



بررسی رابطه آماری بین متغیرهای اقلیمی، هیدرولوژیک و پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان

فاطمه فیروزی¹، تقی طاوسی²، پیمان محمودی^{3*}

1. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
 2. استاد اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
 3. استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
- * نویسنده مسئول: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

تاریخ دریافت: 1396/07/17 تاریخ پذیرش: 1397/03/02

چکیده

متغیرهای اقلیمی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پویایی زمانی-فضایی پوشش گیاهی محسوب می‌شوند. امروزه از تصاویر ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای برای پایش اثر نوسانات متغیرهای اقلیمی بر تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌گردد. هدف از پژوهش حاضر بررسی رابطه بین دو متغیر اقلیمی بارش و دما با پویایی پوشش گیاهی در یکی از مناطق خشک دنیا یعنی دشت سیستان در شرق ایران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های تولیدشده NDVI مربوط به سنجنده MODIS ماهواره ترا برای سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد سال‌های 1379 تا 1393 و داده‌های دما و بارش ماهانه (مهر-شهریور) ایستگاه هواشناسی زابل برای همان بازه زمانی 1379-1393 استفاده شد. برای بررسی رابطه بین متغیرهای اقلیمی با NDVI نیز از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مقیاس ماهانه هیچ‌گونه همبستگی بین MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد با میانگین دمای ماه‌های قبل از آن‌ها مشاهده نشده است. در مورد بارش نیز بارش ماه اردیبهشت با MODIS NDVI همان ماه و ماه بعدی (خرداد) به‌ترتیب دارای همبستگی 0/603 و 0/542 بوده‌اند که در حد متوسط است. اما با توجه به مقدار بسیار اندک بارش و تبخیر بسیار زیاد در این ماه، در عمل نمی‌توان به این همبستگی اعتماد زیادی داشت. بنابراین با مشخص شدن عدم وجود همبستگی بین متغیرهای اقلیمی با پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان، همبستگی بین میانگین سالانه دبی رودخانه هیرمند، به‌عنوان تنها رودخانه جاری در این دشت، با MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد مورد توجه قرار گرفت. لذا نتایج مبین همبستگی قوی مثبت 0/75 بین میانگین سالانه دبی رودخانه هیرمند با MODIS NDVI ماه فروردین است. لذا به‌روشنی مشخص است که رگ حیاتی دشت سیستان، رودخانه هیرمند می‌باشد و زندگی این سرزمین و پویایی پوشش گیاهی آن نه درگرو نوسانات دما و بارش بلکه درگرو آب این رودخانه حیات‌بخش است.

واژگان کلیدی: بارش؛ دما؛ دبی؛ سنجنده مودیس؛ همبستگی

n مقدمه

متغیرهای اقلیمی، دو متغیر دما و بارش بیشترین تأثیر را بر روی الگوهای زمانی-فضایی پوشش گیاهی دارند (21)، رابطه بین بارش و رشد پوشش گیاهی اغلب

اقلیم یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر روی پویایی اکوسیستم‌ها در دو مقیاس محلی و جهانی است. از بین

عرض‌های جغرافیایی میانی و بالای نیمکره شمالی مربوط به افزایش دما و کاهش NDVI در مناطق نیمه خشک عرض‌های جغرافیایی پایین مربوط به کاهش بارش بوده است (10). همچنین برخی بررسی‌های دیگر در مقیاس جهانی نشان داده‌اند که گرمایش جهانی منجر به افزایش پوشش گیاهی در عرض‌های جغرافیایی بالای نیمکره شمالی شده است (15). اگرچه، در چند ناحیه کوهستانی نیز مشاهده شده است که با افزایش بارش، مقادیر NDVI کاهش یافته است که دلیل آن را به اثرات برف نسبت داده‌اند (13). علاوه بر این، رابطه منفی بین بارش و NDVI در مناطق مرطوب نیز گزارش شده است (16)، در مناطق خشک نیز رابطه مثبت بین بارش و NDVI و رابطه منفی بین دما و NDVI نشان داده شده است که مبین محدود شدن رشد گیاهی ناشی از قابلیت دسترسی به رطوبت است (13).

بررسی همبستگی پوشش گیاهی (NDVI) نیال از سال 1981 تا 2015 با داده‌های بارش، دما، ارتفاع و دی‌اکسید کربن نشان داد که روند پوشش گیاهی در ارتفاعات متوسط و پایین‌تر افزایشی بوده است، اما دلیل آن مربوط به دی‌اکسید کربن و دلایل دیگر محیطی غیر از بارش و دما بوده است. اما در بررسی بین سالانه روند افزایشی پوشش گیاهی همبستگی زیادی بین بارش و دما با NDVI مشاهده شد (12).

لذا با توجه به پیشینه تحقیقاتی غنی در زمینه رابطه متغیرهای اقلیمی با پویایی پوشش گیاهی در نقاط مختلف جهان، در مطالعه حاضر هدف بر این است که رابطه بین دو متغیر دما و بارش را با پویایی پوشش گیاهی در یکی از مناطق خشک و فراخشک جهان دشت سیستان در شرق ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجش‌ازدور ماهواره‌ای بررسی کند. تا بر اساس این بررسی به توان وضعیت پوشش گیاهی را با تأخیرهای زمانی مختلف برای این قسمت از جهان که دارای اقلیمی خشک و فراخشک می‌باشد پیش بینی کرد.

n مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پیچیده‌تر از دما است به طوری که برای درک بهتری از واکنش پوشش گیاهی به تغییرات زمانی-مکانی بارش و دما نیاز به پردازش جو زیست‌کره است. در این راستا تصاویر ماهواره‌ای فرصت منحصر به فردی برای تحقیق و ارزیابی پوشش گیاهی فراهم می‌کنند. شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) یک اندازه‌گیری غیرمستقیم از فعالیت فتوسنتزی است. دامنه این شاخص بین -1 برای حداقل میزان و +1 برای حداکثر میزان فعالیت فتوسنتزی است. NDVI به صورت رابطه (1) تعریف می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

