

## تحلیل سنجش از دوری دینامیک فضایی پوشش گیاهی محصول سنجنده MODIS در ارتباط با شرایط اقلیمی (مورد: استان چهارمحال و بختیاری)

بهزاد امرایی\*

[b.amraei@pnu.ac.ir](mailto:b.amraei@pnu.ac.ir)

منصور حلیمی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۸

### چکیده

زمینه و هدف: در هر منطقه‌ای کلونی‌های گیاهی حاصل تعامل بلندمدت بین پوشش گیاهی و شرایط اقلیم محلی است. تغییرات اقلیمی می‌تواند به صورت بارزی در تغییرات پوشش گیاهی آن منطقه منعکس شود. هدف اساسی این تحقیق تحلیل روابط زمانی مکانی بین تعیین‌گرهای آب و هوایی و شاخص‌های پوشش گیاهی سنجنده MODIS در استان چهارمحال و بختیاری است.

روش بررسی: در این راستا محصول پوشش گیاهی سنجنده MODIS طی ۱۰ سال (۲۰۰۸-۲۰۱۸) به صورت ماهانه، اخذ گردید. دو شاخص اقلیمی دمای لایه رویه‌ای خاک (MODIS (LST)، و بارش‌های ایستگاه‌های باران سنجی و سینوپتیک، به عنوان تعیین‌گرهای عمده اقلیمی مورد استفاده قرار گرفت. از آنالیز همبستگی فضایی پیکسل به پیکسل Pearson در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P\_value = 0.05)، برای استخراج همبستگی فضایی و پوشش گیاهی MODSI با تعیین‌گرهای اقلیمی استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج گویای آن بود که در این منطقه به دلیل نبود تنش رطوبتی شدید، پوشش گیاهی، دینامیک فضایی و درون سالی پوشش گیاهی منطقه توسط دمای لایه رویه‌ای خاک کنترل می‌شود. به طوری که در مقیاس ماهانه، پوشش گیاهی MODSI به صورت همزمان، با دمای لایه روی خاک به ویژه در ماه‌های اواخر زمستان و اول بهار همبستگی داشت. در ماه‌های فصل تابستان تنش حرارتی شدید باعث افت سطح سبزیگی و به تبع آن افت NDVI سنجنده MODIS شده است و ارتباط دمای خاک و پوشش گیاهی در همه جای استان تضعیف شده است.

بحث و نتیجه گیری: در استان کهگیلویه و بویراحمد، عامل دمای رویه‌ای خاک با کنترل فازهای فنولوژیک پوشش گیاهی منطقه، ارتباط مستقیم و معنی داری دارد و محرک اصلی دینامیک زمانی و مکانی پوشش گیاهی می‌باشد که محصول سنجش از دوری سنجنده MODIS این وابستگی را به وضوح نشان داد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سبزیگی، عناصر اقلیمی، تحلیل همبستگی فضایی.

۱- استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. \* (مسئول مکاتبات)

۲- دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

## **Detection The Spatiotemporal Association between Climatic Factors and Vegetation Cover (NDVI) (Case study: Charmahalva Bakhtiary Province of Iran)**

**Behzad Amraei**<sup>1\*</sup>

[b.amraei@pnu.ac.ir](mailto:b.amraei@pnu.ac.ir)

**Mansour halimi**<sup>2</sup>

Admission Date: September 6, 2020

Date Received: June 29, 2019

### **Abstract**

**Background and Objective:** the climate factors are main determinant of vegetation spatiotemporal dynamics. A visual comparison of climate and vegetation on a global scale immediately reveals a strong association between climate and vegetation. The main object of this study is to reveal the spatiotemporal association between climatic factors and Modis derived NDVI in Charmahal & Bakhtiary province of Iran.

**Material and Methodology:** In this study, we use MOD13A3 of MODIS product as NDVI layer for study area. MOD11A2 as land surface temperature and mean monthly accumulative rainfall of synoptic station for study area during 2008 to 2018. We used the correlation analysis in 0.95 confident level ( $P\_value = 0.05$ ) to reveal the spatiotemporal association between the NDVI and climatic factors.

**Findings:** The results indicated that during winter (December to March) the spatial distribution of NDVI is highly correlated with LST spatial distribution. In these months, the pixels which have the high value of NDVI are spatially associated with the pixels which have highest value of LST (6 to 12°C). In winter the spatial correlation between NDVI and LST is so high which is statistical significant in 0.95 confident level. In transient months such as May, October and November, the spatial correlation between NDVI and LST is falling to 0.30 to 0.35, which is not statistical, significant in 0.95 confident level. Finally, in summer season or warm months including Jun to September, we found the minimum spatial association between the NDVI and LST.

**Discussion & Conclusion:** we found that the maximum correlation between NDVI and LST simultaneously appears and no lag time has been observed. The spatial correlation of NDVI and monthly accumulative rainfall was statistical significant in spring season (April to Jun) by 1-month lag time but in other months we do not find any significant correlation between NDVI and rainfall.

**Key words:** NDVI, Climatic Factors, Vegetation Cover, CharmahalBakhtiari.

---

1- Assistant professor, Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran. \* (Correspondence Author)

2- Assistant professor, Department of climatology, Tarbiat Modares University.

