



## واکاوی پیوند پوشش گیاهی و بارش در ایران زمین

امید رضا کفایت مطلق<sup>۱\*</sup>، کبرا معنوی پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته دکتری آب و هواشناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه محقق ادبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۶

### چکیده

آگاهی از پوشش گیاهی و سلامت آن نماینده وضعیت آب و هوای هر محل است. برای پایش پوشش گیاهی در مقیاس جهانی و ناحیه‌ای دسترسی بهنگام به داده‌های میدانی معمولاً دشوار و محدود می‌باشد. هم‌چنین برآورد پوشش گیاهی به روش معمولی که شامل برآورد کلی از پوشش گیاهی است هم زمان‌بر است و هم اطلاعات چندان دقیقی به دست نمی‌دهد. از این رو دورسنجی با فراهم ساختن یک دید وسیع از منطقه، روش بسیار سودمندی است که بر سایر روش‌ها برتری دارد. هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی میانگین سالانه پوشش گیاهی ایران به کمک شاخص NDVI با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس-آکوا می‌باشد. در این پژوهش نخست داده‌های ۱۶ روزه شاخص تفاضل بهنجار شده پوشش گیاهی (NDVI) مودیس-آکوا ایران در فاصله ۱۳۸۲/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۲/۲۹ از وبگاه ناسا دانلود شد. سپس بر مبنای نزدیک به ۱۵ میلیارد یاخته، میانگین بلندمدت و سالانه NDVI ایران محاسبه شد. با توجه به این که مقادیر NDVI بیش از ۰/۲ نشان‌دهنده پوشش گیاهی است، میانگین سالانه پوشش گیاهی ایران محاسبه شد. در پایان نیز پیوند میان پوشش گیاهی و بارندگی در ایران زمین بررسی گردید. نتایج نشان داد که در سال ۱۳۸۷ به دلیل کم‌آبی و وجود شرایط خشکسالی هواشناسی، پوشش گیاهی ایران به کمترین مقدار رسیده در حالی که در سال ۱۳۹۷ به دلیل بارندگی فراوان و شرایط ترسالی، پوشش گیاهی ایران زمین به بیشترین مقدار طی دوره مورد مطالعه رسیده است. همچنین نتایج نشان داد که در دو دهه اخیر بدلیل افزایش بارندگی، گستره پوشش گیاهی ایران افزوده شده است.

واژه‌های کلیدی: آکوا، بارش، NDVI، مودیس، ایران

### مقدمه

پیشرفت فناوری ماهواره‌ای در سال‌های گذشته این امکان را برای کارشناسان علوم زمین فراهم نموده است که سیاره زمین را با دقت بیش‌تر و به صورت همه جانبه مطالعه نمایند. از جمله کارهای مهمی که می‌توان با استفاده از دورسنجی انجام داد مطالعه پوشش گیاهی است که می‌توان از این طریق رشد، بیماری، رطوبت، خشکی و شادابی گیاه را بررسی نمود. علت این توانایی آن است که پوشش‌های مختلف، حال چه زنده و چه غیرزنده، در مقابل امواج الکترومغناطیس واکنش متفاوتی دارند که همین امر

کمک می‌کند اختلاف پوشش‌های مختلف آشکارسازی شود؛ هدف از ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی، آن است که برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی مانند خصوصیات تاج‌پوش، زیست‌توده، گستره برگ یا درصد پوشش گیاهی پیش‌بینی و ارزیابی شود. اصولاً بازتاب پوشش گیاهی در محدوده طیفی نور مرئی (۰/۶۶ - ۰/۴۳ میکرومتر) کم و در محدوده فروسرخ نزدیک (۰/۷ - ۱/۱ میکرومتر) زیاد است. از جمله شاخص‌های ارائه شده، می‌توان به شاخص تفاضل بهنجار شده پوشش گیاهی<sup>۲</sup> اشاره کرد که در تشریح روابط بین مشخصات پوشش گیاهی مانند زیست‌توده،

2. Normalized Difference Vegetation Index(NDVI)

\*نویسنده مسئول: o.kefayatmotlagh@gmail.com

هر کدام بسته به شرایط منطقه مورد مطالعه، نتایج خوبی نشان داده‌اند (کیای و همکاران<sup>۴</sup>، ۱۹۹۴؛ رنداکس و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۹۶؛ هیوتی و همکاران<sup>۶</sup>، ۱۹۹۷؛ چن و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۱۱؛ دیدان و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۱۵؛ البرکات و لکشمی<sup>۹</sup>، ۲۰۱۹؛ رن و همکاران<sup>۱۰</sup>، ۲۰۲۲). از دیگر روش‌هایی که به منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به کار می‌رود تجزیه یاخته‌های آمیخته است. محدودیت این روش در مناطق خشک آن است که نیاز به انتخاب یاخته‌های خالص دارد. در این مناطق به دلیل تراکم کم پوشش گیاهی امکان انتخاب این نوع یاخته برای برآورد درصد پوشش گیاهی وجود ندارد (سانگ<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۵). از ترکیب ۱۰ روزه شاخص NDVI که از تصویربرداری سنجنده مودیس با تفکیک ۲۵۰ متری بدست آمده است برای توصیف الگوهای مختلف رشد در ۳۲ شهرستان در روندونیا بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ میلادی استفاده شده است. طبقات شش‌گانه مراتع سرسبز نشان داد که طبقه مراتع سبز بالا تحت سلطه مراتع جوان است، در حالی که طبقه مرتع کم سبز در حداقل قرار دارد. مراتع پیر که در طبقه سرسبزی بالا قرار داشتند نسبت آن‌ها کاهش یافته است و مراتعی که در طبقه سرسبزی کم قرار داشتند نسبت آن‌ها افزایش یافته است، که نمایانگر کاهش بهره‌وری علوفه در طول زمان در روندونیا است (نوماتا و همکاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۷). نتایج نشان داد که این شاخص می‌تواند در محدوده زمانی و طیفی متفاوت از خشکسالی منطقه‌ای، قاره‌ای و جهانی مورد استفاده قرار گیرد (چنگ‌لین و جیان‌جون<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۸). در پژوهشی تغییرات NDVI در منطقه‌ای حفاظت شده در جنوب کالیفرنیا در دوره ۱۷ ساله از ۲۰۱۶-۲۰۰۰

اندام‌هوایی، زیست‌توده برگ و میزان سبزینه زیاد به کار می‌رود. NDVI به خواص خاک پس‌زمینه و پوشش گیاهی به ویژه هنگامی که پوشش گیاهی تُنک و پراکنده است، حساس می‌باشد (علوی‌پناه، ۱۳۸۵).

