

## بررسی اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای و هواشناسی (مطالعه موردی: دشت قزوین)

- ❖ ستاره باقری؛ دانش آموخته دکتری مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
- ❖ رضا تمرتاش\*؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
- ❖ محمد جعفری؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ محمدرضا طاطیان؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
- ❖ آرش ملکیان؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

### چکیده

اکوسیستم دشت نسبت به تغییرات محیطی بسیار آسیب‌پذیر است و خشکسالی مشهورترین محرک شناخته شده تغییر اکوسیستم است که بعد از وقوع، شناسایی اثرات و پیامدهای آن دشوار است. در این تحقیق به منظور بررسی شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی از شاخص NDVI تصاویر مودیس و شاخص SPI طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ استفاده شد و نقشه تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی با ۵ کلاس تنش خشکسالی شامل کلاس‌های خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه شد تا امکان ارزیابی مناسب خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مشخص شده فراهم شود. نتایج الگوی شیب تغییرات مکانی پوشش گیاهان نسبت به خشکسالی نشان داد که سراسر دشت متحمل شیب تغییرات پوشش گیاهی است و از شرق به غرب دشت قزوین از میزان شیب تغییرات پوشش گیاهی و حساسیت اراضی در برابر خشکسالی کاسته شده است. همچنین مساحت‌های کمی از دشت نسبت به وقوع خشکسالی کمتر در معرض خطر هستند و عمده قسمت‌های دشت نسبت به وقوع خشکسالی از حساسیت‌های متوسط تا زیاد برخوردار هستند. به گونه‌ای که بیشترین درصد مساحت در خشکسالی یک ماهه مربوط به کلاس خشکسالی خیلی کم است اما در خشکسالی‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه بیشترین درصد مساحت مربوط به کلاس‌های خشکسالی متوسط و زیاد است. نتایج این تحقیق به عبارتی تعیین شیب تغییرات پوشش گیاهی در برابر خشکسالی در سال‌های گذشته و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آینده می‌تواند جهت برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع، کنترل و مهار تغییرات غیراصولی در آینده گام مهمی باشد.

واژگان کلیدی: رگرسیون خطی ساده، روش حداقل مربعات خطا، MODIS، MOD13Q1، NDVI، SPI

## ۱. مقدمه

یافته‌های محققان علوم جوی نشان می‌دهد که تغییرات شدید رفتار متغیرهای آب و هوایی در قرن بیست و یکم نشانه‌ای از تغییرات اقلیمی است [۴۳]. در چارچوب تغییرات آب و هوایی، تعیین ثبات اکوسیستم در پاسخ به ناهنجاری‌های آب و هوایی حایز اهمیت است. این مطلب به خوبی تایید شده است که ثبات اکوسیستم ممکن است در طول زمان تغییر کند و این تغییرات زمانی می‌توانند هشدار را به منظور افزایش آسیب‌پذیری سیستم فراهم کنند [۲۴]. تغییرات اقلیمی به دلیل گرمایش جهانی [۱۹] الگوهای بارش را تغییر داده‌اند [۳۹] و باعث افزایش شدت خشکسالی در سال‌های اخیر شده‌اند. خشکسالی (به عنوان یک دوره طولانی مدت از بارش نسبتاً کم) یکی از عوامل طبیعی محیطی است که وقوع آن در اکوسیستم‌های مرتعی اجتناب‌ناپذیر است. همچنین یکی از فیلترهای مهم اکولوژیکی است که جوامع گیاهی، چشم‌اندازها و مناطق مختلف را شکل می‌دهد و جزو یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین‌کننده مراتع است [۴]. خشکسالی می‌تواند تولید علوفه، تولیدات دامی و محصولات آنها را به شدت کاهش دهد و منجر به ضرر و زیان‌های اقتصادی، کاهش اشتغال و افزایش قیمت‌هایی کالاها شود و دیگر بازارهای غیر کشاورزی را متاثر کند [۶۰]. بطوریکه هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی بالای این تاثیرات منجر به ضرورت افزایش توجه به پایش خشکسالی شده است [۷، ۴۶]. خشکسالی هواشناسی به عنوان منشا انواع خشکسالی‌های دیگر شناخته می‌شود به گونه‌ای که خشکسالی‌های هیدرولوژیکی و کشاورزی از خشکسالی هواشناسی به وجود می‌آیند [۳]. بنابراین استفاده از متغیرهای هواشناسی به منظور مطالعه انواع خشکسالی مخصوصاً در مناطقی که سایر متغیرها

اندازه‌گیری نشده‌اند می‌تواند مناسب باشد. شاخص‌های خشکسالی نیز به عنوان کلیدی جهت کمی‌سازی تعریف خشکسالی در اجرای برنامه‌های خشکسالی به شمار می‌روند [۵۷]. شاخص بارش استاندارد شده (SPI)<sup>۱</sup> [۳۰] که توسط سازمان هواشناسی جهانی معرفی شده است به عنوان شاخص اولیه خشکسالی هواشناسی [۵۸] استفاده می‌شود. در این راستا نتایج تحقیقی در ارتباط با هفت مورد از شاخص‌های هواشناسی نظارت بر خشکسالی در ایران نشان داد که شاخص SPI قادر به تشخیص آغاز خشکسالی، تنوع مکانی و زمانی آن است [۳۵]. همچنین ناصرزاده و احمدی در بررسی عملکرد شاخص‌های خشکسالی هواشناسی جهت ارزیابی شدت خشکسالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین اعلام کردند که شاخص‌های SPI و DI<sup>۲</sup> در جایگاه نخست، به لحاظ نشان دادن خشکسالی‌های شدید در بین شاخص‌های دیگر می‌باشند و مناسب‌ترین شاخص‌های هستند که نسبت به تغییرات بارش بیشترین مطابقت را دارند [۳۶]. همچنین در بررسی شاخص خطر خشکسالی در استان سمنان با استفاده از شاخص SPI اعلام شد که در گام زمانی ۳ ماهه مناطق شمالی و مرکزی و در گام زمانی ۱۲ ماهه مناطق جنوبی استان از خطر خشکسالی بیشتری برخوردارند [۳۷]. با توجه به اینکه از جمله روش‌های مرسوم پدیده خشکسالی، استفاده از شاخص‌های هواشناسی است که با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی محاسبه می‌شوند و با توجه به اینکه این ایستگاه‌ها در کشور ایران پراکنندگی مناسبی نداشته یا اینکه با کمبود داده مواجه‌اند، اما در مقابل این روش‌ها، فناوری سنجش از دور قادر به جمع‌آوری اطلاعات از نواحی وسیع به وسیله سنجنده‌های مختلف است [۴۴] از این رو می‌توان گفت استفاده همزمان از داده‌های هواشناسی و تصاویر

<sup>۱</sup> Standard Precipitation Index

<sup>۲</sup> Deciles Index

منطقه دغدغه مدیران و برنامه‌ریزان از اینکه از کجا و چگونه برای کاهش پیامدهای خشکسالی اقدام کنند، کاهش یابد. بدین منظور شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی با استفاده از دو شاخص SPI و NDVI در مقیاس‌های زمانی یک، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه در دشت قزوین بررسی می‌شود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

استان قزوین با وسعت حدود ۱/۵۶۰/۰۰۰ هکتار که ۶۱ درصد آن کوهستانی و ۳۹ درصد دشت می‌باشد، بین دو طول شرقی ۴۸°۴۵' و ۵۰°۴۵' و عرض‌های شمالی ۳۵°۳۰' و ۳۶°۴۵' واقع شده است (شکل ۱) [۱]. براساس گزارش اداره کل هواشناسی استان قزوین میانگین بارش سالانه در سطح استان از ۲۱۰ میلی‌متر در بخش‌های شرقی تا بیش از ۵۵۰ میلی‌متر در ارتفاعات شمال شرقی متغیر است و خطوط هم‌بارش کم و بیش موازی خطوط تراز می‌باشند. پر باران‌ترین نقاط استان دامنه‌های شمال شرقی در منطقه الموت با بارش بیش از ۵۵۰ میلی‌متر بوده که این شرایط بارشی، کم و بیش در مناطق مرتفع شمالی شهرستان قزوین قابل مشاهده می‌باشد. بعلاوه در ارتفاعات جنوب غربی استان (منطقه آوج) نیز با مناطقی مواجه می‌شویم که بارش سالانه بیش از ۴۵۰ میلی‌متر را دارا هستند. همچنین خشک‌ترین مناطق استان از سمت جنوب شرق استان و مناطق بیابانی بوئین زهرا شروع و تا بخش‌های جنوبی شهرستان تاکستان امتداد می‌یابد، که این مناطق با بارندگی سالانه بین ۲۱۰ تا ۲۳۰ میلی‌متر مواجه هستند. در مناطق شمال غربی استان نیز روند کاهش بارش به واسطه کاهش ارتفاع مشهود بوده بطوریکه با رسیدن به مناطق لوشان و منجیل در خارج استان میزان بارندگی به ۲۱۰ میلی‌متر می‌رسد [۳۶]. براساس روش