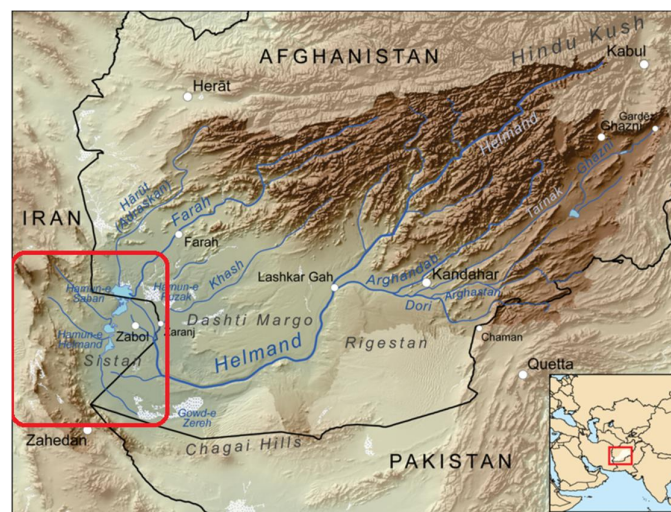
که NIR، مقدار بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و RED، مقدار بازتاب باند قرمز است (2،8). بازتاب کلروفیل در محدوده طول موج قرمز (RED) حدود 20 درصد و در محدوده طول موج مادون قرمز نزدیک (NIR) حدود 60 درصد است و تفاوت بین پاسخ‌های هر دو باند اجازه کمی کردن انرژی جذب شده توسط کلروفیل را می‌دهد، در نتیجه طبقات نشان دهنده سطوح مختلف پوشش گیاهی فراهم خواهد شد (23).

امروزه شاخص NDVI نقش زیادی در پایش درازمدت شرایط پوشش گیاهی دارد (23،28). محققان زیادی از این شاخص برای بررسی تغییرات زمانی - مکانی پوشش گیاهی و ارتباط آن با بارش و دما در نقاط مختلف جهان بهره‌گیری کرده‌اند (1،3،5،27). بسیار از این بررسی‌ها نشان داده‌اند که NDVI با تأخیرهای زمانی گوناگونی از بارش تبعیت می‌کند (12،18) که این تأخیرهای زمانی می‌تواند ناشی از خشکی نسبی مکان مورد بررسی، نوع خاک (7)، توپوگرافی (11) و همچنین ترکیب و ساختار پوشش گیاهی (4، 20) باشد. بنابراین حساسیت مقادیر NDVI به نوسانات بارش در هر منطقه‌ای متفاوت و زمان‌های تأخیر آن نیز بین یک یا دو ماه متغیر می‌باشد (18). نتایج مطالعه جامع بررسی رابطه بین NDVI و دو متغیر اقلیمی دما و بارش در مقیاس جهانی برای بازه زمانی 1982-1990، نشان داد که افزایش NDVI در

دشت سیستان جمعیتی بالغ بر 400000 نفر دارد و اقتصاد آن به شدت به کشاورزی دیم و آبی و محصولات جانبی به دست آمده از تالابها وابسته است. سیستم آبیاری این دشت که جدیداً نیز احیاء شده است مساحتی حدود 120000 هکتار دارد. چهار دریاچه مصنوعی (چاه نیمه) برای تأمین مصارف عمومی آب در این دشت ایجاد شده است. رودخانه‌هایی که از افغانستان سرچشمه گرفته و به این دشت می‌ریزند، علاوه بر اینکه آب مورد نیاز برای کشاورزی آبی آن را تأمین می‌کنند، منبعی برای تأمین آب دریاچه‌های سه‌گانه هامون نیز به شمار می‌روند (26).

اقلیم دشت سیستان بر اساس طبقه‌بندی کوپن اصلاح شده، اقلیم بیابانی با آب‌وهوای خیلی گرم و خشک بیابانی است. میانگین بارندگی سالانه آن بسیار ناچیز و بین 50 تا 55 میلی‌متر است که حدود 7 درصد متوسط بارندگی سالانه در جهان هست. مقدار تبخیر سالانه آن بسیار زیاد و در حدود 4800 میلی‌متر گزارش شده است. میانگین بیشینه درجه حرارت آن $34/5$ درجه سانتی‌گراد و میانگین کمینه درجه حرارت $8/5$ درجه سانتی‌گراد است. مهم‌ترین مشخصه آب و هوایی دشت سیستان بادهای 120 روزه آن است که از اواسط خردادماه شروع به وزیدن می‌کند و تا اوایل مهرماه ادامه دارد و جهت آن از شمال غربی به جنوب شرقی است و سرعت آنگاه تا بالای 100 کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد (29).

دلتای دشت سیستان در شرق ایران و در انتهای حوضه آبخیز بسته هیلمند واقع شده است. کل مساحت آن 200000 کیلومترمربع است که بخش وسیعی از آن در کشور افغانستان قرار گرفته است. بخش ایرانی این حوضه شامل دشت دلتا با وسعت حدود 2500 کیلومترمربع و قسمتی از سامانه تالاب‌های پیرامونی با وسعت حدود 5000 کیلومترمربع کمتر از 5 درصد مساحت کل حوضه را به خود اختصاص داده است. سامانه رودخانه‌ای این حوضه به درون فرورفتگی داخلی تخلیه می‌شود و زمانی که آب به اندازه کافی موجود باشد دریاچه‌های سه‌گانه هامون را تشکیل می‌دهند. این دریاچه‌ها یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی در ایران به شمار می‌روند و نام آن‌ها در فهرست کنوانسیون ذخیره‌گاه‌های بین‌المللی یونسکو و کنوانسیون جهانی حفاظت از تالاب‌های کنوانسیون رامسر ثبت شده‌اند. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این دریاچه‌ها، علیرغم قرار گرفتن آن‌ها در انتهای یک حوضه آبخیز بسته، شیرین بودن آب آن‌ها هست. اما در حقیقت باید گفت که این دریاچه‌ها، انتهای این حوضه نیستند. بلکه در طول دوره‌هایی با جریان‌ات سیلابی، سرریز این دریاچه‌ها به رودخانه شیله و سرانجام به گودزره می‌ریزد. این جریان‌های سیلابی به‌طور میانگین هر 8-11 سال یک‌بار اتفاق می‌افتند. دریاچه گودزره، دریاچه انتهایی این حوضه آبخیز است و آب آن بسیار شور می‌باشد (26).



