

## بررسی رفتار ریزگرد های حوضه دریاچه ارومیه و ارتباط آن با شاخص آلودگی به روش تحلیل قابلیت اعتماد منطقه مورد مطالعه (استان آذربایجان غربی)

امیرمعز جماعت<sup>۱\*</sup>، سیدمحمدعلی حکمتیان<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی رشته مهندسی مدیریت منابع آب دانشگاه صنعتی شریف، (moez.jamat2016@student.sharif.edu)

۲- دانشجوی رشته مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف، (ma.hekmatian1395@student.sharif.edu)

### چکیده

یکی از مخاطراتی که سال‌های اخیر کشور ما با آن درگیر بوده، پدیده ریزگردها و آلودگی هوای ناشی از آن بوده که آثار زیانباری را به جا گذاشته است. یکی از علل افزایش این پدیده، تغییرات اقلیمی می‌باشد. در حوضه دریاچه ارومیه نیز در سالیان اخیر به علت خشک شدن تدریجی دریاچه، کانون‌های ریزگرد متعددی در منطقه تشکیل شده است. این گسترش کانون‌ها موجب افزایش ذرات معلق در هوا شده است. جهت مطالعه تغییرات زمانی ریزگردهای این منطقه از شاخص عمق اپتیکی<sup>۱</sup> استفاده گردید که به وسیله این شاخص، مقدار غلظت PM2.5 بر مبنای داده‌های بدست آمده از ایستگاه‌های زمینی از سال ۲۰۰۰ به بعد تخمین زده شد. سپس تغییرات سطح دریاچه ارومیه با شاخص NDWI و برآوردی از خشکسالی با VCI به وسیله ماهواره MODIS و کد نویسی در پلتفرم GEE در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی بدست آمد. سپس به وسیله تحلیل قابلیت اعتماد به روش نمونه‌گیری<sup>۲</sup> احتمال فراگذشت غلظت ذرات از حالت ناسالم برای گروه‌های حساس محاسبه شد. نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که با افزایش شدت خشکسالی و کاهش سطح آب دریاچه احتمال اینکه غلظت ذرات در محدوده ناسالم قرار بگیرد افزایش می‌یابد.

### واژه‌های کلیدی:

ریزگرد، قابلیت اعتماد، خشکسالی، سنجش از دور، دریاچه ارومیه

### مقدمه

پدیده ریزگرد ها اثرات مخربی روی جوامع بشری از خود به جای گذاشته که یکی از علت های اصلی این پدیده می تواند به خاطر تغییر اقلیم یا نوسانات اقلیمی باشد. تغییر اقلیم روی حوضه‌های آبریز اثر داشته و خشکسالی‌های پی در پی مناطق در چند سال متمادی بیشتر شده است (Miller, ۱۹۹۸). پایش دریاچه ها و مناطق آبی در فواصل زمانی بلند مدت، که با زمان به صورت پویا تغییر می‌کنند، از اهمیت بالایی برخوردار است و نیاز است که با ابزار دقیق بتوان آن را بررسی کرد (Acharya, ۲۰۱۸). سنجش از دور را می‌توان تکنولوژی کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره نامید. سنجش از دور علم استخراج اطلاعات از اشیاء زمینی به صورت غیر مستقیم و بوسیله سنجنده می‌باشد. می‌توان ویژگی اصلی سنجش از دور را در برداشت اطلاعات در کمترین زمان ممکن نسبت به بازدید میدانی دانست و از طرفی در مناطقی که دسترسی به داده‌های زمینی امکان پذیر نیست می‌توان از آن استفاده کرد. از دیگر مزیت‌های آن می‌توان به هزینه برداشت اطلاعات اشاره کرد که اکثر تصاویر ماهواره‌ای رایگان هستند. امروزه ماهواره‌های متعددی جهت جمع‌آوری اطلاعات به فضا فرستاده شده‌اند. از جمله می‌توان به Landsat، Sentinel، Aster اشاره کرد که هر کدام اطلاعات مخصوصی را با توجه به سنجنده مورد استفاده شده، ضبط می‌کنند. با توجه به این که استفاده از سنجش از دور برتری نسبی به روش سنتی و بازدید میدانی دارد، ولی با توجه به حجم داده‌هایی که برای