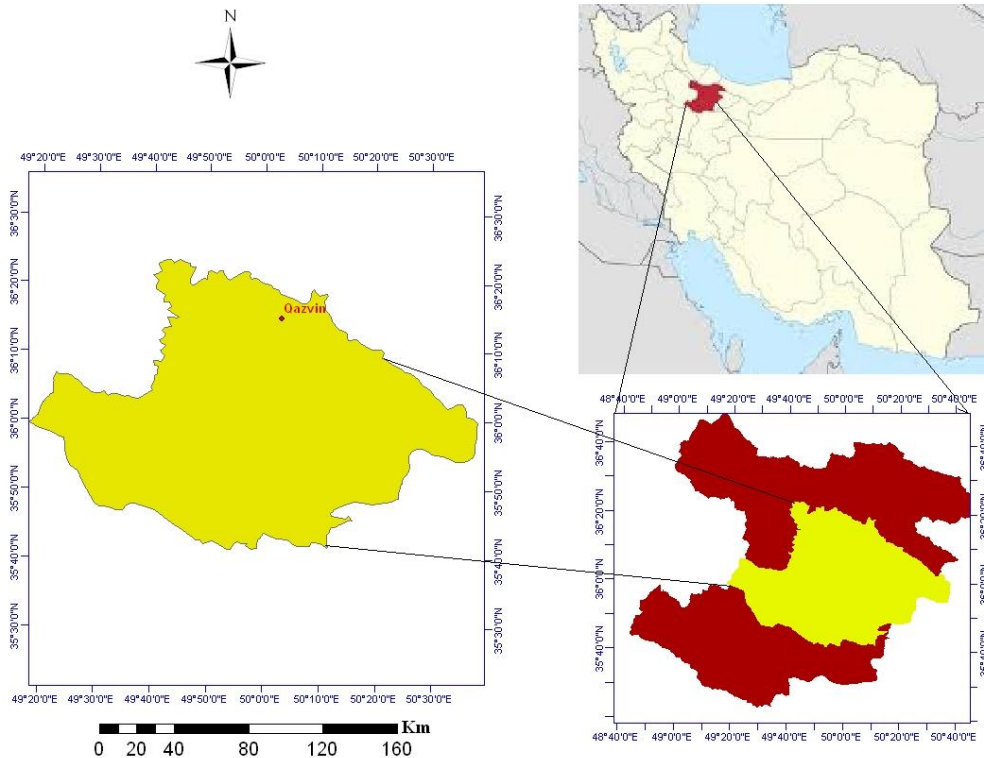
ماهواره‌ای برای دستیابی به نتایج بهتر نظارت بر خشکسالی ضروری است [۱۷]. شاخص NDVI<sup>۱</sup>، یکی از متداول‌ترین مجموعه داده‌های سنجش از دور است [۱۸] که به یک ابزار مفید و قابل اعتماد نظارت بر خشکسالی [۵۱، ۵۵] به ویژه در توصیف تحولات زمانی و مکانی خشکسالی [۵۴] تبدیل شده است. در امکان‌سنجی تشخیص تغییرات پوشش گیاهی مبتنی بر شاخص‌های زمینی و ماهواره‌ای خشکسالی مطالعه موردی استان کرمانشاه، نیز شاخص NDVI به دلیل انطباق بیشتر با خشکسالی‌های هواشناسی برای پایش ماهواره‌ای این نوع خشکسالی‌ها پیشنهاد شد [۸]. پژوهشگران، مطالعات متعددی با روش‌های مختلفی از طریق تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های استخراج شده از آنها نظیر NDVI، جهت پایش و مدیریت خشکسالی که یکی از مهم‌ترین وظایف در توصیف این خطر طبیعی است انجام داده‌اند [۴۵]. در پژوهشی با استفاده از شاخص خشکسالی هواشناسی SPI و آنومالی NDVI<sup>۲</sup> نقشه خطر خشکسالی استان فارس طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ تهیه و مشخص شد که تقریباً بیشتر قسمت استان فارس مستعد خشکسالی بوده و خشکسالی با شدت‌های مختلف را در دوره آماری مذکور تجربه کرده است [۱۰]. مطالعات اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش از دور، توسط محققانی نظیر لیورت و همکاران [۲۷]، ویسنته سرانو در شمال اسپانیا [۵۳]، تریگو و همکاران در شرق منطقه مدیترانه [۵۲]، ازین و همکاران در مراکش [۱۱]، گویا و همکاران در پرتغال [۱۳]، خسروی و همکاران در ایران [۲۵] و آویتس و همکاران در اروپا [۲۰] انجام شده است. در این پژوهش تعیین نواحی خشکسالی با توجه به رفتار بلند مدت آن بررسی می‌شود این روش به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا با شناخت رفتار و پتانسیل ذاتی خشکسالی هر منطقه، نواحی همگن از نظر خشکسالی بلند مدت را شناسایی کرده و با اولویت‌بندی

<sup>۱</sup> Normalized Difference Vegetation Index

<sup>۲</sup> NDVI Anomaly

*Bromus tomentellus*- *Astragalus glaucacanthus*  
*Acantholimon bromifolium*- *Festuca arundinacea*  
*Salsola brachiate*- *Acanthophyllum squarrosum*  
*Hulthemia persica*-*Bromus Salsola crassa*  
*tomentellus* می‌باشد.

طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه آب و هوای این منطقه خشک و نیمه خشک است ارتفاع منطقه مورد مطالعه بین ۱۱۰۰ تا ۲۹۷۱ متر است. تیپ‌های عمده گیاهی این منطقه شامل *Artemisia siebei*-*Halocnemum strobilaceum* *Astragalus microcephalus*-*Poa bulbosa*



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان قزوین

### ۲.۳. روش کار

#### ۲.۳.۱. استخراج شاخص NDVI از داده‌های MODIS

در این پژوهش به منظور ایجاد سری‌های زمانی شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی به منظور ارزیابی خشکسالی، محصولات NDVI مربوط به سنجنده MODIS ماهواره Terra با قدرت تفکیک مکانی اسمی ۲۵۰ متر (حقیقی ۲۲۶ متر) و قدرت تفکیک زمانی ۱۶

### ۲.۲. داده‌های مورد استفاده

از آنجایی که در آب و هوای خشک و نیمه خشک، نظارت بر خشکسالی به علت تاثیر متغیرهای مختلف هیدرومتئولوژی بسیار پیچیده است [۱۵]. این مقاله ترکیبی از عوامل را در نظر گرفت بطوریکه از داده‌های NDVI مشتق شده از سنجنده MODIS<sup>۱</sup> به همراه داده‌های بارش استفاده شد.

<sup>۱</sup> Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

گاما برای سری‌های زمانی بارش بهترین برازش را دارد و به همین جهت مک کی و همکاران [۲۵]، شاخص SPI را بر مبنای توزیع گاما قرار دادند [۳۰]. مقادیر مثبت SPI نشان دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای معکوس آن را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. بنابراین مدت دوره خشکسالی با شروع و خاتمه ارقام منفی SPI تعیین می‌شود و مقادیر تجمعی SPI نیز بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان می‌دهد [۱۶]. به‌طور کلی به‌منظور محاسبه SPI، باید داده‌های بارندگی دوره آماری هر ایستگاه به تابع توزیع احتمال گاما برازش داده شود. تابع چگالی احتمال این توزیع در رابطه (۲) آورده شده است [۳۰]:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad \text{for } x > 0 \quad (2)$$

x مقدار بارش،  $\alpha$  پارامتر شکل،  $\beta$  پارامتر مقیاس و  $\Gamma(\alpha)$  معرف تابع گاما است. لازم به ذکر است که مقادیر  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\beta$  باید بیشتر از صفر باشد.  $\alpha$  و  $\beta$  با استفاده از رابطه معادلات (۳) تا (۵) محاسبه می‌شود.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{4A} \quad (4)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(\bar{x})}{n} \quad (5)$$

n تعداد مشاهدات بارندگی است. بعلاوه  $\bar{x}$  برای یک ماه مشخص، میانگین بارندگی تجمعی برای یک ماه در طول دوره آماری است. پارامترهای محاسبه شده اجازه می‌دهد که توزیع بارندگی در ایستگاه به صورت موثری توسط یک تابع احتمال تجمعی ریاضی به صورت رابطه (۶) نشان داده شود.

$$G(x) = \int_0^x \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (6)$$

روز، سطح ۳ (MOD13Q1) مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ از سایت NASA دریافت گردید. شاخص NDVI [۴۲، ۵۰] که نسبت اختلاف طیف مادون قرمز نزدیک (NIR) و طیف قرمز (RED) به مجموع آنها است از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED) \quad (1)$$

مقادیر NDVI بین ۱- و ۱+ می‌باشد. مقادیر نزدیک به ۱+، حضور گیاهان سبز سالم را می‌رسانند [۱۴، ۴۰] در حالیکه مقادیر منفی در این شاخص حاکی از عدم وجود پوشش گیاهی است [۲].

