

بررسی الگوی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و ارتباط آن با بارش

- ❖ **عبدالحسین محمدی؛** دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه کاشان، ایران.
- ❖ **رضا قضاوی*؛** دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.
- ❖ **روح الله میرزایی؛** دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.
- ❖ **حمیدرضا ناصری؛** استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

نوسان و تغییر سالیانه بارندگی همواره پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر بارش بر تغییرات پوشش گیاهی در کویر میقان واقع در شهر اراک و مدل‌سازی آن می‌باشد. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS استفاده شد. شاخص‌های NDVI، DVI، RVI و EVI جهت پایش تغییرات پوشش گیاهی و بررسی رابطه (خطی و غیرخطی) آن با داده‌های بارش منطقه به‌طور هم‌زمان (اردیبهشت ماه)، یک ماه تأخیر (فروردین ماه) و دو ماه تأخیر (اسفند ماه) در طول دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۰۰ استخراج شد. تحلیل روند تغییرات بارندگی با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال انجام شد. طی این آزمون مقادیر بارش حداقل طی دوره ۱۸ ساله روند افزایشی داشت و در بین شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص NDVI حداکثر و میانگین روند افزایشی را نشان دادند. نتایج نشان داد که ارتباط غیرخطی از نوع درجه سوم بین بارش و پوشش گیاهی قوی‌تر از روابط خطی، درجه دوم، توانی، لگاریتمی و نمایی بود. طی بررسی در گام هم‌زمان، حداکثر همبستگی برابر با ۰/۶۲ بین شاخص DVI و بارش به دست آمد. در بررسی با یک گام تأخیر، حداکثر همبستگی برابر با ۰/۴۴ بین شاخص NDVI و بارش وجود داشت. بررسی با دو گام تأخیر نشان داد که حداکثر همبستگی برابر با ۰/۵۲ بین شاخص RVI و بارش است. مدل‌سازی پوشش گیاهی با استفاده از بارندگی هم‌زمان و تا دو ماه تأخیر، نشان داد که شاخص‌های DVI، RVI و EVI در گام هم‌زمان بهترین رابطه رگرسیون را ارائه می‌دهند، در حالی که برای شاخص NDVI بهترین رابطه رگرسیونی با بارش دو ماه قبل بود.

کلید واژگان: بارش، پوشش گیاهی، آزمون من-کندال، کویر میقان، گام تأخیر

۱. مقدمه

برخی از پدیده‌ها و عوارض سطح زمین نظیر پوشش گیاهی، به دلایل مختلف در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی به مرور زمان دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین نیاز به آشکار سازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. به منظور بررسی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس جهانی و ناحیه‌ای، دسترسی به داده‌های به‌هنگام میدانی یا صحرایی معمولاً دشوار و محدود است [۱۸]. رشد گیاهان و پوشش طبیعی در یک منطقه متأثر از شاخصه‌های مختلف بارندگی همچون مقدار، پراکنش و فصل بارش است. خشکسالی و تغییرات زمانی بارش نیز از جمله موارد دیگر اثر گذار بر پوشش گیاهی یک منطقه می‌باشد [۳، ۴، ۱۹، ۲۵]. در تحقیقی در برزیل تغییرات پوشش گیاهی در ارتباط با شرایط اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که زمان بارندگی منجر به تغییرات در پوشش گیاهی منطقه می‌شود. به طوری که بارندگی در فصل تابستان همبستگی ۷۰ درصد و در فصل بهار ۹۱ درصد با تغییرات پوشش گیاهی نشان می‌دهد [۷]. بررسی خصوصیات طیفی گیاهان نشان می‌دهد که گیاهان سالم بیشترین جذب را در طیف قرمز و آبی و بیشترین بازتاب را در طیف سبز و مادون قرمز از خود نشان می‌دهند که تغییرات خصوصیات برگ و میزان کلروفیل آن‌ها نقش اساسی در میزان بازتاب آن‌ها دارد و هر عاملی اعم از تنش یا بیماری که خصوصیات برگ را تغییر دهد، به‌طور مستقیم بر بازتاب گیاهان تأثیر می‌گذارد که این بازتاب در ناحیه مادون قرمز مشخص‌تر است. تنش‌های رطوبتی یا بلوغ برگ، موجب تغییرات حفره برگ و در نتیجه کاهش بازتاب در محدوده مادون قرمز نزدیک می‌گردد، بنابراین با استفاده از مطالعه بازتاب گیاهان می‌توان تغییرات ناشی از خشکسالی را بررسی نمود [۲۲]. در طول سه دهه گذشته کاربرد نسبت‌های مختلف طیفی باندهای انعکاسی در مطالعه

