



سنجش از دور , GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲
Vol.15, No. 4, Winter 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

۱۰۱-۱۱۸

مقاله پژوهشی

تأثیر طوفان‌های گردوغبار نمکی در سلامت گیاهان در حوضه شرقی دریاچه ارومیه

فریبا گل ریحان^۱، خلیل ولیزاده کامران^{۲*}، داود مختاری^۲، علی اکبر رسولی^۲

۱. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی مرند

۲. استاد دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲

چکیده

دریاچه ارومیه یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های آب شور در جهان است که متأسفانه در حال خشک‌شدن است. این مسأله خطرناک و نگرانی‌های بسیاری را به‌ویژه در ارتباط با گردوغبارهای نمکی در پهنه‌های خشک‌شده آن، به‌وجود آورده است. از این‌رو، در این پژوهش، سعی شد ارتباط پوشش گیاهی و گردوغبار در شهرستان‌های اطراف دریاچه ارومیه بررسی شود. درمورد گیاهان، شوری باعث بی‌نظمی‌های فیزیولوژیک، تنش رشد، فتوسنتز، پروتئین، تنفس، تولید انرژی، پیری زودرس و کاهش آب در گیاه می‌شود. با توجه به این تأثیرات، سعی شد با استفاده از شاخص‌های مرتبط، شامل NDVI، NDWI، GCI، Ctre، NDVI، MSI و PSRI سلامت کلی گیاهان ارزیابی شود. این شاخص‌ها میزان آب گیاه، تنش‌های آبی گیاه، ظرفیت فتوسنتز، رشد گیاهان و کمبود آب، میزان کلروفیل، نیتروژن و رنگدانه‌ها را که به انرژی و سلامت گیاه مربوط می‌شود، ارزیابی می‌کند. طبق این شاخص‌ها، سلامت گیاهان به‌طور کلی در وضعیت مطلوبی قرار دارد و اغلب بیشترین ارزش عددی شاخص‌ها به باغات اختصاص داشت. با استفاده از تصاویر لندست و سنتینل-۲ و شاخص NDVI، تغییرات پوشش گیاهی منطقه در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ تعیین و سپس با استفاده از پایگاه داده MERRA-2، میزان غلظت گردوغبار نیز درمورد این بازه زمانی استخراج شد. نتایج نشان‌دهنده این بود که میانگین NDVI، در منطقه مورد مطالعه، از روندی ثابت با میانگین کلی ۰/۲۹۵۷ پیروی می‌کند و گاه بر اثر تأثیرگذاری برخی عوامل بیرونی، مانند گردوغبار، بر میزان آن افزوده و یا از آن کاسته می‌شود. براین‌اساس بیشترین میزان (۰/۳۴۹۵) میانگین NDVI به سال ۲۰۱۸ و کمترین میزان (۰/۲۵۷۹) به سال ۲۰۱۳ تعلق دارد. همچنین برای بررسی میزان ارتباط پوشش گیاهی و گردوغبار، از دو روش رگرسیون خطی و لگاریتمی استفاده شد و نتایج نشان داد، براساس رگرسیون خطی (۰/۷۷۰۳) و لگاریتمی (۰/۷۹۱۵)، بیشترین ضریب تبیین بین دو شاخص یادشده در ماه مه بوده است. مطالعه جامع شاخص‌های سلامت گیاهی و ارتباط آن با رویدادهای طوفان‌های گردوغبار از مزایای این روش پیشنهادی به‌شمار می‌رود.

کلیدواژه‌ها: گردوغبار، شاخص‌های سلامت گیاه، شوری، دریاچه ارومیه.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز. تلفن: ۰۹۱۴۴۱۲۳۸۴۹

Email: valizadeh@tabrizu.ac.ir
https://orcid.org/0000-0003-4648-842X
https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.103099



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱- مقدمه

سوءمدیریت منابع آب زیرزمینی، توسعه بیش از حد زمین‌های کشاورزی و احداث سدها در مناطق خشک و نیمه‌خشک منجر به افزایش فرسایش زمین و به دلیل خشک شدن گسترده دریاچه‌ها، باعث نمایان شدن بستر آنها شده است؛ در نتیجه، مناطق اطراف حوضه آب‌های سطحی خشک شده و تالاب‌ها با طوفان‌های ماسه و گردوغبار بیشتری مواجه می‌شوند. این مسئله، در مناطقی مانند دریای آرال در آسیای میانه (Xi & Sokolik, 2016; Indoitu et al., 2015; Issanova et al., 2015; Löw et al., 2013; Borlina & Rennó, 2016; Moore, 2016; Sweeney et al., 2017) دریاچه ایر در استرالیا (Strong et al., 2011) و دریاچه هامون در ایران (Behrooz et al., 2017; Rashki et al., 2012, 2013) به صورت وسیع اتفاق می‌افتد. از دیگر دریاچه‌هایی که اخیراً پوشش گیاهی حوضه‌های اطراف آن دچار تغییر گشته و میزان طوفان‌های نمکی در آن افزایش یافته، دریاچه ارومیه است. ارومیه دومین دریاچه نمکی دنیاست و ارتفاع آب آن، از ۱۲۷۶ متر در سال ۱۹۹۹، به ۱۲۷۰ متر در ۲۰۱۹ کاهش یافته است (Ahmady-Birgani et al., 2020). تابه‌حال تحقیقات بسیاری درباره گردوغبار و طوفان‌های نمکی، در سطح ایران و جهان، انجام شده که در ادامه، به چند مورد از آنها اشاره می‌کنیم.

یان^۱ و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر پوشش گیاهی در انباشت گردوغبار را در استپی نیمه‌خشک، در شمال چین، ارزیابی کردند. نتایج بیانگر این بود که مناطق دارای پوشش گیاهی بیشتر می‌توانند، با به‌دام‌انداختن گردوغبار موجود در هوا، در استپ‌های نیمه‌خشک مواد مغذی بیشتری به دست آورند. فن^۲ و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس و شاخص NDVI، ارتباط پوشش گیاهی و طوفان‌های گردوغباری را در اوایل سبزشدن پوشش گیاهی ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد، بین طوفان‌های گردوغبار و

پوشش گیاهی در فصل بهار در مغولستان، همبستگی متوسطی (۰/۵۵) وجود دارد. تن^۳ (۲۰۱۶) ارتباط بین پوشش گیاهی و شدت گردوغبار را در کشور چین بررسی کرد. نتایج تحلیل رگرسیونی چندگانه او بیان می‌کند ارتباط پوشش گیاهی و واریانس شدت گردوغبار، در زیر منطقه معتدل مرطوب تا منطقه معتدل خشک، ضعیف‌تر است و دلیل آن نیز کاهش میانگین NDVI، در چهار نقطه از منطقه مورد مطالعه، بیان شده است. سوفو^۴ و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR، عملکرد پوشش گیاهی را در برابر بارش و شیوع طوفان گردوغبار، در مناطق کویری گبی، پایش کردند. در این پژوهش، همبستگی بین بارش و ناهنجاری‌های NDVI تحلیل شد و نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد تغییرات ناهنجاری‌های NDVI، در منطقه شرقی بیابان گبی، با ناهنجاری‌های بارش در این دوره مطابقت دارد. باین‌حال در جنوب‌غرب این بیابان، صرف‌نظر از میزان بارش، NDVI به‌ویژه از سال ۲۰۱۰ کاهش یافته است. این نتیجه نشان می‌دهد پوشش گیاهی در این منطقه بیشتر از مناطق دیگر تخریب شده است. خوسفی^۵ و همکاران (۲۰۱۹) رابطه بین شاخص طوفان گردوغبار، پارامترهای آب‌وهوایی و شاخص NDVI را در مناطق خشک ایران مرکزی، با استفاده از روش رگرسیون لجستیک، بررسی کردند. طبق نتایج این تحقیق، بیشترین فرسایش بادی و طوفان گردوغباری در فصل بهار اتفاق افتاده است. این محققان (۲۰۲۰) همچنین تغییرات مکانی و فصلی رخدادهای طوفان‌شن و ارتباط آن را با شرایط جوی و پوشش گیاهی، در مناطق نیمه‌خشک مرکزی ایران، بررسی کردند. آنها، در این پژوهش، از تصاویر مادیس و شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده (EVI) برای بررسی ارتباط پوشش گیاهی و طوفان‌شن استفاده کردند.

1. Yan
2. Fan
3. Tan
4. Sofue
5. Khusfi

شد. نتایج نشان دادند شناسایی گردوغبار روی گیاه، با استفاده از دو روش ولج و مولتی تیپر، با اطمینان بیشتری انجام می‌شود؛ بنابراین با توجه به پیشینه پژوهش و مباحث مطرح‌شده در این تحقیق، برآنیم با استفاده از تصاویر لندست و سنتینل و محاسبه شاخص‌های سلامت گیاهی و شاخص NDVI، تأثیرگذاری طوفان‌های نمکی و پوشش گیاهی در یکدیگر را در حوضه دریاچه ارومیه، ارزیابی کنیم.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل حوضه آبریز دریاچه ارومیه، در شمال غرب کشور است که در ۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرار دارد. این منطقه، از شمال به کشورهای آذربایجان و ارمنستان، از شرق به استان اردبیل، از جنوب به استان‌های زنجان و کردستان و از غرب به کشور ترکیه محدود می‌شود.