### SPI .۲.۳.۲

شاخص بارش استاندارد شده [۳۰] (SPI) یک شاخص قوی، انعطاف‌پذیر و دارای انسجام مکانی بالا است. علاوه بر این محاسبه آن ساده است و فقط نیاز به پارامتر ورودی بارش دارد [۴۸]. این شاخص توسط سازمان جهانی هواشناسی پیشنهاد داده شده است [۵۹] بطوریکه امروزه بسیاری از سرویس‌های ملی هواشناسی و مراکز کنترل خشکسالی از آن استفاده می‌کنند [۴۸]. ویژگی اصلی SPI نسبت به شاخص‌های دیگر این است که قادر به تشخیص خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مختلف (۱، ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه و...) است [۴۹]. با توجه به مزایای و برتری‌های شاخص بارش استاندارد شده نسبت به شاخص‌های دیگر استفاده گسترده‌ای از این شاخص توسط محققان به عمل آمده است. در این راستا می‌توان به تحقیقات میشر و همکاران در هندوستان [۳۲] و دومینکوز و همکاران در مجارستان [۶]، پرتقال پاولو و همکاران [۳۸]، مکزیکی گیدینگز و همکاران [۱۲] و اروپا لیوود هوی و ساندرز [۲۸] اشاره کرد. در این تحقیق نیز از شاخص SPI به منظور محاسبه اجزای مرتبط با خشکسالی استفاده شد. برای محاسبه این شاخص ابتدا توزیع آماری مناسب بر آمار بلند مدت بارندگی‌ها برازش داده می‌شود، سپس تابع تجمعی با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌شود [۹، ۳۰، ۳۱]. تام (۱۹۶۶) دریافت که توزیع

روش‌ها، روش کمترین مربعات<sup>۳</sup> است که در آن این دو پارامتر از طریق روابط (۹) و (۱۰) برآورد می‌شوند:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (۹) \quad [۳۳]$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (۱۰) \quad [۳۳]$$

پارامتر  $b$  نشان می‌دهد که شیب تغییرات پوشش گیاهی تا چه اندازه با خشکسالی هماهنگی دارد. در این رابطه  $\bar{x}$  و  $\bar{y}$  از طریق روابط (۱۱) و (۱۲) به دست می‌آیند:

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad (۱۱) \quad [۲۳]$$

$$\bar{y} = \frac{\sum yi}{n} \quad (۱۲) \quad [۲۳]$$

در این پژوهش نتایج معادله ۹، به صورت نقشه‌های شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی در بازه‌های زمانی مشخص شده، برای منطقه مورد مطالعه (دشت قزوین)، از طریق نرم افزار ArcGIS 10.4 تهیه شد.

### ۳. نتایج

#### ۳.۱. شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به

##### تغییرات خشکسالی طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶

به منظور بررسی شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی، تصاویر MODIS طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌های شیب تغییرات پوشش گیاهی بر مبنای تغییرات خشکسالی مطابق شکل (۲) بدست آمد. لازم به ذکر است که پیکسل‌های صورتی و قرمز در کلیه نقشه‌ها نماینگر شیب تغییرات بیشتر پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی می‌باشند. همانطور که در شکل (۲-۱) مشاهده می‌شود مناطق بالای دشت (ارتفاعات دشت) شیب

از آنجایی که تابع گاما برای مقادیر  $x = 0$  تعریف نشده است و توزیع بارندگی ممکن است مقدار صفر اتخاذ کند احتمال تجمعی با استفاده از رابطه (۷) به دست می‌آید.

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (۷)$$

$q$  همان احتمال صفر و  $H(x)$  تابع احتمال تجمعی با وجود داده‌های  $x = 0$  است. سپس برای تولید مقادیر SPI تجمعی  $H(x)$  به توزیع نرمال استاندارد مبدل شده است [۳۰]. زمانی که مقادیر بارندگی هر گام زمانی برای هر ماه از سال به تابع توزیع گاما برازش داده شد، تابع به دست آمده نشان‌دهنده احتمال تجمعی یک رویداد بارش برای آن ماه از دوره آماری است که ایجاد طبقه‌بندی مقادیر SPI را ممکن می‌سازد. در تحقیق حاضر از نرم‌افزار DIP<sup>۱</sup> به منظور محاسبه شاخص SPI در گام‌های زمانی یک، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه استفاده شد.

#### ۲.۳.۳. بررسی روابط بین شاخص‌ها

از آنجایی که بین مقادیر NDVI و SPI همبستگی وجود دارد [۲۱]، می‌توان آنها را با الگوهای ریاضی از جمله معادله رگرسیون خطی بیان کرد و در نهایت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی را بررسی کرد. معادله کلی و خلاصه شده از یک تحلیل رگرسیونی خطی ساده<sup>۲</sup> به صورت زیر می‌باشد:

$$y = a + bx \quad (۸) \quad [۴۱]$$

در رابطه بالا  $y$  متغیر وابسته (شاخص NDVI در این تحقیق)،  $x$  متغیر مستقل (شاخص SPI در این تحقیق) و  $a$  و  $b$  پارامترهای خط می‌باشند که مانند هر پارامتر دیگری می‌توان آن‌ها را برآورد کرد. روش‌های متفاوتی برای برآورد کردن دو پارامتر  $a$  و  $b$  وجود دارد. یکی از این

<sup>۱</sup> Drought Indices Package

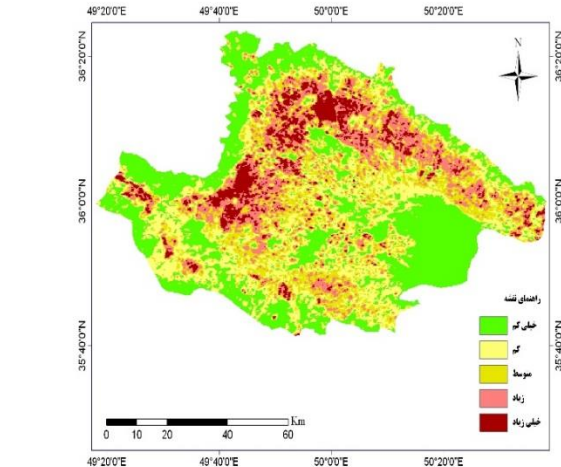
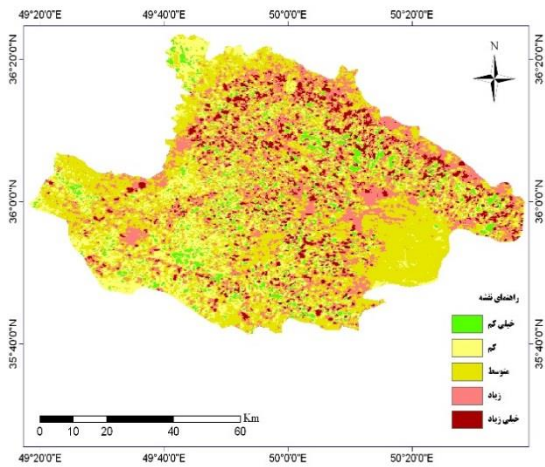
<sup>۲</sup> Simple Linear Regression

<sup>۳</sup> Least Square Error

عبارت دیگر این مناطق دارای بیشترین خطر در برابر وقوع خشکسالی می‌باشند. از این رو می‌توان این مناطق را به عنوان مناطق با ریسک بالا معرفی کرد. همچنین می‌توان گفت شیب تغییرات خیلی زیاد باعث شده که این قسمت دشت در وضعیت ایده‌آل و بدون ریسک قرار نگیرد. کلاس شیب تغییرات کم پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی به صورت نوار باریکی در ارتفاعات مشاهده می‌شود و می‌توان گفت افزایش ارتفاع باعث کاهش حساسیت به خشکسالی می‌شود. در شکل (۲-۶) کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی در قسمت‌های شمال، غرب و جنوب شرقی دشت مشاهده می‌شوند.