منابع طبیعی به‌ویژه پایش پوشش گیاهی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی به‌طور گسترده‌ای افزایش یافته است. بررسی تغییرات در صد پوشش گیاهی مراتع در سمیرم اصفهان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای WIFS و AWIFS طی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ نشان داد که ارتباط آماری بین NDVI و فاکتورهای محیطی برقرار است و می‌تواند به منظور پیش‌بینی پوشش گیاهی منطقه مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین معادلات رگرسیونی با استفاده از فاکتورهای محیطی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب، فاکتورهای اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی در منطقه تهیه شد [۱۱]. در آسیای مرکزی تغییرات اقلیم را بر اساس پوشش گیاهی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI می‌توان تغییرات اقلیم را پیش‌بینی نمود [۲۷]. در تحقیقی در شمال چین به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی و میزان بارندگی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ 8 استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در مناطق علفزار همبستگی بسیار زیادی بین پوشش گیاهی و بارندگی وجود دارد [۱۴]. در همین راستا تغییرات پوشش گیاهی استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ 8 نشان داد که ارتباط معنی‌داری با بارش منطقه دارند. در مناطق مرتعی بالاترین میزان همبستگی بین بارندگی و پوشش گیاهی در فصل بهار دیده شد [۸]. نوسانات بارندگی (بر اساس ایستگاه‌های هواشناسی) و تغییرات پوشش گیاهی (بر اساس تصاویر ماهواره NOAA) در مراتع استان یزد طی دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین تیپ‌های پوشش گیاهی فورب و گراس با نوسانات بارندگی و عدم ارتباط یا ارتباط ضعیف تیپ‌های بوته‌زار، درختی و درختچه‌ای با بارندگی وجود دارد [۹]. به‌طور کلی، شناخت چگونگی روند تغییرات اقلیمی به‌ویژه روند تغییرات بارش و تأثیر آن بر روی عوامل دیگر مثل پوشش گیاهی از جمله مواردی است که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران علوم جوی قرار داشته است.

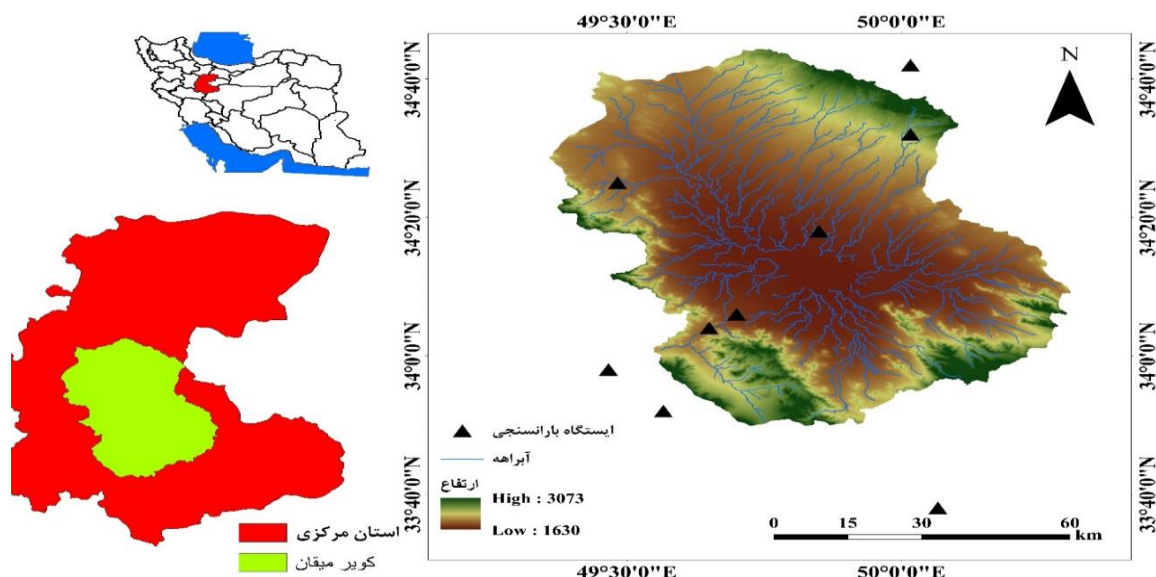
۴۹°۵۰' شرقی واقع شده است. این حوضه از شمال، غرب و شرق به حوزه آبخیز قره چای و از جنوب به حوزه آبخیز قمرود منتهی می‌شود. تنها حوزه آبخیزی است که تمام سطح آن در استان مرکزی واقع گردیده است و ۱۸/۸ درصد مساحت استان را در بر می‌گیرد. این حوضه شامل ۸ زیرحوضه مهم به نام‌های کرهرود، مهرآباد، ساروق، شهرباب، آشتیان، ابراهیم‌آباد، خیرآباد و امان‌آباد می‌باشد و فاقد رودخانه دائمی می‌باشد. مهم‌ترین مراکز مسکونی منطقه شامل شهرهای اراک، فرمهین، آشتیان، ساروق، داودآباد، امان‌آباد، خیرآباد و ابراهیم‌آباد می‌باشند. متوسط بارش سالانه حوضه در حدود ۲۶۱ میلی‌متر در سال است. براساس داده‌های ایستگاه شمس‌آباد با متوسط بارندگی سالانه ۳۸۱ میلی‌متر پرباران‌ترین ایستگاه حوضه می‌باشد [۲۱]. شکل ۱ نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی آن را نشان می‌دهد.