<sup>1</sup> Aerosol Optical Depth

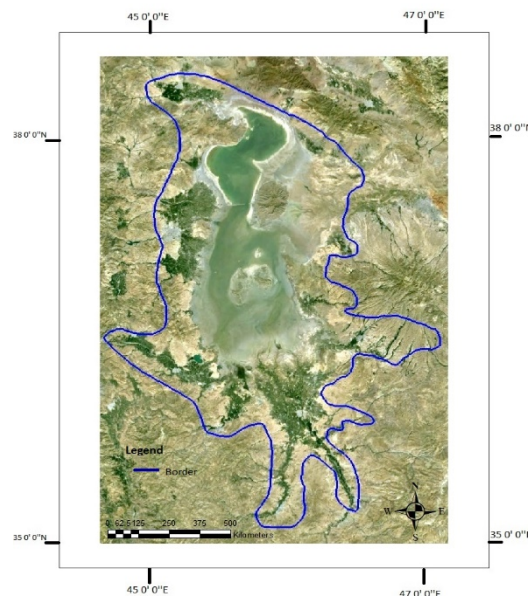
<sup>2</sup> Sampling

سری زمانی با آن مواجه می‌شود، برای پردازش آن زمان زیادی لازم است. به وسیله محاسبات ابری<sup>۴</sup> و از طریق پلتفرم GEE، می‌توان داده‌های حجیم را با استفاده از زبان برنامه‌نویسی جاوا پردازش کرد و مقدار زمان محاسبات را به طور قابل توجهی کاهش داد (Nguyen, 2019). اولین ابزار طیف‌سنج با وضوح متوسط در سال ۱۹۹۸ توسط ناسا به نام MODIS به فضا فرستاده شد. محصولات پردازش شده MODIS، باعث افزایش کارایی پایش منابع آبی سطح زمین شده است (Justice, 1998). محصول Terra MOD09A1، محصولی است که هر هشت روز یکبار، برآوردی از بازتاب طیفی سطح باندهای ۱ تا ۷ اصلاح شده برای شرایط جوی همچون وجود ذرات معلق و گازها ارائه می‌دهد. روش‌های مختلفی برای محاسبه شاخص قابلیت اعتماد وجود دارد که کرنل در سال ۱۹۶۹ تحت عنوان کرنل ارائه داد (Justice, 1969). می‌توان از روش‌های خطی و غیر خطی برای محاسبه شاخص قابلیت اعتماد استفاده کرد که در این پژوهش از روش خطی برای تابع حدی استفاده شده است زیرا اگر تابع حدی خطی نباشد پاسخ دقیقی به دست نمی‌آید (Lind, 1974).

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

حوضه دربرگیرنده‌ی مطالعه، مناطق اطراف دریاچه ارومیه و شهرستان‌های اطراف آن شامل ارومیه، مهاباد، نقده، اشنویه، سلماس، میاندوآب، ملکان، بناب، مراغه، عجب‌شیر، آذرشهر، شبستر و اسکو می‌باشد. دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران حدفاصل مختصات جغرافیایی ۳۷/۰۴ تا ۳۸/۱۷ درجه شمالی و ۴۵/۰۰ تا ۴۶/۰۰ درجه شرقی واقع شده است. این دریاچه سابق بر این، دومین دریاچه آب شور از نظر مساحت شناخته می‌شد. بر اساس کنوانسیون رامسر این دریاچه با اهمیت "بین‌المللی" شناخته شده است. آب دریاچه عمدتاً از طریق رودخانه‌های زربنه‌رود، سیمینه‌رود، تلخه‌رود (آجی‌چای)، گدار، باراندوز، شهرچای، نازلو و زولا تغذیه می‌شود. باتوجه به این که هدف این پژوهش بررسی جامع خشکسالی شهرهای اطراف دریاچه ارومیه بر روی استان آذربایجان غربی می‌باشد به همین خاطر محدوده شکل ۱ در نظر گرفته شد.