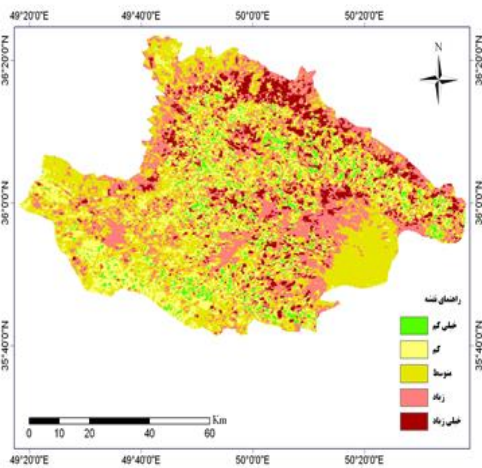
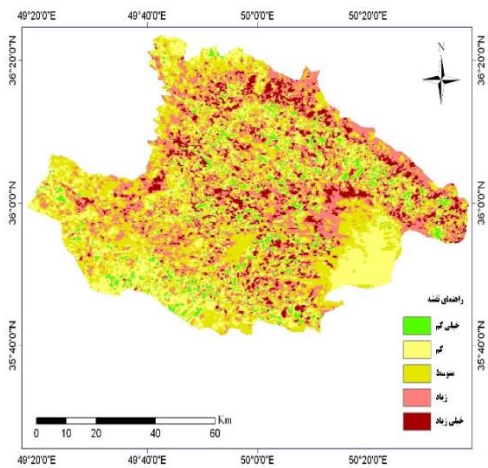
در شکل (۲-۷) قسمت‌های جنوب غربی منطقه کلاس شیب تغییرات پوشش گیاهی خیلی زیاد رو به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر این در حاشیه‌های شرقی و غربی دشت کلاس شیب تغییرات زیاد مشاهده می‌شود. مطابق شکل (۲-۸) بیشترین تمرکز کلاس شیب تغییرات پوشش گیاهی خیلی زیاد، در قسمت جنوب شرقی منطقه مشاهده می‌شود. که به صورت پراکنده هم در قسمت‌های مرکزی دشت مشاهده می‌شود. بنابراین، با توجه به نقشه‌های تولید شده باید در مکان‌های که کلاس خیلی زیاد شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی تمرکز دارد کارهای مدیریتی را به آنجا انتقال داد و برنامه مدیریت ریسک را به جای مدیریت بحران اجرا کرد. یعنی قبل از این که این پدیده رخ دهد باید تمهیدات لازم را جهت مقابله با آن اندیشید. نکته‌ای که در تمام تصاویر مربوط به شدت خشکسالی ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه مشاهده می‌شود این است که قسمت‌های جنوب شرقی دشت کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی را به خود اختصاص داده‌اند که علت این امر را می‌توان واقع شدن این مناطق در شهرستان بوئین زهرا دانست که از کمینه میزان بارش استان قزوین (۲۱۰ تا ۲۳۰) میلی‌متر برخوردار است و خشک‌ترین منطقه استان را به خود اختصاص می‌دهد.

تغییرات خیلی زیاد (پیکسل‌های قرمز رنگ در نقشه‌ها) را به خود اختصاص داده‌اند. به عبارت دیگر پوشش گیاهی این مناطق نسبت به مناطق دیگر در برابر خشکسالی حساس‌تر و بیشتر مستعد تغییرات می‌باشند. همچنین قسمت‌های وسیعی از دشت در ارتفاعات میانه از غرب، مرکز و شرق دشت کلاس شیب تغییرات زیاد را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به شکل (۲) قسمت‌های سبز رنگ و زرد رنگ به ترتیب شیب تغییرات خیلی کم، کم یا عدم تغییرات قبل ملاحظه را نشان می‌دهند. در شکل (۲-۱) کلاس شیب تغییرات خیلی کم، در قسمت‌های حاشیه‌ای دشت واقع شده است که بیانگر عدم حساسیت یا حساسیت کم این مناطق نسبت به وقوع پدیده خشکسالی می‌باشد. مطابق شکل (۲-۲) کل منطقه متوجه تغییرات بوده بطوریکه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی از جنوب غربی دشت به تدریج به سمت شمال و شرق دشت افزایش یافته است که می‌توان گفت تاثیرپذیری این مناطق از خطرات خشکسالی بیشتر است. در شکل (۲-۳) نسبت به نقشه تهیه شده با مقیاس خشکسالی سه ماهه (شکل ۲-۲) شدت تغییرات شیب پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی افزایش یافته است. به گونه‌ای که کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد تغییرات شیب پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی، بیشتر در حاشیه‌های شمال شرقی، شمال غربی و قسمت‌های از جنوب شرقی دشت مشاهده می‌شود. در شکل (۲-۴) کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی به صورت پراکنده تقریباً در سرتاسر دشت مشاهده می‌شود اما حاشیه‌های شرقی و غربی و قسمت مرکزی دشت به سمت جنوب شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی بیشتر است که در پی آن حساسیت بالاتری نسبت به خشکسالی ایجاد می‌شود. در شکل (۲-۵) کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی در قسمت‌های شمال غربی، شمال شرقی و جنوب شرقی مشاهده می‌شود اما در قسمت جنوب شرقی دشت بیشترین تمرکز را دارد. به



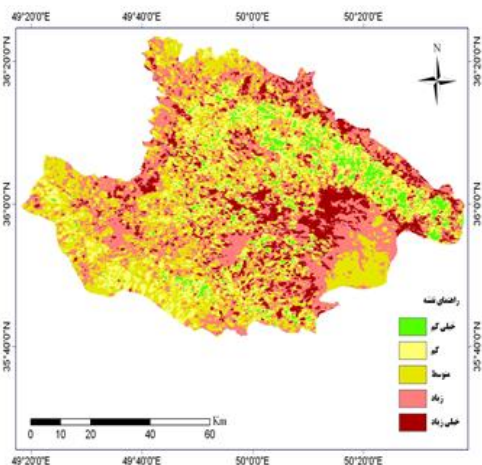
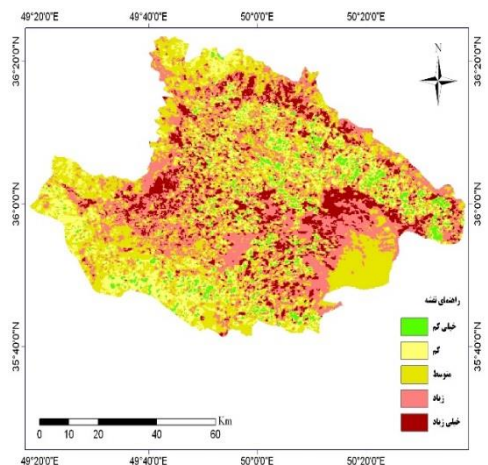
۲-۱. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی یک ماهه

۲-۲. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۳ ماهه



۲-۳. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۶ ماهه

۲-۴. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۹ ماهه

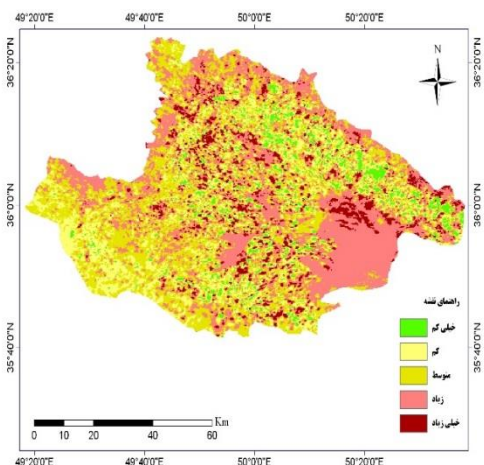


۲-۵. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۱۲ ماهه

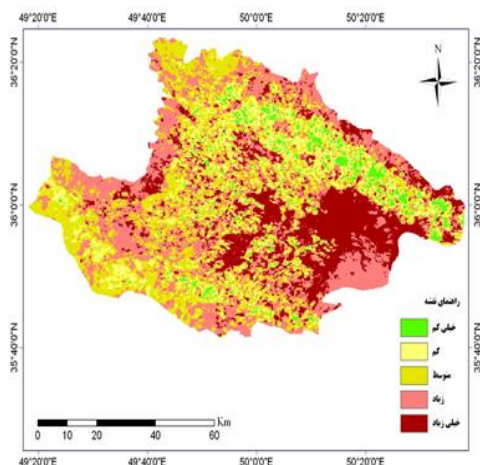
۲-۶. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۱۸ ماهه