شکل 1. موقعیت جغرافیایی دشت سیستان در انتهای حوضه آبریز هیلمند در ایران

داده‌های مورد استفاده

در پژوهش حاضر برای بررسی رابطه بین متغیرهای اقلیمی با پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان به دودسته داده نیاز بود. دسته اول داده‌های ماهانه دو متغیر دما و بارش ایستگاه زابل، به‌عنوان تنها ایستگاه موجود در دشت سیستان، برای یک دوره آماری 15 ساله 1393-1379 مورد استفاده قرار گرفت.

دسته دوم داده‌های پوشش گیاهی بودند که از تولیدات NDVI سنجنده MODIS ماهواره ترا با نام MOD13A3 استفاده شد (جدول 1). این داده‌ها از مرکز بایگانی فعال توزیع فرایندهای سطح زمین ناسا قابل استخراج هستند. MODIS NDVI از روی قابلیت بازتابندگی سطوح در محدوده باند قرمز (610-680 نانومتر) و باند مادون قرمز نزدیک (780-890 نانومتر) محاسبه می‌شود و تصحیحات مربوط به پراکندگی ملکولی، جذب ازن و آتروسفل‌ها روی آن‌ها انجام گرفته است. این الگوریتم‌ها بر پایه هر پیکسل عمل می‌کند و نیاز به مشاهدات متعدد برای تولید پوشش گیاهی دارد. اما به دلیل وجود ابرها، مشکلاتی نیز در مشاهدات به وجود خواهد آمد. به همین دلیل در ترکیب داده‌ها، باکیفیت‌ترین پیکسل‌ها، طی 8 روز تصویربرداری سنجنده در نظر گرفته می‌شود. تمام روش‌های ترکیبی نتیجه انتخاب پیکسل‌های مطابق با همدیگر می‌باشد. بنابراین در روزهای مجزا، پیکسل‌ها مطابق یکدیگر انتخاب

می‌شوند. تنها در زمانی که پیکسل ابری بوده یا گرد و غبار داشته باشد از پیکسل مجاور استفاده خواهد شد (9).

قدرت تفکیک فضایی این پایگاه داده‌ای NDVI، 1000 متر و قدرت تفکیک زمانی آن ماهانه می‌باشد (19). با توجه به وضعیت پوشش گیاهی دشت سیستان و بر اساس ویژگی‌های اقلیمی آن، 45 سری از تصاویر MODIS NDVI برای یک دوره 15 ساله 1379 تا 1393 و برای سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد از پایگاه داده‌ای EOS سفارش داده شدند. بعد از اخذ تصاویر، تمامی آن‌ها برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ENVI موزائیک و به سیستم مختصات جهانی مرکاتور معکوس تبدیل شدند (22,9).

از نظر تئوریک شاخص NDVI در محدوده $+1$ تا -1 در تغییر است. مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی 1 میل می‌کند و برعکس ابرها، برف و آب ارزش منفی تولید می‌کنند. سنگ و خاک بایر مقدار $0/5$ دارند (9) اما با بازدید و برداشت‌های میدانی از منطقه و تطبیق آن با تصاویر NDVI سنجنده مادیس نتیجه گرفته شد که مقادیر بالای $0/3$ بیانگر بهتری از پوشش گیاهی در این دشت هستند. لذا طبقات انجام شده در این تصاویر از $0/1$ تا $0/2$ به‌عنوان پوشش گیاهی تنک و پراکنده، از $0/2$ تا $0/3$ به‌عنوان پوشش گیاهی متوسط و از $0/3$ به بالا به‌عنوان پوشش گیاهی عادی نسبتاً زیاد استفاده شد.

جدول 1. داده‌های استفاده شده در پژوهش حاضر

مشخصات داده ها	نوع داده ها
زابل	نام ایستگاه
1340	سال تأسیس
15 سال از سال 2000 تا 2014	دوره آماری مورد استفاده دما و بارش
12 ماه هر سال	ماه‌های مورد استفاده دما و بارش
(MOD13A3) NDVI	نوع تصویر ماهواره‌ای
45	تعداد تصاویر ماهواره‌ای
15 سال از سال 2000 تا 2014	دوره آماری مورد استفاده تصاویر ماهواره‌ای
فروردین، اردیبهشت و خرداد	ماه‌های مورد استفاده تصاویر ماهواره‌ای

t آزمون شده است. آماره آزمون t با درجه آزادی $n - 2$ به صورت زیر محاسبه شده است (رابطه 3):

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad (3)$$

r^2 ضریب تعیین t آماره مناسب برای بررسی معنادار بودن ضریب همبستگی $n - 2$ درجه آزادی توزیع t برای ممعنی دار ضریب همبستگی است.

در نهایت مقدار t به دست آمده از رابطه 4 با مقدار بحرانی t جدول مقایسه می شود. هرگاه قدر مطلق t محاسباتی کوچک تر از t جدول باشد فرض تحقیق در سطح اطمینان $\alpha = 0.05$ پذیرفته می شود (رابطه 4).

$$|t| > t_{\frac{\alpha}{2}} \quad (4)$$

نکته: مقدار t از طریق فرمول محاسبه می شود و t بحرانی برای درجه آزادی $n-2$ باید از جداول آماری استخراج شود.

