ کیلومتر برآورد شده است.

۳.۴. بررسی رابطه سطح پوشش تالاب هامون صابوری ایران با روزهای گرد و غبار در شهر زابل

برای بررسی و تحلیل بیشتر اثر پوشش آب در بخش ایرانی تالاب هامون صابوری روی گرد و غبار در شهر زابل، استفاده از ۱۳۳ تصویر ماهواره‌ای و آمار ماهانه روزهای گرد و غبار بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ استفاده شد. شکل ۷ مقایسه ماهیانه بین سطح پوشش آب در تالاب و روزهای گرد و غبار ماهیانه را در دوره آماری یادشده نشان می‌دهد.

روند کلی سالانه روزهای گرد و غبار در هر ماه تقریباً روند یکسانی دارد، اما از سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ روزهای گرد و غبار کمتری در منطقه اتفاق افتاده است. سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۷ با ۱۶ روز گرد و غبار در یک ماه



شکل ۷. مقایسه بین تعداد روزهای گرد و غبار در ماه و سطح پوشش آب در تالاب هامون صابوری ایران طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷

شد، هامون پوزک و هیرمند و مناطق کشاورزی اطراف شهر زابل را به عنوان منشأ گرد و غبار معرفی شد و اثر هامون صابوری بر میزان گرد و غبار بسیار کم برآورد شد [۲۱]. بلورانی و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از شاخص اصلاح شده NDWI میزان پهنه آبی در فصل بهار در سال‌های بین ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ را محاسبه و با تعداد روزهای گرد و غبار مقایسه کردند و نتایج تحقیقات بیانگر آن بود که به طور کلی با کاهش پهنه آبی در کل منطقه سیستان تعداد روزهای گرد و غبار افزایش می‌یابد [۹]. به نظر می‌رسد در تحقیقات انجام شده تا کنون بر مبنای سنجش از دور منطقه خاصی در ابتدای تحقیق به عنوان منشأ لحاظ نشده و کل منطقه مورد بررسی قرار گرفته و در نتیجه، تعداد تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده کفایت لازم برای بررسی دقیق‌تر و عمیق‌تر موضوع را نداشته است. به عنوان مثال، در دو تحقیق راشکی و بلورانی سطح آب فقط در یک مقطع سال مبنای قرار گرفته و با تعداد کل روزهای گرد و غبار در آن سال بررسی شده است. در نتیجه، رابطه بین روزهای گرد و غبار و سطح آب تالاب صابوری به صورت مستقیم بررسی نشده است. تحقیق حاضر با هدف تعیین نیاز آبی برای کاهش گرد و غبار، با تعداد تصاویر ماهواره‌ای کافی به صورت ماهیانه رابطه بین تعداد روزهای گرد و غبار در ماه را با سطح آب در همان ماه مستقیم بررسی و تحلیل کرده است و منطبق با تحقیقات به‌روز که از روش نمونه‌گیری در سطح منطقه استفاده کرده و تالاب صابوری را منشأ گرد و غبار ندانسته است.

۵. نتیجه‌گیری

این تحقیق اثر پوشش آب در هامون صابوری روی گرد و غبار در زابل را بررسی می‌کند. در این تحقیق با استفاده از شاخص NDWI و اختلاف انعکاس آب در طول موج‌های مختلف، سطح آب تالاب هامون صابوری ایران در ماه‌های مختلف سال برآورد شد. به این منظور، ۱۱۳ تصویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی زابل تعداد روزهای گرد و غبار با دید ۲ هزار متر یا کمتر به دست آمد. به منظور بررسی ارتباط بین پوشش آب و تعداد روزهای گرد و غبار و در نهایت، تعیین نیاز آبی ضریب همبستگی بین این دو پارامتر محاسبه شد. نتایج