آگاهی از تغییرات پوشش گیاهی متأثر از بارش در یک مکان می‌تواند بسیاری از مدیران و مجریان مرتبط با آب و محیط را نسبت به تصمیم‌گیرهای آینده در زمینه مدیریت و کنترل منابع طبیعی، اکوسیستم و اراضی مرتعی یاری رساند. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر بارش بر تغییرات پوشش گیاهی در کویر میقان واقع در استان اراک و مدل‌سازی آن می‌باشد.

۲. روش شناسی

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کویر میقان اراک با مساحت ۵۴۹۵۷۸/۷ هکتار عرض‌های جغرافیایی ۳۳°۵۰'۳۸" تا ۳۴°۰۶'۲۰" شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۹°۳۲'۰۳" تا ۴۹°۳۳'۱۳" شرقی است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ استفاده شد. همچنین از تصاویر سنجنده MODIS مربوط به اردیبهشت ماه طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ به منظور پایش شاخص‌های پوشش گیاهی و بررسی ارتباط آن با بارش در طی این سال‌ها استفاده شد.

۲.۲. داده‌ها

به منظور بررسی روند تغییرات بارندگی از آمار بارش ماهانه ۹ ایستگاه بارانسنجی امارت، تفرش، اراک، گوار، ساروق، قدمگاه، خمین، آشتیان و داوودآباد طی سال‌های

۳.۲. شاخص‌های پوشش گیاهی

شاخص‌های پوشش گیاهی نوع ویژه‌ای از شاخص‌های طیفی هستند که برای استخراج اطلاعات از داده‌های تصویری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شاخص‌ها کمیت‌های عددی هستند و رابطه‌ای با وضعیت پوشش گیاهی در هر نقطه از تصاویر ماهواره‌ای دارند. در این تحقیق از چهار شاخص پوشش گیاهی شامل: شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده ($NDVI^1$)، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی (DVI^2)، شاخص پوشش گیاهی نسبتی (RVI^3) و شاخص پوشش گیاهی ارتقاء یافته (EVI^4) استفاده شد که در زیر به آن‌ها پرداخته شد:

۲،۳،۱. شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده

(NDVI)

این شاخص توسط Tucker [۲۶] معرفی شده است و از کاربردی‌ترین شاخص‌هایی است که در زمینه مطالعات پوشش گیاهی شناخته شده است [۱۳]. این شاخص به صورت معادله (۱) تعریف می‌گردد [۹].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن NIR، بازتاب در باند فرورسرخ نزدیک و RED، انعکاس در باند سرخ است. از دیدگاه نظری مقدار این شاخص در محدوده +۱ و -۱ می‌باشد. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی یک میل می‌کنند ولی ابر، برف و آب با مقادیر منفی مشخص می‌شوند. سنگ‌ها و خاک‌های بایر که واکنش‌های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می‌شوند. در این شاخص خاک معمولی، معادل یک منظور می‌شود [۴]. هر قدر فاصله شاخص یک پیکسل بالاتر از اندازه خاک باشد نشان‌دهنده تراکم

پوشش گیاهی است [۱].

۲،۲،۳. شاخص پوشش گیاهی تفاضلی (DVI)

این شاخص توسط Lillesand & Kiefer [۱۵] ارائه شد. این شاخص از کسر کردن مقادیر انعکاس باند قرمز از باند مادون قرمز به صورت معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$DVI = NIR - RED \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن NIR، بازتاب در باند فرورسرخ نزدیک و RED، انعکاس در باند سرخ است. با توجه به منحنی بازتاب‌های پوشش‌های عمده زمین مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی بیشتر بوده در حالی که برای آب منفی و برای خاک و سنگ مقدار آن نزدیک به صفر است [۲۰].

۳،۲،۳. شاخص پوشش گیاهی نسبتی (RVI)

این شاخص اولین بار توسط Jordan [۱۲] مطرح شد. شاخص RVI از صفر تا بینهایت متغیر است و از تقسیم کردن مقادیر انعکاس باند مادون قرمز بر باند قرمز به صورت معادله (۳) محاسبه می‌شود:

$$RVI = NIR / RED \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن NIR، بازتاب در باند فرورسرخ نزدیک و RED، انعکاس در باند سرخ است. مقادیر این شاخص بین صفر و بی نهایت می‌باشد، محدوده تغییرات معمول برای پوشش گیاهی بین ۲ تا ۸ می‌باشد [۲۰].