شکل ۲. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی در دشت قزوین





۲-۸. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۴۸ ماهه



۲-۷. نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۲۴ ماهه

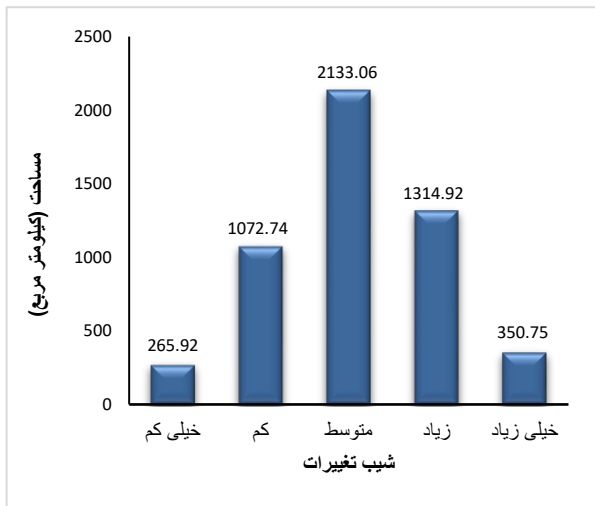
## ادامه شکل ۲.

بیشترین و کمترین مساحت به ترتیب مربوط به کلاس‌های زیاد و خیلی کم با مساحتی برابر  $1797/92$  و  $246/82$  کیلومتر مربع می‌باشد. مساحت مربوط به کلاس‌های شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی ۱۸ ماهه در شکل (۳-۶) آورده شده است. در این شکل نیز بیشترین و کمترین مساحت به ترتیب متعلق به کلاس‌های متوسط و خیلی کم با مساحتی برابر  $1743/38$  و  $219/9$  کیلومتر مربع می‌باشد. در شکل (۳-۷) بیشترین و کمترین مساحت مربوط به شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۲۴ ماهه به ترتیب به کلاس‌های زیاد و خیلی کم با مساحتی برابر  $1752/26$  و  $207/7$  کیلومتر مربع تعلق دارد. مطابق شکل (۳-۸) بیشترین و کمترین مساحت مربوط به شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۴۸ ماهه به ترتیب به کلاس‌های زیاد و خیلی کم با مساحتی برابر  $1810/9$  و  $261/19$  کیلومتر مربع از کل مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همانطور که در نمودارها مشخص شده است به جز شکل (۳-۱) کلاس شیب تغییرات خیلی کم، کمترین مساحت دشت را به خود اختصاص داده است و بعد از این کلاس، به ترتیب کلاس‌های متوسط، زیاد و خیلی زیاد بیشترین تکرار

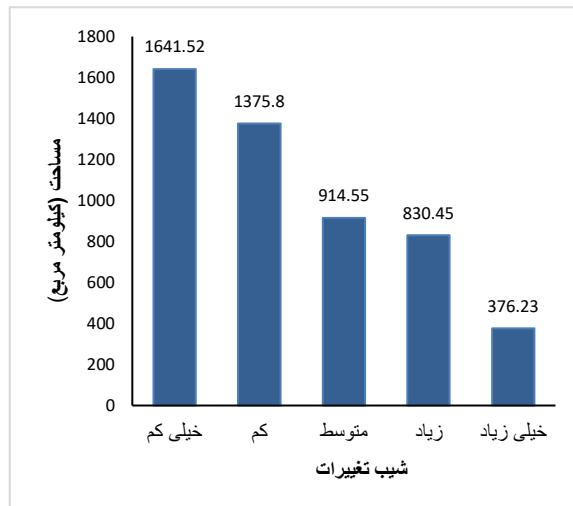
در شکل (۳-۱) مساحت مربوط به هر یک از طبقات شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی یک ماهه، مشخص شده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین و کمترین مساحت به ترتیب مربوط به کلاس‌های خیلی کم و خیلی زیاد با مساحتی برابر  $1642/52$  و  $376/23$  کیلومتر مربع است. مطابق شکل (۳-۲) بیشترین و کمترین مساحت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۳ ماهه، مربوط به کلاس‌های متوسط و خیلی کم با مساحتی برابر  $2133/06$  و  $265/92$  کیلومتر مربع می‌باشد. در شکل (۳-۳) که بیانگر شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۶ ماهه می‌باشد، بیشترین و کمترین مساحت به کلاس‌های متوسط و خیلی کم با مساحتی برابر  $1900/43$  و  $259/41$  کیلومتر مربع تعلق دارد. شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۹ ماهه در شکل (۳-۴) آورده شده است. مطابق شکل بیشترین و کمترین مساحت به ترتیب مربوط به کلاس‌های متوسط و خیلی کم با مساحتی برابر  $1797/92$  و  $247/3$  کیلومتر مربع می‌باشد. همچنین در شکل (۳-۵) که بیانگر شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۱۲ ماهه است

گیاهی مشاهده می‌شود و سطح کمتری از دشت نسبت به وقوع خشکسالی از حساسیت کمتری برخوردار است.

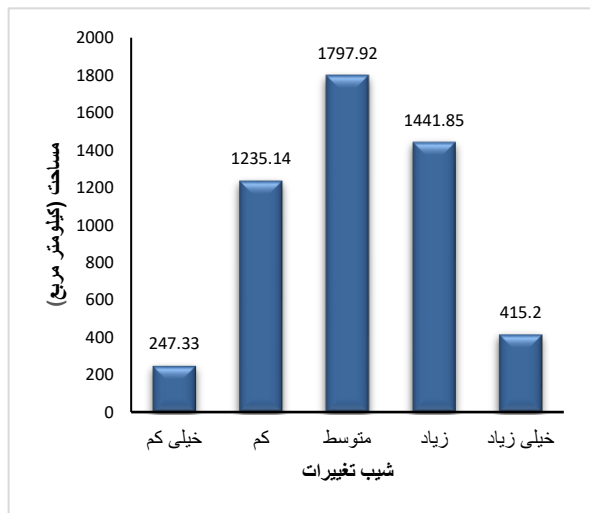
کلاس را در توصیف هر یک از نمودارها داشته‌اند. این بدین معنی است که در سطح کل دشت تغییرات پوشش



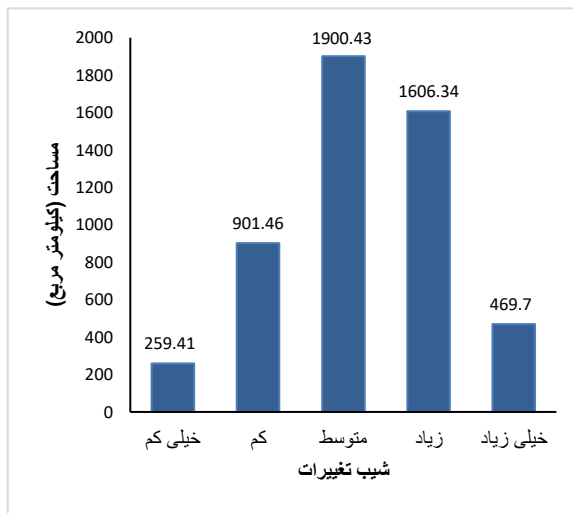
۳-۲. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۳ ماهه