با مقایسه و محاسبه ضریب همبستگی میزان روزهای گرد و غبار در یک ماه با میزان آب در تالاب در آن ماه در سال‌های مطالعه، ضریب همبستگی پیرسون $r = 0.07$ به دست می‌آید که نشان‌دهنده این موضوع است که بین میزان آب در تالاب و روزهای گرد و غبار در ایستگاه زابل هیچ‌گونه رابطه‌ای وجود ندارد. این سطح پوشش نقشی در کاهش میزان گرد و غبار ندارد و افزایش و کاهش میزان آب زیست‌محیطی به این تالاب تأثیری بر کاهش گرد و غبار نخواهد داشت و سایر نقش‌های این تالاب باید در نیاز زیست‌محیطی ملاک عمل قرار گیرد. مانند هدایت آب به قسمت‌هایی با ماندگاری بیشتر و یا مناطق زیستگاهی پرندگان در اولویت قرار گیرند [۱۴].

نتایج تحقیق حاضر با نتایج برخی از سایر تحقیقات صورت گرفته در منطقه متفاوت است. رنجبر و ایرانمنش (۲۰۰۳) مناطق برداشت توفان‌ها و چگونگی انتشار ذرات گرد و غبار را با استفاده از ۷ تصویر سنجنده MODIS^۱ از ماهواره TERRA که دامنه گسترده‌ای از انرژی تابشی را در محدوده طیف مرئی و نامرئی دریافت می‌کنند، مورد بررسی قرار دادند و تالاب هامون صابوری در اولویت اول و تالاب پوزک و هیرمند را در اولویت‌های بعدی به عنوان منشأ گرد و غبار معرفی کردند [۳۷]. راشکی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای سطح آب در تالاب‌های سه‌گانه را در ماه جولای بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵ محاسبه و براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی با تعداد روزهای گرد و غبار در هر سال مقایسه و نتیجه‌گیری کردند که تالاب صابوری به عنوان مهم‌ترین منشأ گرد و غبار در منطقه سیستان است [۱۱]. در تحقیق کایو و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی ۹ شاخص مؤثر در ایجاد گرد و غبار و امتیازبندی هر شاخص با توجه به موقعیت منطقه، غرب منطقه سیستان را به عنوان منشأ گرد و غبار معرفی کردند که بیشتر شامل هامون پوزک است [۳۵]. مالکی و همکاران نیز بر پایه موقعیت قرارگیری تالاب هامون صابوری و وجود عکس ماهواره‌ای از یک رخداد توفان هامون صابوری را به عنوان منشأ اصلی گرد و غبار معرفی کردند [۱۴]. تحقیقی که براساس روش نمونه‌گیری میدانی و با در نظرگیری عدم قطعیت‌ها انجام

1. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

- Eyre Basin, Australia. *Remote Sensing of Environment*. 2009; 113: 1511-1528.
- [8]. Rashki A, Kaskaoutis D, Rautenbach C, Eriksson P, Qiang M, Gupta P. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research*. 2012; 5: 51-62.
- [9]. Bolorani, A D, Najafi, M S, Soleimani, M, Papi, R., Torabi, O. Influence of Hamoun Lakes' dry conditions on dust emission and radiative forcing over Sistan plain, Iran. *Atmospheric Research*. 2022; 272, 106152.
- [10]. Harati, H, Kiadaliri, M, Tavana, A, Rahnavard, A, Amirnezhad, R. Urmia Lake dust storms occurrences: investigating the relationships with changes in water zone and land cover in the eastern part using remote sensing and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021; 193(2), 70.
- [11]. Rashki A, Kaskaoutis DG, Goudie AS, Kahn RA. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of The Total Environment*. 2013; 463-464C: 552-564.
- [12]. Sacchi LV P, Powell A, Gasparri NI, Grau R. Air quality loss in urban centers of the Argentinean Dry Chaco: Wind and dust control as two scientifically neglected ecosystem services. *Ecosystem Services*. 2017; 24: 234-240.
- [13]. Kaftargi, O S, Miri A., Noori S, Ahmadpour, M. The damage cost of dust storms on roads in the Sistan region during 2017-2019. *Journal of Natural Environmental Hazards*. 2022; 10(30).
- [14]. Maleki, S, Soffianian, A R., Koupaie, S S, Pourmanafi, S, Saatchi S. Wetland restoration prioritizing, a tool to reduce negative effects of drought; An application of multicriteria-spatial decision support system (MC-SDSS). *Ecological engineering*, 2018; 112, 132-139.
- [15]. Bekchanov M, Bhaduri A, Ringler C. Potential gains from water rights trading in the Aral Sea Basin. *Agricultural Water Management*. 2015; 152: 41-56.
- [16]. Aili A, Kim Oanh N, Abuduwaili J. Variation trends of dust storms in relation to meteorological conditions and anthropogenic impacts in the northeast edge of the Taklimakan desert, China. *Open Journal of Air Pollution*. 2016; 5: 127-143.
- [17]. Miri H, Ahmadi, MR, Ekhtesasi N, Panjehkeh A, Ghanbari. Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International Journal of Environmental Studies*. 2009; 66: 343-355.
- بیانگر این است که هیچ‌گونه همبستگی بین این دو پارامتر وجود ندارد و میزان آب در تالاب روی گرد و غبار شهر زابل اثری ندارد؛ به این معنا که نیاز زیست‌محیطی تخصیص آب به منظور کاهش گرد و غبار در تالاب صابوری می‌تواند نادیده گرفته شود. به هر صورت پدیده گرد و غبار در منطقه وجود داشته و بادهای ۱۲۰ روزه در منطقه سیستان جزء جدانشدنی منطقه هستند. با شناسایی مناطق منشأ گرد و غبار، می‌توان با پایدار کردن خاک با اقداماتی مانند مرطوب سازی، ایجاد فضای سبز و یا مالچ‌پاشی تا حدی میزان گرد و غبار را کاهش داد. البته سایر نیازهای زیست‌محیطی مرتبط با تالاب شامل نیازهای زیست‌جانوری و گیاهی باید مد نظر قرار گرفته و در تخصیص‌های زیست‌محیطی سهمی برای آن‌ها در نظر گرفت.

منابع

- [1]. Brander L M, Florax, R JGM, Vermaat J E. The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature. *Environmental and Resource economics*. 2006; 33.2, 223-250.
- [2]. Christie J, Bostwick P. Climate change adaptation plan for coastal and inland wetlands in the state of Michigan. A white paper prepared for the Michigan Department of Environmental Quality Wetlands Program and Coastal Management Program. Association of State Wetlands Managers Windham Maine. 2012.
- [3]. Boroughani M, Hashemi H, Hosseini SH, Pourhashemi S, Berndtsson R. Desiccating Lake Urmia: A New Dust Source of Regional Importance. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2019; 17(9): 1483-1487.
- [4]. Breckle SW, Wucherer W, Dimeyeva LA, Ogar NP. Aralkum-a man-made desert: the desiccated floor of the Aral Sea (Central Asia), Springer Science & Business Media. 2011.
- [5]. Reheis MC, Budahn JR, Lamothe PJ, Reynolds RL. Compositions of modern dust and surface sediments in the Desert Southwest, United States. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 114: F01028. 2009.
- [6]. Mahowald NM, Bryant RG, del Corral J, Steinberger L. Ephemeral lakes and desert dust sources. *Geophysical Research Letters*. 2003; 30(2):1074-1078.
- [7]. Baddock MC, Bullard JE, Bryant RG. Dust source identification using MODIS: a comparison of techniques applied to the Lake