درصد پوشش گیاهی، به عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم در بررسی کمی گیاهان رویه زمین، عبارت است از نسبت رویه پوشیده از گیاه به رویه کل که به صورت درصد بیان می‌شود (ژانگ و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳). مقدار پوشش گیاهی به طور معمول به دو صورت تراکم سطحی و تراکم عمودی بیان می‌شود. تراکم سطحی بیان‌گر میزان مساحت پوشیده شده از گیاه در واحد سطح است. تراکم عمودی بیان‌کننده تعداد لایه‌های برگی در مناطق پوشیده از گیاه بوده که میزان فتوسنتز و تبخیر و تعرق گیاهان را کنترل می‌کنند (گاتمن و ایگناتو<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸). در این پژوهش تراکم سطحی پوشش گیاهی ایران زمین انجام گرفته است. با توجه به اهمیت تعیین میزان درصد پوشش گیاهی و کاربردهای گوناگون آن، تاکنون روش‌های زیادی به منظور محاسبه این متغیر ارائه شده است. به عنوان نمونه می‌توان به روش‌های برداشت میدانی و همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اشاره نمود. تعیین درصد پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های سنتی نه تنها دید کاملی از پوشش گیاهی کل منطقه ارائه نمی‌دهد، بلکه باعث صرف زمان و هزینه زیاد می‌شود. همچنین خطاهای انسانی در تعیین درصد پوشش گیاهی به روش‌های سنتی می‌تواند زیاد باشد. امروزه اطلاعات ماهواره‌ای یک دید جامع از نظر زمانی و مکانی از رویه زمین و پوشش‌های مختلف آن فراهم می‌کند. در طول چند دهه‌ی گذشته، شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی مشتق شده از بازتاب طول موج‌های مختلف تصاویر ماهواره‌ای (بویژه ترکیبی از باندهای سرخ و فرسرخ نزدیک)، به‌منظور تخمین خصوصیات بیوفیزیکی پوشش گیاهی مانند شاخص رویه برگ<sup>۳</sup>، زیست‌توده، رشد گیاه و درصد پوشش ارائه شده، که

4. Qi et al
5. Rondeaux et al
6. Huete et al
7. Chen et al
8. Didan et al
9. Albarakat and Lakshmi
10. Ren et al
11. Song
12. Numata et al
13. Cheng-lin and Jian-jun

1. Zhang et al
2. Gutman and Ignatov
3. Leaf Area Index(LAI)

هوای قرار دارد، به طوری که با تغییر هر یک از این عوامل، پوشش گیاهی نیز تغییر خواهد کرد. به عبارت دیگر، شرایط کلی پوشش گیاهی تابعی از عرض جغرافیایی و ارتفاع است و عوامل دیگری مانند دما، بارش و حتی نوع خاک در رویش گیاه در هر مکان نقش دارند. برای بیان وابستگی بین بارش و پوشش گیاهی به کار فاتیحی مرج و باقری‌نیا (۱۳۹۰) اشاره می‌کنیم. شاخص پوشش گیاهی NDVI در غرب ایران به شدت تحت تأثیر بارندگی می‌باشد. در سال ۱۳۸۷ کاهش بارندگی نسبت به سال‌های قبل و بعد به ترتیب در حدود ۱۶ تا ۶۹ درصد می‌باشد، همزمان پوشش گیاهی نیز به طور محسوسی در حدود ۳ تا ۱۱ درصد کاهش را نسبت به سال‌های قبل و بعد از آن نشان می‌دهد. همچنین مشاهده می‌شود که با وجود دریافت بارش کم‌تر در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۸۶ (ترسالی) پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۸ تغییر چندانی نسبت به سال ۱۳۸۶ ندارد و حتی در برخی موارد نیز بهتر است. بررسی ماهانه، تأثیر توزیع زمانی بارش را آشکارتر می‌نماید. با بررسی ضرایب همبستگی بارش و NDVI در بازه‌های زمانی مختلف بیشترین همبستگی در بازه زمانی شش ماه بدست می‌آید و بیش‌ترین رشد همبستگی با افزایش بازه زمانی بارش از یک ماه به دو ماه حاصل شد. در عین حال مشخص شد که شاخص SPI اگر چه شاخص مناسبی برای بررسی خشکسالی هواشناسی است، ولی نسبت به بارش همبستگی ضعیف‌تری با NDVI دارد (فاتیحی‌مرج و باقری‌نیا، ۱۳۹۰). در پژوهشی اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی استان کردستان با کمک تصاویر سنجنده مودیس پرداخته شد. نتایج نشان داد که بین میانگین شاخص‌های NDVI و SPI همبستگی بالایی (۰/۷۷+) در سطح معناداری ۰/۰۱ وجود دارد و با کاهش تقریباً ۰/۲- از میزان شاخص SPI بطور متوسط ۱/۲ درصد (معادل ۳۵۰ کیلومتر مربع) سطح پوشش گیاهی ضعیف افزایش می‌یابد. این میزان کاهش برای شاخص NDVI تقریباً معادل ۰/۰۱ می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص SPI، نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ خشکسالی متوسط در استان

میلادی مطالعه شد. یافته‌ها گویای آن بود که مقدار این شاخص در دوره مورد بررسی بویژه در فصل تابستان، کاهش یافته است (گلیس‌پای و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). در پژوهشی دیگر اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی بر اساس شاخص‌های پوشش گیاهی و عوامل هواشناسی در افغانستان طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ ارزیابی شد. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی کل کشور در سال‌های خشکسالی ۱۳۸۰ و ۱۳۸۷ به کمترین میزان ۶/۲ درصد و ۵/۵ درصد رسیده است. با این حال، تنوع بین منطقه‌ای بسیار زیادی در پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه با روند افزایشی قابل توجهی در حوزه آبخیز هیرمند با  $R = 0.66$  (p value = 0.05) وجود دارد. بر اساس VCI در همان دو سال (۱۳۸۰ و ۱۳۸۷)، به ترتیب ۸۴ درصد و ۷۲ درصد از مساحت کشور در معرض خشکسالی قرار داشتند. داده‌های TRMM تأیید می‌کنند که سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ کمترین بارندگی را به ترتیب با ۱۰۸ و ۲۵۱ میلی‌متر داشتند. از سوی دیگر، سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ بیشترین پوشش گیاهی با ۱۶/۳ درصد را به خود اختصاص دادند که عمدتاً به دلیل کاهش ۱۴ درجه‌ای LST سالانه نسبت به میانگین و تا حدودی به دلیل افزایش بارندگی سالانه آنها به ترتیب ۳۷۸ و ۴۲۵ میلی‌متر نسبت به سال قبل بود. همچنین یافته‌ها بر اساس VCI مشتق شده نشان داد که در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به ترتیب ۲۸ و ۲۱ درصد از منطقه مورد مطالعه شرایط خشکسالی را تجربه کردند. افزون بر این، هر دو فراسنج LST و بارندگی باید با هم در نظر گرفته شوند تا به درستی همبستگی بین خشکسالی و NDVI بدست آید (روستا و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۲۰).