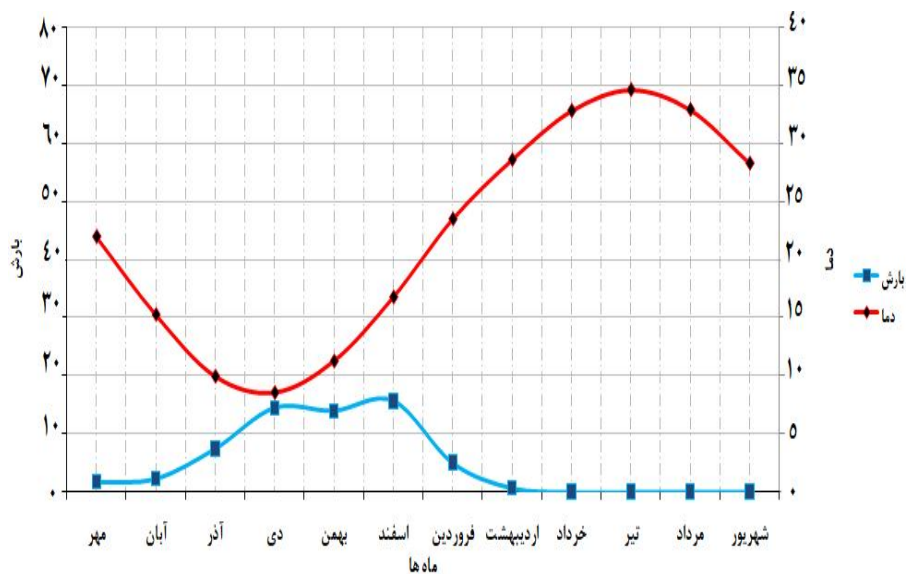
n نتایج

برای بررسی رابطه بین دو متغیر اقلیمی دما و بارش با MODIS NDVI دشت سیستان، ابتدا سری زمانی ماهانه دما و بارش ایستگاه زابل برای دوره مورد مطالعه از ماه مهر تا شهریور مرتب شدند. میانگین بارش سالانه دوره 15 ساله منتهی به سال 1393 دشت سیستان 38/6 میلی متر بوده که حدود 61 درصد آن در فصل زمستان باریده است (شکل 2). این مقدار بارش در مقایسه با میانگین بارش سالانه ایران (حدوداً 250 میلی متر) و جهان (حدوداً 850 میلی متر) بسیار ناچیز و حاکی از اقلیمی خشک و فرا خشک برای این قسمت از جهان هست. رژیم دمایی دشت سیستان نیز نشان از یک فصل سرد کوتاه مدت و یک فصل گرم و خشک بلند مدت دارد به طوری که میانگین سردترین ماه آن یعنی دی 8/2 درجه سانتی گراد و گرم ترین ماه آن یعنی تیر 35/5 درجه سانتی گراد می باشد (شکل 2).

بعد از جمع آوری داده ها و تشکیل بانک اطلاعاتی آن ها، نحوه استخراج و تنظیم داده ها مرحله بعدی کار را تشکیل می داد. در این مرحله پیکسل دارای بالاترین مقدار شاخص NDVI در محدوده مورد مطالعه برای ماه های منتخب استخراج و سری زمانی 15 ساله آن ها تهیه شدند. همچنین سری زمانی دما و بارش ماهانه ایستگاه زابل نیز در مقیاس ماهانه برای ماه های مهر تا خرداد برای یک دوره 15 ساله آماده شدند. در ادامه جهت برآورد رابطه بین دو متغیر اقلیمی دما و بارش با MODIS NDVI از ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون استفاده شد. همچنین محاسبه ضریب همبستگی بین میانگین سالانه دبی رودخانه هیرمند در ایستگاه پایاب سد کهک (نقطه ورود آب رودخانه هیرمند به ایران) با بیشترین پوشش گیاهی ماه های فروردین، اردیبهشت و خرداد نیز محاسبه شد. این ضریب برای تعیین مقدار رابطه، نوع و جهت رابطه بین دو متغیر فاصله ای یا نسبی یا یک متغیر فاصله ای و یک متغیر نسبی به کار برده می شود. ضریب همبستگی گشتاوری پیرسون به صورت رابطه (2) تعریف می شود (6).

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (2)$$

که $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$ نشان دهنده n زوج مشاهدات هست. در بررسی حاضر بارش (X_1) و پوشش گیاهی (Y_1) در نظر گرفته شده است. ضریب همبستگی پیرسون بین -1 و 1 تغییر می کند. اگر $r=1$ باشد بیانگر رابطه مستقیم کامل بین دو متغیر است، رابطه مستقیم یا مثبت به این معناست که اگر یکی از متغیرها افزایش یا کاهش یابد، دیگری نیز افزایش یا کاهش می یابد. $r=-1$ نیز وجود رابطه معکوس کامل بین دو متغیر را نشان خواهد داد. رابطه معکوس یا منفی نشان می دهد که اگر یک متغیر افزایش یابد متغیر دیگر کاهش می یابد و بالعکس. زمانی که ضریب همبستگی برابر صفر بوده است بین دو متغیر رابطه خطی وجود نداشته است (6). معنادار بودن ضریب همبستگی نیز با استفاده از آماره



شکل 2. میانگین دما و بارش ایستگاه زابل برای سال آبی 1393-1379

رابطه بین بارش و MODIS NDVI در دشت سیستان شرایط متفاوت تری از دما نشان می‌دهد. همچنان که در شکل 2 مشاهده می‌شود در چهار ماه خرداد، مرداد، شهریور و مهر دشت سیستان هیچ گونه بارشی دریافت نمی‌کند. لذا در جدول 3 مشاهده می‌شود که برای ماه مهر که اولین ماه شروع سال آبی به شمار می‌آید، ضریب همبستگی محاسبه نشده است. اما از ماه مهر به بعد بارش‌های دشت سیستان شروع می‌شود.

همچنان که انتظار می‌رفت ماه‌های دورتر اثری بر پویایی پوشش گیاهی در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد نداشته‌اند به طوری که هیچ گونه رابطه معنی‌دار از لحاظ آماری بین بارش ماه‌های آبان تا فروردین با MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد مشاهده نشده است.