## مقدمه

سابقه استفاده از محصولات سنجش از دوری برای پایش و ارزیابی دینامیک پوشش گیاهی به سال ۱۹۸۰ برمی‌گردد که با استفاده از داده‌های ماهواره قطبی AVHRR انجام گرفت (۵). داده‌های سنجش از دور به دلیل توالی مقیاس فضایی و زمانی، به عنوان مؤثرترین ابزار برای مطالعه ارتباط متقابل بین گیاه و آب و هوا می‌باشد (۹؛ ۱۰؛ ۱۱). منابع سنجش از دوری با برخورداری از ویژگی‌های قابل توجهی نظیر پوشش وسیع و همزمان، دقت فضایی مناسب، توالی زمانی و فاصله زمانی مناسب، توان تفکیک طیفی بالا، توانایی ارزیابی و پایش پوشش گیاهی را داشته و استخراج اطلاعاتی مانند میزان تاج پوشش، نوع آن و میزان ذی توده را فراهم می‌کند (۱۲). تحقیقات متعددی از این توانایی تصاویر ماهواره‌ای برای پایش دینامیک زمانی مکانی جوامع گیاهی در پاسخ به نوسانات و تغییرات سالانه و فصلی اقلیمی استفاده نمودند. آندامبا<sup>۳</sup> و توکر (۱۳) با به کارگیری محصول NDVI ماهواره NOAA-AVHRR سعی در مدلسازی این محصول با استفاده از عناصر اقلیمی کردند. آنها نشان دادند که سه متغیر رطوبت نسبی، بارش سالانه، و درجه روزها، ۷۰ الی ۸۰ درصد تغییرپذیری فضایی پوشش گیاهی را در سطح جهانی توجیه می‌کند. همچنین ایشان مشاهده نمودند تأثیرات درجه حرارت بر روی پوشش گیاهی با یک الی دو ماه تأخیر ظاهر می‌گردد. ین و همکاران (۱۴) تغییرات اقلیم را بر اساس پوشش گیاهی در آسیای مرکزی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI می‌توان تغییرات اقلیم را پیش بینی نمود. چن و همکاران (۱۵) ارتباط دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی EVI را مورد بررسی قرار دادند. همبستگی بین دو پارامتر نشان داد که با افزایش دما میزان این شاخص کاهش پیدا می‌کند. جیانگ<sup>۴</sup> و همکاران (۱۷) در بررسی ارتباط بین خشکسالی و پوشش گیاهی

پوشش گیاهی هر منطقه را می‌توان آینه تمام نمای شرایط اقلیمی و محیطی آن منطقه دانست (۱). تنش‌های حرارتی و رطوبتی هر منطقه چه ناشی از تغییرات فصلی دما و بارش و چه ناشی از سیگنال‌های کلان مقیاس اقلیمی مانند ENSO و NAO، باشند به راحتی در ویژگی‌های فنولوژیکی گیاه قابل تشخیص خواهد بود. توزیع جغرافیایی جوامع گیاهی مختلف، ارتباط زیادی با شرایط اقلیمی دارد (۲). در واقع بررسی و تحلیل ویژگی‌های پوشش گیاهی در ارتباط با شرایط آب و هواشناختی هر منطقه، بیانگر آن است که کلئوئ‌های گیاهی هر منطقه در یک تعامل بلندمدت با شرایط اقلیمی و محیطی منطقه اعم از دما، بارش، رطوبت نسبی، توزیع درون سالی این فاکتورها، میزان تابش، ویژگی‌های خاک و آب زیرزمینی، شکل گرفته است (۳). ارتباط بین شرایط اقلیمی و محیطی هر منطقه با پوشش گیاهی یک ارتباط کاملاً دو طرفه و تعاملی است به نحوی که از یک طرف شرایط اقلیمی و محیطی بستر زیستی پوشش گیاهی اعم از نوع گونه، تراکم گونه‌ها، را فراهم کرده و از طرف دیگر خود پوشش گیاهی در مرحله بعد شروع به دستکاری<sup>۱</sup> در اقلیم و محیط می‌کند (۴). تمام این روابط تا زمان عدم دخالت انسان، به وضوح قابل تبیین است اما با دخالت انسان، سلسله‌ای از ناهنجاری‌ها وارد سامانه گیاه-اقلیم می‌شود. تغییرات در پارامترهای کمی از جمله فراوانی، ترکیب و ساختار پوشش گیاهی هر منطقه متأثر از عوامل غیر زنده (مانند اقلیم) و عوامل زنده مانند چرای دام و فعالیت‌های انسانی می‌باشد (۵). پویایی زمانی و مکانی کلونی‌های گیاهی، حتی تغییر در ویژگی‌های فیزیولوژیک و فازهای فنولوژیکی گونه‌های مختلف، در ارتباط با نوسانات درون سالی، فصلی و روندهای بلندمدت عناصر اقلیمی اتفاق می‌افتد (۶). توانایی پیش بینی پاسخ اکوسیستم‌های زمینی به تغییر اقلیم، وابسته به فهم ارتباط متقابل همزمان بین رشد گیاه و آب و هوا می‌باشد (۷؛ ۸).

3- Anyamba

4- Jiang

1- Moderate

2-Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

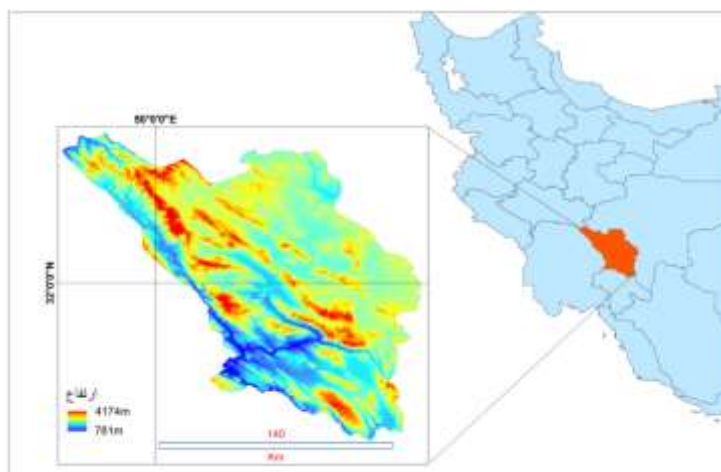
می‌گردد. جباری و همکاران (۱۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و NDVI به بررسی تغییرات در صد پوشش گیاهی مراتع سمیرم اصفهان پرداختند و نتیجه گرفتند که افزایش طبقات ضعیفتر ۰ تا ۲۰ درصد موجب کاهش طبقات متوسط ۲۰ تا ۴۰ درصد و خوب ۴۰ تا ۶۰ درصد شده است. محمدیاری و همکاران (۲۰) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS به بررسی تغییرات ۱۴ ساله پوشش گیاهی بهبهان پرداختند و نتیجه گرفتند که بیشترین کاهش مساحت مربوط به اراضی مرطوب با پوشش خوب بوده است و همچنین همبستگی بالای NDVI با دمای محیط نشان داد که با کاهش این شاخص برافزایش دمای محیط تأثیر گذاشته است. کاظمی نیا (۲۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و شاخص SAVI به بررسی پوشش گیاهی غرب کشور پرداخت و نتیجه گرفت که در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۲ مساحت پوشش گیاهی ضعیف و خوب افزایش و سطح پوشش گیاهی متوسط کاهش یافته است.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه استان چهارمحال و بختیاری است، این استان با ۱۶۴۲۱ کیلومتر مربع وسعت معادل یک درصد از کل وسعت ایران، بیست و دومین استان کشور از نظر مساحت می‌باشد. استان چهارمحال و بختیاری از جمله مناطق کوهستانی فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود و بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی گریونیچ قرار دارد.