ایران به دلیل گستردگی زیاد به لحاظ طول و عرض جغرافیایی، وجود پیچیدگی پیکربندی ناهمواری‌ها و قرارگیری در معرض یورش توده‌های هوا، از نظر پوشش گیاهی شرایط ویژه‌ای دارد. پوشش گیاهی تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های

1. Gillespie et al
2. Rousta et al

فصل بسیار تُنک این مقدار به کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد (منتظری و کفایت مطلق، ۱۳۹۶). از آنجایی که پوشش گیاهی بر حیات اکوسیستم‌های گیاهی و حیوانی بسیار تأثیرگذار است بنابراین لازم است که وضعیت کشور ایران از نظر تراکم پوشش گیاهی در طول سال‌های مختلف بررسی گردد و آشکار شود میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران چقدر است؟ در چه مناطقی از کشور پوشش گیاهی انبوه دیده می‌شود؟ در طی دو دهه اخیر آهنگ پوشش گیاهی ایران چگونه بوده است؟ در کدام سال پوشش گیاهی ایران کمینه و در کدام سال بیشینه است؟ آیا سال‌های کمینه و بیشینه پوشش گیاهی ایران با خشکسالی و ترسالی همراه بوده است؟ پیوند میان پوشش گیاهی و بارش در ایران چگونه است؟

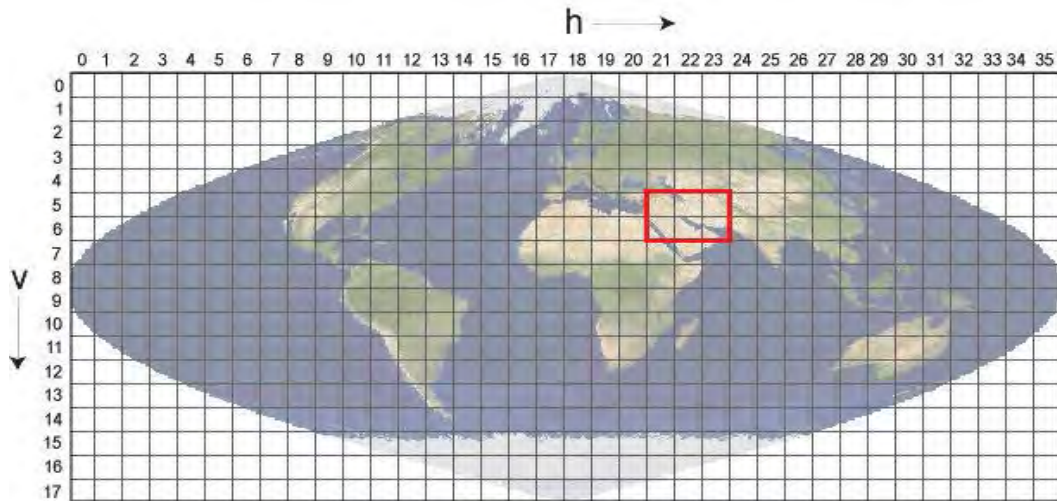
### روش تحقیق

در این پژوهش برای واکاوی میانگین سالانه پوشش گیاهی ایران در دو دهه اخیر، از داده‌های ۱۶ روزه سنجنده مودیس-آکوا<sup>۱</sup> با تفکیک مکانی ۵۰۰ متری بهره گرفته شد. سنجنده مودیس-آکوا در ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۱ خورشیدی توسط سازمان ناسا به فضا پرتاب شده است. زمان گذر این ماهواره بر فراز استوا ۱۳:۳۰ به وقت محلی است (وانگ و ژی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹). ماهواره آکوا با دو ماه تأخیر داده‌های NDVI را برداشت کرده است. فرمت داده‌ها HDF بوده و بازه زمانی آن‌ها ۱۶ روزه است. مختصات این داده‌ها سینوسی<sup>۳</sup> است و ایران در مختصات ۵ و ۶ عمودی و ۲۱ تا ۲۳ افقی قرار دارد (شکل ۱). داده‌های این ماهواره به صورت کاشی‌های جداگانه در ابعاد ۱۲۰۰×۱۲۰۰ کیلومتری در دسترس است و در مجموع شش کاشی گستره ایران را پوشش می‌دهد. با توجه به این‌که داده‌های بکار گرفته شده خارج از گستره ایران زمین را نیز در بر می‌گرفت به کمک تابع این پلیگون در نرم‌افزار متلب تنها داده‌هایی که درون

