

## تحلیل وضعیت پوشش گیاهی کسری (FVC) با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای لندست در دشت

### شبستر

آیلار محمدی<sup>۱</sup>، ابوالفضل مجنونی هریس<sup>۲\*</sup>، رضا حسن پور<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تبریز، ایران.

\*نویسنده مسئول: [majnooni@tabrizu.ac.ir](mailto:majnooni@tabrizu.ac.ir)

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۰۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۳۱

### چکیده

آب از مهم‌ترین زیر ساخت توسعه در بخش‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی کشور به شمار می‌آید. بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده آب در حوضه‌های آبریز کشور است. پوشش گیاهی اصلی‌ترین اجزای اکوسیستم بوده و نقش مهمی در حفظ ثبات منطقه‌ای و تنظیم آب و هوا دارد. گیاهان مهم‌ترین تولیدکننده هر اکوسیستم بوده و عوامل زیادی آن را منعکس می‌کنند. شاخص‌های گیاهی مانند LAI، NDVI و FVC در مطالعه بیلان آب، تبخیرتعرق و خشکسالی در حوضه‌های مختلف نقش کلیدی دارند. از بین آن‌ها، شاخص پوشش گیاهی کسری (FVC) یک پارامتر مهم اکولوژیکی برای توضیح تنوع پوشش گیاهی و زیستی بوده و هدف از این پژوهش بررسی تغییرات شاخص FVC از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ و ارزیابی تغییر تراکم پوشش گیاهی و نیز بررسی عوامل مؤثر بر پوشش گیاهی در دشت شبستر می‌باشد. در مطالعه حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و ۹ مقادیر FVC سال‌های مورد مطالعه استخراج گردید و به صورت کلی و به تفکیک پوشش اراضی مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد مقادیر FVC در طول مطالعه حدوداً افزایشی بوده و تقریباً رابطه مستقیمی با بارش و معکوس با دمای سطح زمین دارد. متوسط مقدار FVC دشت شبستر در سال‌های مورد مطالعه ۵۷/۰ و برای کاربری‌های باغی بالای ۸۰/۰ بدست آمد. روند تغییرات FVC و LST نشان داد در سال‌های دارای پوشش گیاهی بالا به دلیل افزایش تبخیرتعرق و استهلاک انرژی، دما تعدیل شده است. نتایج این تحقیق علاوه بر اهمیت FVC در مطالعات آب و کشاورزی، نقش آن را در کاهش گرمای مناطق مسکونی نیز تایید می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، سنجش از دور، شاخص سطح برگ، کاربری اراضی.

### مقدمه

زمینی و مرکز چرخه مواد و انرژی می‌باشد و نقش مهمی در اکوسیستم‌های زمینی دارد و به عنوان رابط بین اتمسفر، خاک و آب عمل نموده و نقش بسزایی در حفظ ثبات اکوسیستم منطقه‌ای و تنظیم آب و هوا دارد (Gu et al., 2022). با تغییرات بلند مدت آب و هوایی، الگوی کلی توزیع پوشش گیاهی در یک منطقه تعیین می‌شود. توپوگرافی با تأثیر بر توزیع فضایی نور، دما و بارش بر توزیع مکانی پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد

آب یکی از زیر ساخت‌های مهم توسعه در بخش‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی کشور به حساب می‌آید. بزرگترین مصرف کننده آب در دشت‌های کشور بخش کشاورزی می‌باشد. اکوسیستم‌های آبی، برای حفظ بقا و عملکرد خود به مقدار مشخصی از آب نیازمند هستند. تأثیر نوسانات در ناحیه این اکوسیستم‌ها بر محیط اطراف بسیار مهم بوده و نیازمند نظارت مستمر می‌باشد. پوشش گیاهی جزء اصلی اکوسیستم