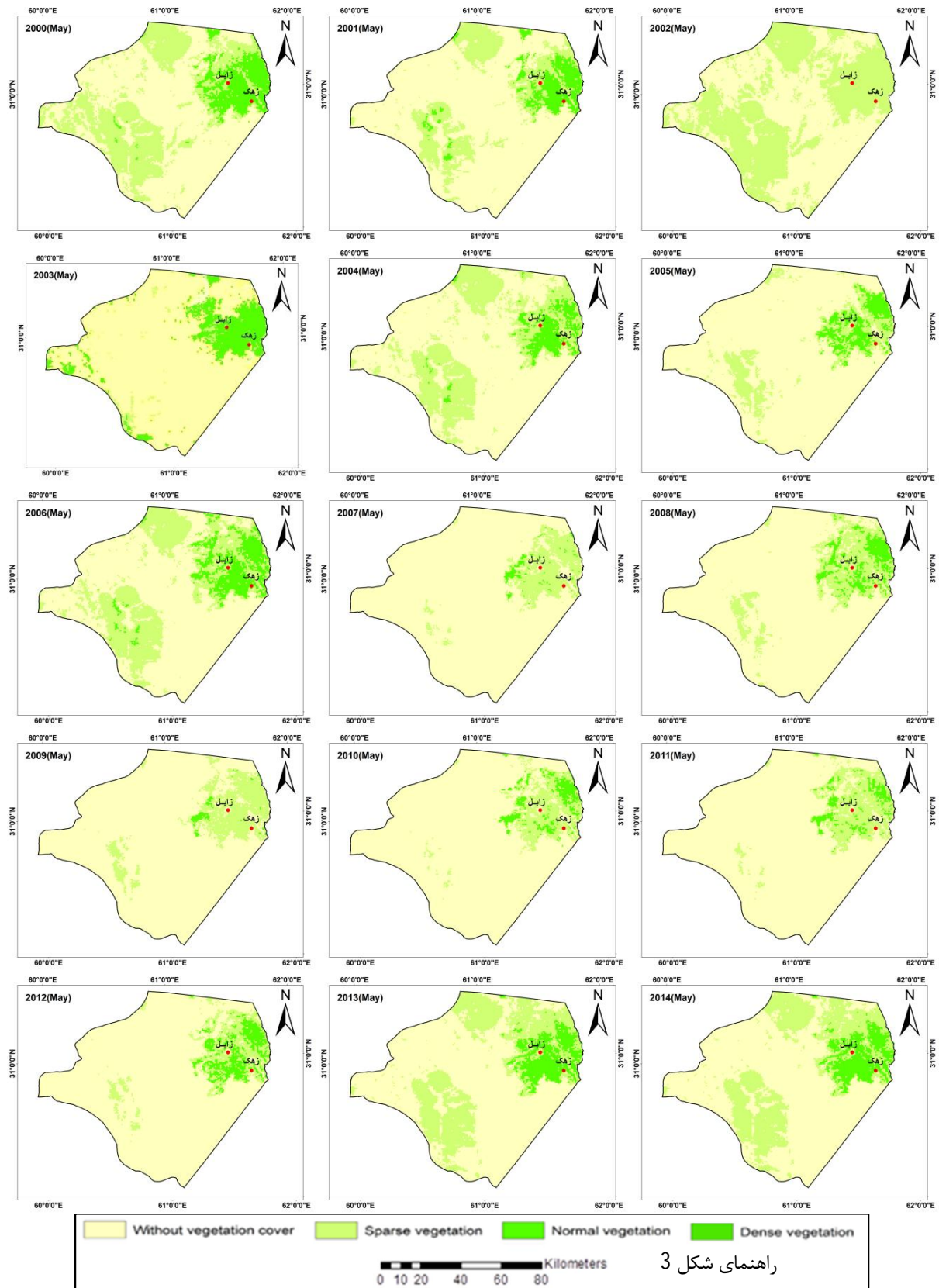
تنها رابطه معنادار آماری بین بارش و MODIS NDVI مربوط به بارش ماه اردیبهشت با NDVI 0/603 و خرداد 0/542 هست که دارای یک همبستگی مثبت متوسط هستند.

نقشه‌های پوشش گیاهی حاصل از پردازش تصاویر سنجنده MODIS ماهواره ترا نیز برای سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد برای سال‌های 1379 تا 1393 برای منطقه مورد مطالعه تهیه شدند (شکل 3). انتخاب این سه ماه به دلیل دارا بودن بیشترین پوشش گیاهی در بین ماه‌های دیگر بوده است.

این نکته قابل ذکر است که محصولات غالب این دشت گندم، جو، خربزه و هندوانه می‌باشد، علاوه بر این محصولات، برخی محصولات در نقاط مختلف دشت مربوط به باغات انگور، خرما و یا جنگل‌های تنک گز می‌باشد.

برای نمونه نقشه‌های پوشش گیاهی ماه اردیبهشت (ماه می میلادی) برای کل دوره 15 ساله مورد مطالعه در شکل 3 آورده شده است.

در این تصاویر به روشنی پویایی پوشش گیاهی در سال‌های مختلف قابل مشاهده است. با استفاده از تصاویر بیشترین مقدار MODIS NDVI برای هر سه ماه فصل رشد به صورت جداگانه، برای کل دوره 15 ساله استخراج و سری زمانی آن‌ها تهیه شدند.



شکل 3. نقشه‌های پوشش گیاهی (MODIS NDVI) ماه اردیبهشت دشت سیستان برای دوره آماری 1393-1379. بالا سمت چپ سال 1379 و پایین سمت راست سال 1393

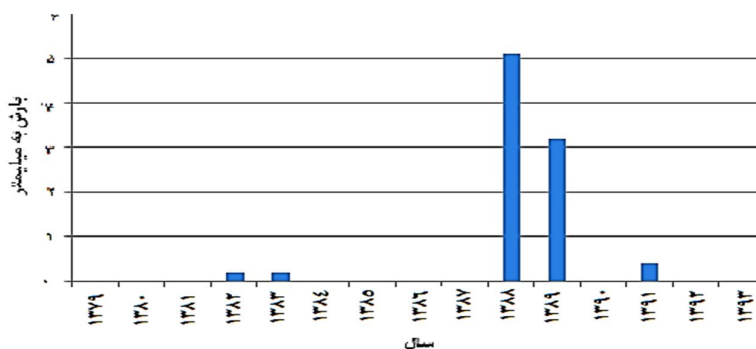
جدول 2. مقادیر ضریب همبستگی بین میانگین دمای ماهانه ایستگاه زابل با MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد

دشت سیستان									
دما ماهانه									
ماه NDVI	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
فروردین	0/074	0/065	-0/141	-0/147	-0/100	-0/071	0/178		
اردیبهشت	0/175	-0/111	-0/323	0/025	0/073	0/172	-0/276	-0/045	
خرداد	0/264	-0/045	-0/274	0/312	0/059	-0/008	-0/404	-0/192	-0/309

جدول 3. مقادیر ضریب همبستگی بین مجموع بارش ماهانه ایستگاه زابل با MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد

دشت سیستان									
بارندگی ماهانه									
NDVI	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
فروردین	*	-0/207	0/166	-0/224	0/074	0/055	-0/162		
اردیبهشت	*	-0/155	0/350	-0/228	0/141	0/103	0/239	*0/603	
خرداد	*	-0/269	0/483	-0/054	0/317	0/322	0/172	*0/542	0/235