۳-۱. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی یک ماهه

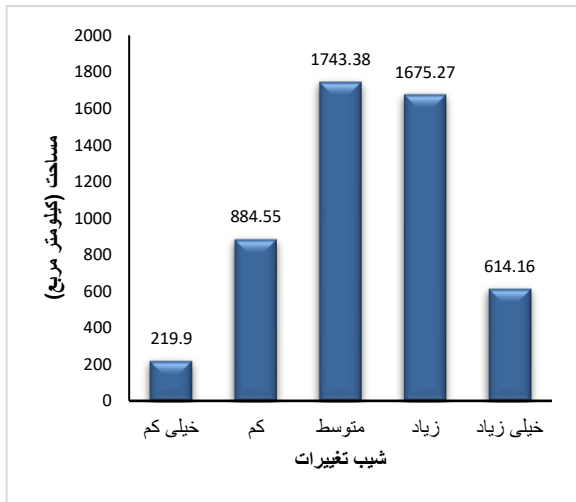


۳-۴. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۹ ماهه

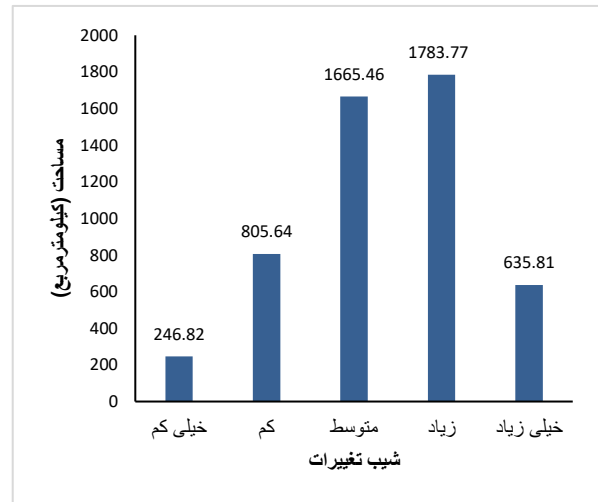


۳-۳. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۶ ماهه

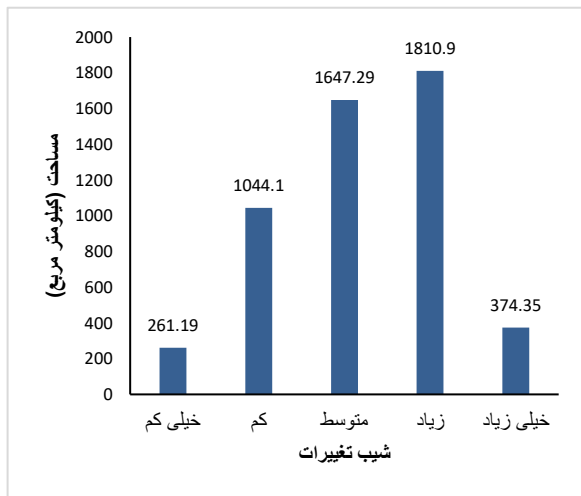
شکل ۳. نمودار مساحت‌های کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات در دشت قزوین



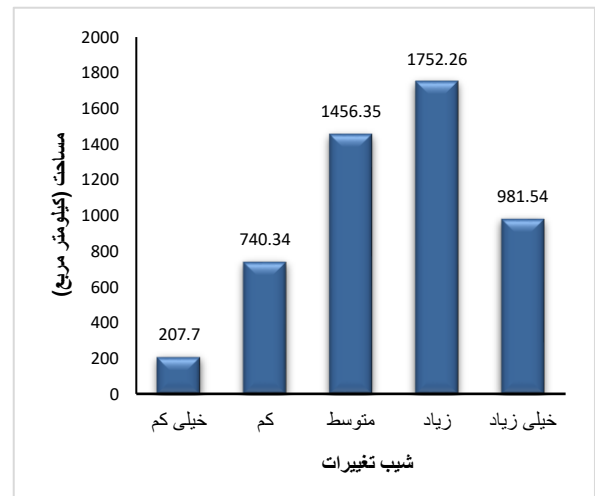
۳-۶. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۱۸ ماهه



۳-۵. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۱۲ ماهه



۳-۸. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۴۸ ماهه



۳-۷. نمودار مساحت کلاس‌های متفاوت شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییرات شدت خشکسالی ۲۴ ماهه

ادامه شکل ۳.

توسعه دارای تاثیرات متفاوتی هستند. برخی از آنها مانند سیل و زلزله، از فراوانی کم و شدت بالا و اثرگذاری افقی محدود و عمقی گسترده، به ویژه در مرکز حادثه برخوردارند. بدین ترتیب، براساس نظریه پخش هر اندازه

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

تهدیدات محیطی، از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه محسوب می‌گردند. این تهدیدات براساس شدت، فراوانی و دامنه اثرگذاری (به صورت افقی و عمقی) در امر

خشکسالی به عنوان یک عامل مهم تاثیرگذار در مناطق خشک و نیمه خشک معرفی شده است [۵] حاشیه‌های شمال شرقی، شمال غربی و قسمت‌های از مرکز دشت، هم با قرارگیری در کلاس زیاد (پیکسل‌های صورتی رنگ) شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی، اولویت بعدی را به عنوان مناطق تاثیرپذیر از خشکسالی به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج گویای این مطلب است که خطر خشکسالی در مناطق مذکور نسبت به سایر مناطق بالاتر است و باید در برنامه‌ریزی‌های مربوط به خشکسالی این مناطق در اولویت قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مناطق تخریب شده، مراتع برای دستیابی به شرایط طبیعی احیا شوند و در قسمت‌های مذکور در صورت چرای دام مدیریت و کنترل چرا در این نواحی بازنگری شود. به طور کلی می‌توان گفت در خشکسالی‌های ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه از شرق به غرب دشت قزوین از میزان شیب تغییرات پوشش گیاهی و حساسیت اراضی در برابر خشکسالی کاسته شده است که این نتیجه با نتایج مقصود و همکاران [۲۹] که اعلام کردند وضعیت خشکسالی‌ها از شرق به غرب استان قزوین کاهش یافته است، همخوانی دارد. مطابق نتایج (شکل ۳) مساحت هر یک از طبقات خشکسالی، در طول دوره آماری مورد مطالعه و تحت تاثیر شدت‌های متفاوت خشکسالی تغییرات زیادی داشته است. بطوریکه در طول بازه مورد مطالعه مناطقی که کلاس خیلی کم (پیکسل‌های سبز رنگ) شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی را به خود اختصاص داده‌اند که نسبت به سایر کلاس‌ها از وسعت کمتری برخوردار هستند. از این رو می‌توان گفت دشت قزوین کاهش بارش و افزایش دما (که مشخصه‌های اصلی خشکسالی هواشناسی هستند) را در بیشتر مناطق تجربه کرده است. مطالعات گوناگون در مورد علل تغییرات پوشش گیاهی نشان داده که عوامل آب و هوایی به ویژه بارش و دما، تاثیر معنی‌داری بر پویایی پوشش گیاهی دارند [۲۲، ۲۶، ۳۴،

به مرکز حادثه نزدیک‌تر باشند، تاثیرگذاری آنها شدیدتر و ملموس‌تر خواهد بود، اما خشکسالی بنابر مشخصات آن به عنوان پدیده‌ای اقلیمی دارای گستره جغرافیایی وسیع، فراوانی بیشتر و تاثیرگذاری شدید در هر دو بعد افقی و عمودی است. این تهدید طبیعی به علت تاثیرگذاری سریع در منابع آب، پوشش گیاهی مراتع، تامین آب آشامیدنی و کشاورزی و به دنبال آن، منابع غذایی و صنایع تاثیرات وسیع‌تری نسبت به سایر تهدیدات دارد [۴۱]. جهت بررسی شیب تغییرات پوشش گیاهی دشت قزوین نسبت به خشکسالی، در یک بازه زمانی ۱۵ ساله نقشه‌های شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی، در پنج کلاس (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تهیه شد. سپس، اطلاعات توصیفی هر کدام از نقشه‌ها محاسبه و اعداد حاصل با هم مقایسه شد (شکل‌های ۲ و ۳). مطابق نتایج (شکل ۲-۱) در خشکسالی یک ماهه حاشیه اطراف دشت نسبت به خطر خشکسالی در امان است و طبقه خطر خشکسالی خیلی کم را به خود اختصاص می‌دهد. اما امتداد شمالی شرقی دشت مطابق با نتایج مقصود و همکاران [۲۹] و غرب دشت بیش از سایر مناطق مستعد خطر خشکسالی هستند. لذا در اقدامات مدیریتی مهار خشکسالی پیشنهاد می‌گردد که این بخش از دشت در اولویت برنامه‌ریزان و مدیران اجرایی قرار گیرد. از سوی دیگر نتایج خشکسالی‌های ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه بیانگر این مطلب می‌باشند که قسمت جنوب شرقی دشت با اختصاص دادن کلاس خیلی زیاد (پیکسل‌های قرمز رنگ) شیب تغییرات پوشش گیاهی به خود از حساسیت بالاتری نسبت به خشکسالی برخوردار است. به گونه‌ای که هر چه از این مناطق به طرف مرکز دشت پیش می‌رویم احتمال تاثیرپذیری دشت از خشکسالی شدید کاهش می‌یابد، که این نتایج با نتایج ناصرزاده و احمدی [۳۶] مطابقت دارد. باید اذعان نمود که اگرچه خشکسالی تنها عامل تاثیرگذار بر شیب تغییرات پوشش گیاهی در این نواحی نیست اما