۴،۲،۳. شاخص پوشش گیاهی ارتقاء یافته (EVI)

شاخص گیاهی ارتقاء یافته برای بهبود شاخص NDVI به وسیله بیهنه‌سازی سیگنال‌های پوشش گیاهی در محدوده شاخص سطح برگ با استفاده از انعکاس باند آبی برای تصحیح کردن سیگنال پس‌زمینه خاک و کاهش اثر

¹ Normalized Difference Vegetation Index

² Divergence Vegetation Index

³ Ratio Vegetation Index

⁴ Enhanced Vegetation Index

ماه هر سال محاسبه گردید. سپس همبستگی شاخص های پوشش گیاهی با بارش به طور همزمان (اردیبهشت ماه)، یک ماه تأخیر (فروردین ماه) و دو ماه تأخیر (اسفند ماه) محاسبه شد.

بعد از محاسبه همبستگی بین بارندگی و شاخص های پوشش گیاهی، بهترین شاخص پوشش گیاهی بر اساس بیشترین مقادیر همبستگی پیرسون تعیین گردید. در پایان براساس حداکثر مقادیر همبستگی خطی و غیرخطی (به طور همزمان و تا دو ماه تأخیر)، مدل سازی هر یک از شاخص های پوشش گیاهی با استفاده از روش رگرسیون انجام پذیرفت و معادلات مربوط ارائه شد.

۳. نتایج

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر بارش بر تغییرات پوشش گیاهی در کویر میقان انجام گرفت. یافته های زیر از پژوهش حاضر به دست آمد.

۳.۱. نتایج آنالیز روند داده ها

در این پژوهش طی بررسی و تحلیل شاخص های پوشش گیاهی و بارش ماهانه ۹ ایستگاه موجود در محدوده منطقه با استفاده از آزمون من-کندال پرداخت و مشخص شد که برخی از شاخص های پوشش گیاهی و مقادیر بارش در طی دوره (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷) تغییر کرده اند و این تغییرات دارای روند می باشند. همان طور که ملاحظه می گردد مطابق جدول ۲ و ۳، جایی که معیار تصمیم (P-value) کمتر از سطح معنی داری آزمون یعنی ۵ درصد باشد روند وجود دارد و براساس علامت آماره من-کندال (Z) می توان مشخص نمود که این روند افزایشی است یا کاهش. همان طور که در جدول ۲ ذکر شده است مقدار بارش حداقل دارای روند افزایشی است و مطابق جدول ۳ در بین شاخص های پوشش گیاهی مقادیر حداکثر و میانگین شاخص NDVI دارای روند افزایشی هستند.

اتمسفر شامل پراکنش ذرات معلق توسعه یافته است. ترکیب روابط تجربی برای تصحیح اتمسفریک منجر به ایجاد شاخص گیاهی ارتقاء یافته گردیده است [۱۰]. و این شاخص از معادله (۴) محاسبه می شود:

$$EVI = G \frac{NIR-RED}{(L+NIR+C_1RED-C_2BLUE)} \quad (4) \text{ معادله (۴)}$$

که G برابر با ۲/۵، L برابر با ۱، C1 برابر با ۶ و C2 برابر با ۶/۵ می باشد. مقدار این شاخص در محدوده ۱- تا ۱ می باشد. محدوده معمول برای پوشش گیاهی ۰/۲ تا ۰/۸ است [۱۶].

۴.۲. آنالیز روند با آزمون من-کندال

از آزمون من-کندال برای تعیین روند بارندگی و پوشش گیاهی استفاده شده است. این آزمون ابتدا توسط من در سال ۱۹۴۵ ارائه شد و سپس توسط کندال در سال ۱۹۶۶ توسعه یافت. این روش در همان سالها مورد توجه سازمان هواشناسی جهانی قرار گرفت. همانند سایر آزمون های آماری، این آزمون بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم گیری می نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد. جایی که معیار تصمیم (P-value) کمتر از سطح معنی داری آزمون یعنی ۵ درصد باشد روند وجود دارد و بر اساس علامت آماره من-کندال (Z) می توان مشخص نمود که این روند افزایشی است یا کاهش [۲۴].

۵.۲. بررسی رابطه پوشش گیاهی با بارش و

مدل سازی آن

بعد از محاسبه شاخص های پوشش گیاهی، ارتباط این شاخص ها از طریق همبستگی خطی و غیر خطی به طور همزمان، یک ماه تأخیر و دو ماه تأخیر با بارش مورد بررسی قرار گرفت. بدین صورت که متوسط هر شاخص پوشش گیاهی برای منطقه مورد مطالعه در اردیبهشت

جدول ۲. نتایج آزمون من-کندال برای متغیر بارش

پارامتر	آماره من-کندال	P-value
حداکثر بارش	۱/۷۴	۰/۰۸
میانگین بارش	۱/۴۴	۰/۱۵
حداقل بارش	۲/۱۲	۰/۰۳