*: سطح معنی دار به دست آمده از آزمون در سطح 0/05 درصد



شکل 4. نوسان بارش ماه اردیبهشت در دوره 15 ساله (1379-1393)

تأخیرهای هم‌زمان یا یک‌ماهه تأیید قرار داده‌اند، در این دشت هیچ‌گونه رابطه معنی‌دار بین دما و بارش به‌ویژه در ماه فروردین که دارای بیشترین پوشش گیاهی در بین دوازده ماه سال است مشاهده نشد. این نتیجه با نتایج بسیاری از پژوهش‌های قبلی که رابطه بارش و پویایی پوشش گیاهی را در نقاط مختلف جهان مورد مطالعه قرار داده‌اند و بیشتر آنها رابطه را چه با تأخیرهای هم‌زمان و چه با تأخیرهای یک یا دو ماه مورد تأیید قرار داده بودند (اشاره‌شده در قسمت مقدمه). اما این رابطه در دشت سیستان متفاوت‌تر از مناطق دیگر جهان است و دلیل این تفاوت نیز مطمئناً به ماهیت بیابانی این سرزمین برمی‌گردد.

علاوه بر بارش ماهانه تصمیم گرفته شد که بارش تجمعی ماه‌های مهر تا اسفند با MODIS NDVI ماه فروردین، بارش تجمعی ماه‌های مهر تا فروردین با MODIS NDVI ماه اردیبهشت و در نهایت بارش تجمعی ماه‌های مهر تا اردیبهشت با MODIS NDVI ماه خرداد نیز مورد توجه قرار گیرد.

نتایج این تحلیل نیز نشان داد که هیچ همبستگی معنی‌داری بین مجموع بارش سالانه دشت سیستان با MODIS NDVI این دشت وجود ندارد. لذا نتایج این مطالعه برعکس مطالعات بسیاری که در نقاط مختلف جهان رابطه بین متغیرهای اقلیمی با پویایی پوشش گیاهی را با

سالانه رودخانه هیرمند با MODIS NDVI ماه فروردین همبستگی قوی 0/75 وجود دارد که در سطح احتمالاتی 5 درصد مورد تأیید است (جدول 4).

بیشترین نوسان MODIS NDVI ماه فروردین و نوسان میانگین سالانه دبی رودخانه هیرمند در شکل (5) کنار یکدیگر نشان داده شده است. با دقت در این دو نمودار به راحتی ارتباط بین دبی رودخانه هیرمند با پویایی پوشش گیاهی ماه فروردین قابل مشاهده است. برای تأیید این مطلب بازدید میدانی توسط نگارندگان در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت که تصاویر نمونه در شکل 6 قابل مشاهده است.

بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل همبستگی بین بارش و پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان، تنها منبع تأمین آب در دشت سیستان نه بارش بلکه آب جاری در رودخانه هیرمند است که از کشور همسایه ایران یعنی افغانستان وارد این دشت می شود.

لذا برای تأیید این مطلب که پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان وابسته به تغییرات دبی رودخانه هیرمند است نه بارش آن اقدام به محاسبه ضریب همبستگی بین متوسط سالانه دبی رودخانه هیرمند در ایستگاه پایاب سد کهک (نقطه ورود آب رودخانه هیرمند به ایران) با MODIS NDVI ماه های فروردین، اردیبهشت و خرداد گردید. نتایج به روشنی نشان داد که بین دبی متوسط

جدول 4. مقادیر ضریب همبستگی نقطه ورود آب رودخانه هیرمند به ایران (سد کهک) با MODIS NDVI ماه های فروردین،

اردیبهشت و خرداد دشت سیستان

سه ماه فصل رشد	سطح معنی دار
خرداد	*0/62
اردیبهشت	*0/68
فروردین	**0/75

*: سطح معنی دار به دست آمده از آزمون در سطح 0/05 درصد ** سطح معنی دار به دست آمده از آزمون در سطح 0/01 درصد



شکل 5. تغییرات حداکثر MODIS NDVI ماه فروردین در طول دوره آماری 1379-1393 (نمودار بالا) و تغییرات میانگین سالانه دبی (میلیون مترمکعب) رودخانه هیرمند در طول دوره آماری 1379-1393 (نمودار پایین)

ن بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی حاضر رابطه بین دو متغیر دما و بارش با پویایی پوشش گیاهی در یکی از خشک‌ترین اقلیم‌های جهان در دشت سیستان مورد مطالعه قرار گرفت. در دشت سیستان به‌طور کلی MODIS NDVI در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد به حداکثر مقدار خود در طول یک سال می‌رسد. بنابراین رابطه بین دو متغیر اقلیمی دما و بارش با MODIS NDVI این سه ماه، کانون توجه بیشتر در این پژوهش حاضر بوده است. مهم‌ترین نتایجی که به‌دست آمده است عبارت‌اند از:

دما و بارش تقریباً اثر چندانی بر پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان ندارند. در مقیاس ماهانه هیچ‌گونه همبستگی بین MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد با دمای ماه‌های قبل از خود مشاهده نشد. در مورد بارش نیز نکته بسیار ظریفی که در رابطه آماری بین بارش ماه اردیبهشت با MODIS NDVI دو ماه اردیبهشت و خرداد وجود دارد میزان اندک بارش در ماه اردیبهشت می‌باشد. در این ماه میانگین بارش بلندمدت 15 سال (1379-1393) حدود 0/6 میلی‌متر بوده است. نوسان بارش این ماه در دوره 15 ساله مورد مطالعه در شکل 4 آورده شده است. همچنان که در شکل 4 مشاهده می‌شود در کل دوره 15 ساله مورد مطالعه تنها در 5 سال آن، ماه اردیبهشت بارش داشته است که حداکثر آن نیز با 5/1 و 3/2 میلی‌متر به ترتیب مربوط به سال‌های 1388 و 1389 بوده است. در سه سال باقیمانده نیز بارش کمتر از یک میلی‌متر بوده است. لذا به نظر می‌رسد با توجه به وجود رابطه معنی‌دار آماری بین بارش ماه اردیبهشت و MODIS NDVI ماه‌های اردیبهشت و خرداد، عملاً در طبیعت این بارش به دلیل زیاد بودن مقدار تبخیر و تعرق نقش بسیار چشمگیری در پویایی پوشش گیاهی در دو ماه اردیبهشت و خرداد نداشته باشد از طرف دیگر در بین سه ماه موردنظر، ماه فروردین مهم‌ترین ماه از لحاظ کشاورزی در دشت سیستان بوده است چون در دشت سیستان این ماه، ماه برداشت محصولات کشاورزی به شمار می‌آید. در پایان با توجه به مقدار ضریب همبستگی آن‌ها متوجه می‌شویم که مقدار

آن‌ها نیز بسیار زیاد نیست، به طوری که اگر ضریب تبیین (به توان دو رساندن ضریب همبستگی) این روابط را در نظر بگیریم تغییرات بارش تنها 36 درصد پویایی پوشش گیاهی در ماه اردیبهشت و 29 درصد تغییرات پوشش گیاهی در ماه خرداد را تبیین می‌کند.