قزوین است در دهه‌های اخیر تحت‌تاثیر خشکسالی هواشناسی بوده است [۲۹] مشخص کردن شیب تغییرات پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی به منظور مدیریت بهینه مصرف آب کشاورزی و جلوگیری از تخریب منابع آب نیز موثر است. نقشه‌های حاصل از معادله شیب خط نیز در راستای مدیریت ریسک خشکسالی، آمادگی لازم برای مقابله با خشکسالی را قبل از وقوع و گسترش آن، با تکیه بر آگاهی از شرایط فعلی منطقه و تصمیمات از قبل طراحی شده فراهم می‌کنند. از سوی دیگر با توجه به تفاوت شدت‌های خشکسالی محاسبه شده، تعیین مناطق هم‌شدت خشکسالی از جمله اقداماتی است که در انتخاب روش‌های مدیریت ریسک می‌تواند مفید باشد [۴۱]. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص گیاهی NDVI سنجنده MODIS و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI از کارایی مناسبی در تعیین مناطق پوشش‌های گیاهی حساس و آسیب‌پذیر در دوره‌های خشکسالی برخوردار هستند. همچنین با کمک این شاخص‌ها می‌توان برای کاهش خسارات ناشی از خشکسالی در عرصه‌های طبیعی به ویژه مدیریت مراتع در هنگام وقوع خشکسالی برنامه‌ریزی نمود.

[۴۷]. به عنوان مثال در پژوهشی که در منطقه غرب آفریقا انجام شد، ارتباط قوی بین تغییرات سالانه ترکیب گونه‌ای و توزیع بارش در گراسلندهای نمیه خشک اعلام شد [۴۷]. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که روند اثرات شدت خشکسالی بر شیب تغییرات پوشش گیاهی متفاوت است. بطوریکه، نواحی‌ای که در معرض خطر خشکسالی شدیدتری قرار دارند (پیکسل‌های صورتی و قرمز رنگ) در زمان وقوع خشکسالی آسیب بیشتری خواهند دید و لازم است با توجه به نقشه‌های حاصله برنامه‌ریزی‌های مناسبی به منظور کاهش اثرات خشکسالی صورت گیرد. روش اعمال شده در این پژوهش می‌تواند ضمن شناسایی شیب تغییرات پوشش گیاهی در کل پهنه دشت قزوین (در ابعاد هر پیکسل)، روند تخریب دشت قزوین نسبت به خشکسالی هواشناسی را نمایان سازد. کشف شیب تغییرات پوشش گیاهی به برنامه‌ریزان و مدیران منطقه‌ای کمک می‌کند تا با اولویت‌بندی مناطق حساس به پدیده خشکسالی روش‌های مدیریتی بهینه‌ای را در راستای توسعه پایدار اتخاذ نمایند. از سوی دیگر با توجه به اینکه سطح آبخوان دشت قزوین که بزرگترین منبع تامین کننده آب مورد نیاز کشاورزی، شرب و صنعت استان

## References

- [1] Abtahi, F. (2001). Recognition of ecological regions of Qazvin province. Institute of Forestry and Rangeland Research, 274p.
- [2] Adamchuk, V.I., Perk, R.L. and Schepers, J.S. (2003). Application of remote sensing in sitespecific management. Precision Agriculture Extension Circular EC 03-702. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska Cooperative Extension.
- [3] Boken, K., Cracknell, P. and Heathcote, L. (2005). Monitoring and predicting agricultural drought. first.ed. Oxford University press inc., 472p.
- [4] Brown, J.R., Kluck, D., McNutt, C. and Hayes, M. (2016). Assessing drought vulnerability using a socioecological framework. Rangelands, 38(4), 162-168.
- [5] Damavandi, A.A., Rahimi, M., Yazdani, M.R. and Noroozi, A.A. (2016). Spatial monitoring of agricultural drought through time series of NDVI and LST indices MODIS data (Case study: Markazi province). Scientific - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 25(99), 115-126.

- [6] Domonkos, P., Szalai, S. and Zoboki, J. (2001). Analysis of drought severity using PDSI and SPI indices. *Idűjárás* ISSN 0324-6329 CODEN IDOJA4, 105, 93-107.
- [7] Downing, T.E. and Baker, K. (2000). Drought discourse and vulnerability. In: Wilhite, D.A. (Ed.), *Drought: A Global Assessment*. Routledge, London, UK, pp. 213-230.
- [8] Ebrahimzadeh, S., Bazrafshan, J. and Ghorbani, Kh. (2013). Study of the identification of the variations in plant vegetation using remote sensing and ground-based drought indices (Case study: Kermanshah province). *Journal of Agricultural Meteorology*, 1(1), 37-48.
- [9] Edwards, D.C. and Mckee, T.B. (1997). Characteristics of 20th century drought in the United State at multiple time scales. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 634, 1-30.
- [10] Erfanian, M., Vafaei, N. and Rezaeianzade, M. (2014). A new method for drought risk assessment by integrating TRMM monthly rainfall data and the Terra/MODIS NDVI data in Fars province, Iran. *Journal of Physical Geography Research Quarterly* 46(1), 93-108.
- [11] Ezzine, H., Bouziane, A. and Ouazar, D. (2014). Seasonal comparisons of meteorological and agricultural drought indices in morocco using open short time-series data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 26(1), 36-48.
- [12] Giddings, L., Soto, M., Rutherford, B.M. and Maarouf, A. (2005). Standardized precipitation index zones for Mexico, *Atmosfera*, pp. 33-56.
- [13] Gouveia, C., Trigo, R.M. and Dacamra, C.C. (2009). Drought and vegetation stress monitoring in Portugal using satellite data, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9.
- [14] Han, G. and Xu, J. (2007). Vegetation classification in eastern china using time series NDVI Images. *Proc. SPIE 6790, MIPPR 2007: Remote Sensing and GIS Data Processing and Applications; and Innovative Multispectral Technology and Applications*, 67901N.
- [15] Hashemi Nasab, A., Ansary, H. and Sanaei-Nejad, S.H. (2018). Analyzing drought history using fuzzy integrated drought index (FIDI): a case study in the Neyshabour basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 390, 1-10.
- [16] Hayes, M.J. (2000). What is drought? national drought mitigation center, URL: [www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm](http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm).
- [17] Himanshu, S.K., Singh, G. and Kharola, N. (2015). Monitoring of drought using satellite data. *Int. Res. J. Earth Sci.* 3, 66-72.
- [18] Ibrahim, Y.Z., Balzter, H., Kaduk, J. and Tucker, C.J. (2015). Land degradation assessment using residual trend analysis of GIMMS NDVI3g, soil moisture and rainfall in Sub-Saharan West Africa from 1982 to 2012. *Remote Sens.*, 7, 5471-5494.
- [19] IPCC, (2007). *Climate change 2007. Contribution of working groups I and II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. In: contribution of working groups I and II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge university press Cambridge, United Kingdom, New York, USA.
- [20] Ivits, E., Horison, S., Fenshold, R. and Cherlet, M. (2014). Drought footprint on European ecosystems between 1999 and 2010 assessed by remotely sensed vegetation phenology and productivity. *Global Change Biology*, 20, 581-593.
- [21] Ji, L. and Peters, A.J. (2003). Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. *Remote Sensing of Environment*, 87, 85-98.
- [22] Jiapaer, G., Liang, S., Yi, Q. and Liu, J. (2015). Vegetation dynamics and responses to recent climate change in Xinjiang using leaf area index as an indicator, *Ecol. Indic.* 58, 64-76.