شکل ۱- حوضه مطالعاتی پژوهش

### روش تحقیق

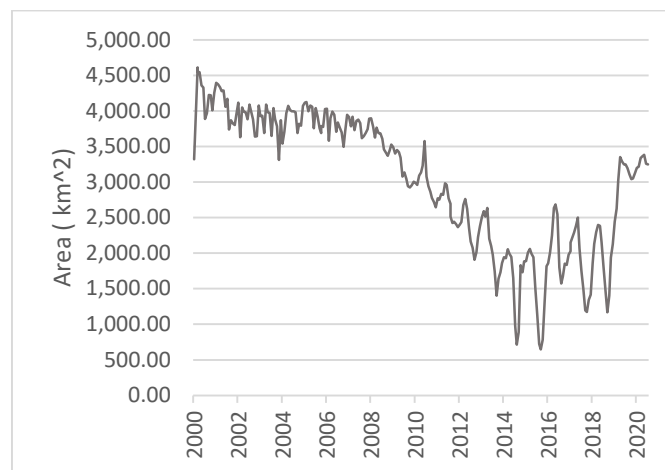
در این پژوهش، با استفاده از تحلیل قابلیت اعتماد به روش نمونه برداری و استفاده از ماهواره مودیس در دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰)، تاب‌آوری آذربایجان غربی در مقابل ریزگرد های P.M2.5 برای گروه‌های حساس، به وسیله شاخص تاب‌آوری مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تغییرات سطحی دریاچه ارومیه در دوره ۲۰ ساله درکنار تحلیل روند خشکسالی و ترسالی حوضه مورد مطالعاتی در همین بازه زمانی، در کنار روند تغییرات ریزگرد ها و ارتباط آن به P.M2.5 برای تحلیل قابلیت اعتماد مورد استفاده

قرار گرفت. به علت سنگینی حجم محاسبات انجام شده، تمامی محاسبات و عملیات های اقلیمی در سامانه پردازش ابری گوگل که تحت زبان برنامه نویسی جاوا است پیاده سازی شد و همچنین تحلیل قابلیت اعتماد در نرم افزار متن باز Rtx به و سیله زبان برنامه نویسی ++C پیاده سازی می شود ، انجام شد.

## نتایج تحقیق

### محاسبه مساحت سطحی دریاچه

NDWI شاخصی است که به وسیله ماهواره اپتیک می توان پهنه های آبی را استخراج کرد. شاخص NDWI که توسط McFeeters توسعه داده شده است، از ترکیب باندهای سبز و فرورسرخ نزدیک استفاده کرده است (McFeeters ، ۱۹۹۶). مکفیترز مقدار بزرگتر از صفر را برای حد آستانه گذاری پهنه های آبی مشخص کرد که مقادیر منفی نشان دهنده خاک و پوشش گیاهی است. همچنین Wolf برای بدست آوردن شاخص NDWI از ترکیب باندهای آبی و مادون قرمز نزدیک سنجنده Worldview-2 استفاده کرده است . در این مطالعه پس از امتحان کردن مقادیر حد آستانه گذاری (۰/۲۵)، مقدار آستانه مناسبی با توجه به حوضه دریاچه ارومیه در نظر گرفته شد. از شاخص NDWI تعریف شده توسط Wolf استفاده شده است و تحلیل سری زمانی در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی در پلتفرم GEE کدنویسی شده و نتیجه زیر به دست آمد که با داده های میدانی نیز بررسی شد.