جدول ۳. نتایج آزمون من-کندال برای شاخص‌های پوشش گیاهی

پارامتر	آماره من-کندال	P-value	پارامتر	آماره من-کندال	P-value
DVI حداکثر	۱/۸۲	۰/۰۷	NDVI حداکثر	۲/۱۷	۰/۰۴
DVI میانگین	۱/۶۴	۰/۱۰	NDVI میانگین	۲/۰۲	۰/۰۴
DVI حداقل	-۰/۵۳	۰/۶۰	NDVI حداقل	-۰/۶۸	۰/۴۹
EVI حداکثر	۱/۶۷	۰/۰۹	RVI حداکثر	۱/۵۲	۰/۱۳
EVI میانگین	۱/۹۰	۰/۰۶	RVI میانگین	۱/۶۷	۰/۱۰
EVI حداقل	-۰/۶۱	۰/۵۴	RVI حداقل	-۰/۵۷	۰/۵۷

درجه دوم، درجه سوم، توانی و نمایی) بین شاخص‌های پوشش گیاهی و بارش را با دو گام تأخیر نشان می‌دهد. در بررسی گام همزمان، حداکثر همبستگی برابر با ۰/۶۲ بین شاخص DVI و بارش رخ داده است. در بررسی رابطه پوشش با بارش یک‌ماه قبل (یک گام تأخیر)، حداکثر همبستگی بین شاخص NDVI و بارش برابر با ۰/۴۴ است.

۲.۳. نتایج بررسی ارتباط پوشش گیاهی و بارش

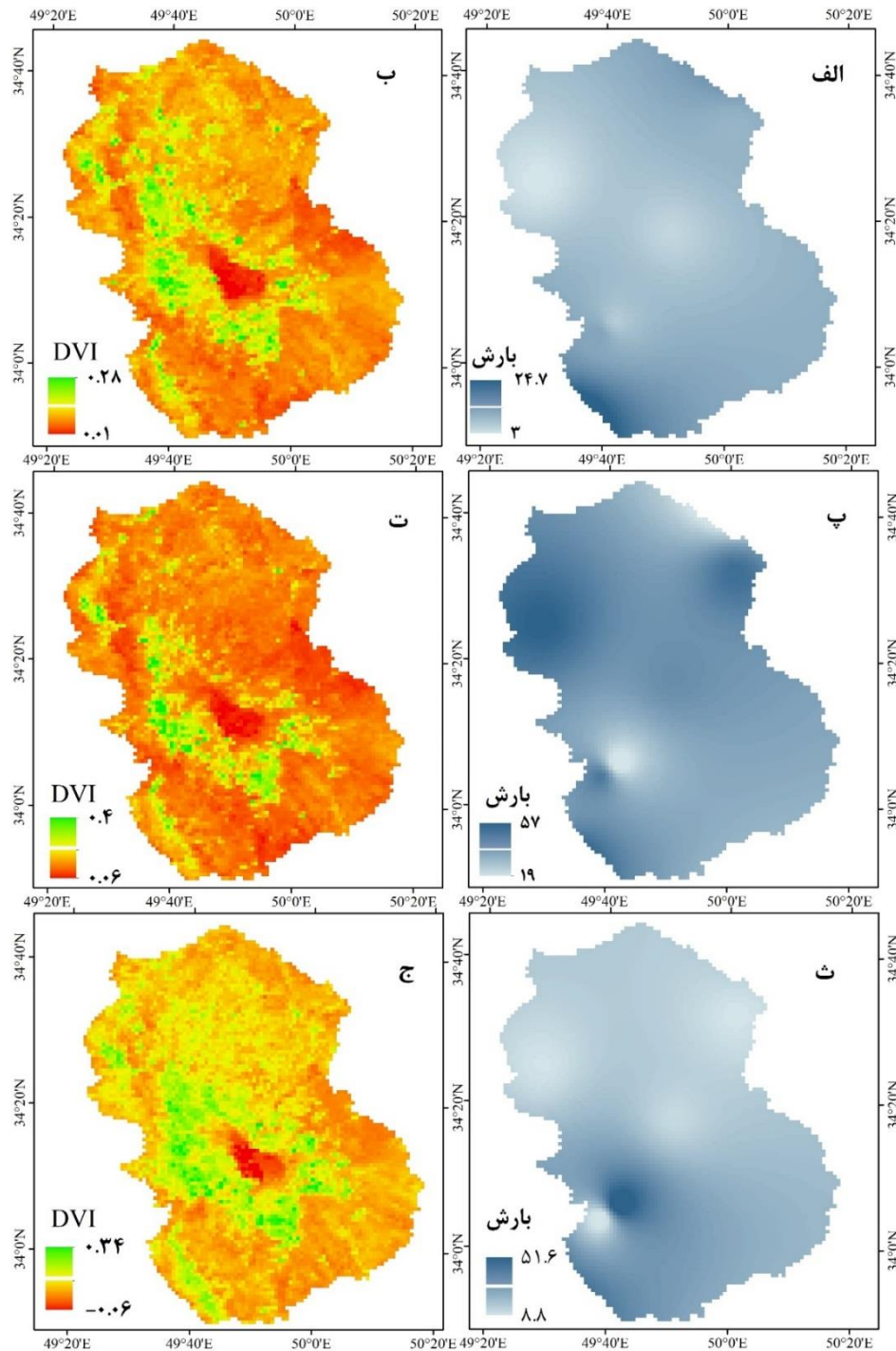
همان‌طور که ذکر شد چهار شاخص پوشش گیاهی در اردیبهشت ماه در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ با بارش ماهانه در سه مقیاس زمانی همزمان، یک و دو ماه تأخیر مقایسه شد. جدول ۴ همبستگی خطی و غیرخطی (لگاریتمی)،