(شاخص پوشش گیاهی NDVI) در چین طی دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۳ با استفاده از شاخص تبخیر و تعرق- بارش استاندارد به این نتیجه رسیدند که NDVI در سال‌های متفاوت مورد مطالعه دچار نوسان بوده و به صورت کلی به علت داشتن آبهای سطح الارضی، این شاخص افزایش نشان می‌دهد و بین شاخص پوشش گیاهی و بارش-تبخیر استاندارد نیز همبستگی بالایی وجود دارد. خسروی و همکاران (۱۶) با استفاده از شاخص بارش استاندارد و شاخص پوشش گیاهی به مطالعه اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی مناطق بیابانی بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ بررسی کردند و نتیجه گرفتند که شدیدترین خشکسالی مربوط به سال ۱۳۸۸ بوده است. همچنین بیشترین همبستگی بین پوشش گیاهی مراتع و شاخص بارش استاندارد رخ داده است، که نشان از کاهش پوشش گیاهی مراتع داشت، درحالی که اراضی کشاورزی حساسیت کمتری به این شاخص به علت استفاده از آب چاه‌ها داشتند. فرج زاده و همکاران (۵) به ارزیابی و مدل‌سازی تأثیر عوامل اقلیمی بر رشد پوشش گیاهی در مراتع متراکم ایران (تصاویر AVHRR) در محدوده جغرافیایی کشور ایران اقدام نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داده که همبستگی بالایی بین دو عنصر رطوبت نسبی و دمای حداکثر، با شاخص پوشش گیاهی برقرار است اما این همبستگی بین پوشش گیاهی و بارش و نیز دمای حداقل پایین است. همچنین ایشان دریافتند که پوشش گیاهی در فصل گرم تأثیر پذیری بالاتری از عوامل اقلیم شناختی دارد تا در فصل سرد. ایشان نشان دادند که تأثیر بارش با یک تأخیر دو ماهه و رطوبت نسبی با یک تأخیر یک ماهه در پوشش گیاهی کشور ظاهر



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Study area

## داده های مورد استفاده

با دقت فضایی ۱ کیلومتر انتخاب گردید. بسته HDF این محصول نیز شامل دمای روزها و شب هنگام بوده است. داده های NDVI و LST سنجنده MODIS با سیستم تصویر سینوسیدال در نرم افزار ARC-GIS مورد استفاده قرار گرفت. داده های بارش نیز برای ایستگاه های سینوپتیک و باران سنجی منطقه مورد مطالعه اخذ شده و با استفاده از مدل درون یاب کریجینگ عمومی با پیکسل سایزهای یک کیلومتری تبدیل به نقشه بارش استان گردید.

در این تحقیق از دو دسته از داده ها استفاده شده است که در جدول ۱ مشاهده می گردد. دسته اول داده های مربوط به پوشش گیاهی سنجنده MODIS ماهواره TERA است که به صورت ماهانه به صورت میانگین ده ساله، ۲۰۰۸-۲۰۱۸ از وب سایت این سنجنده اخذ گردید. این داده ها در واقع شامل یک بسته HDF در بردارنده شاخص های مختلف پوشش گیاهی MODIS است که از بین آن ها NDVI به دلیل کاربرد بیشتر مورد استفاده قرار گرفت. داده مربوط به دمای رویه ای خاک نیز از محصول دمای سطحی سنجنده MODIS در مقیاس ماهانه

## جدول ۱- داده های مورد استفاده

Table 1. Data used

قدرت تفکیک فضایی	محصول-منبع	مقیاس زمانی	
یک کیلومتر-سینوسیدال	محصول MOD13A3 سنجنده MODIS	ماهانه-فصلی	محصول پوشش گیاهی MODIS
یک کیلومتر-سینوسیدال	محصول MOD11A1 سنجنده MODIS	ماهانه	دمای رویه ای خاک
-	ایستگاه های باران سنجی و سینوپتیک استان	ماهانه	بارش ایستگاهی

ومکانی پوشش گیاهی در هر منطقه است. این شاخص پوشش گیاهی، مبتنی بر باندهای قرمز و مادون قرمز سنجنده های مختلف می باشد.

شاخص نرمال شده گیاهی<sup>۱</sup>

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی یکی از رایجترین و کاربردی ترین شاخص های پوشش گیاهی برای پایش دینامیک زمانی

1- Normalized Difference Vegetation Index(NDVI)

رشد عمومی (به طور معمول ماه مارس تا نوامبر یعنی فاصله بین آخرین یخبندان بهار و اولین یخبندان پاییزه) مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج

توزیع فضایی شاخص نرمال شده پوشش گیاهی در شکل ۲ ارائه شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، بخش‌های جنوب غرب استان یعنی شهرستان‌های اردل و منج و لردگان، در تمام ماه‌ها، دارای بالاترین مقادیر پوشش گیاهی هستند. در این بخش‌ها از استان، به طور متوسط، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده استخراج شده از باندهای قرمز و مادون قرمز سنجنده MODIS، حداقل ۰/۴۵ بوده است. در ماه‌های سرد سال یعنی ماه‌های، دسامبر تا فوریه، کمترین میزان شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی مجدداً در این بخش از استان چهارمحال و بختیاری قابل مشاهده است. در این فصل که فاز فنولوژیکی خواب زمستانی گونه‌های منطقه است، شاخص سبزیگی به حداقل مقدار درون سالی خود رسیده است و مقدار بیشینه آن در تعداد محدودی از پیکسل‌ها به ۰/۴۵ رسیده است. در فصل بهار که در واقع فازهای اولیه فنولوژیکی جوامع گیاهی منطقه، شروع شده است، در اوایل بهار به ویژه از اواسط مارس (اوایل فروردین) میزان بیشینه پیکسل‌ها شاخص سبزیگی MODIS پیکسل‌ها، به صورت چشمگیری افزایش داشته است. به طوری که در بخش‌های جنوب غرب استان در ماه مارس بیشترین میزان NDVI به ۰/۵۵ رسیده است و در ماه آپریل، در حالت بیشینه شاخص پوشش گیاهی به ۰/۶۶ رسیده است که بیانگر اوج گیری فرایند فنولوژیکی رشد و افزایش سطح کلروفیل عمومی پوشش-گیاهی منطقه است. همانطور که مشاهده می‌گردد، در در بخش‌های شمالی و مرکزی استان نیز پوشش گیاهی با NDVI پایینتر از ۰/۳۵ توسعه پیدا کرده است. در ماه می نیز میزان افزایش سطح کلروفیل پوشش گیاهی منطقه براساس محصول NDVI سنجنده MODIS ادامه داشته است و شاخص سبزیگی در حالت بیشینه به ۰/۷۲ رسیده است می‌توان گفت که اوج