۳- مواد و روش تحقیق

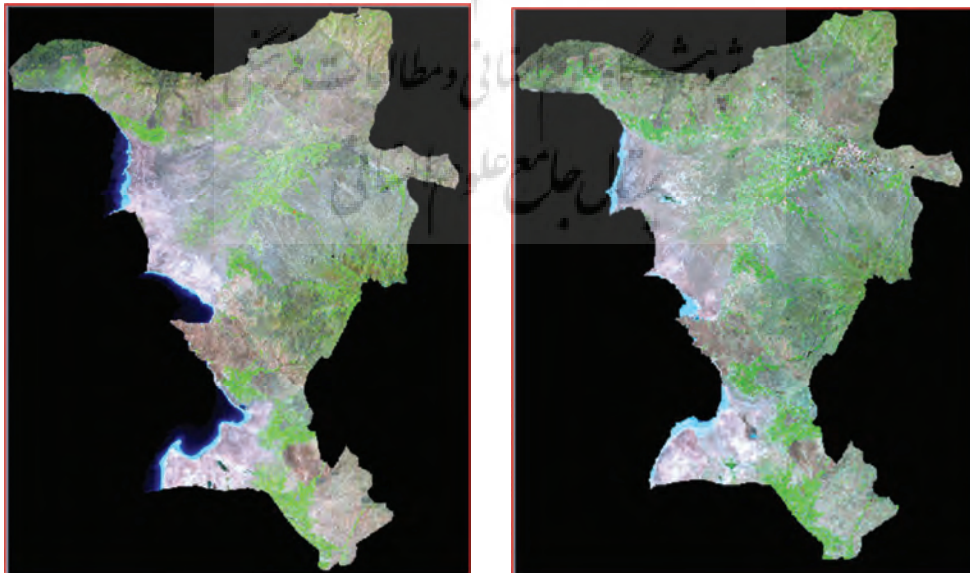
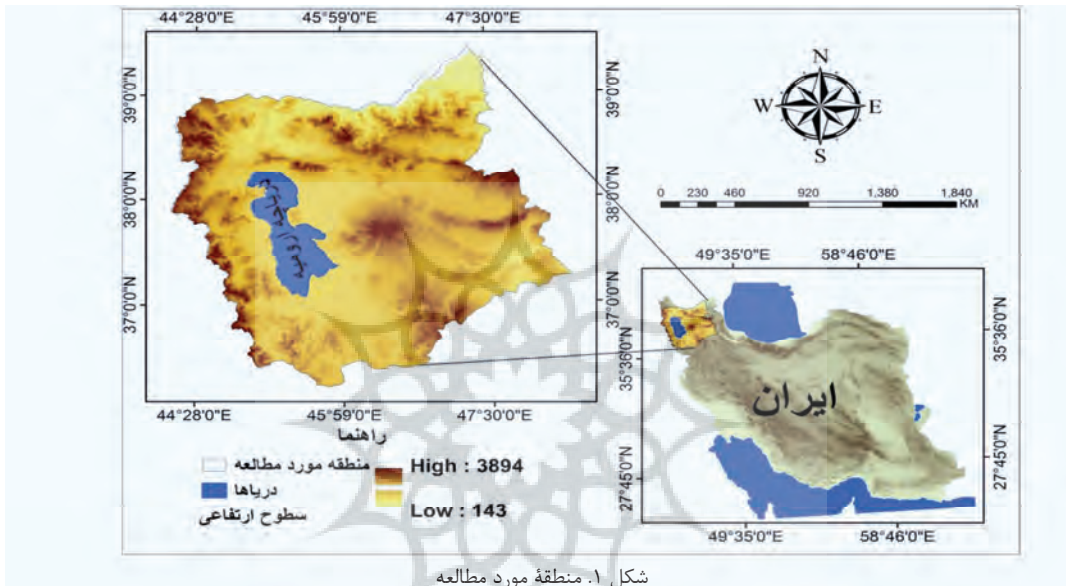
داده‌های ماهواره‌ای استفاده‌شده در این پژوهش شامل تصاویر تهیه‌شده از سنجنده TM و ماهواره لندست- ۵ (با توجه به زمان مطالعه) و تصاویر سنتینل- ۲ می‌شود که از سایت سازمان زمین‌شناسی امریکا^۵، در مسیر ۱۶۴ و گذر ۳۴، دانلود شده است. همه تصاویر ژئورفرنس‌شده‌اند و سیستم مختصات تصاویر UTM و بیضوی مرجع WGS1984 است. برای بررسی پوشش گیاهی نیز، تصاویر در تیر و مرداد (اوت و ژوئیه) دریافت شد. تفاوت ابعاد پیکسل ساین تصاویر، از طریق هم‌اندازه کردن پیکسل‌ها با استفاده از نرم‌افزار، رفع شد.

نتایج مشخص کرد، به جز فصل بهار که میان پوشش گیاهی و گردوغبار ارتباط منفی پرنگی وجود دارد (همبستگی ۰/۷۰-)، در دیگر فصل‌ها بین این دو ارتباط مثبت پرنگی دیده می‌شود. بهرامی^۱ و همکاران (۲۰۱۲) وقوع طوفان‌های گردوغبار در استان خوزستان را مدل‌سازی زمانی- مکانی کردند. آنها، با استفاده از تصاویر مادیس، شاخص NDVI را بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ محاسبه کردند و به این نتیجه رسیدند که تخریب پوشش گیاهی، در طوفان‌های گردوغبار با منشأ داخلی در این استان، تأثیر چشمگیری گذاشته است و خاک‌های شور و قلیا بیشتر از سایر خاک‌ها مستعد رهاسازی ذرات غبار به جو هستند. پورهاشمی^۲ و همکاران (۲۰۱۴) در استان خراسان رضوی، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، ارتباط میان پوشش گیاهی و تعداد وقوع طوفان‌های گردوغبار را ارزیابی کردند. مطابق نتایج این پژوهش، بین تغییرات پوشش گیاهی و تعداد وقوع گردوغبار در استان خراسان رضوی ارتباط نزدیکی وجود دارد و با افزایش و کاهش پوشش گیاهی، تعداد وقوع گردوغبار نیز دچار تفاوت می‌شود. همچنین میزان گردوغبار، در قیاس با گذشته، افزایش یافته و بین سال‌های مورد بررسی، سال ۲۰۰۸ بیشترین و سال ۲۰۰۵ کمترین میزان وقوع گردوغبار را داشته است. سهرابی^۳ و همکاران (۲۰۱۷) تأثیرات پوشش گیاهی در وقوع گردوغبار را در اکوسیستم‌های مناطق خشک استان اصفهان ارزیابی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل رگرسیونی نشان داد تعداد وقوع گردوغبار با میزان پراکنش پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی دارد و با کاهش پوشش گیاهی، بر میزان گردوغبار افزوده می‌شود. قدیمی^۴ و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از داده‌های سنجش از دوری در شهر اهواز، تأثیرات گردوغبار را در رفتار طیفی گیاهان ارزیابی کردند. در این پژوهش، از روش‌های غیرپارامتریک آنالیز طیفی مانند پریدوگرام، ولج و مولتی تیپر برای ارزیابی تأثیر گردوغبار استفاده

1. Bahrami
2. Pourhashemi
3. Souhrabi
4. Ghadimi
5. www.glovis.usgs.gov

دریاچه آبی بسیار تیره و نمک‌زارها آبی روشن دیده می‌شود. ابتدا در محیط نرم‌افزار ERDAS، روشنایی تصاویر مورد نظر یکسان شد و سپس تصاویر موزاییک شد و در نهایت، ترکیب باندها روی تصاویر اعمال شد (شکل ۲). تصاویر، برای استخراج عوارض، وارد نرم‌افزار eCognition و مراحل زیر روی آنها انجام شد.

به دلیل وسعت منطقه مورد مطالعه و از آنجاکه یک تصویر کل منطقه را پوشش نمی‌دهد، از پنج تصویر سنتینل و سه تصویر لندست و ترکیب باندهای ۳، ۴ و ۵ در مدل رنگی RGB استفاده شد. در این ترکیب رنگی، پوشش گیاهی سالم سبز روشن و خاک‌ها بنفش است؛



شکل ۲. ترکیب رنگی ۵۴۳ تصویر سنتینل 2019 (سمت راست) و ترکیب رنگی ۵۴۳ تصویر لندست 2020 (سمت چپ)

۴- شاخص‌های محاسبه سلامت گیاهان

۴-۱- شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص NDVI بر این حقیقت استوار است که کلروفیل موجود در ساختار گیاهان نور قرمز را جذب و لایه مزوفیل برگ نور مادون قرمز نزدیک را بازتاب می‌دهد (Pettorelli et al., 2005; Adamchuk & Schepers, 2004). تأثیر مستقیم وضعیت اقلیمی در زیست توده و الگوهای فنولوژی پوشش گیاهی با NDVI تخمین زده شده است. عوامل بسیاری همچون ساختار گیاهی، تأثیر متقابل با تاج پوشش گیاهی، ارتفاع گیاه، ترکیب گونه‌ای، سلامت و شادابی گیاه، ویژگی‌های برگ و تنش گیاه، توپوگرافی و ارتفاع در این شاخص تأثیر گذارند (Pettorelli et al., 2005). به بیان تاکر^۲ (۱۹۷۹)، شاخص گیاهی NDVI در پایش گیاهان بسیار مفید است. شاخص ماهواره‌ای NDVI، به دلیل همبستگی قدرتمندی که با پوشش گیاهی دارد، می‌تواند تغییرات سطح آن را اندازه‌گیری کند (Zhang et al., 2004). شاخص NDVI که از نسبت ترکیبی باندهای مادون قرمز و قرمز اندازه‌گیری می‌شود، به‌منزله شاخصی کارآمد در شناسایی ظرفیت فتوسنتز و بررسی تغییرات محیط‌زیستی و بوم‌شناسی به کار می‌رود.