کردستان رخ داده است محاسبه شاخص NDVI در این دو سال نشان می‌دهد که میزان پوشش گیاهی ضعیف به طور محسوسی افزایش یافته است (به ترتیب ۸۰/۶ درصد و ۷۶/۶ درصد) در حالی که در سال ۲۰۰۷ به عنوان سال تقریباً نرمال، میزان پوشش گیاهی ضعیف بر مبنای شاخص NDVI حدود ۶۹/۷ درصد محاسبه گردید. مقایسه بین سال‌های ۲۰۰۱ با ۲۰۰۷ (تغییر تقریباً ۱۱ درصدی پوشش گیاهی ضعیف)، به خوبی نشان‌دهنده اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی در استان کردستان است. هم‌چنین ایشان با محاسبه شاخص NDVI برای چهار ماه آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر نشان دادند که هر چه از ماه آگوست به سمت ماه نوامبر برویم، از میزان پوشش گیاهی کاسته می‌شود، در نتیجه درصد پوشش گیاهی ضعیف افزایش یافته و درصد پوشش گیاهی متوسط و خوب کاهش می‌یابد (میرموسوی و کریمی، ۱۳۹۲). تأثیرات بارندگی بر پوشش گیاهی بر حسب زمان بارش و نوع فرم رویشی متفاوت است، به طوری که در مناطق شهری رابطه معناداری بین میزان بارش و پوشش گیاهی در هیچ یک از مقیاس‌های زمانی مشاهده نمی‌شود. در مناطق مرتعی بالاترین میزان همبستگی میان بارش فصل بهار و تغییرات پوشش گیاهی دیده می‌شود در حالی که منطقه جنگلی بیش‌ترین همبستگی را با بارش سالیانه نشان می‌دهد و در زمین‌های زراعی بیش‌ترین همبستگی با بارش فصل بهار و اسفند دیده می‌شود. در مناطق علفزار نیز همبستگی بیش‌تری نسبت به بوته‌زارها با میزان بارندگی وجود دارد (هادیان و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهشی دیگر به کمک شاخص NDVI به فصل‌بندی پوشش زمین در ایران پرداخته شد. بر اساس یافته‌های حاصل از تحلیل خوشه‌ای، کشور ایران به پنج فصل رویشی انبوه (۷ اسفند تا ۲۶ فروردین)، بسیار انبوه (۲۶ فروردین تا ۱۲ خرداد)، تُنک (۱۲ خرداد تا ۲ آبان)، گذار (۲ آبان تا ۴ آذر) و بسیار تُنک (۴ آذر تا ۷ اسفند) طبقه‌بندی شد. هم‌چنین نتایج ایشان نشان داد که در فصل بسیار انبوه حدود ۳۰ درصد گستره ایران را پوشش گیاهی در بر می‌گیرد در حالی که در

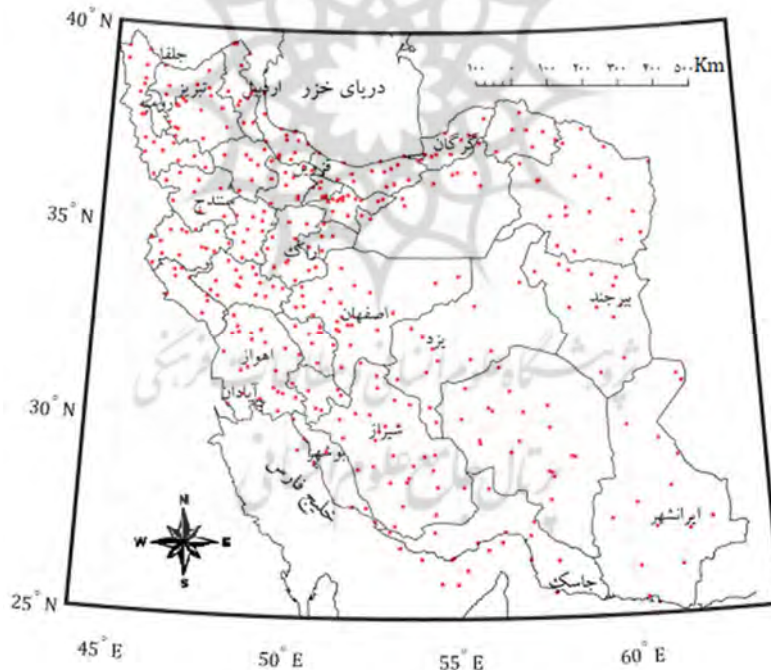
1. Aqua  
2. Wang and Xie  
3. Sinusoidal

مرز جغرافیایی ایران را پوشش می‌داد استخراج گردید. خورشیدی کامل نبودند بنابراین از سری داده‌ها حذف  
همچنین از آنجایی که داده‌های سال ۱۳۸۱ گردید.



شکل ۱. موقعیت کاشی‌های در برگرنده ایران (وبگاه ناسا)

برای بررسی پیوند میان بارش و پوشش گیاهی از بهره گرفته شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های  
داده‌های ۴۱۰ ایستگاه همدید در بازه مورد مطالعه همدید در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی ۴۱۰ ایستگاه همدید ایران

NDVI رایج‌ترین شاخص پوشش گیاهی است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

در این پژوهش مقادیر بیش از ۰/۲ (۲۰۱۵).

به ترتیب نماینده بازتاب اندازه‌گیری شده در باند فرورسرخ نزدیک و باند سرخ هستند. مقدار این شاخص بین -۱ و +۱ می‌باشد (دیدان و همکاران،

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

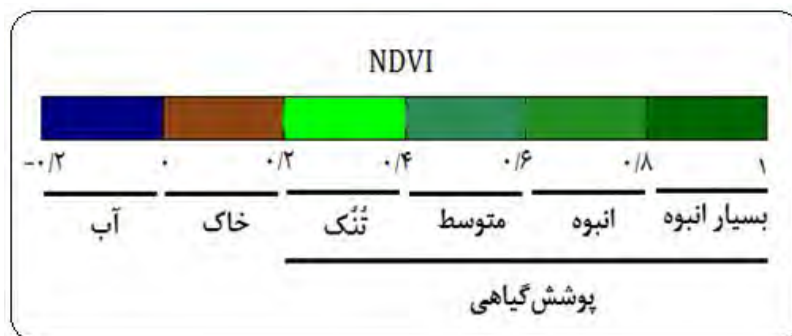
است. به طوری که جنگل‌ها و مراتع سرسبز، مجاور بیابان‌های عریان و بی‌حاصل، کوه‌های پوشیده از برف در کنار چاله‌های خشک، دره‌های رسوبی پرجمعیت مجاور دشت‌های بی‌آب و غیر قابل استفاده و عاری از سکنه قرار گرفته‌اند (علیجانی، ۱۳۸۹، ۲-۱). به دلیل پیچیدگی و تنوع آب و هوایی ایران شاهد پوشش گیاهی بسیار متفاوتی نیز خواهیم بود. بررسی پژوهشگران بر روی شاخص NDVI بیش‌تر در مقیاس محلی و بازه زمانی کوتاه مدت بوده است. بنابراین برای نخستین بار در این پژوهش میانگین سالانه پوشش گیاهی ایران در دو دهه اخیر بررسی شده است.