جدول ۴. همبستگی شاخص‌های پوشش گیاهی (اردیبهشت ماه) با بارش به صورت همزمان (اردیبهشت ماه) تا دو ماه تأخیر (فروردین و اسفند ماه)

شاخص پوشش گیاهی	مقیاس زمانی بارش	مقدار همبستگی				
		خطی	لگاریتمی	درجه دوم	درجه سوم	توانی
DVI	همزمان	۰/۱	۰/۴	۰/۳۸	۰/۶۲	۰/۱
	یک ماه تأخیر	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۱۹
	دو ماه تأخیر	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۴۳	۰/۴۸	۰/۰۴
EVI	همزمان	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۶۰	۰/۰۲
	یک ماه تأخیر	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۴	۰/۴۱	۰/۲۰
	دو ماه تأخیر	۰/۰۳	۰/۱۹	۰/۴۲	۰/۵۰	۰/۰۱
NDVI	همزمان	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۰۹
	یک ماه تأخیر	۰/۱	۰/۱۹	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۱۳
	دو ماه تأخیر	۰/۱	۰/۲۵	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۰۷
RVI	همزمان	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۰۳
	یک ماه تأخیر	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۱۷
	دو ماه تأخیر	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۴۰	۰/۵۲	۰/۰۵

۱. سفند ماه) از خود نشان می‌دهد. به منظور نمایش ارتباط مکانی بین بارش و پوشش گیاهی در شکل ۲ نقشه بارش و DVI مربوط به سال‌های ابتدا، میانی و آخر (به ترتیب ۲۰۰۰، ۲۰۰۸، و ۲۰۱۷) این مطالعه ارائه شده است.

در بررسی دوماه قبل (دوگام تأخیر) حداکثر همبستگی برابر با ۰/۵۲ بین شاخص RVI و بارش رخ داده است (جدول ۴). طبق جدول ۴ شاخص پوشش گیاهی DVI همبستگی نسبتاً بالایی (۶۲ درصد) با بارش در اریبهشت ماه (گام همزمان) نسبت به ماه‌های تأخیر (فروردین و



شکل ۲. تغییرات شاخص پوشش گیاهی DVI و بارش در اریبهشت ماه سال‌های ۲۰۰۰ (الف و ب)، ۲۰۰۸ (ت و پ)، و ۲۰۱۷ (ج و ث).

پوشش بیشتری نسبت به سایر مناطق دارد. بنابراین عوامل محیطی بسیار تأثیر گذار هستند.

۳.۳. مدلسازی پوشش گیاهی

بعد از بررسی ارتباط همبستگی بین بارش و پوشش گیاهی، روابط رگرسیونی بین دو متغیر بررسی شد و بهترین رابطه بر اساس بیشترین همبستگی انتخاب شد. جدول ۵ روابط منتخب رگرسیونی را نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول مشاهده می‌شود روابط منتخب بین متغیر وابسته (شاخص پوشش گیاهی) و متغیر مستقل (بارش) روابط غیر خطی (درجه سوم) می‌باشد.

جدول ۵. روابط رگرسیونی منتخب برای مدلسازی پوشش گیاهی

شاخص پوشش گیاهی	مقیاس زمانی بارش منتخب	رابطه منتخب	رابطه رگرسیونی
DVI	همزمان	درجه سوم	$DVI = 8E-08P^3 - 2E-05 P^2 + 0.0014 P + 0.0766$
EVI	همزمان	درجه سوم	$EVI = 1E-07 P^3 - 3E-05 P^2 + 0.0025P + 0.0998$
NDVI	دو ماه تاخیر	درجه سوم	$NDVI = -1E-06 P^3 + 0.0002 P^2 - 0.006P + 0.2718$
RVI	همزمان	درجه سوم	$RVI = 2E-07 P^3 - 1E-04 P^2 + 0.0095P + 1.3703$