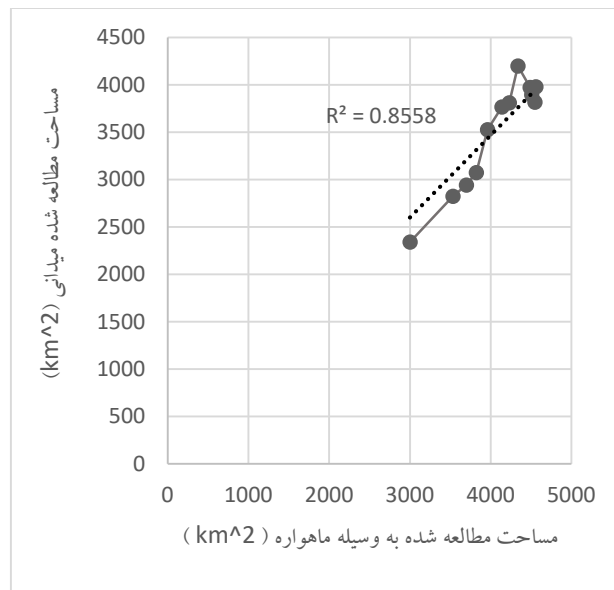


شکل ۲- تغییرات سطح دریاچه طبق شاخص NDWI

با توجه به شکل ۲ روند نزولی مساحت سطحی دریاچه از سال ۲۰۰۸ شروع شده و تقریباً این روند تا سال ۲۰۱۷ ادامه دار بوده است. می توان یکی از علت های اصلی آن را به خاطر وقوع خشکسالی در منطقه و برداشت های بی رویه منابع آب دانست .

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

برای صحت سنجی کارایی مقدار حد آستانه ی شاخص تعریف شده، با بررسی داده های میدانی و زمینی نتایج شکل ۳ حاصل شدند. داده های اداره کل محیط زیست استان آذربایجان غربی به عنوان داده های زمینی انتخاب شدند ، که مقدار R<sup>2</sup> نزدیک به ۸۶ درصد به دست آمد .



شکل ۳- مقایسه نتایج بدست آمده در این مطالعه با داده‌های میدانی بدست آمده از سازمان محیط زیست

### تحلیل خشکسالی منطقه مورد مطالعه

خشکسالی یکی از پدیده‌های مخرب برای اکوسیستم‌ها معرفی می‌شود. یکی از روش‌های اندازه‌گیری خشکسالی به وسیله سنجش از دور است که می‌توان خشکسالی را به وسیله شاخص‌های سنجش از دور با توجه به اثراتی که گیاهان از خود به جای می‌گذارند مدل کرد (Heim, 2002). شاخص‌هایی همچون VHI و NDVI و VCI می‌توان خشکسالی منطقه مورد مطالعه را سنجید (Thenkabail, 2004). همچنین از طریق دمای سطح زمین و از طریق شاخص VCI و TCI در کنار شاخص EVI به وسیله سنجنده MODIS تحقیق جامعی برای ارزیابی خشکسالی جزیره‌ای در اندونزی صورت گرفته است (Roswintarti, 2010).

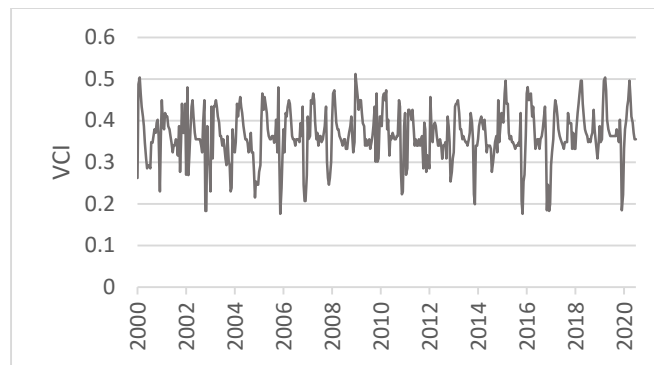
شاخص وضعیت پوشش گیاهی یا VCI برای بررسی خشکسالی منطقه مورد مطالعه، استفاده می‌شود که این کار با بررسی رطوبت گیاه انجام می‌پذیرد؛ این شاخص با به کار بردن مقدار حداقل و حداکثر NDVI شرایط منطقه را نمایان می‌کند. شاخص NDVI از رابطه (۲) تبعیت می‌کند که عددی بین -۱ تا +۱ را نمایان می‌کند که هرچه به عدد +۱ نزدیکتر باشد به معنی این است که پوشش گیاهی متراکم و غنی‌تر می‌باشد (Rouse, 1973).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

فرم شاخص VCI مطابق رابطه (۳) می‌باشد.

$$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

که در رابطه (۳)  $NDVI_{max}$  و  $NDVI_{min}$  حداقل و حداکثر مقدار NDVI در منطقه مطالعاتی می‌باشد.  $NDVI_i$  نیز مربوط به دوره زمانی مورد مطالعه می‌باشد که تناوب آن با  $NDVI_{min}$  و  $NDVI_{max}$  برابر است. در این مطالعه با استفاده از محصول MOD13Q1،  $NDVI$  دوره ۲۰ ساله استخراج شد.