$$NDVI = \frac{NIR - VRED}{NIR + VRED}$$

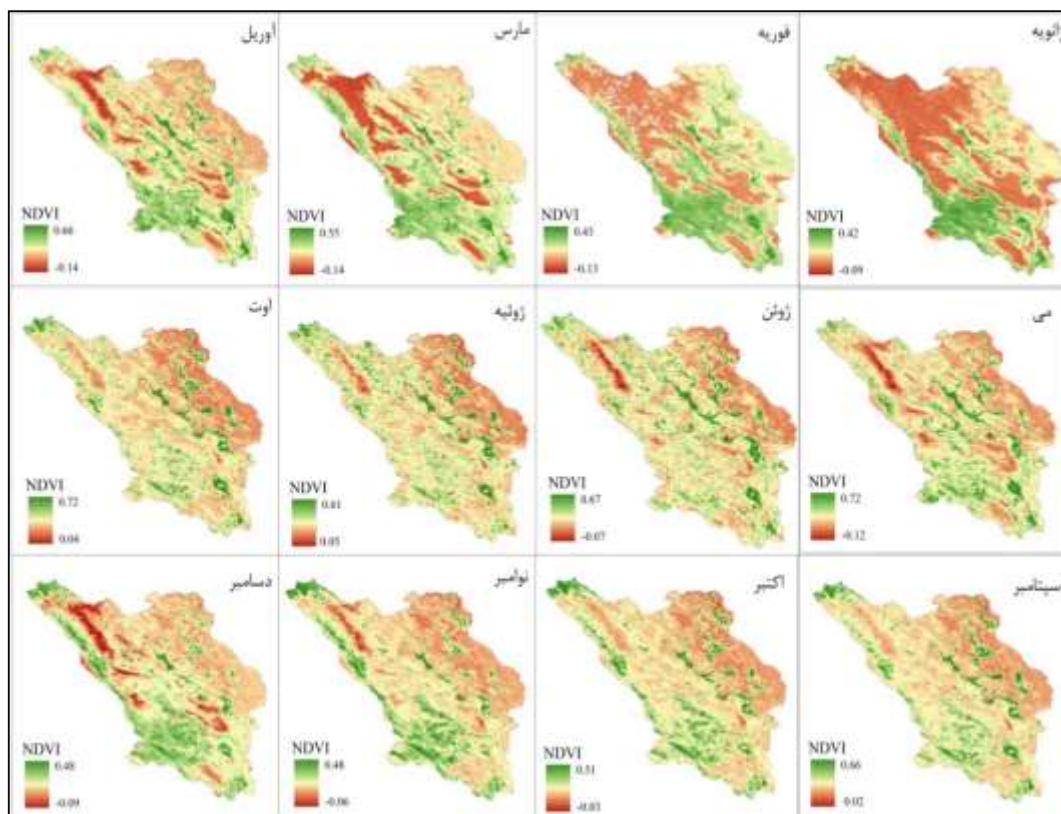
که در آن NIR میزان بازتاب ثبت شده در پیکسل در باند مادون قرمز نزدیک (۷۲۵-۱/۱ میکرون) و VRED میزان بازتاب ثبت شده همان پیکسل در باند قرمز (۵۸-۱/۶ میکرون) این شاخص دارای دامنه بین +۱ تا -۱ است. مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش‌های مختلف است. مثلاً مقادیر ۰/۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و از ۰/۵ به بالا برای مناطق گیاهی متراکم است. آب، برف و یخ دارای مقادیر NDVI منفی است و خاک‌ها ۰/۵ و ابر حول صفر است (۲۲). از عمده‌ترین خطاهایی که بر روی مقادیر NDVI بدست آمده برای یک منطقه اثر می‌گذارد، اثر ابرها و آلودگی‌های جوی از قبیل دود، مه و غبار است. اگر بر روی پیکسلی که محتوی پوشش گیاهی متراکم است لکه ابر قرار داشته باشد، افت زیادی در مقدار NDVI آن به وجود خواهد آمد و اطلاعات مربوط به آن پیکسل از دست خواهد رفت. داده‌های NDVI مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از محصول سطح ۳، سنجنده MODIS ماهواره TERRA با قدرت تفکیک فضایی ۱ کیلومتر و قدرت تفکیک زمانی ۱ ماهه (MOD13A3)، با سیستم تصویر سینوسیدال به صورت ماهانه (۱۲۰ ماه، ژانویه ۲۰۰۸ تا دسامبر ۲۰۱۸) برای منطقه مورد مطالعه (V05,h22) اخذ گردید.

### روش تحلیل

بعد از اخذ داده‌ها برای منطقه مورد مطالعه، (V05,h22) در مرحله بعد، میانگین‌های ۱۰ ساله (۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸) هر یک از متغیرهای مورد بررسی، برای هر ماه، در نرم افزار ARC-GIS به دست آمد. با اجرای تابع همسان سازی پیکسلی، رزلوشن فضایی تمامی لایه‌های اطلاعاتی اعم از لایه پوشش گیاهی، لایه دمای رویه ای و لایه بارش درون یابی شده ایستگاهی، یکسان سازی گردید. آنالیز همبستگی پیکسل به پیکسل که به نوعی همبستگی فضایی است، برای آشکارسازی روابط فضایی بین توزیع شاخص سبزیگی سنجنده MODIS در ماه‌های دوره

ماه‌های فصل تابستان یعنی، ژوئن، ژوئیه و اگوست، شاخص سبزی‌نگی منطقه روند ثابتی را داشته است.