تصاویر ماهواره‌ای استخراج می‌شود، شاخص NDVI می‌باشد (Tucker and Choudhury, 1987). از آنجایی که شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، همبستگی بالایی با شاخص سطح برگ و بهره‌وری اولیه خالص دارد، می‌تواند وضعیت رشد و ویژگی‌های مکانی پوشش گیاهی را بهتر منعکس کند (Thouverai et al., 2023). لذا این شاخص به-عنوان یک شاخص نظارت کمی بر پوشش گیاهی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (Lin et al., 2022; Mallick et al., 2021). برخی از محققان در مطالعات خود همبستگی بالایی را بین پوشش گیاهی کسری (FVC) و NDVI نشان داده‌اند (Zhao et al., 2024). بنابراین، می‌توان برای تخمین FVC از طریق NDVI برای تضعیف تأثیر سایر عوامل و بهبود دقت توصیف رشد و شرایط پوشش گیاهی استفاده کرد (Fu et al., 2022; Wang et al., 2024). حسن‌پور و همکاران (۲۰۲۴) مقادیر FVC، شاخص سطح برگ (LAI) و برخی شاخص‌های آب گیاه نظیر محتوای آب کانوپی (CWC) را در یک مزرعه ذرت در منطقه تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل تعیین کردند (Hassanpour et al., 2024). برخی از محققین برای بحث در مورد عوامل و قوانین محرک تغییرات مکانی از FVC استفاده کرده‌اند (Cao et al., 2015). محققین طی تحقیقات انجام شده بر روی تأثیر دما و بارش بر پوشش گیاهی براساس NDVI به این نتیجه رسیدند که بارش تأثیر مثبتی دارد به این معنی که با افزایش بارش پوشش گیاهی نیز بیشتر می‌شود (Huang et al., 2016; sun et al., 2013). طبق پژوهش‌های مختلف پوشش گیاهی کسری (FVC) و شاخص سطح برگ (LAI) پارامترهای اساسی برای تحلیل کانوپی هستند (Chen and blanken, 1997; Nilson, 1971). تجزیه و تحلیل FVC بیشتر در دو بخش زمان و مکان صورت می‌گیرد که برای تحلیل از منظر زمانی، به‌منظور کمی کردن روند تغییر پوشش گیاهی، محققان اغلب از روش رگرسیون خطی (He et al., 2021) بین FVC و سال استفاده نموده و روند آن را تعیین می‌کنند. برای تحلیل مکانی، معمولاً از تفسیر نقشه‌های پهنه‌بندی و ارزش مکانی پیکسل‌های مرتبط برای تجزیه و تحلیل تمایز مکانی استفاده می‌شود. بنابراین، برای پیش‌بینی FVC