در نتیجه بارش ماه اردیبهشت با MODIS NDVI دو ماه اردیبهشت و خرداد دارای یک همبستگی مثبت متوسط 0/603 و 0/542 هستند. اما با توجه با میزان بسیار اندک بارش و تبخیر بسیار بالا در این ماه عملاً نمی‌توان به این همبستگی اعتماد زیادی داشت.

در مقیاس سالانه نیز هیچ‌گونه همبستگی بین بارش با MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد مشاهده نشد. لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحلیل همبستگی می‌توان نتیجه گرفت که پویایی پوشش گیاهی به‌خصوص در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد که دارای حداکثر پوشش گیاهی در بین دیگر ماه‌های سال در دشت سیستان هستند مستقل از دو متغیر دما و بارش می‌باشد.

در پژوهش‌های محققانی مانند نیکلسون و فرار (1994) بیان شد که NDVI با تأخیرهای زمانی گوناگونی از بارش تبعیت می‌کنند که در پژوهش حاضر این نتایج مشاهده نشد.

با مشخص شدن عدم وجود همبستگی بین متغیرهای اقلیمی با پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان، همبستگی بین میانگین سالانه دبی رودخانه هیرمند با MODIS NDVI ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد مورد توجه قرار گرفت. نتایج این همبستگی یک رابطه قوی مثبت 0/75 بین میانگین سالانه دبی رودخانه هیرمند با MODIS NDVI ماه فروردین نشان داد. همچنین بازدید میدانی و مصاحبه با افراد بومی و ساکن در دشت سیستان به‌راحتی ارتباط بین دبی رودخانه هیرمند با پویایی پوشش گیاهی قابل مشاهده بود.

بنابراین تنها منبع تأمین آب در دشت سیستان نه بارش بلکه آب جاری در رودخانه هیرمند است که از کشور همسایه ایران یعنی افغانستان وارد این دشت می‌شود چون که:

پویایی پوشش گیاهی آن درگرو آب این رودخانه حیات بخش است. اما متأسفانه به دلیل مسائل هیدروپلیتیک موجود بین ایران و افغانستان و سدهای متعددی که در بالادست رودخانه توسط کشور افغانستان زده شده است به همراه خشکسالی های شدید و طولانی مدت منطقه موجب شده است که آورد آب این رودخانه به دشت سیستان دچار مشکلات متعددی گردد که این مشکلات متأسفانه حیات دشت سیستان را به خطر انداخته است. لذا نیاز است با توجه به وضعیت ورودی ها، خروجی ها و نیازهای بالادست و پایین دست حوضه آبریز برنامه ریزی های لازم در جهت استفاده بهینه از منابع آب این رودخانه در چهارچوب قراردادهای بین المللی انجام گیرد.

آب زیرزمینی یا به بیان دیگر آب های نیمه سطحی شور در این دشت نه تنها قابل استفاده نیستند بلکه استفاده از آن مضر نیز هستند. آب دریاچه های سه گانه هامون اگرچه شیرین هستند اما به دلیل جنبه های محیط زیستی به ندرت برای کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. رودخانه سیستان و رودخانه پریان مشترک اگرچه در خاک ایران و در محدوده دشت سیستان جریان دارند ولی هر دو رودخانه باید از طریق رودخانه هیرمند تغذیه شوند. چاه نیمه ها نیز که بخشی از آب دشت سیستان را تأمین می کنند، فقط باید از هیرمند آگیری شوند (29). لذا به روشنی مشخص می شود که رگ حیاتی دشت سیستان رودخانه هیرمند هست و زندگی این سرزمین و

References

1. Alwesabi, M. (2012). MODIS NDVI satellite data for assessing drought in Somalia during the period 2000-2011. MS.C thesis, Lund University, Sweden
2. Chen, P.Y., R. Srinivasan., G. Fedosejevs., J. R. Kiniry. (2003). Evaluating different NDVI composite techniques using NOAA-14 AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 24: 3403-3412.
3. Chen, Y., B. Lixiao., and F. Xie. (2001). NDVI changes in China between 1989 and 1999 using change vector analysis based on time series data. *Journal of Geographical Sciences* 11: 383-392.
4. Davenport, M. L., and S. E. Nicholson. (1993). On the relation between rainfall and the Normalized Difference Vegetation Index for diverse vegetation types in East Africa. *International Journal of Remote Sensing* 14: 2369-2389.
5. Di, L., D. C. Rundquist., and L. Han. (1994). Modeling relationships between NDVI and precipitation during vegetation growth cycles. *International Journal of Remote Sensing* 15: 2121-2136.
6. Douglas, M. B., Donald, and G. Watts. (1988). Nonlinear regression analysis and its applications. Publication: Wiley.
7. Fisher, G.W., and E. R. Levine. (1996). The response of vegetation to change of annual rainfall in the Sahel region of Africa, and its dependence on soil type. In Proceedings of the 3rd International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, 21-25 January 1996, Santa Fe, NM (NCGIA, http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/main.html).
8. Groeneveld, D. P., and W. M. Baugh. (2007). Correcting satellite data to detect vegetation signal for eco-hydrologic analyses. *Journal of Hydrology* 344: 135-145.
9. Hao, F., X. Zhang., W. Ouyang., A. K. Skidmore., and A. G. Toxopeus. (2012). Vegetation NDVI Linked to Temperature in the Upper Catchments of Yellow River. *Environmental Modeling & Assessment* 17: 389-398.
10. Ichii, K., A. Kawabata., and Y. Yamaguchi. (2002). Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982-1990. *International Journal of Remote Sensing* 23: 3873-3878.
11. Jobbagy, E.G., O. E. Sala., and J. M. Paruelo. (2002). Patterns and controls of primary production in the Patagonian steppe: a remote sensing approach. *Ecology* 83: 307-319.
12. Krakauer, Y., Lakhankar, T., Anadyn, D. (2017). Mapping and Attributing Normalized Difference Vegetation Index Trends for Nepal, *remote sensing* 9: 1-15.
13. Los, S.O., G. J. Collatz., L. Bounoua., P. J. Sellers., and C. J. Tucker. (2001). Global interannual variations in sea surface temperature and land surface vegetation, air temperature, and precipitation. *Journal of Climate* 14: 1535-1549.