شکل ۳ مقادیر NDVI تعریف شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. بر اساس تعریف مقادیر NDVI میان ۱ تا ۰/۸ بعنوان پوشش گیاهی بسیار انبوه، مقادیر میان ۰/۸ تا ۰/۶ بعنوان پوشش گیاهی انبوه، مقادیر میان ۰/۶ تا ۰/۴ بعنوان پوشش گیاهی متوسط، مقادیر میان ۰/۴ تا ۰/۲ به عنوان پوشش گیاهی تُنک و مقادیر میان ۰/۲ تا ۰ بعنوان پوشش گیاهی فقیر و خاک پس‌زمینه در نظر گرفته شده است. البته ناگفته نماند که ۰/۱ نشان‌دهنده خاک پس‌زمینه است و مقادیر میان ۰/۲ تا ۰/۱ می‌تواند نشان‌دهنده علفزارها و بوته‌زارها نیز باشد که در این پژوهش به عنوان خاک شناخته شده است. مقادیر کمتر از صفر نیز به عنوان منابع آب شناخته شده است که ممکن است دریاچه، تالاب، سد، برف و حتی یخ‌های کوهستانی (در دوره‌ی سرد سال) باشد. بطور کلی در این پژوهش مقادیر NDVI بیش از ۰/۲ به عنوان پوشش گیاهی در نظر گرفته شده است.

نشان‌دهنده پوشش گیاهی، مقادیر  $0 \leq NDVI \leq 0.2$  نشان‌دهنده خاک و مقادیر کم‌تر از صفر نشان‌دهنده آب، برف و یخچال‌های کوهستانی است (منتظری و کفایت مطلق، ۱۳۹۷). در این پژوهش از داده‌های ۱۶ روزه NDVI مودیس-آکوا در بازه زمانی ۱۳۸۲/۱/۱ تا ۱۳۹۷/۱۲/۲۹ (۱۶ سال) با تفکیک مکانی ۵۰۰ متر استفاده شد.

### یافته‌های تحقیق

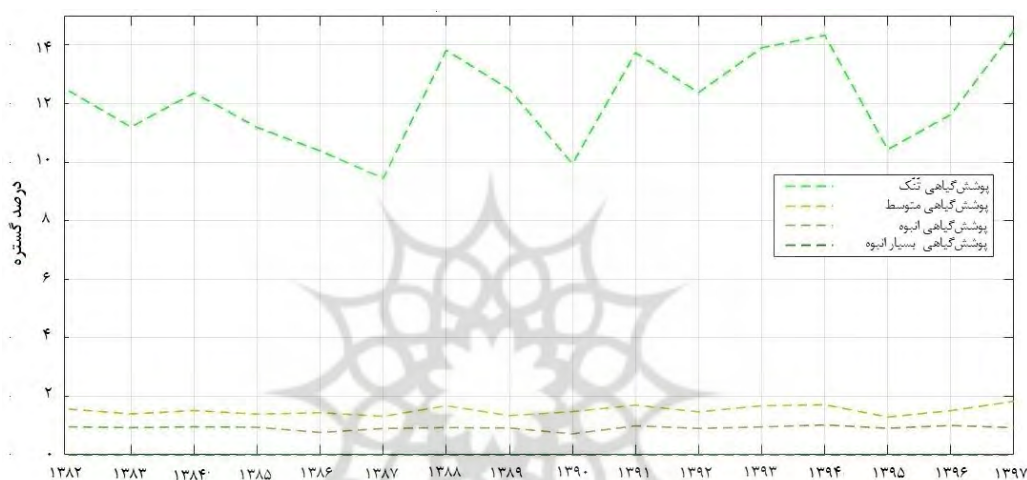
تفاوت شدید دما و بارش در ایران، یکی از بارزترین ویژگی‌های آب و هوایی ایران با سایر نقاط جهان است. با مقایسه آب و هوای نقاط مختلف کشور می‌توان به خوبی به این تنوع و اختلاف پی برد. برای نمونه میانگین سالانه بارش ایران نزدیک ۲۵۰ میلی‌متر است اما بارش دریافتی مناطق کویری از ۵۰ میلی‌متر هم کم‌تر است. در عوض در برخی نقاط کرانه‌های خزر بارش سالانه نزدیک ۱۸۰۰ میلی‌متر است. از سوی دیگر ایران از دیدگاه دما نیز بسیار متنوع است. دلیل این تنوع همسایگی خشکی ایران با دو توده بزرگ آب در شمال و جنوب، گستردگی در عرض جغرافیایی و تنوع ناهمواری است. میانگین دمای ایران ۱۸ درجه سلسیوس است که نسبت به میانگین جهانی ۱۵ درجه سلسیوس بزرگ‌تر است. در نتیجه ایران گذشته از فقر بارش از گرمای بالایی نیز برخوردار است (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۱۲۲). بنابراین تنوع، ویژگی ذاتی آب و هوای ایران است و هیچ کدام از عناصر آب و هوایی تصویر همگنی نمی‌دهند. این ناهمگنی و نایکنواختی عناصر آب و هوایی در پوشش گیاهی، نوع خاک و روش زندگی مردم اثر گذاشته



شکل ۳. مقادیر NDVI تعریف شده در این پژوهش (منتظری و کفایت مطلق، ۱۳۹۷)

داده است. این نوع پوشش گیاهی نیز مانند پوشش گیاهی تُنک، در سال ۱۳۸۷ کمینه است و تنها ۱/۳۱ درصد گستره ایران را پوشش داده است ولی در سال ۱۳۹۷ پوشش آن بیشینه است و ۱/۸ درصد گستره ایران را در بر گرفته است. پوشش گیاهی انبوه به رنگ قهوه‌ای تیره دیده می‌شود و در سال ۱۳۹۰ کمینه و در سال ۱۳۹۲ بیشینه است. پوشش گیاهی بسیار انبوه به رنگ سبز تیره دیده می‌شود. این نوع پوشش، کم‌ترین گستره کشور را در بر گرفته است و در بیش‌تر سال‌ها دیده نمی‌شود.