سبزی‌نگی پوشش گیاهی منطقه در این ماه بوده است زیرا از لحاظ توزیع فضایی نیز پیکسل‌هایی که دارای پوشش گیاهی فعال ( $NDVI > 0.2$ ) بوده‌اند، بالاتر از سایر ماه‌ها بوده است. در طی



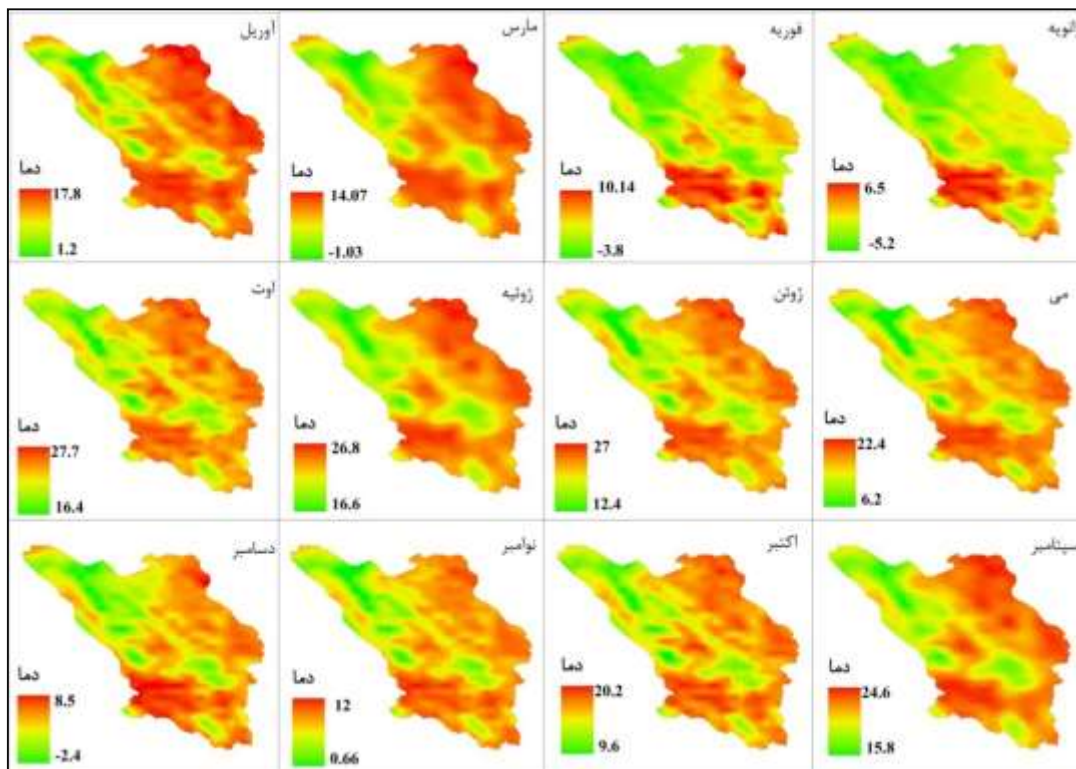
شکل ۲ - میانگین ده ساله پوشش گیاهی ماهانه استخراج شده از محصول NDVI مادیس

Figure 2. The average of ten years is the monthly vegetation extracted

دمای میانگین دمای ۶ تا ۱۰ درجه سانتیگراد بوده است. در سایر ماه‌های سال، توزیع فضایی دمای سطح زمین در سطح استان نسبت به این دو ماه همگون‌تر بوده است. روند افزایش ماهانه دما، در فصل تابستان یعنی از ماه ژوئن به بعد، متوقف شده ثابت بوده است و این ثابت نسبی تا از ماه ژوئن تا سپتامبر ( خرداد تا شهریور) ادامه داشته است اما از ماه اکتبر به بعد روند نزولی دما به صورت چشمگیری در کل منطقه مشاهده شده است و کمینه دمای سطح زمین، در دو ماه ژانویه و سپس دسامبر مشاهده شده است.

توزیع فضایی شاخص دمای سطح زمین که با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا از باندهای حرارتی سنجنده MODIS یعنی باندهای ۳۱ و ۳۲ استخراج گردیده است، به تفکیک ماهانه برای استان ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، از ماه ژانویه تا ژوئن یعنی ۶ ماه اول سال میلادی، میانگین دمای ماهانه سطح زمین که محصول کامپوزیت روزانه دمای سطح زمین است، روند افزایشی داشته است. در دو ماه ژانویه و فوریه، توزیع فضایی دمای سطح زمین، در استان چهارمحال و بختیاری، ناهمگون بوده است و بخش‌های وسیعی از استان دارای دمای زیر ۵ درجه سانتیگراد بوده است و تنها بخش‌های غرب و جنوب غرب منطقه، دارای





شکل ۳ - میانگین ده ساله دمای ماهانه محیط (درجه سانتی گراد)، استخراج شده از محصول LST مادیس

Figure 3. The average of the ten-year average temperature of the environment ( $^{\circ}$  C)

استان، به دلیل فراهم بودن نسبی نیاز گرمایشی کلنی‌های گیاهی، پوشش گیاهی بالاتر از سایر نواحی بوده است. بنابراین در این دوره یعنی (دسامبر تا مارس) بالاترین مقادیر شاخص سبزی‌نگی منطبق بر گرمترین (دمای سطح زمین) بخش‌های استان بوده است که این مسئله باعث افزایش چشمگیر همبستگی فضایی شده است. میزان همبستگی فضایی پیرسون بین توزیع فضایی دمای سطح زمین و شاخص سبزی‌نگی سنجنده MODIS برای ماه‌های دسامبر و ژانویه به ترتیب برابر  $0/75$  و  $0/83$  بوده است در حالی که در دو ماه فوریه و مارس نیز به ترتیب به  $0/7$  و  $0/60$  بوده است که میزان همبستگی فضایی این چهار ماه در سطح اطمینان  $0/95$  ( $P\_value=0.05$ ) معنی دار بوده است. همزمان با افزایش نسبی دما در فصل بهار و به تبع آن افزایش نسبی سطح سبزی‌نگی عمومی پوشش گیاهی استان، محدودیت دمایی فتوسنتز کم شده و سطح سبزی‌نگی در همه جای استان افزایش داشته است (شکل ۲)، اما در این دوره (ماه‌های آوریل تا ژوئن)، میزان همبستگی فضایی، نسبت به ماه‌های فصل زمستان روندی نزولی داشته است به گونه‌ای که، در ماه‌های آوریل، می و ژوئن، به ترتیب مقایر همبستگی برابر  $0/40$ ،  $0/50$ ،