- [18]. Ranjbar M, Iranmanesh F. Effects of "drought" on "wind eroding and erosion" in Sistan region with use of satellite multiple images. Islamic Azad University, Shahre Rey Branch. 2008; p14-30
- [19]. Ekhtesasi M, Gohari Z. Determining area affected by dust storms in different wind speeds, using satellite images. *Desert*. 2012; 17: 193-202.
- [20]. Cao H, Amiraslani F, Liu J, Zhou N. Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Science of the Total Environment*. 2015; 502: 224-235
- [21]. Behrooz RD, Gholami H, Telfer MW, Jansen JD, Fathabadi A. Using GLUE to pull apart the provenance of atmospheric dust. *Aeolian Research*. 2019; 37: 1-13.
- [22]. Bolorani, A D, Papi, R., Soleimani M., Karami L, Amiri F, Samany, N N. Water bodies changes in Tigris and Euphrates basin has impacted dust storms phenomena. *Aeolian Research*. 2021; 50, 100698.
- [23]. Mahdavi S, Salehi B, Granger J, Amani M, Brisco B, Huang W. Remote sensing for wetland classification: A comprehensive review. *GIScience & Remote Sensing*. 2018; 55 (5), 623–658.
- [24]. El-Asmar H M, Hereher M E, El Kafrawy, S B. 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*. 2013; 16:119–123.
- [25]. Jawak, S D, Luis A J. A rapid extraction of water body features from antarctic coastal oasis using very high-resolution satellite remote sensing data. *Aquatic Procedia*. 2015; 4, 125-132.
- [26]. Teng, J., Xia, S., Liu, Y., Yu, X., Duan, H., Xiao, H., & Zhao, C. Assessing habitat suitability for wintering geese by using Normalized Difference Water Index (NDWI) in a large floodplain wetland, China. *Ecological Indicators*. 2021; 122, 107260.
- [27]. Ashok A, Rani H P, Jayakumar K V. Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2021; 23, 100547.
- [28]. Bhatnagar S, Gill L, Regan S, Naughton O, Johnston P, Waldren S, Ghosh B. Mapping vegetation communities inside wetlands using Sentinel-2 imagery in Ireland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2020; 88: 102083.
- [29]. Ebrahimi Z, Vali A, Khosroshahi M, Ghazavi R. Investigation of the role of bed dried Gavkhooni wetland on the production of the internal dust using remote sensing and duststorms (Case study :Isfahan province), *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*. 2017; 24,1, 152-164
- [30]. Bullard J, Harrison S, Baddock M, Drake N, Gill T, McTainsh G, Sun Y. Preferential dust sources: A geomorphological classification designed for use in global dust-cycle models. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 2011; 116: F04034.
- [31]. Mahowald NM, Ballantine J, Feddema J, Ramankutty N. Global trends in visibility: implications for dust sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2007; 7: 3309-3339.
- [32]. Zende CSr, Newman D, Torres O. Spatial heterogeneity in aeolian erodibility: Uniform, topographic, geomorphic, and hydrologic hypotheses. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2003; 108: D14.
- [33]. Huneus N, Schulz M, Balkanski Y, Griesfeller J, Prospero J, Kinne S, Bauer S, Boucher O, Chin M, Dentener F, Diehl T, Easter R, Fillmore D, Ghan S, Ginoux P, Grini A, Horowitz L, Koch D, Krol M, Landing W, Liu X, Mahowald N, Miller R, Morcrette J, Myhre G, Penner J, Perlwitz J, Stier P, Takemura T, Zender C. Global dust model intercomparison in AeroCom phase I. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2011; 11: 7781-7816.
- [34]. Alizadeh-Choobari O, Zawar-Reza P, Sturman A. The "wind of 120 days" and dust storm activity over the Sistan Basin. *Atmospheric research*. 2014; 143: 328-341.
- [35]. Cao H, Liu J, Wang G, Yang G, Luo L. Identification of sand and dust storm source areas in Iran. *Journal of Arid Land*, 2015; 7: 567-578.
- [36]. McFeeters SK. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. 1996; 17: 1425-1432.
- [37]. Ranjbar, M, Iranmanesh F. Effects of "drought" on "wind eroding and erosion" in Sistan region with use of satellite multiple images. In *Proceedings of the 3rd WSEAS international conference on Engineering mechanics, structures, engineering geology*. 2010; pp. 510-514