- [23] Karimi, S., Javdani, R., Fakhri Riani, N. and Sedghi, M. (2013). Evaluation of the relationship between rangeland production capacity and rainfall range (Case study: Iranshahr city). First National Conference on Climatology of Iran, 1-11.
- [24] Keersmaecker, W., Lhermitte, S., Hill, M.J., Tits, L., Coppin, P. and Somers, B. (2017). Assessment of regional vegetation response to climate anomalies: a case study for Australia using GIMMS NDVI time series between 1982 and 2006. *Remote Sens*, 9(34), 1-17.
- [25] Khosravi, H., Haydari, E., Shekoohezadegan, S. and Zareie, S. (2017). Assessment the effect of drought on vegetation in desert area using Landsat data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 20, 3-12.
- [26] Liu, Y., Li, Y., Li, S. and Motesharrei, S. (2015). Spatial and temporal patterns of global NDVI trends: correlations with climate and human factors. *Remote Sens.*, 7(10), 13233-13250.
- [27] Lloret, F., Lobo, A., Estevan, H., Maisongrande, P., Vayreda, J. and Terradas, J. (2007). Woody plant richness and NDVI response to drought events in Catalonian (northeastern Spain) forests. *Ecology*, 88, 2270-2279.
- [28] Llyod Hughes, B. and Saunders, M.A. (2002). Drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, 22, 1571-1592.
- [29] Maghsoud, F., Malekian, M., Mohseni Saravi, A. and Bazrafshan A. (2017). Monitoring and zoning of meteorological drought characteristics using markov chain model and geostatistical methods (Case study: Qazvin province). *Journal of Range and Watershed Management*, 69(4), 1075-1099.
- [30] McKee, T.B., Doeskin, N.J. and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: proceedings of the 8th conference on applied climatology.
- [31] Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales, the 9th conference on applied climatology, american meteorological society, Boston, 233-236.
- [32] Mishra, A.K. and Desai, V.R. (2006). Drought forecasting using feed-forward recursive neural network. *Journal of Ecological Modeling*, 198(1-2), 127-138.
- [33] Momeni, M. and Faal Ghayoumi, A. (2007). Statistical analysis using SPSS. New Book Publishing, Tehran. 304p.
- [34] Montaldo, N., Albertson, J.D. and Mancini, M. (2008). Vegetation dynamics and soil water balance in a water-limited mediterranean ecosystem on Sardinia, Italy. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss*, 5, 219-255.
- [35] Morid, S., Smakhtin, V. and Moghaddasi, M. (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *Int. J. Climatol.* 26(7), 971-985.
- [36] Naserzadeh, M.H. and Ahmadi, I. (2013). Assessment of meteorological drought indices performance in drought evaluation and zoning in Qazvin province. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 12(2), 141-162.
- [37] Nasrollahi, M., Khosravi, H., Moghaddamneia, A. and Malekeian, A. (2015). Assessment of drought hazard index using standardized precipitation index (Case study: Semnan province, Iran). *Journal of Agricultural Meteorology*, 3(1), 66-57, (in Farsi).
- [38] Paulo, A.A., Ferreira, E., Coelho, C. and Pereira, L.S. (2005). Drought class transition analysis through markov and loglinear models, an approach to early warning. *Agricultural Water Management*, 77(1-3), 59-81.
- [39] Peñuelas, J., Rutishauser, T. and Filella, I. (2009). Phenology feedbacks on climate change. *Science*, 324, 887-888.
- [40] Ramchandra, T.V. (2008). Regional land cover mapping using remote sensing data. *Journal of Agricultural, food and Environmental sciences*, 2(1), 1-15.

- [41] Rahimi, D., Movahedi, S. and Barghi, H. (2009). The effect of drought intensity with normal precipitation index (Case study: Sistan and Baluchestan province). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 20(36), 56-43.
- [42] Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. and Harlan, J.C. (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. *NASA/GSFCT Type III Final Report*, 371p.
- [43] Salahi, B., Nohegar, A. and Behrouzi, M. (2016). The modeling of precipitation and future droughts of Mashhad plain using stochastic time series and standardized precipitation index (SPI). *Int. J. Environ. Res.*, 10(4), 625-636.
- [44] Salimi fard, M., Sanaei, S.H., sepehr A. and Sabet dizavandi., L. (2018). Drought monitoring based on satellite index (SDI) and TRMM data. (Case study: Khorasan Razavi province). *Nivar Journal of Meteorological Organization*, 42(102-103), 19-30.
- [45] Sepulcre-Canto, G., Horion, S., Singleton, A., Carrao, H. and Vogt, J. (2012). Development of a combined drought indicator to detect agricultural drought in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3519-3531.
- [46] Svoboda, M., LeComte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., Rippey, B., Tinker, R., Palecki, M., Stooksbury, D., Miskus, D. and Stephens, S. (2002). The drought monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, 1181-1190.
- [47] Tagesson, T., Fensholt, R., Guiro, I., Rasmussen, M.O., Huber, S., Mbow, C., Garcia, M., Horion, S., Sandholt, I., Holm-Rasmussen, B., Gottsche, F.M., Ridler, M.E., Olen, N., Lundegard Olsen, J., Ehammer, A., Madsen, M., Olesen, F.S. and Ardo, J. (2015). Ecosystem properties of semiarid savanna grassland in west Africa and its relationship with environmental variability, *Glob. Chang. Biol*, 21(1), 250-264.
- [48] Thanh, N.T. (2018). A proposal to evaluate drought characteristics using multiple climate models for multiple timescales. *Climate*, 6(79), 1-16.
- [49] Tirivarombo, S. and Hughes, D.A. (2011). Regional droughts and food security relationships in the Zambezi river basin. *Phys. Chem. Earth*, 36, 977-983.
- [50] Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *remote sensing of environment*, 8, 127-150.
- [51] Tucker, C.J., Justice, C.O. and Prince, S.D. (1986). Monitoring the grasslands of the Sahel 1984-1985. *Int. Journal Remote Sens.* 7(11), 1571-1581.
- [52] Trigo, R.M., Gouveia, C. and Barriopedro, D. (2010). The intense 2007-2009 drought in the fertile crescent: impacts and associated atmospheric circulation. *Agric. For. Meteorol.* 150, 1245-1257.
- [53] Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sanchez-Lorenzo, A., García-Ruiz, J.M., Azorin-Molina, C., Mórán-Tejeda, E., Revuelto, J., Trigo, R., Coelho, F. and Espejo, F. (2014). Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. *Environ. Res. Lett.* 9, 044001.
- [54] Wan, Z., Wang, P. and Li, X. (2004). Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA. *International. Journal Remote Sensing*, 25(1), 61-72.
- [55] Wang, H., Lin, H. and Liu, D. (2014). Remotely sensed drought index and its responses to meteorological drought in southwest China. *Remote Sensing Letters*, 5(5), 413-422.



- [56] Weerasinghe, V.P.A., Gamanayake, B.G.N.N. and Kadupitiya, H.K. (2017). Agricultural drought assessment using MODIS satellite data in Kurunegala district, Sri Lanka. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(8), 614-621.
- [57] Wilhite, D., Svoboda, M. and Hayes, M. (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management*, 21, 763-774.
- [58] WMO. (1985). Standardized precipitation index - user guide, WMO No 1090. World Meteorological Organization, Geneva.
- [59] WMO. (2012). Standardized precipitation index-user guide; WMO-No. 1090; WMO: Geneva, Switzerland.
- [60] Ziolkowska, J.R. (2016). Socio-economic implications of drought in the agricultural sector and the state economy. *Economies*, 4(3), 19.

## The Effects of Drought on Vegetation Using Satellite Remote Sensing and Meteorological Data (Case study: Qazvin Plain)

- ❖ **Setareh Bagheri**; PhD Graduate in rangeland management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
- ❖ **Reza Tamartash\***; Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
- ❖ **Mohammad Jafari**; Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
- ❖ **Mohammad Reza Tatiyan**; Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
- ❖ **Arash Malekian**; Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

### Abstract

Plain ecosystem is highly vulnerable to environmental changes, and drought is the most famous ecosystem change driver that is difficult to identify after its occurrence. In this research study, the effect of drought on changes in vegetation changes were studied. For this, the NDVI index of MODIS images and the SPI index from 2001 to 2016 were used. The map of vegetation changes against five drought stress classes (very low classes, low, moderate, high and very high) was analysed. The results showed that across the plain vegetation changes have declined, and from east to west of Qazvin plain, the slope of vegetation changes and land susceptibility to drought have reduced. The very low drought class had the highest percentage of area in a one-month period, but at 3, 6, 9, 12, 24 and 48 months, the highest percent of the area belonged to moderate and high drought classes. The results of this study, can be used in the planning and optimal use of resources, and control changes in the future.

**Keywords:** Simple Linear regression, Least Square Error, MODIS, MOD13Q1, NDVI, SPI