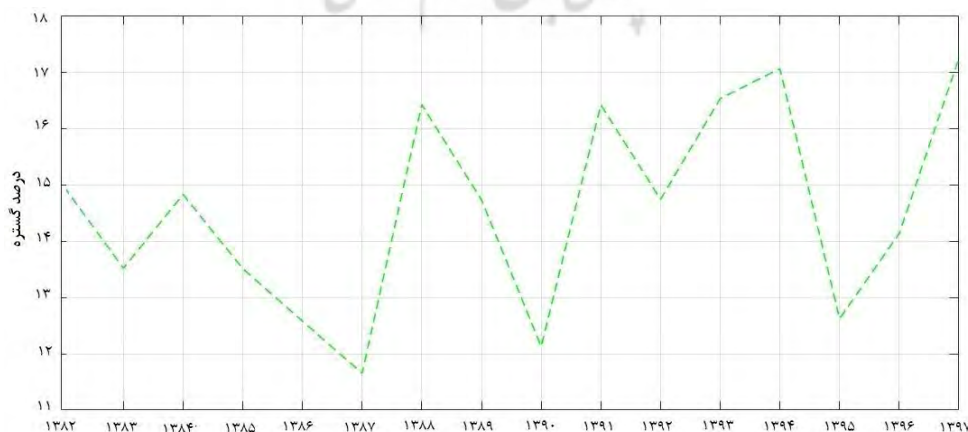
شکل ۴ آهنگ سالانه درصد گستره انواع پوشش گیاهی در ایران زمین را نشان می‌دهد. پوشش گیاهی تُنک به رنگ سبز روشن دیده می‌شود و درصد گستره بیش‌تری از ایران را در بر گرفته است. پوشش گیاهی تُنک در سال ۱۳۸۷ کمینه است و تنها ۹/۴۴ درصد گستره ایران پوشیده از گیاه است. این نوع پوشش گیاهی در سال ۱۳۹۷ بیشینه است و ۱۴/۴۸ درصد گستره ایران را در بر گرفته است. پوشش گیاهی متوسط به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود و پس از پوشش گیاهی تُنک، بیش‌ترین گستره ایران را پوشش



شکل ۴. آهنگ سالانه درصد گستره انواع پوشش گیاهی در ایران

باشد چرا که در این سال ایران با خشکسالی اقلیمی روبرو بوده است. در سال ۱۳۹۷ بدلیل افزایش بارندگی، پوشش گیاهی ایران به بیشترین مقدار رسیده و حدود ۱۷/۲۵ درصد از مساحت ایران را پوشش داده است.

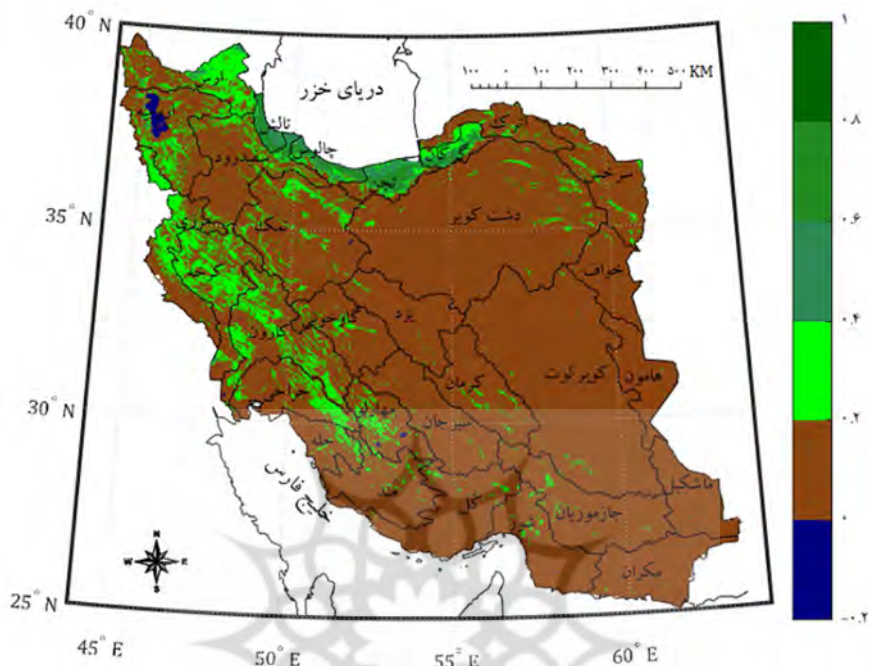
شکل ۵ آهنگ سالانه درصد گستره پوشش گیاهی ایران را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود گستره پوشش گیاهی ایران در سال ۱۳۸۷ به کمترین مقدار رسیده است و تنها ۱۱/۶۵ درصد مساحت ایران پوشیده از گیاه است. این موضوع می‌تواند طبیعی



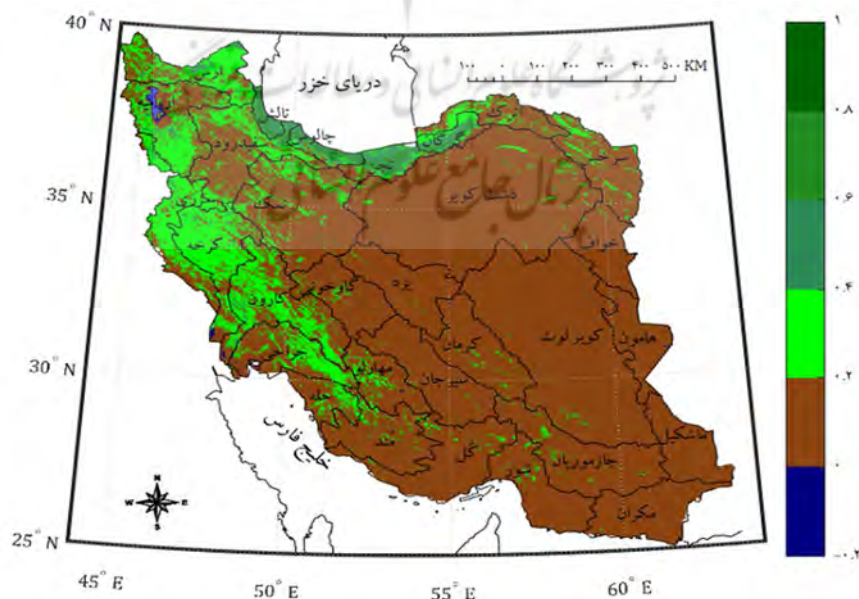
شکل ۵. آهنگ سالانه درصد گستره پوشش گیاهی ایران

کرانه‌ی خزر، شمال‌غرب، شمال‌شرق و منطبق بر رشته‌کوه‌های زاگرس ۹/۴۴ درصد گستره کشور را در برگرفته است. پوشش گیاهی ایران در این سال کمینه است و تنها ۱۱/۶۵ درصد گستره ایران را پوشش داده است.