شاخص DVI و بارش)، دو گام تأخیر (بین شاخص RVI و بارش) و با یک گام تأخیر (بین شاخص NDVI و بارش) رخ داده است و به طور کلی رابطه مدلسازی شده منتخب بین این متغیرها رابطه رگرسیونی درجه سوم و در مقیاس زمانی هم زمان (اردیبهشت ماه) بیشترین همبستگی وجود داشت و در شاخص NDVI رابطه رگرسیونی درجه سوم و در مقیاس زمانی دو ماه تأخیر (اسفند ماه) بیشترین همبستگی وجود داشت. این نتایج مطابق با نتیجه مطالعه پیشین در فلسطین است که با استفاده از تصاویر نوا و داده‌های بارندگی مشخص شد میزان همبستگی پوشش گیاهی با داده‌های بارندگی ماه جاری از دو ماه قبل بیشتر است [۲۳]. با استفاده از این روابط می‌توان تا حدودی تغییرات پوشش گیاهی را در مقیاس زمانی مختلف بررسی کرد و به منظور تحلیل دقیق‌تر باید عوامل محیطی و نوع پوشش گیاهی را نیز در

به طور معمول با افزایش بارش پوشش گیاهی افزایش می‌یابد ولی طبق این نقشه مناطقی وجود دارد که دارای بارش زیاد و پوشش کم و یا برعکس هستند که این امر بیشتر تحت تأثیر نوع کاربری اراضی و عوامل محیطی مانند توپوگرافی است که اثرگذار بر روی پوشش گیاهی است. به طور مثال در مناطق مرکزی منطقه (قسمت قرمز رنگ مرکزی روی نقشه DVI، شکل ۲ج) به دلیل وجود محیط آبی (دریاچه نمک)، و یا شور بودن خاک در مواقع خشکی پوشش گیاهی مشاهده نمی‌شود. این در حالی است که قسمت اعظم منطقه در اطراف دریاچه به دلیل وجود رطوبت ناشی از آب زیرزمینی و دریاچه همواره

۴. بحث و نتیجه گیری

کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است و این مطالعه سعی بر آن داشت که علاوه بر بررسی تغییرات پوشش گیاهی، ارتباط آن را با بارش نیز بررسی کند. داده های ماهواره‌ای ابزار مناسبی جهت بررسی اکوسیستم‌های خشک می‌باشد، توانایی خوبی در بررسی پوشش گیاهی و امکان دسترسی چند زمان و با هزینه نسبتاً اندک امکان پایش مداوم پوشش سبز سطح زمین را میسر و امکان مقایسه واقعی آن‌ها را فراهم می‌آورد. این تحقیق تأثیر بارش بر تغییرات پوشش گیاهی کویر میقان را مورد مقایسه و ارزیابی قرار داد. نتایج این مطالعه نشان داد که بارش هم زمان و دو ماه تأخیر بر روی پوشش گیاهی حوضه آبخیز مورد نظر تأثیر گذار است، به طوری که حداکثر همبستگی به ترتیب در گام زمانی هم‌زمان (بین

اراضی و عوامل محیطی مناطقی وجود دارد که دارای بارش زیاد و پوشش کم و یا برعکس هستند. این موضوع مطابقت با تحقیق Liang و همکاران [۱۴] دارد. ایشان در شمال کشور چین تغییرات پوشش گیاهی و میزان بارندگی را بررسی کردند، نتایج نشان داد که علاوه بر بارش عوامل محیطی دیگر همچون وجود رطوبت بالا در مناطق علفزار متأثر بر حضور پوشش گیاهی است. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی و مطالعات پوشش گیاهی منطقه مفید باشد.

نظر گرفت. در ضمن شرایط متفاوت هر منطقه نیز از عوامل مهمی است که در تعیین نوع روابط بین پوشش گیاهی و بارش اثر گذار است. محققان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های بارندگی به بررسی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف در شرق آفریقا پرداخته‌اند، آن‌ها دریافتند که شرایط منطقه نیز باعث می‌شود که روابط متفاوتی بین تغییرات پوشش گیاهی و بارندگی وجود داشته باشد نیکسون [۱۷]. اگرچه به طور معمول با افزایش میزان بارش، پوشش گیاهی افزایش می‌یابد، اما نتایج این مطالعه نشان داد که تحت تأثیر نوع کاربری