در جدول ۲- ماتریس همبستگی بین دینامیک فضایی پوشش-گیاهی و میانگین ماهانه دمای سطح زمین که هر دو از محصولات سنجنش از دوری سنجنده MODIS بوده‌اند، ارائه شده است. همبستگی پیرسون در سطح اطمینان  $0/95$  ( $P\_value = 0.05$ )، به صورت پیکسل‌های یک کیلومتری، اجرا گردید. همانطور که در این جدول مشاهده می‌گردد، بالاترین میزان همبستگی فضایی، بین مقادیر پیکسل‌های شاخص پوشش-گیاهی، شاخص دمای سطحی، به ترتیب مربوط به ماه‌های، دوره سرد سال (دسامبر تا مارس) بوده است. دینامیک فضایی شاخص سبزی‌نگی در این دوره سرد سال، به وضوح از توزیع فضایی دما در سطح استان تبعیت کرده است. در این دوره سال به طور کلی همانطور که در نقشه شکل ۲ نیز مشاهده گردید، سطح فتوسنتز و به تبع آن سطح کلروفیل گیاهی بسیار پایین آمده است و در کنار آن نیز بخش وسیعی از استان فاقد پوشش گیاهی دارای سبزی‌نگی فعال بوده است. در این دوره سرد، تنش حرارتی باعث پایین آمدن سطح فتوسنتز گیاهی شده و شاخص سبزی‌نگی را به صورت چشمگیری در سراسر استان افت داده است. اما در گرمترین بخش‌های استان، یعنی بخش‌های غرب و جنوب‌غرب



علی رغم افزایشی چشمگیر دمای هوا، اما سطح سبزینگی به دلیل تنش ناشی از تبخیر و تعرق به همراه افزایش دما، افزایش پیدا نکرده است. از دست رفت آب گیاه، باعث ایجاد نوعی خشکیدگی نسبی در سطح گیاه شده و میزان کلی شاخص سبزینگی استخراج شده از MODIS در این دوره از سال همبستگی خاصی با دمای سطح خاک نشان نداده است. میزان همبستگی فضایی در ماه‌های فصل تابستان برای جولای، اگوست و سپتامبر به ترتیب ۰/۰۴، ۰/۱۷ و ۰/۱۹ می‌باشد.

و ۰/۰۹ بوده است. همبستگی فضایی دو ماه آپریل و می در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار بوده است اما در ماه ژوئیه همبستگی معنی داری مشاهده نگردیده است. در ماه‌های فصل تابستان، یعنی ژوئن تا سپتامبر، فازهای فنولوژیک انتهایی گیاهان آغاز می‌شود، در این دوره گیاهان نسبت به تنش خشکی و تنش حرارتی حساسیت کمتری دارند زیرا از لحاظ فنولوژیکی از فازهای آسیب‌پذیر گذار کرده‌اند. در این دوره تنش ناشی از تبخیر و تعرق و عدم جایگزین شدن منابع آب در خاک، باعث عدم افزایش سطح سبزینگی گیاهی شده است. در این دوره از سال

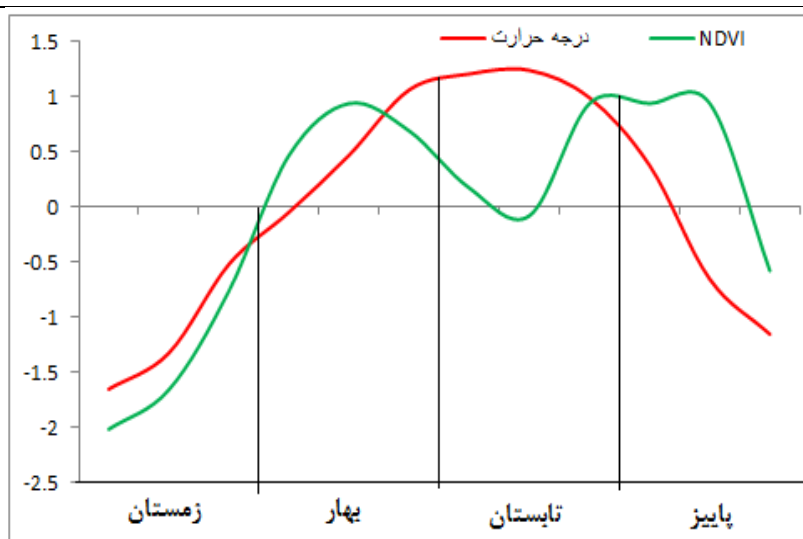
جدول ۲- ماتریس آنالیز همبستگی بین دمای سطحی ماهانه و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و تحلیل ارتباط فصلی

Table 2. The correlation between the monthly surface temperature and normalized vegetation

SIG	R	NDVI
۰/۰۰	۰/۸۳	ژانویه
۰/۰۰	۰/۷۰	فوریه
۰/۰۰	۰/۶۰	مارس
۰/۰۰	۰/۵۰	آوریل
۰/۰۰	۰/۴۰	می
۰/۳	۰/۰۹	ژوئن
۰/۳	۰/۰۴	ژوئیه
۰/۱۵	۰/۱۷	اوت
۰/۱۱	۰/۱۹	سپتامبر
۰/۰۸	۰/۳۴	اکتبر
۰/۰۹	۰/۳۰	نوامبر
۰/۰۰	۰/۷۵	دسامبر