شکل ۶ میانگین NDVI ایران در سال ۱۳۸۷ را نشان می‌دهد. در این سال پوشش گیاهی بسیار انبوه دیده نمی‌شود. گستره پوشش گیاهی انبوه و متوسط کرانه‌ی خزری به ترتیب ۰/۸۹ و ۱/۳۱ درصد گستره ایران را در برگرفته است. پوشش گیاهی تَنک در



شکل ۶. میانگین NDVI ایران در سال ۱۳۸۷

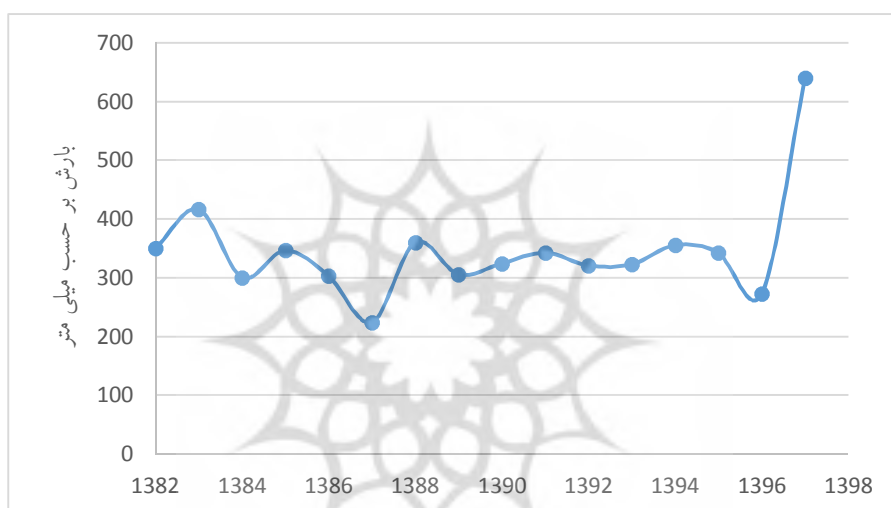


شکل ۷. میانگین NDVI ایران در سال ۱۳۹۷

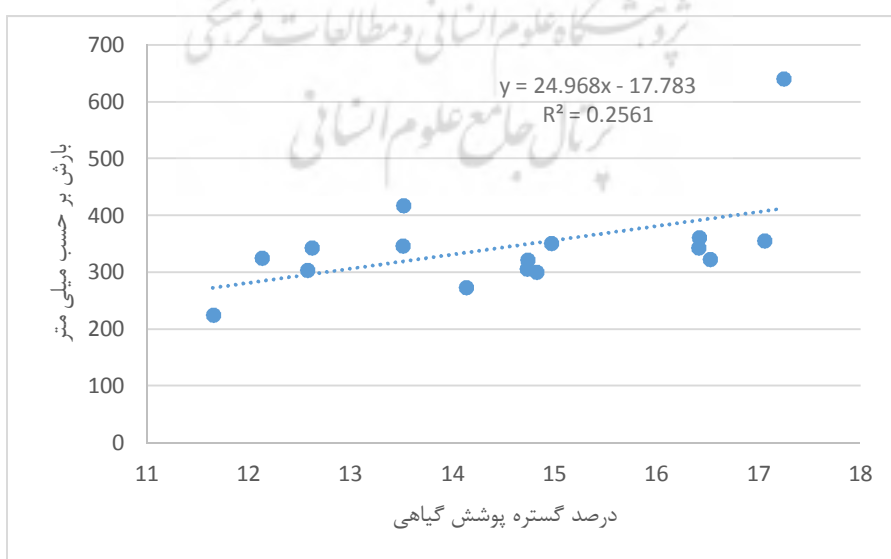


شکل ۸ سری زمانی مجموع بارندگی سالانه ایران در طول دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بارندگی نقش نیرومندی بر رویش گیاه دارد. یافته‌های ۴۱۰ ایستگاه همدید نشان می‌دهد که در همین سال‌هایی که ایران با خشکسالی/ ترسالی کشاورزی مواجه بوده، بارندگی ایران نیز به ترتیب به کمترین و بیشترین مقدار در طول دوره مورد مطالعه می‌رسد. بنابراین این نتایج حاکی از آن است که خشکسالی/ ترسالی کشاورزی در ایران ناشی از خشکسالی/ ترسالی هواشناسی آن بوده است.

شکل ۷ میانگین NDVI ایران در سال ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. در این سال پوشش گیاهی بسیار انبوه نیز در گستره ایران زمین دیده می‌شود اما مقدار آن بسیار ناچیز می‌باشد. پوشش گیاهی انبوه و متوسط کرانه‌ی خزری ۰/۹۲ و ۱/۸۲ درصد گستره ایران را پوشش داده است. پوشش گیاهی تُنک در رشته کوه‌های زاگرس، البرز و مناطق پست حوضه‌های آبریز سرخس، کرمان و جازموریان نیز دیده می‌شود و ۱۴/۵ درصد گستره کشور را در بر گرفته است. بطور کلی پوشش گیاهی ایران در این سال بیشینه است و ۱۷/۲۵ درصد گستره ایران را پوشش داده است.



شکل ۸. سری زمانی مجموع بارندگی سالانه ایران



شکل ۹. پیوند پوشش گیاهی و بارندگی در ایران

گیاهی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ چن و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۹. از این رو در پژوهش‌های آینده می‌توان پیوند میان پوشش گیاهی با بارندگی و برف را به کمک داده‌های ماهواره‌ای آشکار ساخت.

### منابع

۱. علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۵). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، سال ۱۳۸۵.
۲. علیجانی، بهلول (۱۳۸۹). آب و هوای ایران، انتشارات پیام‌نور، تهران، چاپ دهم، سال ۱۳۸۹.
۳. فاتحی‌مرج، احمد؛ باقری‌نیا، مژگان (۱۳۹۰). بررسی خشکسالی مرتعی غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹، علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، شماره ۱۶، صص ۲۲-۱۳.
۴. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). آب و هوای ایران، مشهد، انتشارات شریعه توس، سال ۱۳۹۰.
۵. منتظری، مجید؛ کفایت مطلق امیدرضا (۱۳۹۶). فصل‌بندی پوشش زمین در ایران به کمک نمایه NDVI. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۲(۴)، ۱۳۸-۱۴۷.
۶. منتظری، مجید؛ کفایت مطلق امیدرضا (۱۳۹۷). واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایه NDVI. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۷۱(۳)، ۱-۱۴.
۷. میرموسوی، سیدحسین؛ کریمی، حمیده (۱۳۹۲). مطالعه‌ی اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS مورد: استان کردستان، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۱، صص ۷۶-۵۷.
۸. هادیان، فاطمه؛ سیدزین‌الدین حسینی؛ منصوره سیدحسینی (۱۳۹۳). پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات بارندگی و تصاویر

شکل ۹ پیوند پوشش گیاهی و بارندگی ایران در طول دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مؤثرترین عامل اقلیمی مؤثر بر پوشش گیاهی، بارش می‌باشد. از این رو همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش بارندگی در ایران، درصد گستره پوشش گیاهی نیز افزایش یافته است.