شکل ۴- تغییرات VCI در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

در شکل ۴ مشهود است که از سال ۲۰۱۱ تقریباً روند نزولی‌ای بر روی شاخص VCI شکل گرفته است. جدول ۱ توسط بویان بر مبنای مقدار VCI توسعه داده شده است ( Bhuiyan ، ۲۰۰۸ )

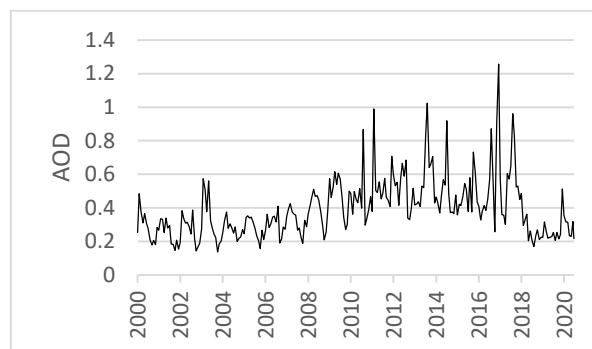
جدول ۱- وضعیت خشکسالی با توجه به شاخص VCI

Drought	VCI Values
Extreme	< 10
Severe	10 – 20
Moderate	20 – 30
Mild	30 – 40
No	≥ 40

## بررسی تغییرات ریزگردها و ذرات معلق

AOD ذرات جامد و معلق در جو هستند که می‌توانند به علت گرد و غبار، گرده‌های آتشفشانی و نمک دریاها تولید شوند. منبع مصنوعی آن نیز می‌تواند مانند آلودگی ناشی از حمل و نقل باشد ( Seinfeld ، ۱۹۹۸). به وسیله سنجنده MODIS و پروداکتی به نام MOD08M3 به صورت ماهیانه میانگین AOD محاسبه و گزارش می‌شود ( Platnick ، ۲۰۱۵ )، همچنین با داشتن AOD و غلظت PM2.5 در ایستگاه‌های زمینی می‌توان برآوردی از رابطه میان آن‌ها داشت ( Xia ، ۲۰۱۸ ).

در این مطالعه تغییرات AOD حوضه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استخراج شد که تغییرات آن در شکل ۵ قابل مشاهده است.



شکل ۵- تغییرات AOD از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در منطقه مورد مطالعه

باتوجه به شکل ۵، روند افزایشی AOD از سال ۲۰۰۹ نسبت به سال‌های قبل شدت یافته است که در همین زمان تغییرات مساحت دریاچه با روند کاهشی مواجه بوده است.

با توجه به مقادیر موجود از AOD و شاخص‌های VCI و NDWI در طول بازه زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، با استفاده از رگرسیون

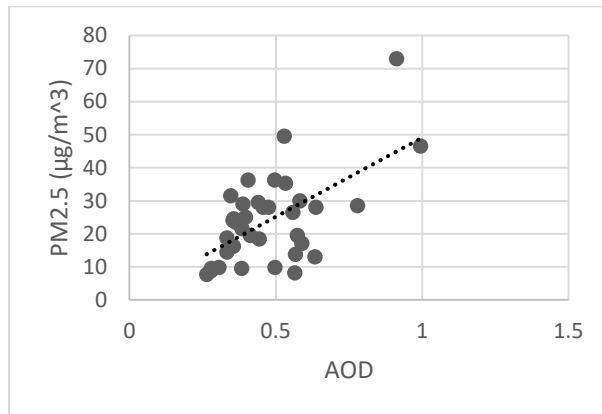
خطی چند متغیره رابطه تغییرات AOD همزمان با تغییرات سطح دریاچه و خشکسالی بدست آورده می شود که این تغییرات مطابق رابطه (۴) می باشد. مقدار  $R^2$  این رابطه برابر ۰/۳۴ می باشد.

$$AOD = 0.829 - (0.260 \times VCI) - (1.10 \times 10^{-5} \times area) \quad (4)$$

که در رابطه بالا area مساحت دریاچه بر حسب کیلومتر مربع می باشد.