از دیدگاه لوفر^۳ و همکاران (۲۰۱۵)، برای شناسایی تنش پوشش گیاهی نیز می‌توان به شاخص NDVI اعتماد کرد زیرا، در نتیجه تخریب پوشش گیاهی در سرزمین، ویژگی‌های پوشش گیاهی مانند سلامت و تراکم تغییر چشمگیری می‌یابد. شاخص NDVI می‌تواند معیاری عمومی برای بیان شرایط پوشش گیاهی محسوب شود و سلامت گیاهان را تشخیص دهد زیرا، بر اثر تخریب گیاه در اکوسیستم، مقدار NDVI نیز با کاهش سبزی‌نگی، کاهش می‌یابد.

با توجه به تحقیقات، از شاخص NDVI به‌منزله معیاری برای ارزیابی ظرفیت فتوسنتز گیاهان و باغات استفاده شد. شاخص NDVI بین -۱ و +۱ است و هرچه به +۱ نزدیک‌تر باشد، یعنی پوشش گیاهی تراکم‌تر و غنی‌تر است. بدین ترتیب، با استفاده از

نرم افزار Cognitaion، پوشش‌های گیاهی که NDVI بیشتر از ۰/۴ داشتند با استفاده از Assian class و حد آستانه استخراج شد. از کلاس عرضه به‌همراه ارزش دیگر شاخص‌ها خروجی گرفته شد و در محیط ARC MAP شاخص‌های مورد نظر طبقه‌بندی شدند. پوشش گیاهی، براساس NDVI، در دو کلاس پوشش گیاهی خوب (۰/۴۰-۰/۵۵) و پوشش گیاهی متراکم و غنی که اغلب شامل باغات می‌شود (۰/۵۵-۰/۹۹) قرار می‌گیرد. نقشه شکل ۳، با توجه به موقعیت باغات استخراج شده است. بیشترین مقدار NDVI به باغات و مقدار عددی کمتر NDVI به زمین‌های کشاورزی اطراف باغات تعلق دارد.

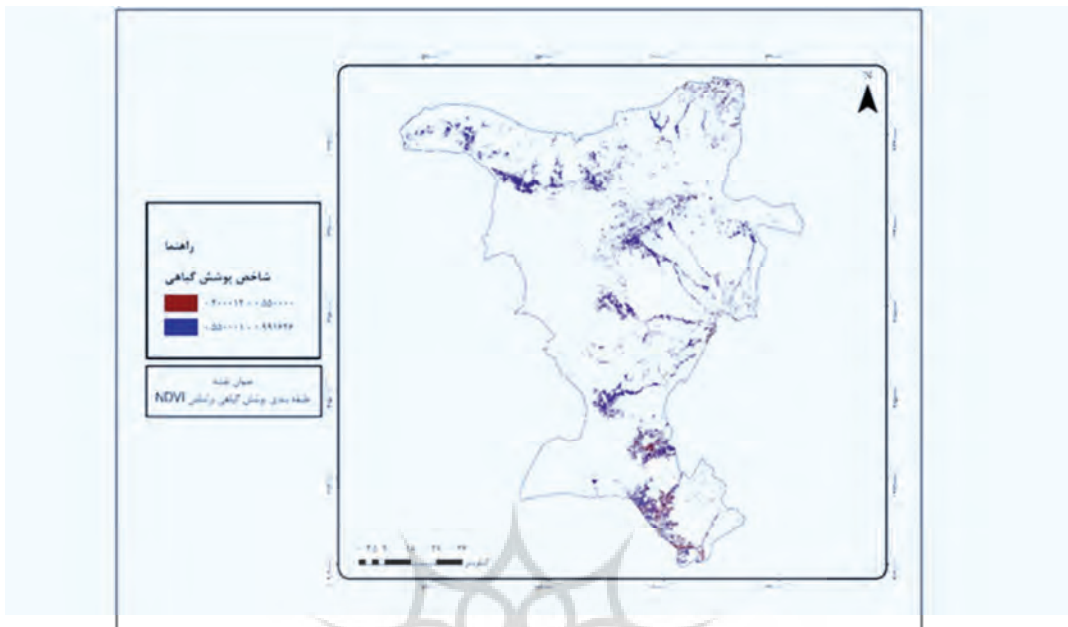
۴-۲- شاخص تفاضلی نرمال‌شده آب (NDWI)^۴

این شاخص از شاخص‌های میزان آب پوشش گیاهی است. بیشتر بودن ارزش عددی این شاخص نشان‌دهنده محتوای آب بیشتر پوشش گیاهی است. این شاخص در برابر تغییرات میزان آب گیاه حساس است. از این شاخص برای بررسی پوشش جنگلی مطالعات پوشش گیاهی متراکم استفاده می‌شود و مقدار این شاخص بین -۱ تا ۱ است. شاخص مورد نظر با استفاده از باندهای ۸ و ۱۲ سنتینل محاسبه شده است (Gao, 2011).

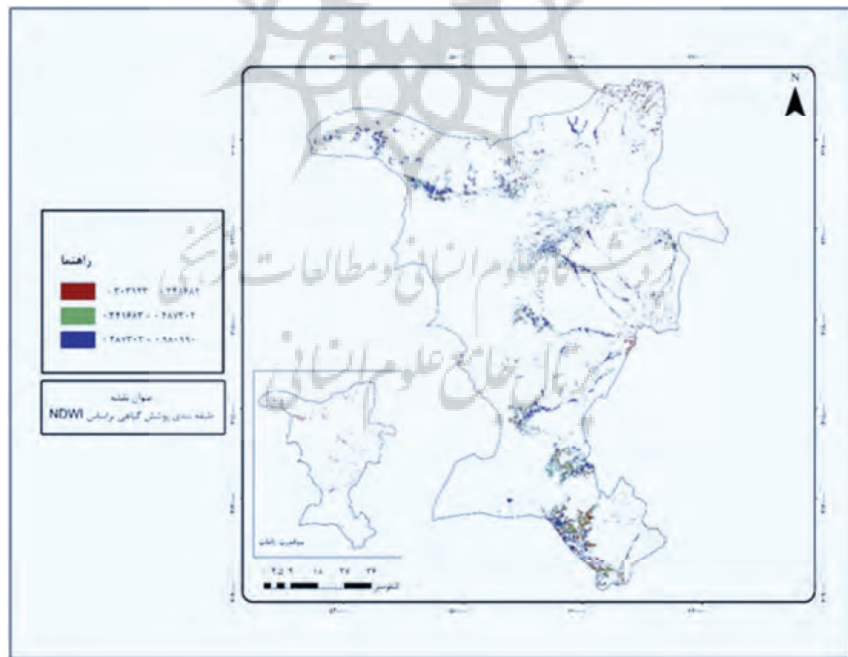
رابطه (۱) $NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$

طبق نقشه شکل ۴، پوشش گیاهی در سه کلاس قرار می‌گیرد؛ پوشش گیاهی ضعیف دارای مقادیر عددی منفی (فقدان آب) در این شاخص است. زمین‌های کشاورزی با مقادیر متوسط که در جنوب شرق و جنوب دریاچه ارومیه قرار دارند و باغات که اغلب ارزش عددی بالایی در این شاخص دارند، از محتوای آبی بسیار بالا برخوردارند.

1. Normalized Difference Vegetation Index
2. Tucker
3. Lanfredi
4. Normalized Difference Water Index



شکل ۳. نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه براساس شاخص NDVI



شکل ۴. نقشه کلاس بندی پوشش گیاهی براساس شاخص NDWI

۴-۳- شاخص تنش رطوبت (MSI)

شاخص MSI^۱ به افزایش میزان آب گیاه حساس است. هنگامی که آب برگ‌ها افزایش می‌یابد، توانایی جذب در حوالی ۱۵۹۹ نانومتر نیز افزایش پیدا می‌کند. جذب در ۸۱۹ نانومتر به تغییرات میزان آب حساس نیست؛ بنابراین به‌منزله مرجع در نظر گرفته می‌شود. از کاربردهای این شاخص تنش گیاهی، پیش‌بینی تولید محصول و آتش‌سوزی است. مقادیر بالای MSI نشان از تنش آبی بیشتر (میزان آبی کمتر) دارد. مقدار این شاخص از ۰ تا بیشتر از ۳ است (Alavipanah, 2013). این شاخص برای باندهای ۸ و ۱۱ سنتینل محاسبه شده است.

$$\text{MSI} = (\text{SWIR}/\text{NIR}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

با توجه به نقشه شکل ۵، کلاس آبی با ارزش عددی ۰/۰۰۹۵۹۳ تا ۰/۵۹ دارای کمترین تنش آبی است که طبق نقشه موقعیت باغات، این کلاس به باغات منطقه تعلق دارد. کلاس سبز و قرمز نیز به پوشش گیاهی ضعیف و زمین‌های کشاورزی بازمی‌گردد که در شرق، جنوب‌شرق و جنوب دریاچه قرار گرفته‌اند.