### نتیجه‌گیری

در این نوشتار برای واکاوی پیوند میان پوشش گیاهی و بارش در ایران از شاخص NDVI مودیس- آکوا و داده‌های ۴۱۰ ایستگاه همدید کشور استفاده شد. پس از پردازش داده‌ها، نتایج میانگین بلندمدت پوشش گیاهی نشان داد که تنها ۱۴/۵ درصد از گستره کشور پوشیده از گیاه است و گستره‌ی زیادی از ایران زمین بویژه در نواحی بیابانی فاقد پوشش گیاهی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که در دو دهه اخیر بدلیل افزایش بارش، آهنگ درصد گستره پوشیده از گیاه در ایران افزایش یافته است بطوری که در دوره نخست (۱۳۸۲-۱۳۸۹) با میانگین بارش ۳۲۵ میلی‌متر، میانگین درصد گستره پوشیده از گیاه کشور ۱۴/۰۲ درصد است درحالی که در دوره دوم (۱۳۹۰-۱۳۹۷) با میانگین بارش ۳۶۵ میلی‌متر، به ۱۵/۱ درصد می‌رسد که نسبت به دهه قبل بیش از ۱ درصد گستره پوشش گیاهی ایران افزایش یافته است. در ادامه بررسی پیوند میان پوشش گیاهی و بارش نشان داد که در سال ۱۳۸۷ بدلیل خشکسالی اقلیمی، پوشش گیاهی کمینه و در سال ۱۳۹۷ بدلیل ترسالی، پوشش گیاهی ایران زمین بیشینه است. داده‌های بارش ۴۱۰ ایستگاه همدید کشور مؤید این موضوع است. در نتایجی دیگر پژوهشگران نیز که هماهنگ با پژوهش پیش‌رو است، به پیوند نیرومند پوشش گیاهی و بارش اشاره شده است (اسچولتز و هالپر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳؛ وانگ و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳؛ دینگ و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷؛

4. Chuai et al  
5. Chen et al

1. Schultz and Halpert  
2. Wang et al  
3. Ding et al

- southern California. *Ecological Indicators*, 88, 485-494.
17. Gutman, G., and Ignatov, A. (1998). The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of remote sensing*, 19(8), 1533-1543.
  18. <https://search.earthdata.nasa.gov/search>
  19. Huete, A.R., Liu, H.Q., Batchily, K. V., and 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.
  20. Numata, I., Roberts, D. A., Sawada, Y., Chadwick, O.A., Schimel, J.P., and Soares, J.V. (2007). Regional characterization of pasture changes through time and space in Rondonia, Brazil. *Earth Interactions*, 11(14), 1-25.
  21. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Kerr, Y.H., and Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sensing of environment*, 48(2), 119-126.
  22. Ren, Y., Liu, J., Liu, S., Wang, Z., Liu, T., and Shalamzari, M.J. (2022). Effects of Climate Change on Vegetation Growth in the Yellow River Basin from 2000 to 2019. *Remote Sensing*, 14(3), 687.
  23. Rondeaux, G., Steven, M., and Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107.
  24. Roustai, I., Olafsson, H., Moniruzzaman, M., Zhang, H., Liou, Y.A., Mushore, T. D., and Gupta, A. (2020). Impacts of drought on vegetation assessed by vegetation indices and meteorological factors in Afghanistan. *Remote Sensing*, 12(15), 2433.
  25. Schultz, P.A., and Halpert, M.S. (1993). Global correlation of temperature, NDVI and precipitation. *Advances in Space Research*, 13(5), 277-280.
  26. Song, C. (2005). Spectral mixture analysis for subpixel vegetation fractions in the urban environment: How to incorporate endmember variability?. *Remote sensing of environment*, 95(2), 248-263.
  - ماهورهای NOAA AVHRR در استان کرمانشاه، نشریه مرتع‌داری، شماره ۱، صص ۶۲-۴۶.
  9. Albarakat, R., and Lakshmi, V. (2019). Comparison of normalized difference vegetation index derived from Landsat, MODIS, and AVHRR for the Mesopotamian marshes between 2002 and 2018. *Remote sensing*, 11(10), 1245.
  10. Chen, M., Parton, W.J., Hartman, M.D., Del Grosso, S.J., Smith, W.K., Knapp, A. K., ... and Gao, W. (2019). Assessing precipitation, evapotranspiration, and NDVI as controls of US Great Plains plant production. *Ecosphere*, 10(10), e02889.
  11. Chen, T., Niu, Q., Wang, Y., Zhang, L. P., and Du, B. (2011). Percentage of vegetation cover change monitoring in Wuhan region based on remote sensing. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1466-1472.
  12. Cheng-lin, L., and Jian-jun, W. (2008, July). Crop drought monitoring using MODIS NDDI over mid-territory of China. In *IGARSS 2008-2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Vol. 3, pp. III-883)*. IEEE.
  13. Chuai, X.W., Huang, X.J., Wang, W.J., and Bao, G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *International journal of climatology*, 33(7), 1696-1706.
  14. Didan, K., Munoz, A. B., Solano, R., and Huete, A. (2015). *MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series)*. University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab.
  15. Ding, M., Zhang, Y., Liu, L., Zhang, W., Wang, Z., and Bai, W. (2007). The relationship between NDVI and precipitation on the Tibetan Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 17(3), 259-268.
  16. Gillespie, T.W., Ostermann-Kelm, S., Dong, C., Willis, K.S., Okin, G.S., and MacDonald, G.M. (2018). Monitoring changes of NDVI in protected areas of

- (2018). Responses of normalized difference vegetation index (NDVI) to precipitation changes on the grassland of Tibetan Plateau from 2000 to 2015. *Ying yong sheng tai xue bao=The journal of applied ecology*, 29(1), 75-83.
30. Zhang, Y. X., Li, X. B., and Chen, Y. H. (2003). Overview of field and multi-scale remote sensing measurement approaches to grassland vegetation coverage. *Advances in Earth Science*, 18(1), 85-093.
27. Wang, J., Rich, P.M., & Price, K.P. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International journal of remote sensing*, 24(11), 2345-2364.
28. Wang, X., and Xie, H. (2009). New methods for studying the spatiotemporal variation of snow cover based on combination products of MODIS Terra and Aqua. *Journal of Hydrology*, 371(1-4), 192-200.
29. Wang, Z.P., Zhang, X. Z., He, Y.T., Li, M., Shi, P.L., Zu, J.X., and Niu, B.