همچنین برای مقادیر PM2.5 نیز داده های ایستگاه زمینی شهرستان ارومیه با توجه به وجود آن ها از سال ۲۰۱۵ به بعد استخراج شده و روند تغییرات آن با تغییرات AOD مورد بررسی قرار می گیرد که مطابق شکل ۶ خواهد بود. با توجه به این تغییرات و با استفاده از رگرسیون خطی رابطه (۵) میان تغییرات PM2.5 با AOD برقرار خواهد بود که  $R^2$  آن برابر ۰/۳۶ می باشد با توجه به مقدار  $R^2$  محاسبه شده، آزمون تی مورد استفاده قرار گرفت، به طوری که مقدار  $p < 0.05$  گزارش شد.

$$PM2.5 = (47.97 \times AOD) + 1.20 \quad (5)$$



شکل ۶ - تغییرات PM2.5 با AOD در منطقه مورد مطالعه

حال مطابق روابط (۴) و (۵) می توان رابطه (۶) را میان تغییرات شاخص PM2.5 با NDWI و VCI برقرار نمود.

$$PM2.5 = 41.01 - (12.47 \times VCI) - (5.37 \times 10^{-3} \times area) \quad (6)$$

## تحلیل قابلیت اعتماد

استاندارد EPA دسته بندی مطابق جدول ۲ را برای شاخص PM2.5 ارائه می دهد.

جدول ۲ - دسته بندی کیفیت هوا بر مبنای استاندارد EPA

AQI Category	PM2.5 (µg/m³)
Good	0 - 12
Moderate	12 - 35.4
Unhealthy for Sensitive Groups	35.5 - 55.4
Unhealthy	55.5 - 150.4
Very Unhealthy	150.5 - 250.4
Hazardous	> 250.5

حال با داشتن مقادیر VCI و NDWI مطابق رابطه (۶) می‌توان با انجام تحلیل قابلیت اعتماد احتمال فراگذشت مقدار شاخص PM2.5 را از آنچه در جدول ۲ ذکر شده است بدست آورد .

به منظور انجام تحلیل قابلیت اعتماد لازم است تا ابتدا توزیع احتمال متغیرهای NDWI و VCI بدست آورده شود . با توجه به داده‌های موجود از این دو متغیر می‌توان توزیع احتمال آن‌ها را بصورت نرمال فرض کرد . همانگونه که قبلا توضیح داده شد مقدار NDWI برای تقریباً هر ۳۰ روز یکبار و مقدار VCI برای تقریباً هر ۱۶ روز یکبار بدست آورده شده است ؛ با توجه به این داده‌ها می‌توان میانگین و انحراف معیار این متغیرها را بصورت سالیانه بدست آورد و توزیع نرمال را بر روی آن برازش کرد .

از میان انواع روش‌هایی که برای بررسی قابلیت اعتماد و محاسبه احتمال فراگذشت وجود دارد، روش نمونه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد که دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارد (Hasofer, ۱۹۷۴). در این روش با توجه به توزیع احتمال داده شده برای متغیرها و ضریب همبستگی میان آن‌ها نمونه تصادفی از متغیرها تولید می‌شود . سپس با توجه به نمونه‌های تصادفی تولیدشده مقدار تابع  $g$  که مطابق رابطه (۷) می‌باشد محاسبه می‌شود .

$$g = r - s \quad (7)$$

در رابطه (۷)،  $r$  حالت حدی فراگذشت می‌باشد که به ازای شرایط مختلف کیفیت هوا مطابق جدول ۲ تعیین می‌شود. با توجه به غلظت آلاینده‌ها در منطقه مورد بررسی در سال‌های اخیر، این احتمال فراگذشت تنها برای حالت قرار گرفتن در وضعیت "ناسالم برای گروه‌های حساس" محاسبه می‌شود . همچنین  $s$  برابر تابع تغییرات PM2.5 بر حسب VCI و NDWI می‌باشد که مطابق رابطه (۶) خواهد بود .