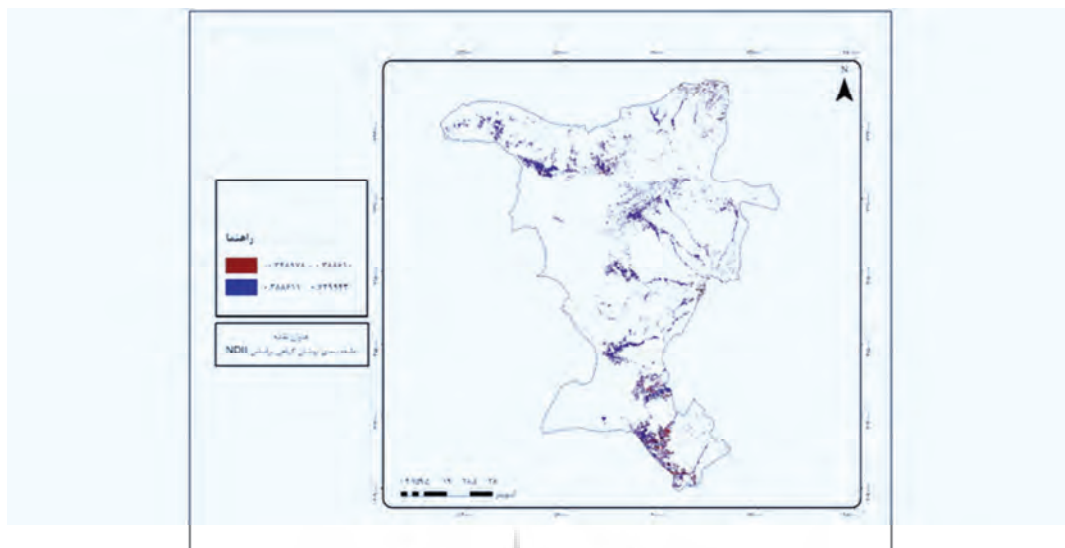
۴-۴- شاخص تفاضلی نرمال شده مادون قرمز (NDII)

شاخص NDII^۲ نیز به تغییرات میزان آب پوشش‌های گیاهی حساس است. با افزایش میزان آب، مقدار این شاخص افزایش می‌یابد. از کاربردهای این شاخص می‌توان به مدیریت مزارع کشاورزی، پایش پوشش گیاهی و تشخیص تنش آبی گیاهان اشاره کرد. مقدار آن بین ۱- تا ۱ است (Alavipanah, 2013).



شکل ۵. کلاس‌بندی براساس شاخص تنش رطوبت

1. Moisture Stress Index
2. Normalized Difference Infrared Index



شکل ۶. نقشه کلاس‌بندی براساس شاخص NDII

۴-۶- شاخص CI red-edge & CIgreen^۲

یکی از بهترین شاخص‌ها، برای تخمین کلروفیل، تاج‌پوشش گیاه یا مقدار نیتروژن گیاه است. ارزش عددی بالای این شاخص مقدار بالای کلروفیل یا نیتروژن در گیاه را می‌رساند (Gitelson et al., 2005). نیتروژن بخش مهمی از کلروفیل است و معمولاً در گیاهانی که در حال رشد سریع‌اند، به‌میزان بسیاری یافت می‌شود. رنگدانه‌های کلروفیل، پروتئین و سایر مولکول‌های برگ‌ها، حاوی نیتروژن است. غلظت نیتروژن در شاخ‌وبرگ نشان از توانایی فتوسنتز و افزایش تولید محصول دارد. شاخص‌های گیاهی حساس به کلروفیل اغلب به نیتروژن نیز حساس‌اند.

$$CI_{red} = (\rho_{850} / \rho_{730}) - 1 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$CI_{green} = (\rho_{730} / \rho_{530}) - 1 \quad \text{رابطه (۵)}$$

1. Plant Senescence Reflectance Index
2. Green Chlorophyll Index

طبق نقشه شکل ۶، باغات منطقه از نظر تنش آبی در وضعیت مناسبی قرار دارند و معمولاً به کلاس آبی متعلق‌اند. کلاس‌های قرمز زمین‌های کشاورزی‌اند که ارزش عددی زیر ۳۸/ و منفی دارند.

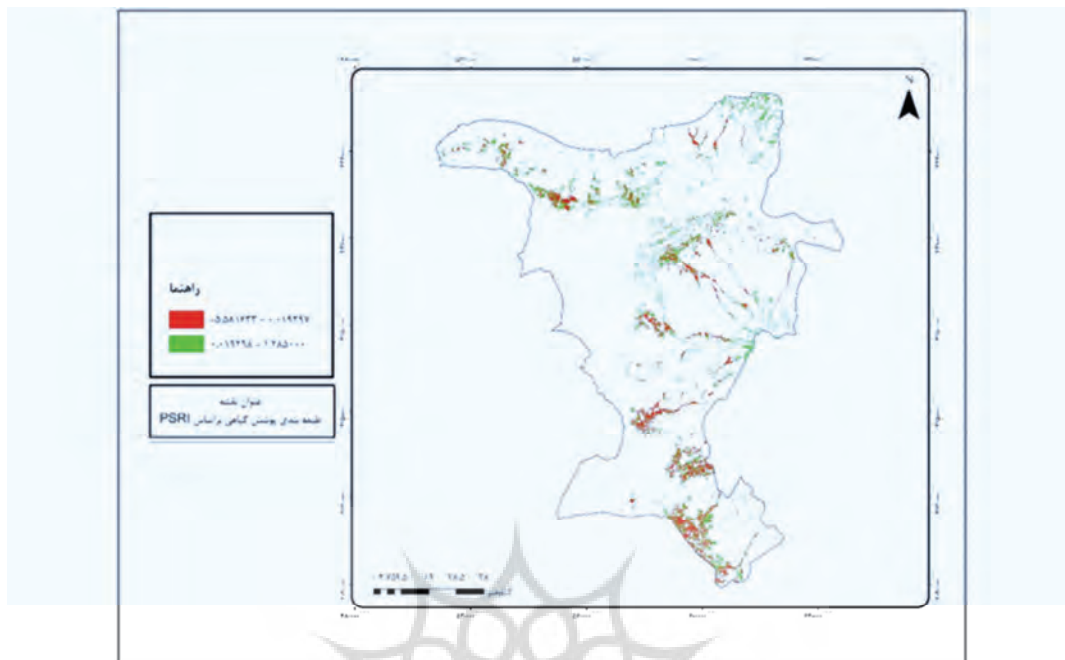
۴-۵- شاخص (PSRI)^۱

این شاخص بازتابدگی پیری گیاهان یا خشکی است (Nagler et al., 2003) و ارزش عددی بالای آن به برگ‌های پیر یا خشک و مقادیر منفی گیاهان جوان اشاره دارد. این شاخص با استفاده از باندهای ۴، ۳ و ۶ محاسبه شده است (Merzlyak et al., 1999). شاخص PSRI برای افزایش حساسیت به توده کاروتنوئیدها (مثلاً کاروتن آلفا و بتا) طراحی شده و افزایش آن نشان‌دهنده رنگدانه کاروتنوئید و آغاز پیری است. این شاخص در پایش سلامت گیاهان، تنش فیزیولوژیکی و تحلیل عملکرد گیاهان کاربرد دارد (Alavipanah, 2013).

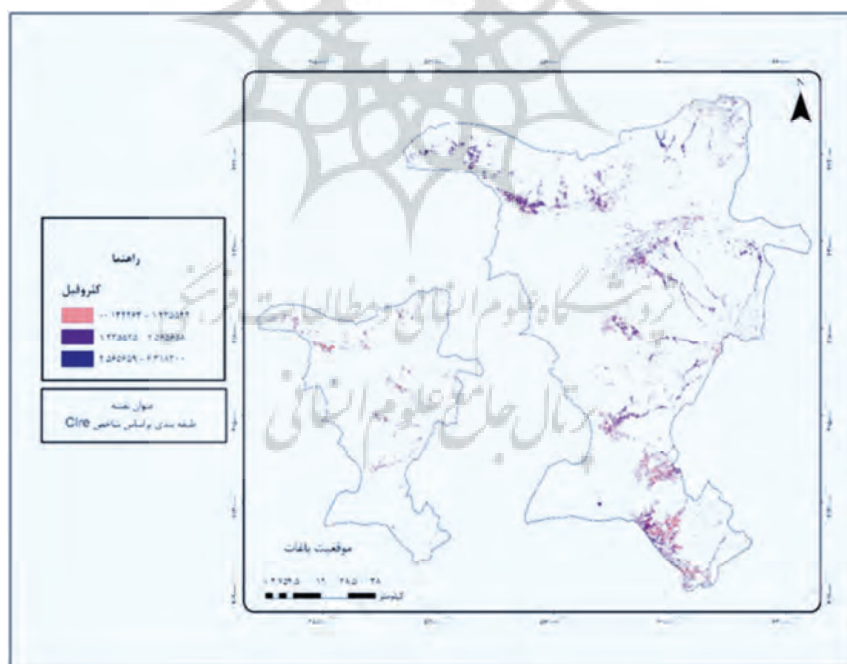
$$PSRI = (\text{Red-Green}) / \text{Red Edge} \quad \text{رابطه (۳)}$$

طبق نقشه شکل ۷، باغات دارای ارزش عددی منفی و بسیار کم است که پیرنبودن و سلامت گیاهان و باغات کلاس با رنگ قرمز را نشان می‌دهد.