(Liu et al., 2021). فعالیت‌های انسانی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر تغییرات دینامیکی پوشش گیاهی محلی تأثیرگذار است (Yang et al., 2021; Jiang et al., 2021). بنابراین، پایش پوشش گیاهی منطقه و بررسی روابط آن با تغییرات محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی در حفاظت از محیط زیست و تصمیم‌گیری حائز اهمیت است. پوشش گیاهی کسری (FVC)<sup>۱</sup> یک پارامتر مهم اکولوژیکی و حساس برای توضیح تنوع در پوشش گیاهی و زیستی جهانی است (Gitelson et al., 2002; Haynes, 2014). برآورد FVC اهمیت فوق‌العاده‌ای برای ساختارهای اکولوژیکی و اجتماعی دارد (Shobairi et al., 2018). از منظر عوامل محرک، تأثیر تغییر اقلیم بر پویایی پوشش گیاهی بیشترین مطالعه را داشته (Bafitlhile and Liu, 2022) و ثابت شده است که تغییرات آب و هوایی از دیدگاه‌های مختلف تأثیر زیادی بر رشد پوشش گیاهی دارد. درک چگونگی تغییر پوشش گیاهی و واکنش آن به تغییر آب و هوا برای توصیف روابط آن‌ها با هم و پیش‌بینی تعاملات زمین-اقلیم در آینده از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود (Xue et al., 2021). بنابر گزارش‌های علمی دما و بارش از عوامل اقلیمی اصلی مؤثر بر پویایی پوشش گیاهی قلمداد می‌شود (Na et al., 2021; Tang et al., 2017). با توسعه سریع اقتصاد، فعالیت‌های انسانی تشدید یافته و اثرات آن‌ها بر پویایی پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفته است. لذا بدین جهت تا بحال اثرات عوامل فعالیت انسانی، مانند تغییر کاربری زمین (Liu et al., 2021; Shi et al., 2021) و تراکم جمعیت (Zhang et al., 2021) بر گیاهان و تبخیر-تعرق آن‌ها (علیپور و همکاران، ۱۴۰۰) مورد مطالعه قرار گرفته است. مکانیسم‌های تأثیرگذار بر پویایی پوشش گیاهی پیچیده هستند و هر عامل تأثیرگذار نه تنها به‌صورت جداگانه عمل می‌کند، بلکه ممکن است با عوامل دیگر نیز تعامل داشته باشد. روش‌های تحلیل سنتی فقط اثرات مستقیم عوامل مؤثر بر پویایی پوشش گیاهی را در نظر می‌گیرند (Wang et al., 2021) که گاهی اوقات ممکن است غیر واقعی باشد. بنابراین، تعیین کمیت اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر پویایی پوشش گیاهی برای تعیین تأثیر کلی مهم است. یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی که برای بررسی پویایی پوشش گیاهی از

<sup>1</sup>Fractional Vegetation Cover

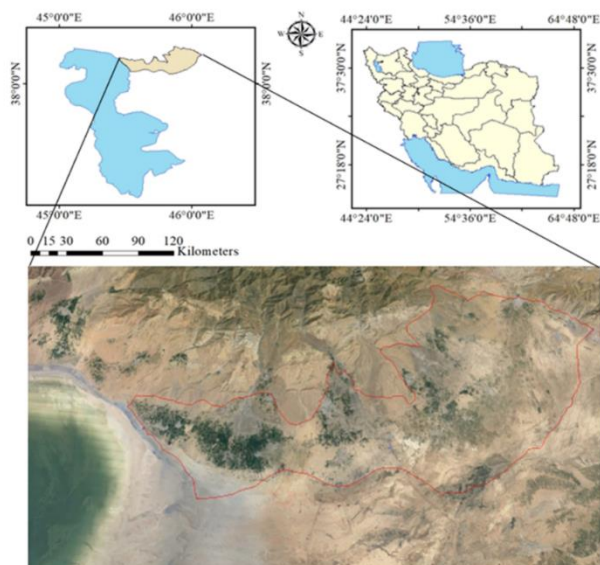
کم و در مناطق بایر زیاد می‌باشد (Rajeshwari and Mani, 2014). نظر به اهمیت پوشش گیاهی به‌عنوان مصرف‌کننده اصلی آب و عمده‌ترین تولیدکننده در اکوسیستم‌ها مطالعه رابطه تغییرات آن با عوامل مختلفی مثل دما، تبخیر-تعرق و خشکسالی تاثیر بسزایی در مطالعات شاخه‌های مختلف علوم نظیر آب و هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژی و غیره دارد (ناطق و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین هدف اصلی این تحقیق تحلیل تغییرات مکانی و زمانی شاخص پوشش گیاهی کسری در اراضی دشت شبستر و تحلیل ارتباط آن با بارش و دمای سطح زمین می‌باشد.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در گستره دشت شبستر انجام گردیده است. این دشت یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان آذربایجان شرقی است که در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه، ۴ دقیقه و ۴۸ ثانیه شمالی و ۴۶ درجه، ۱۷ دقیقه و ۳۱ ثانیه شرقی واقع شده است. دشت شبستر از شمال به مرنند، از شرق به تبریز، از غرب به تسوج و از جنوب به پهنه‌های نمکی دریاچه ارومیه می‌رسد (خالدی و همکاران، ۱۳۹۷). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. میانگین بارندگی دشت شبستر ۲۶۰ میلی‌متر و برای مناطق کوهستانی ۳۱۷ میلی‌متر می‌باشد (جیحونی و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین متوسط دما و رطوبت نسبی هوای ایستگاه شبستر طی ده سال اخیر به ترتیب برابر ۴۷/۷۴ درصد و ۱۴/۵۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. بر اساس گزارش‌های منشر شده اقلیم منطقه بر اساس روش طبقه‌بندی دومارتن نیمه خشک است (دین پژوه و همکاران، ۲۰۱۵).