تابع حالت توسط اولین جمله از سری تیلور در نقطه میانگین تقریب زده شده به این ترتیب، تابع حالت حدی به تابعی خطی تبدیل می‌شود و با محاسبه میانگین و انحراف معیار تابع حالت حدی، شاخص قابلیت اعتماد طبق رابطه (۸) به دست می‌آید.

$$\beta = \frac{\mu}{S} \quad (8)$$

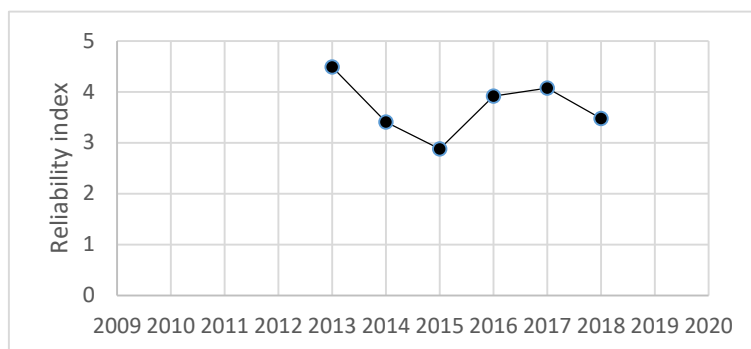
$\mu$  و  $S$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار تابع حدی محسوب می‌شود. که در رابطه (۹) منظور از  $P_f$  شکست سیستم است از طرفی  $\Phi$  تابع توزیع تجمعی نرمال می‌باشد که برای تابع حدی خطی جواب قابل قبولی را نسبت به تابع حدی غیر خطی ارائه می‌دهد.

$$P_f = \Phi(-\beta) \quad (9)$$

شاخص قابلیت اعتماد ( $\beta$ ) نشانگر فاصله نقطه مورد نظر تا نقطه شکست می‌باشد به طوری که هر چه مقدار آن بیشتر باشد نشان دهنده نقطه ایمن و هرچه مقدار آن کمتر باشد نقطه نا ایمن تلقی می‌شود.

پس از آنکه مقدار  $g$  بر مبنای نمونه‌های تصادفی تولیدشده محاسبه شد، در صورتی که  $g < 0$  باشد سیستم در حالت شکست قرار گرفته است . این نمونه‌گیری به روش مونت کارلو برای تعداد نمونه‌های کافی به گونه‌ای انجام می‌گیرد که ضریب تغییرات نمونه‌ها به مقدار قابل قبولی برسد (کمتر از ۱۰ درصد). در پایان بر مبنای نسبت نمونه‌هایی که تابع  $g$  برایشان در حالت شکست قرار گرفته است به کل نمونه‌ها، احتمال فراگذشت مقدار PM2.5 از آنچه مطابق جدول ۲ مرز میان حالت سالم و ناسالم برای گروه‌های حساس تعریف شده (برابر  $35.5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) محاسبه خواهد شد .

محاسبه مقدار شاخص قابلیت اعتماد ( $\beta$ ) از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۰ انجام می‌گیرد که مطابق شکل ۷ است. باتوجه به این که در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مقدار شاخص قابلیت اعتماد بینهایت به دست آمد (یعنی به نقطه حالت شکست نرسیده است) بازه شکل ۷ از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ انتخاب شد که در حالت کلی ۶ نقطه (سال) برای شاخص قابلیت اعتماد به دست آمد. که در سال ۲۰۱۵ کمترین مقدار  $\beta$  محاسبه شده است.