تأثیر طوفان‌های گردوغبار نمکی در سلامت گیاهان در حوضه شرقی دریاچه ارومیه



شکل ۷. نقشه کلاس‌بندی بازتابندگی پیری گیاهان



شکل ۸. کلاس‌بندی پوشش گیاهی براساس شاخص کلروفیل لبه‌قرمز

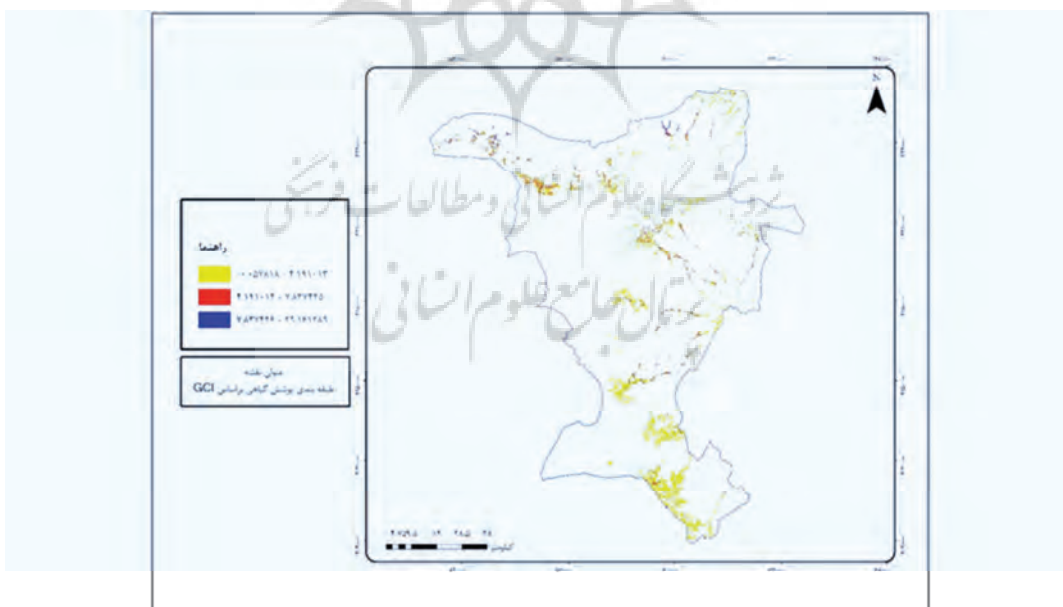
۷-۴- شاخص رنگیزه‌ها (CRI2)

شاخص بازتابندگی کاروتنوئید (CRI2)^۱ به استرس گیاهان، هنگام کمبود آب، اشاره دارد. افزایش تجمع کاروتنوئید در ارتباط با کاهش تجمع کلروفیل در بافت گیاه است؛ بنابراین شاخص مورد نظر تفاوت بازتاب گیاهان در ارتباط با کلروفیل و کاروتنوئید را بیان می‌کند (Gitelson, 2005). بازتاب شاخص کاروتنوئید به رنگدانه‌های کاروتنوئید موجود در شاخ‌وبرگ گیاهان حساس است. کاروتنوئید در جذب انرژی نور به گیاهان کمک می‌کند که در فتوسنتز ضروری است. گیاهان بیمار معمولاً کاروتنوئید تجمعی کمتری دارند. مقدار بالای این شاخص نشان‌دهنده کاروتنوئید زیاد در گیاه است (Gitelson et al., 2005). مقدار زیاد CRI2 به معنی غلظت بالای کاروتنوئید در قیاس با کلروفیل است. این شاخص با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود. در این محاسبه، از باندهای ۲ و ۵ لندست استفاده شده است.

$$\text{CRI2} = (1 / \rho_{660}) - (1 / \rho_{730}) \quad \text{رابطه (۶)}$$

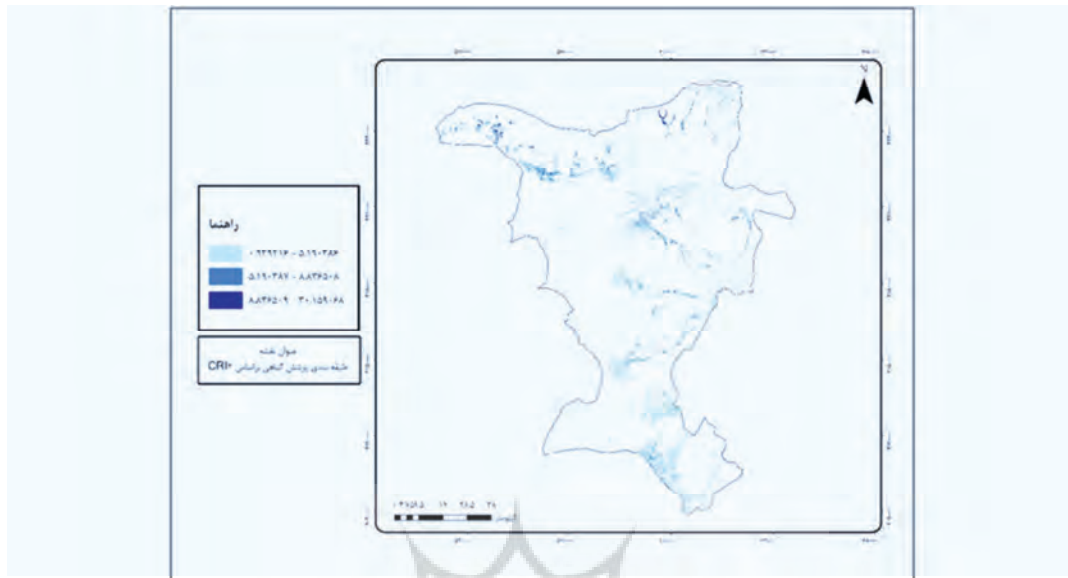
طبق نقشه شکل ۸، کلاس اول که مقادیر بین ۰/۱۲ تا ۱/۴۲ را شامل می‌شود و تعداد پوشش گیاهی زیادی را دربرگرفته است، کمترین مقدار کلروفیل را در گیاهان نشان می‌دهد. این مسئله فتوسنتز پایین در گیاه و کمبود نیتروژن در شاخ‌وبرگ آن را می‌رساند. کلاس آخر که بیشترین ارزش عددی را شامل می‌شود، نشان‌دهنده سلامت و فتوسنتز گیاه و افزایش تولید محصول است. نقشه شکل ۸ موقعیت باغات را به نسبت کلاس‌های حاصل شده از شاخص کلروفیل نشان می‌دهد. معمولاً ارزش‌های عددی بالا متعلق به باغات است.

شاخص کلروفیل سبز که براساس باند ۸ و باند سبز محاسبه می‌شود، یکی دیگر از شاخص‌های محاسبه کلروفیل است. نقشه شکل ۹ ارزش‌های عددی این شاخص را در مورد سه طبقه نشان می‌دهد که نتایج به شاخص پیشین نزدیک است. مقدار ارزش عددی منفی و بسیار پایین به زمین‌های کشاورزی شرق و جنوب‌شرق و جنوب دریاچه تعلق دارد که معمولاً به شوره‌زارها نزدیک‌تر است.



شکل ۹. کلاس‌بندی پوشش گیاهی براساس شاخص GCI

1. Carotenoid Reflectance Index 2



شکل ۱۰. کلاس‌بندی گیاهان براساس شاخص بازتابندگی کاروتنوئید

دامنه تغییرات NDVI (اختلاف مقادیر حداقل و حداکثر)، مشخص شد سال ۲۰۱۹ در بین سال‌های مورد بررسی، بیشترین دامنه تغییرات (بین ۰/۲۴۱۱ تا ۰/۹۲۲۶) و سال ۲۰۱۲ کمترین میزان تغییرات (بین ۰/۰۹۰۶ تا ۰/۸۹۸۶) را داشتند (جدول ۱).

در ادامه، برای بررسی اثرگذاری یا ارتباط گردوغبار با سطح پوشش گیاهی منطقه، مقادیر غلظت گردوغبار از طریق سنجنده MERRA-2 استخراج شد که به پنج ماه پیش از بررسی NDVI بازمی‌گردد. براین‌اساس با پیشروی از زمستان به بهار، بر میزان غلظت گردوغبار افزوده شده است (میانگین غلظت گردوغبار در ژانویه ۲۷/۰۴۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب و در ماه مه ۲۷/۰۴۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب است). این نکته، درباره بیشتر سال‌های مورد بررسی، صدق می‌کند (جدول ۲) و با توجه به افزایش رطوبت در زمستان و کاهش آن در بهار و افزایش تأثیرگذاری سایر پارامترها مانند باد، طبیعی به نظر می‌رسد. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج پژوهش داداشی^۱ و همکاران (۲۰۲۰) بسیار

1. Dadashi

نقشه شکل ۱۰ طبقات شاخص بازتابندگی کاروتنوئید را نشان می‌دهد. طبقه اول که کمترین میزان ارزش عددی را دارد، پوشش گیاهی بیشتری را دربر گرفته و دلیل آن مقدار یا غلظت بالاتر کلروفیل در گیاهان یا باغات است. طبقات دارای ارزش عددی بالا که دامنه گیاهان کمتری را دربر گرفته‌اند، اغلب باغات‌اند.

۵- نتایج

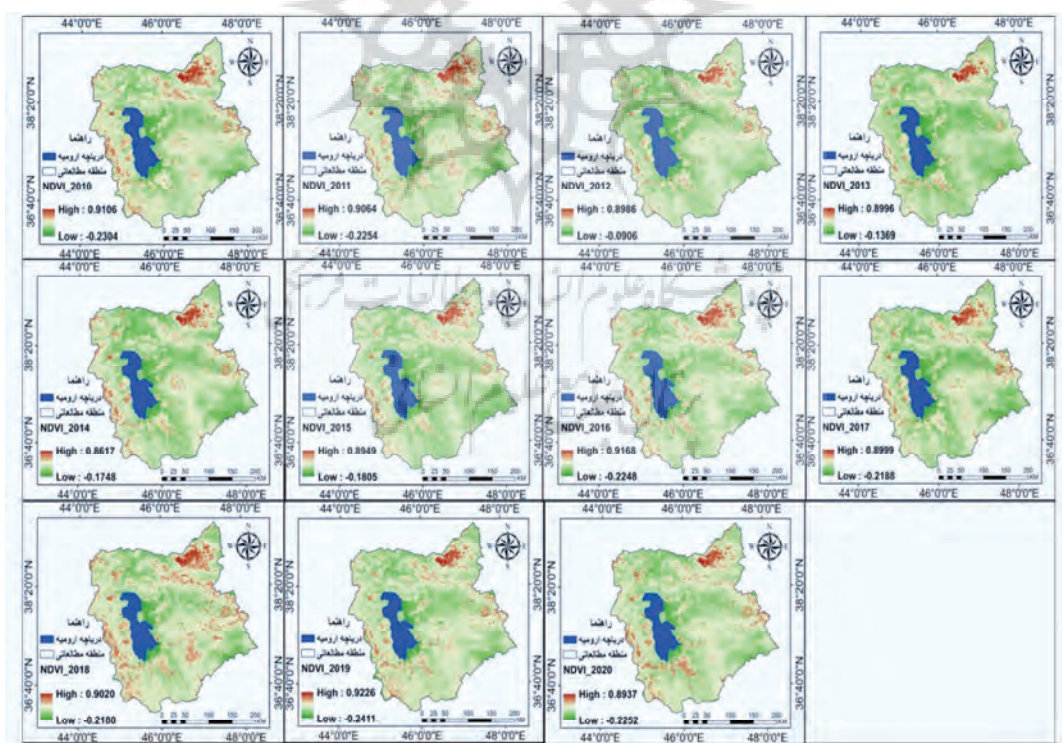
برای درک پراکنش پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، نقشه NDVI پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ ترسیم شد (شکل ۱۱). همان‌طور که در تصاویر نیز مشاهده می‌شود، پراکنش پوشش گیاهی دارای روند نیست و در سال‌های مورد بررسی، با توجه به سایر عوامل محیطی، دچار تغییراتی شده است. برای درک بهتر موضوع، مقادیر حداقل و حداکثر و میانگین NDVI، متعلق به سال‌های مورد بررسی، استخراج شد (جدول ۱). براین‌اساس، سال ۲۰۱۳ با مقدار ۰/۲۵۷۹ دارای کمترین و سال ۲۰۱۸ با مقدار ۰/۳۴۹۵ بیشترین میانگین پوشش گیاهی در سطح منطقه مورد مطالعه را دارد. در بررسی