14. Ma, M.G., and F. Veroustraete. (2006). Interannual variability of vegetation cover in the Chinese Heihe River Basin and its relation to meteorological parameters. *International Journal of Remote Sensing* 27: 3473–3486.
15. Myneni, R.B., C. D. Keeling., C. J. Tucker., G. Asrar., and R. R. Nemani. (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981–1991. *Nature* 386: 698–701.
16. Nemani, R. R., C. D. Keeling., H. Hashimoto., W. M. Jolly., S. C. Piper., C. J. Tucker., R. B. Myneni., and S. W. Running. (2003). Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science* 300: 1560–1563.
17. Nicholson, S. E., M. L. Davenport., and A. R. Malo. (1990). A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and East Africa, using Normalized Difference Vegetation Index from NOAA AVHRR. *Climate Change* 17: 209–241.
18. Nicholson, S. E., and T. J. Farrar. (1994). The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall and soil moisture in semi-arid Botswana. I. NDVI response to rainfall. *Remote Sensing of Environment* 50: 107–120.
19. Olofsson, P., L. Eklundh., F. Lagergren., P. Jönsson., and A. Lindroth. (2007). Estimating net primary production for Scandinavian forests using data from Terra/MODIS. *Advances in Space Research* 39: 125–130.
20. Peters, A. J., M. D. Eve., E. H. Holt., and W. G. Whitford. (1997). Analysis of desert plant community growth patterns with high temporal resolution satellite spectra. *Journal of Applied Ecology* 34: 418–432.
21. Song, Y., and Ma. M. (2011). A statistical analysis of the relationship between climatic factors and the Normalized Difference Vegetation Index in China. *International Journal of Remote Sensing* 32: 3947–3965.
22. Stefanov, W. L., and M. Netzband. (2005). Assessment of ASTER land cover and MODIS NDVI data at multiple scales for ecological characterization of an arid urban center. *Remote Sensing of Environment* 99: 31–43.
23. Stoms, D.M., and W. W. Hargrove. (2000). Potential NDVI as a baseline for monitoring ecosystem functioning. *International Journal of Remote Sensing* 21: 401–407.
24. Tucker, C.J., and P. J. Sellers. 1986. Satellite remote sensing of primary vegetation. *International Journal of Remote Sensing* 7: 1395–1416.
25. Tan, S. Y. (2007). The influence of temperature and precipitation climate regimes on vegetation dynamics in the US Great Plains: a satellite bioclimatology case study. *International Journal of Remote Sensing* 28: 4947–4966.
26. Van Beek, E., and K. Meijer. (2006). Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta, Iran. Delft, Netherlands: Delft Hydraulics.
www.wldelft.nl/cons/area/rbm/wrpl/pdf/main_report_sistan_irwm.pdf
27. Veysipanah, M. (2014). Polynomial trends of vegetation phenology in Sahelian to equatorial Africa using remotely sensed time series from 1983 to 2005. Lund University, Sweden.
28. Wang, Q., J. Tenhunen., Q. N. Dinh., M. Reichstein., T. Vesala., and P. Keronen. (2004). Similarities in the ground- and satellite-based NDVI time series and their relationship to the physiological activity of a Scots pine forest in Finland. *Remote Sensing of Environment* 93: 225–237.
29. Zomorodian, M., J. (1989). Hydrology and Resources of Sistan-Hamoun-Hirmand Plain, *Literary Papers Faculty of Literature and Human Sciences, Ferdowsi University of Mashhad*. 86:632-579.

Investigating the statistical relationship between climatic and hydrological variables with Vegetation Dynamics in a dry climate (Case study: Sistan plain in eastern Iran)

F. Firouzi¹, T. Tavosi², P. Mahmoudi^{3*}

1. PhD Student, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
 2. Professor, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
 3. Assistant Professor, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
- * Corresponding Author: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir

Received date: 09/10/2017

Accepted date: 23/05/2018

Abstract

Climatic variables are considered as one of the most important factors affecting the spatial-temporal dynamic of vegetation. Nowadays, satellite images are widely used for monitoring the effect of climatic variables fluctuations on vegetation changes. The purpose of this study is to investigate the relationship between two climatic variables of precipitation and temperature with vegetation dynamic in one of the world's dry plains i.e. Sistan plain in eastern Iran by using satellite data. In the present study, the data generated in NDVI related to MODIS sensor of Terra satellite for 3 months of April, May, and June over 2000 to 2014, data of temperature and monthly precipitation (October- September) in Zabol meteorological station were used for the same time period of 2000-2014. Pearson product moment correlation was used to study the relationship between climatic variables with NDVI. The results showed no correlation between MODIS NDVI of April, May, and June with the average temperature of previous months in terms of monthly scale. In case of precipitation, it was observed that the precipitation of May with MODIS NDVI of May 0.603 and June 0.542 had a normal positive correlation. But due to the very low amount of precipitation and high evaporation in this month, this correlation cannot be trusted a lot. Thus, by recognizing no correlation between climatic variables and vegetation dynamic in Sistan plain, the correlation between the average annual discharges of Hirmand river was considered as the only river in this plain with MODIS NDVI of April, May, and June. The results of correlation showed a strong positive correlation of 0.75 between the average annual discharges of Hirmand river and MODIS NDVI of April. Thus, it is obvious that the critical vein of Sistan plain is Hirmand river and the life in this land and its vegetation dynamic depends not only on temperature fluctuations and precipitation but also on the water of this life-giving river.

Keywords: Precipitation; Temperature; Discharge; NDVI; MODIS Sensor; Correlation