References

- [1] Allison, E.W., (1989). Monitoring drought affected vegetation with AVHRR Digest International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 4:1965-1967.
- [2] Choubin, B., Khalighi-Sigaroodi, S., Malekian, A., Ahmad, S., & Attarod, P., (2014). Drought forecasting in a semi-arid watershed using climate signals: a neuro-fuzzy modeling approach. *Journal of Mountain Science*, 11(6): 1593-1605.
- [3] Choubin, B., Malekian, A., & Golshan, M., (2016). Application of several data-driven techniques to predict a standardized precipitation index. *Atmósfera*, 29(2): 121-128.
- [4] Choubin, B., Solaimani, K., Roshan, M. H., & Malekian, A., (2017). Watershed classification by remote sensing indices: A fuzzy c-means clustering approach. *Journal of Mountain Science*, 14(10): 2053-2063.
- [5] Farajzadeh, M., (2005). Drought from concept to solutions: National Geographical Organization Publication, Iran, 120p.
- [6] Farrar, T. J. Nicholson, S. E. and Lare, A. R., (1994). The Influences of Soil Type on The Relationships Between NDVI, Rainfall, and Soil Moisture in Semiarid Botswana. II. NDVI Response to Soil Moisture. *Remote Sensing of Environment*, 50, Pp: 121-133.
- [7] Gurgel, H. C., and Ferreira, N. J., (2003). Annual and inter annual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. *International Journal of Remote Sensing*, 24(18): 3595-3609.
- [8] Hadian, F., Hoseini, Z., Hoseini, M., (2014). Monitoring vegetation changes using precipitation data and satellite images in north-west of Iran, Iranian Range and Desert Research, Volume 21, Issue 4, Winter 2015, Page 756-768.
- [9] Hosseini, S. Z., Kappas, M. and Propastin, P., (2011). Estimating relationship between vegetation dynamic and precipitation in central Iran. *International SWAT conference*, Spain, 15-17 July: 6p.
- [10] Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K. V., & Van Leeuwen, W. J. D. A., (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote sensing of environment*, 59(3): 440-451.
- [11] Jabbari S, Khajeh Aldin SJ, Jafari R, Soltani S., (1393). Investigating the percentage of changes in vegetation cover in pastures in Isfahan, Semiarid, using satellite imagery. *Journal Applied Ecology*; No (10): 27-80. [Persian]
- [12] Jordan, C. F., (1969). Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology*, 50(4): 663-666.

- [13] Kassa, A., (1990). Drought risk monitoring for Sudan using NDVI, 1982-1993. A Dissertation submitted to the University College London.
- [14] Liang EY, Shao XM, He JC., (2005). Relationships between tree growth and NDVI of grassland in the semiarid grassland of north China. *International Journal of Remote Sensing*, 26(13): 2901–2908.
- [15] Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer., (1987). *Remote Sensing and Image Processing*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
- [16] Mirmousavi, H., Babaei, G., Karimi, S., (2010). Estimate the Amount of Vegetation Cover Using Different Indicators in Satellite Images and Comparing Them With the Index NDVI in the Region of Geshlag – Sanandaj. Volume 4, Issue 7, Winter and Spring 2010, Page 66-88
- [17] Nickolson, S. E., Davenport, M. L, and Malo. L. A., (1990). A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and east Africa using normalized difference vegetation index from NOAA Iranian Journal of Range and Desert Research, Vol. 21 No. (4), 2014
- [18] Pettorelli, N, Vik.J.O, Mysterud.A, Gaillard.J.M., Tucker.C.J and Stenseth.N.C., (2005). Using the satellite –derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *J.Trends in ecology and evolution*. Vol.20 No.9.
- [19] Rafiei-Sardooi, E., Mohseni-Saravi, M., Barkhori, S., Azareh, A., Choubin, B., & Jafari-Shalamzar, M., (2018). Drought modeling: a comparative study between time series and neuro-fuzzy approaches. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(17): 487.
- [20] Rahimi, M., Damavandi, A., Jafarian, V., (2014). Investigating remote sensing applications in evaluating and monitoring land degradation and desertification. *Journal of geographical*, Volume 22, Issue 88, Winter 2014, Page 115-128.
- [21] Sajedi-Hosseini, F., Choubin, B., Solaimani, K., Cerdà, A., & Kavian, A., (2018). Spatial prediction of soil erosion susceptibility using a fuzzy analytical network process: Application of the fuzzy decision making trial and evaluation laboratory approach. *Land degradation & development*, 29(9): 3092-3103.
- [22] Sanaienejad, S. H, Shah Tahmasbi, A. R, Sadr Abadi Haghighi, R. and Kelarestani, K., (2008). A study of spectral reflection on wheat fields in Mashhad using MODIS data. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(45): 11-19.
- [23] Schmidt, H. and Karnieli, A., (2000). Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments*, 45(1): 43-59.
- [24] Shafiei Dastjerdi, A., (2014). Use of the Man-Kendall test to determine the trend of nitrate pollution in groundwater resources, the first congress of environment, energy and bio-defense. 30 march, Tehran university.
- [25] Sigaroodi, S. K., Chen, Q., Ebrahimi, S., Nazari, A., & Choobin, B., (2014). Long-term precipitation forecast for drought relief using atmospheric circulation factors: a study on the Maharloo Basin in Iran. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(5): 1995-2006.
- [26] Tucker, C. J., (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2): 127-150.
- [27] Yin G, Hu Z, Chen X, Tiyip T., (2016). Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia. *Journal of Arid Land*, 8(3): 375-388.