لگاریتمی بین مقادیر NDVI و میزان گردوغبار، در فاصله یک ماه پیش (مه) از بررسی شاخص NDVI و با مقدار عدد ۰/۷۹ است و کمترین میزان همبستگی نیز، در فاصله دو ماه قبل (آوریل)، با مقدار عددی ۰/۳۱ است. این شرایط در مورد رگرسیون خطی نیز همسان بوده است؛ یک ماه قبل (مه) همبستگی ۰/۷۷ و دو ماه پیش (آوریل) ۰/۳۵ بوده که به ترتیب، بیشترین و کمترین میزان همبستگی بین شاخص NDVI و غلظت گردوغبار براساس رگرسیون خطی است.

در ادامه، همبستگی بین میانگین NDVI و غلظت گردوغبار در شکل‌های ۳ و ۴ نیز، به صورت شماتیک، براساس رگرسیون لگاریتمی و خطی ارائه شده است؛ طبق آن، به جز ماه آوریل، پراکنش داده‌ها روندی مثبت و معنادار داشته و ضرایب تبیین آن اغلب بیش از ۰/۶ بوده که همبستگی تقریباً مطلوبی است.

مطابقت دارد. این محققان، با استفاده از داده‌های پایگاه MERRA-2، پراکنش فصلی ذرات گردوغبار در ایران را بررسی کردند. در بررسی‌ها، مشخص شد کمترین میزان غلظت گردوغبار به ژانویه ۲۰۱۸، یعنی پنج ماه قبل از بررسی پوشش گیاهی، بازمی‌گردد و بیشترین میزان آن نیز به ماه مه ۲۰۱۳ تعلق دارد که یک ماه قبل از بررسی پوشش گیاهی منطقه است. همان‌طور که در جدول ۲ نیز مشاهده می‌شود، براساس نتایج در مورد سال ۲۰۱۳، افزایش غلظت گردوغبار دقیقاً بر کاهش پوشش گیاهی (جدول ۱) منطبق است و کاهش غلظت گردوغبار در سال ۲۰۱۸ دقیقاً بر افزایش پوشش گیاهی تطبیق دارد.

جدول ۳ نشان‌دهنده ضرایب تبیین رگرسیون خطی و لگاریتمی برای یک، دو، سه، چهار و پنج ماه قبل است. براین اساس، بیشتر میزان همبستگی طبق رگرسیون



شکل ۱۱. پراکنش پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه براساس شاخص NDVI در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

تأثیر طوفان‌های گردوغبار نمکی در سلامت گیاهان در حوضه شرقی دریاچه ارومیه

جدول ۱. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین NDVI در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

NDVI (سال)	حداقل	حداکثر	میانگین
۲۰۱۰/۰۶/۰۳	-۰/۲۳۰۴	۰/۹۱۰۶	۰/۳۱۳۸
۲۰۱۱/۰۶/۰۳	-۰/۲۲۵۴	۰/۹۰۶۴	۰/۳۱۲۶
۲۰۱۲/۰۶/۰۳	-۰/۰۹۰۶	۰/۸۹۸۶	۰/۲۷۱۸
۲۰۱۳/۰۶/۰۳	-۰/۲۱۸۸	۰/۸۹۹۹	۰/۲۵۷۹
۲۰۱۴/۰۶/۰۳	-۰/۱۷۴۸	۰/۸۶۱۷	۰/۲۷۸۳
۲۰۱۵/۰۶/۰۳	-۰/۱۸۰۵	۰/۸۹۴۹	۰/۲۸۲۷
۲۰۱۶/۰۶/۰۳	-۰/۲۲۴۸	۰/۹۱۶۸	۰/۲۹۳۴
۲۰۱۷/۰۶/۰۳	-۰/۱۳۶۹	۰/۸۹۹۶	۰/۲۶۷۷
۲۰۱۸/۰۶/۰۳	-۰/۲۱۸۰	۰/۹۰۲۰	۰/۳۴۹۵
۲۰۱۹/۰۶/۰۳	-۰/۲۴۱۱	۰/۹۲۲۶	۰/۳۱۹۰
۲۰۲۰/۰۶/۰۳	-۰/۲۲۵۲	۰/۸۹۳۷	۰/۳۰۵۶

جدول ۲. مجموع غلظت گردوغبار (kg/m^3)

غلظت گردوغبار (kg/m^3)	یک ماه قبل (مه)	دو ماه قبل (آوریل)	سه ماه قبل (مارس)	چهار ماه قبل (فوریه)	پنج ماه قبل (ژانویه)
۲۰۱۰/۰۶/۰۳	۲۶/۴۱	۲۶/۸۲	۱۸/۹۰	۱۶/۹۶	۱۵/۷۷
۲۰۱۱/۰۶/۰۳	۲۶/۲۳	۲۶/۶۱	۱۸/۴۰	۱۶/۴۸	۱۵/۵۴
۲۰۱۲/۰۶/۰۳	۲۷/۲۲	۲۷/۴۷	۱۹/۳۹	۱۷/۳۰	۱۶/۴۲
۲۰۱۳/۰۶/۰۳	۲۹/۱۲	۲۶/۴۱	۲۳/۶۱	۲۰/۵۰	۱۹/۲۳
۲۰۱۴/۰۶/۰۳	۲۷/۳۵	۲۶/۵۳	۱۸/۵۲	۱۷/۱۹	۱۶/۴۸
۲۰۱۵/۰۶/۰۳	۲۷/۱۱	۲۷/۲۸	۱۹/۰۴	۱۷/۱۴	۱۶/۲۷
۲۰۱۶/۰۶/۰۳	۲۶/۳۸	۲۶/۹۳	۱۸/۷۰	۱۶/۹۶	۱۵/۸۰
۲۰۱۷/۰۶/۰۳	۲۸/۵۹	۲۵/۹۵	۲۲/۵۵	۲۰/۱۶	۱۹/۰۰
۲۰۱۸/۰۶/۰۳	۲۵/۵۸	۲۲/۴۴	۱۶/۶۰	۱۴/۶۷	۱۴/۴۴
۲۰۱۹/۰۶/۰۳	۲۶/۲۳	۲۶/۵۴	۱۸/۵۷	۱۶/۳۷	۱۵/۳۲
۲۰۲۰/۰۶/۰۳	۲۷/۱۷	۲۶/۹۹	۱۸/۷۹	۱۷/۷۶	۱۵/۶۶

جدول ۳. ضریب تبیین میانگین NDVI با میزان گردوغبار

معادله لگاریتمی	معادله خطی	یک ماه قبل (مه)	دو ماه قبل (آوریل)	سه ماه قبل (مارس)	چهار ماه قبل (فوریه)	پنج ماه قبل (ژانویه)
$y = -10.34\ln(x) + 14.399$	$y = -34.086x + 37.119$	۰/۷۹۱۵	۰/۷۷۰۳			
$y = -8.406\ln(x) + 16.093$	$y = -29.828x + 35.186$	۰/۳۱۳۲	۰/۳۵۳۴			
$y = -17.54\ln(x) - 2.0676$	$y = -57.683x + 36.429$	۰/۶۴۹۶	۰/۶۲۹۳			
$y = -15.25\ln(x) - 1.2258$	$y = -50.552x + 32.359$	۰/۷۰۶۶	۰/۶۹۵۹			
$y = -14.05\ln(x) - 0.8079$	$y = -46.175x + 30.015$	۰/۷۴۷۹	۰/۷۲۴۱			