شکل ۷- تغییرات شاخص قابلیت اعتماد با زمان در منطقه مورد مطالعه

## نتیجه گیری

با توجه به خروجی شاخص قابلیت اعتماد، در سال ۲۰۱۵ کمترین مقدار برای این شاخص محاسبه شده است که در سال ۲۰۱۵ مقدار میانگین مساحت دریاچه به کمترین مقدار و همچنین شاخص خشکسالی حوضه مورد مطالعاتی رتبه دوم در کمترین مقدار را در تحلیل سالیانه به خود اختصاص داده است. به عبارتی دیگر در این سال بیشترین احتمالی که از حالت بحرانی برای گروه حساس، نا سالم باشد وجود دارد بابررسی نتایج حاصل می توان دریافت که در سال ۲۰۱۴ میزان میانگین مساحت دریاچه از لحاظ کم بودن مساحت بعد از ۲۰۱۵ در رتبه دوم قرار دارد و همچنین شاخص خشکسالی آن نیز علاوه بر این که از شاخص خشکسالی ۲۰۱۵ کمتر است ولی مقدار (f) بیشتری را به دست آورده است.

می توان به این نکته پی برد که تغییرات سطح دریاچه اثر مهمی بر تغییر غلظت PM2.5 دارد که مدیریت بهینه دریاچه ارومیه می تواند نقش به سزایی در کنترل ریزگردهای شهرهای اطراف همچون ارومیه داشته باشد که علاوه بر آن تغییر وضعیت خشکسالی نیز طبق شاخص VCI نسبت به تغییر سطح دریاچه اثر گذاری کمتری در تعیین وضعیت آلودگی ریزگرد ها دارد. همچنین باتوجه به شکل (۷) بحرانی ترین سال ۲۰۱۵ گزارش شد.

## تشکر

ستاد احیا دریاچه ارومیه نقش وافر در کمک کردن و راهنمایی برای طرح موضوع برای این پژوهش داشتند. همچنین از جناب آقای دکتر عمار صفایی و دکتر بهداد چهره نگار نیز قدردانی می شود.

## منابع

- Acharya TD, Subedi A, Lee DH. 2018. Evaluation of Water Indices for Surface Water Extraction in a Landsat 8 Scene of Nepal. *Sensors (Basel)*;18(8):2580. Published 2018 Aug 7.
- Nguyen, U.N.T., Pham, L.T.H. & Dang, T.D. 2019. An automatic water detection approach using Landsat 8 OLI and Google Earth Engine cloud computing to map lakes and reservoirs in New Zealand. *Environ Monit Assess* 191, 235.
- C. O. Justice *et al.*, 1998 . "The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research," in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 36, no. 4, pp. 1228-1249
- Heim, R. R. 2002. A Review of Twentieth-century Drought Indices Used in United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84: 1149-1165.
- Thenkabail, P.S., Enclona, E. A., Ashton, M. S., Legg, C., Jean De Dieu, M. 2004. The Use of Remote Sensing Data for Drought Assessment and Monitoring in Southwest Asia, International Water Management Institute, PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka





# چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹



- Roswintiarti, O., Oarwati, S., Anggraini, N. 2010. Potential Drought Monitoring over Agriculture Area in Java Island, Indonesia, Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Progress Report of SAFE Prototype Year.
- Miller, R., and Tegan, I. 1998. Climate response to mineral dust aerosols. *J. Climate* 11, 3247-3267.
- Miller, R., and Tegan, I. 1997. Interaction of mineral dust aerosols with a tropical direct circulation. *J. Climate*.
- Seinfeld, H. and Pandis, N. 1998. Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change, New York, John Wiley & Sons, 1191pp.
- Platnick, S., M. King, P. Hubanks, (2015). MODIS Atmosphere L3 Monthly Product. NASA MODIS Adaptive Processing System, Goddard Space Flight Center, doi:10.5067/MODIS/MOD08\_M3.006
- , D., Xia, X., Wang, J. et al. 2018. Synergy of AERONET and MODIS AOD products in the estimation of PM<sub>2.5</sub> concentrations in Beijing. *Sci Rep* 8, 10174 .
- Rouse, J. W.; Haas, Jr. R.; Schell, H. J. A.; and Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA: 309-317
- Bhuiyan, C. 2008. Desert Vegetation during Droughts: Response and Sensitivity. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII: 907-912
- Mcfeeters, S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17(7) : 1425- 1432
- Hasofer, Abraham M., and Niels C. Lind. 1974. Exact and invariant second-moment code format." *Journal of the Engineering Mechanics division* 100, no.: 111-121