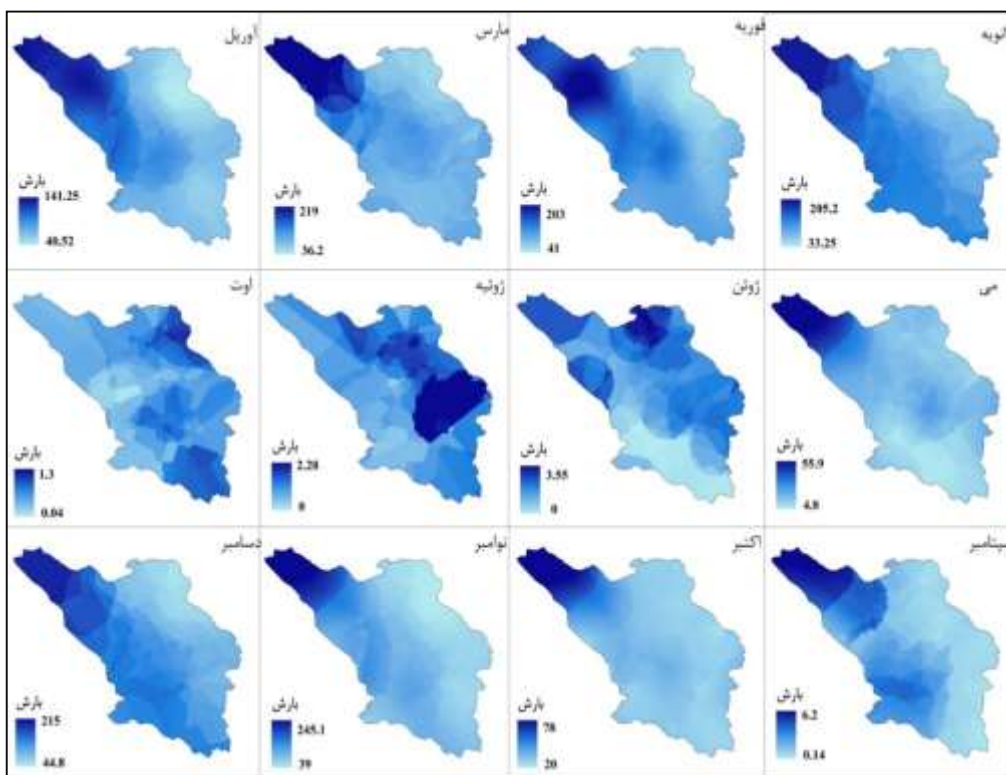
رشد فصلی	ماتریس آنالیز همبستگی ماه به ماه
زمستان	ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می
بهار	ژوئن، ژوئیه
تابستان	اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر
پاییز	دسامبر



هسته های بیشینه بارش که بارش‌های بالای ۲۰۰ میلی‌متر در ماه هستند، در نواحی شمال غرب استان مشاهده می‌گردد. در ماه‌های فصل بهار همزمان با کاهش بارش، الگوی توزیع فضایی بارش نیز کمی تغییر کرده است، و توزیع فضایی بارش خوشه‌ای تر و متمرکز تر به نواحی شمال غرب استان شده است. اما در فصل تابستان الگوی توزیع فضایی بارش پراکنده بوده و بیشتر به

توزیع فضایی مجموع بارش ماهانه استان چهارمحال و بختیاری براساس میانگین بارش دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۶ ایستگاه‌های سینوپتیک استان ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، الگوی توزیع فضایی فصلی بارش در سطح استان یکسان نبوده است در ماه‌های دوره سرد سال یعنی از دسامبر تا مارس اولاً میزان بارش به طور کلی بالاتر از سایر ماه‌های سال است و دوماً

نظر می‌رسد بارش‌های اوروگرافیک یا بارش‌های همرفتی ناشی از ناهمواری‌ها، به صورت محدود بارندگی‌های ناچیزی را ایجاد کند که حداکثر ۵ میلیمتر بوده است.



شکل ۵- میانگین ۱۷ ساله بارش ماهانه (میلی متر) ایستگاهی استان (۲۰۱۶-۲۰۰۰)

Figure 5. Average monthly 17-year rainfall (mm)

دو ماه همبستگی معنی‌داری با بارش ماه قبل نیز داشته است. توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی ماه آپریل بیشترین همبستگی را با توزیع فضایی بارش ماه مارس (یک ماه تاخیر) داشته است که برابر  $0/52$  بوده است و در سطح اطمینان  $0/95$  معنی دار بوده است در حالی که توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی ماه می نیز همبستگی معنی‌داری با بارش ماه آپریل نشان داد که برابر  $0/43$  بوده است و در سطح اطمینان  $0/95$  نیز معنی دار بوده است. در سایر ماه‌های سال، هیچ همبستگی نه به صورت همزمان و نه به صورت تاخیری بین توزیع فضایی بارش و توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی مشاهده نگردید.

تحلیل همبستگی فضایی بین بارش توزیع فضایی بارش در ایستگاهی سطح استان با توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی در مقیاس ماهانه در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که در این جدول ارائه شده است، آماره معنی‌داری آزمون همبستگی فضایی نشان دهنده آن بوده است که تنها در دو ماه آپریل و می (فروردین و اردیبهشت) همبستگی فضایی معنی‌داری بین توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی سنجنده MODIS میزان بارش استان بوده است و در سایر ماه‌ها همبستگی معنی‌داری بین توزیع فضایی بارش و توزیع فضایی NDVI مشاهده نشده است. تحلیل همبستگی تاخیری بیانگر آن بوده است که در ماه‌های فصل بهار توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی ارتباط معنی‌داری با توزیع فضایی بارش یک ماه قبل داشته است. به عبارت دیگر در دو ماه آپریل و می که همبستگی همزمان بین بارش و توزیع فضایی شاخص سبزی‌نگی MODIS معنی‌دار بوده است، پوشش گیاهی این

همبستگی معنی‌داری را با بارش یک ماه قبل دارند. به عبارت دیگر تأثیر بارش در پوشش گیاهی استان چهار محال و بختیاری تنها در فصل بهار و با یک ماه تأخیر معنی‌دار می‌باشد.