۶- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی شاخص NDVI نشان داد که بیشترین میزان میانگین این شاخص به سال ۲۰۱۸، با مقدار عددی ۰/۳۴ و کمترین میزان آن به سال ۲۰۱۳، با مقدار عددی ۰/۲۵ تعلق دارد. این اختلاف تقریباً ۹ درصدی بین سال‌های متفاوت بیان می‌کند عوامل دیگری نیز، در میزان پراکنش پوشش گیاهی، دخیل‌اند. با این حال همان‌طور که بیان شد، شاخص NDVI از روندی ثابت در سطح منطقه مورد مطالعه پیروی می‌کند که میانگین آن، در مورد کل سال‌های بررسی شده، ۰/۲۹۵۷ است و در بسیاری موارد، با نتایج پژوهش نبی‌پور^۱ و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی و تطابق دارد. این محققان تغییرات پوشش گیاهی و آلودگی آب‌های زیرزمینی در شهرستان‌های اطراف دریاچه ارومیه را ارزیابی کردند و میانگین شاخص NDVI در بین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۵ را ۰/۳۰ بیان کردند. میانگین حداقل و حداکثر NDVI، در سطح منطقه، به ترتیب ۰/۱۹۵۶- و ۰/۹۰۰۶ است که به دامنه اختلاف مناطق دارای پوشش گیاهی و مناطق فاقد پوشش گیاهی اشاره می‌کند. میزان غلظت گردوغبار به دست آمده از طریق سنجنده MERRA-2، برای پنج ماه قبل (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و مه) و به منظور بررسی ارتباط گردوغبار با سطح پوشش گیاهی منطقه استخراج شد. بر این اساس، میانگین غلظت گردوغبار در زمستان (ژانویه، فوریه، مارس) ۱۷/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در بهار (آوریل و مه) ۲۶/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب است؛ به عبارتی هرچه از زمستان به سمت بهار پیش می‌رویم، بر میزان غلظت گردوغبار افزوده شده است و این نکته دربارهٔ بیشتر سال‌های بررسی شده صدق می‌کند. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج تحقیق رئیس‌پور^۲ و همکاران (۲۰۱۸) هم‌خوانی دارد که با استفاده از مدل MERRA-2، رفتار بلندمدت عمق اپتیکی آئروسول (AOD) را در دشت

سیستان بررسی و تحلیل کردند زیرا، براساس نتایج پژوهش مورد اشاره، بیشترین میزان گردوغبار در بهار و کمترین میزان آن در زمستان مشاهده شده است. در نهایت، برای بررسی ارتباط پراکنش پوشش گیاهی و غلظت گردوغبار، از دو روش رگرسیون لگاریتمی و خطی و ضریب تبیین استفاده شد. بدین ترتیب، با توجه به روش رگرسیون لگاریتمی، بیشترین همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی و غلظت گردوغبار به ماه مه و با مقدار عددی ۰/۷۹ و کمترین میزان همبستگی نیز به آوریل و با مقدار عددی ۰/۳۱ بازمی‌گردد. همچنین در بررسی رگرسیون خطی مشخص شد بیشترین همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی و غلظت گردوغبار به ماه مه، با مقدار عددی ۰/۷۷ و کمترین میزان نیز به آوریل، با مقدار عددی ۰/۳۵ تعلق دارد. نتایج این بخش از پژوهش نیز با پژوهش بیات^۳ و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت بسیاری دارد. آنها ضریب تبیین پوشش گیاهی و گردوغبار را براساس رگرسیون خطی، ۰/۸۲ اعلام کردند. در پی کاهش آب و پوشش گیاهی اطراف دریاچه ارومیه، در حاشیه آن اراضی لخت پدید آمده و غبارزدایی در این مناطق بروز کرده است. این مسائل برای حاشیه‌نشینان دریاچه و کل جمعیت ساکن در اطراف آن، تا شعاع چندین ده کیلومتری، خطرهای بسیار زیادی دربردارد که شامل تهدید بروز گردوغبار و غبار نمک، مشکلات تنفسی و نیز نابودی اراضی کشاورزی و در کل حیات طبیعی می‌شود. با توجه به این موارد و مباحث و نتایج تحقیق، مسئولان باید، با اتخاذ تصمیماتی به موقع و درست، از وقوع بحران‌های بعدی در منطقه جلوگیری کنند.

1. Nabipour
2. Raispour
3. Bayat

۷- منابع

- Abbaszadeh Mazerji, Z., Sadeghi, S. & Hosseinzadeh, S.R., 2012, **Evaluation of the Accuracy of the Usual Methods of Estimating Climatic Data of the Studied Area: Temperature and Precipitation in the Kashf River Catchment of Mashhad**, The First National Hydrometeorological Conference, Kerman, University of Postgraduate Studies of Industry and Advanced Technology, Kerman.
- Ahmady-Birgani, H., Ravan, P., Schlosser, J.S., Cuevas-Robles, A., AzadiAghdam, M. & Sorooshian, A., 2020, **On the Chemical Nature of Wet Deposition over a Major Desiccated Lake: Case Study for Urmia Lake Basin**, Atmospheric Research, 234, P. 104762.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104762>
- Alavipanah, S. K. (2013). **Thermal Remote Sensing and Its Application in the Earth Sciences (2nd ed., p. 1387)**. University of Tehran.
- Bahrami, H.A.; Jalali, M., Darvishi Belorani, A. & Azizi, R., 2012, **Spatial-Temporal Modeling of Dust Storms in Khuzestan Province**, Iran Remote Sensing and GIS, 5(2), PP. 95-114.
- Bayat, R., Jafari, S., Red Spring, B. & Charkhabi, A.H., 2015, **Studying the Impact of Micro-Pollens on Vegetation Changes (Case Study: Shadgan Wetland, Khuzestan)**, Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 7(2), PP. 17-32.
- Behrooz, R.D., Esmaili-Sari, A., Bahramifar, N., Kaskaoutis, D.G., Saeb, K. & Rajaei, F., 2017, **Trace-Element Concentrations and Water-Soluble Ions in Size-Segregated Dustborne and Soil Samples in Sistan, Southeast Iran**, Aeolian Res., 25, PP. 87-105.
<https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2017.04.001>
- Borlina, C.S. & Rennó, N.O., 2017, **The Impact of a Severe Drought on Dust Lifting in California's Owens Lake Area**, Sci. Rep., 7, P. 1784.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-01829-7>
- Dadashi-Roudbari, A., Ahmadi, M. & Shakiba, A., 2020, **Seasonal Study of Dust Deposition and Fine Particles (PM 2.5) in Iran Using MERRA-2 Data**, Iranian Journal of Geophysics, PP. 43-59.
- Fan, B., Guo, L., Li, N., Chen, J., Lin, H., Zhang, X., Shen, M., Rao, Y., Wang, C. & Ma, L., 2014, **Earlier Vegetation Green-Up Has Reduced Spring Dust Storms**, Scientific Reports, 4, P. 6749.
 DOI: 10.1038/srep06749
- Gao, T., Han, J., Wang, Y., Pei, H. & Lu, Sh., 2011, **Impacts of Climate Abnormality on Remarkable Dust Storm Increase of the Hunshdak Sandy Lands in Northern China during 2001–2008**, Meteorological Applications, PP. 265-278.
<https://doi.org/10.1002/met.251>
- Ghadimi, M., Zare, A., Maqqel, M. & Sahibi, M.R., 2018, **Evaluation of the Effects of Dust on the Spectral Behavior of Plants Using Remote Sensing Data**, Journal of Mapping Sciences and Techniques, 8(4), PP. 176-163.
- Gitelson, A.A., Viña, A., Ciganda, V., Rundquist, D. & Arkebauer, T.J., 2005, **Remote Estimation of Canopy Chlorophyll Content in Crops**, Geophysical Research Letter, 32, P. L08403.
<https://doi.org/10.1029/2005GL022688>
- Huang, M., Peng, G., Zhang, J. & Zhang, Sh., 2006, **Application of Artificial Neural Networks to the Prediction of Dust Storms in Northwest China**, Global and Planetary Change, 52, PP. 216-224.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.006>
- Indoitu, R., Kozhoridze, G., Batorybaeva, M., Vitkovskaya, I., Orlovsky, N., Blumberg, D. & Orlovsky, L., 2015, **Dust Emission and Environmental Changes in the Dried Bottom of the Aral Sea**, Aeolian Res., 17, PP. 101-115.
<https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.02.004>
- Issanova, G., Abuduwaili, J., Galayeva, O., Semenov, O. & Bazarbayeva, T., 2015, **Aeolian Transportation of Sand and Dust in the Aral Sea region**, Int. J. Environ. Sci. Technol., 12, PP. 3213-3224.
<https://doi.org/10.1007/s13762-015-0753-x>

- Khusfi, Z.E., Roustaei, F., Ebrahimi Khusfi, M. & Naghavi, S., 2019, **Investigation of the Relationship between Dust Storm Index, Climatic Parameters, and Normalized Difference Vegetation Index Using the Ridge Regression Method in Arid Regions of Central Iran**, *Arid Land Research and Management*, 34(3), PP. 1-25.
- Khusfi, Z.E., Khosroshahi, M., Roustaei, F. & Mirakbari, M., 2020, **Spatial and Seasonal Variations of Sand-Dust Events and Their Relation to Atmospheric Conditions and Vegetation Cover in Semi-Arid Regions of Central Iran**, *Geoderma*, 365, P. 114225.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114225>
- Lanfredi, M.; Coppola, R.; Simoniello, T.; Coluzzi, R.; D'Emilio, M.; Imbrenda, V.; Macchiato, M. **Early Identification of Land Degradation Hotspots in Complex Bio-Geographic Regions**. *Remote Sens.* 2015, 7, 8154-8179.
<https://doi.org/10.3390/rs70608154>
- Löw, F., Navratil, P., Kotte, K., Schöler, H.F. & Bubenzer, O., 2013, **Remote-Sensing-Based Analysis of Landscape Change in the Desiccated Seabed of the Aral Sea—A Potential Tool for Assessing the Hazard Degree of Dust and Salt Storms**, *Environ. Monit. Assess.*, 185, PP. 8303-8319.
<https://doi.org/10.1007/s10661-013-3174-7>
- Merzlyak M.N., Gitelson A.A., Chivkunova O.B., Rakitin V.Y. **Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening**. *Physiol. Plant.* 1999;106:135–141.
 doi: 10.1034/j.1399-3054.1999.106119.x.
- Molod, A., Takacs, L., Suarez, M. & Bacmeister, J., 2015, **Development of the GEOS-5 Atmospheric General Circulation Model: Evolution from MERRA to MERRA2**, *Geoscientific Model Development*, 8, PP. 1339-1356.
<https://doi.org/10.5194/gmd-8-1339-2015>
- Moore, J.N., 2016, **Recent Desiccation of Western Great Basin Saline Lakes: Lessons from Lake Abert, Oregon, USA**, *Sci. Total Environ.*, 554, PP. 142-154.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.16>
- Nabipour, Y., Arian Far, A. & Samadian, M., 2015, **Investigating Changes in Vegetation Cover on Groundwater Pollution in Urmia Plain Using RS and GIS**, 6th National Conference on Water Resources Management of Iran, Kurdistan, University of Kurdistan.
- Nagler, P.L., Inoue, Y., Glenn, E.P., Russ, A.L., Daughtry, C.S.T., 2003. **Cellulose absorption index (CAI) to quantify mixed soil-plant litter scenes**. *Remote Sens. Environ.* 87, 310–325.
<https://doi.org/10.1016/J.RSE.2003.06.001>
- Osinowo, A.A., Okogbue, E.C., Eresanya, E.O. & Akande, O.S., 2017, **Evaluation of Wind Potential and Its Trends in the MID-ATLANTIC**, *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(4), P. 45.
<https://doi.org/10.1007/s40808-017-0399-4>
- Pettorelli, N., Weladji, R.B., Holand, Ø, Mysterud, A., Breie, H. & Stenseth, N.Ch., 2005, **The Relative Role of Winter and Spring Conditions: Linking Climate and Landscape-Scale Plant Phenology to Alpine Reindeer Body Mass**, *Biol. Lett.*, 1(1), PP. 24-6.
 10.1098/rsbl.2004.0262
- Pourhashemi, S., Broghni, M., Zanganeh Asadi, M.A. & Amir Ahmadi, A., 2014, **Analysis of the Relationship between Vegetation Cover and the Occurrence of Dust in Razavi Khorasan Province Using Geographic Information System and Remote Sensing**, *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 6(4), PP. 33-45.
- Raispour, K. & Khosravi, M., 2018, **Analysis of Long-Term Behavior of Aerosol Optical Depth (AOD) in Sistan Plain Using MERRA-2 Model**, *International Conference on Dust in Southwest Asia*, Zabul, Zabul University.
- Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Eriksson, P.G., Qiang, M. & Gupta, P., 2012, **Dust Storms and Their Horizontal Dust Loading in the Sistan Region, Iran**, *Aeolian Res.*, 5, PP. 51-62.
<https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.12.001>
- Rashki, A., Eriksson, P.G., Rautenbach, C.D.W., Kaskaoutis, D.G., Grote, W. & Dykstra, J.,

- 2013, **Assessment of Chemical and Mineralogical Characteristics of Airborne Dust in the Sistan Region, Iran**, *Chemosphere*, 90, PP. 227-236.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.06.059>
- Real-Rangel, R., Pedrozo-Acuña, A., Breña-Naranjo, J.A. & Alcocer-Yamanaka, V., 2017, **Evaluation of the Hydroclimatological Variables Derived from GLDAS-1, GLDAS-2 and MERRA-2 in Mexico**, E-Proceedings of the 37th IAHR World Congress, August 13-18, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Rienecker, M.M., Suarez, M.J., Gelaro, R., Todling, R., Bacmeister, J.T., Liu, E., Bosilovich, M.G. & Woollen, J., 2011, **MERRA: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications**, *Journal of Climate*, 24, PP. 3624-3648.
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00015.1>
- Schwanghart, W. & Schutt, B., 2008, **Meteorological causes of Harmattan dust in West Africa**, *Geomorphology*, 95(3-4), PP. 412-428.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.07.002>
- Sofue, Y., Hoshino, B., Demura, Y., Kai, K., Baba, K., Nduati, E., Kondoh, A. & Sternberg, T., 2018, **Satellite Monitoring of Vegetation Response to Precipitation and Dust Storm Outbreaks in Gobi Desert Regions**, *Land*, 7(1), P. 19.
<https://doi.org/10.3390/land7010019>
- Sohrabi, T.S., Wali, A.A., Ranjbar Ferdavi, A. & Mousavi, S.H., 2017, **Quantitative Analysis of Vegetation Feedback on the Occurrence of Dust in Arid Ecosystems (Case Study: Isfahan Province)**, *Rangeland and Watershed*, *Journal of Natural Resources of Iran*, 71(41), PP. 973-985.
- Strong, C.L., Parsons, K., McTainsh, G.H. & Sheehan, A., 2011, **Dust Transporting Wind Systems in the Lower Lake Eyre Basin, Australia: A Preliminary Study**, *Aeolian Res.*, 2, PP. 205-214.
<https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2010.11.001>
- Sweeney, M.R., Zlotnik, V.A., Joeckel, R.M. & Stout, J.E., 2016, **Geomorphic and Hydrologic Controls of Dust Emissions during Drought from Yellow Lake Playa, West Texas, USA**, *J. Arid Environ.*, 133, PP. 37-46.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.05.007>
- Tan, M., 2016, **Exploring the Relationship between Vegetation and Dust-Storm Intensity (DSI) in China**, *Journal of Geographical Sciences*, 26(4), PP. 387-396.
<https://doi.org/10.1007/s11442-016-1275-2>
- Teillet, P.M., Staenz, K. & Willams, D.J., 1997, **Effects of Spectral, Spatial, and Radiometric Characteristics on Remote Sensing Vegetation Indices of Forested Regions**, *Remote Sensing of Environment*, 61, PP. 139-149. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00248-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00248-9)
- Thenkabail, P.S., Gamage, M.S.D.N. & Samakhtin, V.U., 2002, **Evaluation of Narrowband and Broadband Vegetation Indices for Determining Optimal Hyperspectral Wavebands for Agricultural Crop Characterization**, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, PP. 607-621.
- Tucker, C.J., 1979, **Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation**, *Remote Sensing of Environment*, 8, PP. 127-150.
[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Xi, X. & Sokolik, I.N., 2016, **Quantifying the Anthropogenic Dust Emission from Agricultural Land Use and Desiccation of the Aral Sea in Central Asia**, *J. Geophys. Res.*, 121, PP. 12-270.
<https://doi.org/10.1002/2016JD025556>
- Yan, Y., Xu, X., Xin, X., Yang, G., Wang, X., Yan, R. & Chen, B., 2011, **Effect of Vegetation Coverage on Aeolian Dust Accumulation in a Semiarid Steppe of Northern China**, *Catena*, 87(3), PP. 351-356.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.07.002>
- Yasmi, H., 2016, **Evaluation of the Accuracy of Oven Temperature Estimation of Global Temperature Databases on Iran**, Master's Thesis, Supervisor Mohammad Darend, University of Kurdistan.

- Zeng, X., Lu, F., Fang, X., Wang, Y. & Guo, L.,
1998, **A Study of Dust Storm in China
Using Satellite Data in Optical Remote
Sensing of the Atmosphere and Clouds**,
SPIE, 3(301), PP. 163-168.
10.1117/12.317741
- Zhang, X. & Yan, Guangjian & Li, Q. & Li,
Zhao-Liang & Wan, Huawei & Guo, Z..
(2006). **Evaluating the fraction of
vegetation cover based on NDVI spatial
scale correction model**. International Journal
of Remote Sensing. 27. 5359-5372.
10.1080/01431160600658107.





نخجش از دور

و
GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲
Vol.15, No. 4, Winter 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

101-118

The Effect of Salt Dust Storms on the Health of Plants in the Eastern Basin of Urmia Lake

Gilreyhan F.¹, Valizadeh Kamran KH.^{2*}, Mokhtari D.², Rasouli A.A.²

1. Ph.D. Student, Dep. of Geography, Marand Branch, Marand Islamic Azad University
2. Prof. of Faculty of Planning and Environmental Sciences, Tabriz University, Tabriz

Abstract

Urmia Lake is one of the largest saltwater lakes in the world, which unfortunately is drying up and has caused many dangers and concerns, especially in relation to salt dust in its dried areas. Therefore, in this research, we tried to investigate the relationship between vegetation and dust in the cities around Lake Urmia. Salinity in plants causes physiological disorders; salt stress causes growth, photosynthesis, protein, respiration, energy production, premature senescence, water reduction in plants. Considering these effects, it was tried to evaluate the overall health of plants by using related indicators including NDVI, Clre, GCI, CRI2, NDWI, NDII, MSI, PSRI. These indicators evaluate the amount of plant water, plant water stress, photosynthesis capacity, plant growth and water deficit, the amount of chlorophyll, nitrogen and pigments, which are related to plant energy and health. According to these indicators, the health of plants is generally in a favorable condition, and mostly the highest numerical values of the indicators were assigned to gardens. Using Landsat and Sentinel 2 images and the NDVI index, the vegetation changes of the region were determined in the period from 2010 to 2020, and then using the MERRA-2 database, the amount of dust concentration was also extracted for the mentioned years. The results showed that the average NDVI in the studied area follows a constant trend with an overall average of 0.2957 and sometimes it increases or decreases due to the influence of external factors such as dust. Based on this, the highest (0.3495) average NDVI is related to 2018 and the lowest (0.2579) is related to 2013. Also, two methods of linear and logarithmic regression were used to investigate the relationship between vegetation cover and dust, and the results showed that based on the linear (0.7703) and logarithmic (0.7915) regression, the highest coefficient of explanation between the two mentioned indicators was in May.

Keywords: Dust, Plant health indicators, Salinity, Urmia Lake.

* Correspondence Address: Dep. of Remote Sensing and Geographical Information System, University of Tabriz. Tel: 09144123849

Email: valizadeh@tabrizu.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0003-4648-842X>

<https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.103099>



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).