## Reference

1. Barbosa, H. A., Huete, A. R., Baethgen, W. E., 2006. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, Vol. 67, pp 288–307.
2. Chen, X. Q., Xu, C. X., & Tan, Z. J., 2001. An analysis of relationships among plant community phenology and seasonal metrics of Normalized Difference Vegetation Index in the northern part of the monsoon region of China. *International Journal of Biometeorology*, Vol 45, pp170–177.
3. Goward, S. N., and Prince, S. D., 1995. Transient Effects of Climate on Vegetation Dynamics: Satellite Observations. *Journal of Biogeography*, Vol 22, pp. 549–563.
4. Maselli, F., & M. Chiesi., 2006. Integration of Multi-source NDVI Data for the Estimation of Mediterranean Forest Productivity. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 27, pp. 55-72.
5. Farajzadeh, M., Fathnia, A., Alijani, B., Zeaiean, P., 2011. Assessment of the Effect of Climatic Factors on the Growth of Dense Pastures of Iran, Using AVHRR Images. *Physical Geographical Research*, Vol 43(75), pp1-15. (In Persian)
6. Ehsani, A., Arzani, H., Farahpour, M., Ahmadi, H., Jafari, M., Jalili, A., Mirdavoudi, H. R., Abasi H. R., Azimi, M. S., 2007. The effect of climatic conditions on range forage production in steppe rang lands, Akhtarabad of

جدول ۳- آنالیز همبستگی فضایی بین بارش ماهانه و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در مقیاس فصلی و سالانه

Table 4. Correlation between monthly precipitation and normalized vegetation index along with computational P\_value values

Sig	R	NDVI
۰/۱۹	۰/۰۹	ژانویه
۰/۲۲	۰/۰۲	فوریه
۰/۱۴	۰/۱۵	مارس
۰/۰۳۵	۰/۴۱	آوریل
۰/۰۳۵	۰/۳۹	می
۰/۲۴	۰/۰۱۲	ژوئن
۰/۲۲	۰/۰۲	ژوئیه
۰/۱۹	۰/۰۸	آوت
۰/۱۹	۰/۰۸	سپتامبر
۰/۲۴	۰/۰۱	اکتبر
۰/۱۵	۰/۱۲	نوامبر
۰/۲۰	۰/۰۷	دسامبر

## نتیجه گیری

مولفه‌های اقلیمی و شرایط آب و هواشناختی یکی از تعیین کننده ترین فاکتورهای تأثیرگذار در تغییرات فنولوژیکی جوامع گیاهی مختلف می‌باشد. طول دوره رشد، زمان آغاز و پایان دوره رشد، جایجایی‌های درون سالی دوره رشد، می‌تواند الگوی زمانی مکانی پوشش گیاهی را در هر مکان تغییر دهد. در این تحقیق ارتباط توزیع فضایی شاخص سبزیگی استخراج شده از سنجنده MODIS با عوامل اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که عامل دمای سطح زمین با کنترل فرایندهای بیولوژیک ناحیه ریشه و تأثیر بر دمای هوای ارتفاع دو متری، همبستگی معنی‌داری در میزان سبزیگی استخراج شده پوشش گیاهی استان چهارمحال و بختیاری داشت. در حالی که در مورد بارش ضمن اینکه مقادیر کلی همبستگی‌ها بسیار کمتر از عنصر دما بود، مشاهده گردید که تنها پوشش گیاهی ماه‌های آوریل تا ژوئن،

- NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments*, Vol 63, pp 596-614.
14. Yin G, Hu Z, Chen X, Tiyip T., 2016. Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia. *Journal of Arid Land*. Vol 8(3), pp 375-388.
  15. Chen Z, Jiang WG, Tang ZH, Jia K., 2016. Spatial-Temporal Pattern of Vegetation Index Change and the Relationship to Land Surface Temperature in Zoige. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp 849-852.
  16. Khosravi H., Haydari E., Shekoohizadegan S., Zareie S., 2017. Assessment the Effect of Drought on Vegetation in Desert Area using Landsat Data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Vol 20, pp S3-S12. (In Persian)
  17. Jiang, Y., Wang, R., Peng, Q., Wu, X., Ning, H., Li, C., 2018. The relationship between drought activity and vegetation cover in Northwest China from 1982 to 2013. *Natural Hazards*, Vol 92(1), pp 145-163
  18. Hadian, F., Jafari, R., Bashari, H., Soltani, S., 2014. Monitoring the Effects of Precipitation on Vegetation Cover Changes Using Remote Sensing Techniques in 12 Years Period (Case study: Semirom Isfahan). *journal of range and watershade management*, Vol 66(4), pp 477-646. (In Persian)
  19. Jabbari, S., Khajeddin, S J., Jafari, R., Soltani, S., 2015. Investigation of the Pasture Vegetation Changes Using Satellite Data in Semirom, Isfahan. *ijae*. Vol 3 (10), pp 27-39.
  20. Mohammadyari, F., Pourkhabaz, HR., Tavakoli, M., Aghdar, Hossein., 2015. Saveh. *Iranian journal of Range and Desert Research*, Vol 14 (2), pp 249-261. (In Persian)
  7. Potter, C.S., & Brooks, V., 1998. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 15, pp 2921–2948.
  8. Schultz, P. A., and Halpert, M. S., 1995. Global Analysis of the Relationships Among a Vegetation Index, Precipitation, and Land Surface Temperature. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 16, pp. 2755-2777.
  9. Myneni, R. B., Tucker, C. J., Asrar, G., Keeling, C. D., 1998. Interannual variations in satellite-sensed vegetation index data from 1981 to 1991. *Journal of Geophysical Research*, Vol 103, pp 6145–6160.
  10. Tucker, C. J., Slayback, D. A., Pinzon, J. E., Los, S. O., Myneni, R. B., & Taylor, M. G., 2001. Higher northern latitude NDVI and growing season trends from 1982–1999. *International Journal of Biometeorology*, Vol 45, pp 184–190
  11. Zhou, L. M., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V., & Myneni, R.B., 2001. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research*, Vol 106 (17), pp 20069–20083.
  12. Prasad, A. K., Sarkar, S., Singh, R. P., & Kafatos, M., 2007. Inter-annual variability of vegetation covers and rainfall over India. *Advances in Space Research*, Vol 39, pp 79–87.
  13. Anyamba, A., and Tucker, C. J., 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR

- Investigating Vegetation Coverage  
GEJ. Vol 9 (1) , pp 75-85. (In Persian)
22. Kabiri, K., 2004. Ghe impact of drought on Irans vegetation cover in 90 decades using NOAA Imaginary, M.Sc dissertation, Khaje Nasiradin Tosiunoversity. (In Persian)
- MappingVegetation and monitoring its Changes using Remote Sensing and GIS Techniques (Case study: Behbahancity), Scientfc - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), Vol 23( 92), PP 23-34. (In Persian)
21. Kazeminia, A., 2018. Application of Remote Sensing and GIS in the