انتخاب یک شاخص پوشش گیاهی مناسب حائز اهمیت می‌باشد (Estel et al., 2015). امروزه با توسعه فناوری سنجش از دور، به‌ویژه تصاویر ابرطیفی با وضوح مکانی و زمانی بالا، نظارت بر پویایی پوشش گیاهی در مقیاس بزرگ فراهم شده است. تصاویر سنجش از دور به‌طور گسترده‌ای برای مطالعه تغییرات پوشش گیاهی سطوح مختلف به کار گرفته شده‌اند، چرا که دارای دامنه دید گسترده بوده و باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود (Kang et al., 2021; Feng et al., 2021). در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی در مورد عوامل موثر بر پویایی پوشش گیاهی انجام شده است. تحلیل‌های همبستگی (Liu et al., 2021; Liu et al., 2022)، تحلیل‌های رگرسیون خطی چندگانه (Jiang et al., 2022)، تحلیل‌های باقیمانده (Liu et al., 2018; Xue et al., 2022) و مدل‌های آشکارساز جغرافیایی (Deng et al., 2022; Wang et al., 2022) پرکاربردترین روش‌ها هستند، در حالی که برخی مطالعات از روش‌های یادگیری ماشینی هم (مانند جنگل تصادفی) بهره برده‌اند (Leroux et al., 2017).

دمای سطح زمین (LST) یکی از متغیرهای ضروری آب و هوا بوده و نقش مهمی در بسیاری از زمینه‌ها ایفا می‌کند. دمای سطح زمین (LST) را می‌توان به عنوان دمای پوست زمین تعریف کرد (Rajeshwari and Mani, 2014). دمای سطح زمین در سنجش از دور به حرارت اندازه‌گیری شده در یک میدان دید لحظه‌ای گفته می‌شود (علوی پناه، ۱۳۸۷). برخی از محققان در سال ۲۰۱۴ برای محاسبه دمای سطح زمین منطقه‌ای در کشور هند از باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ استفاده کردند، نتایج نشان داد که دمای سطح زمین در مناطق کوهستانی به خاطر پوشش گیاهی زیاد،

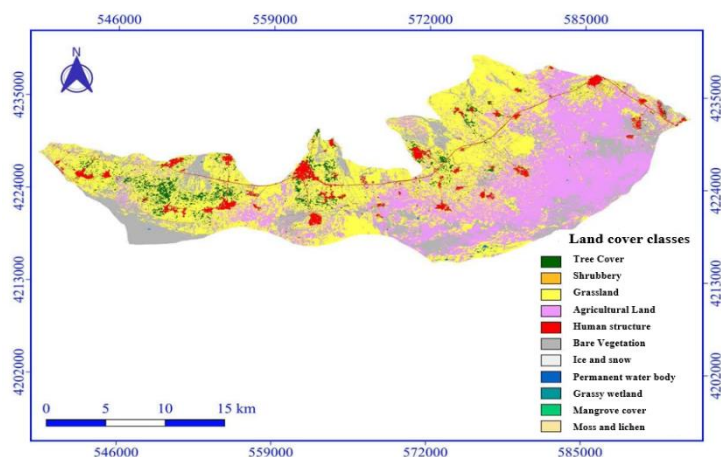


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.  
Figure 1- Geographical location of the study area.

گرفت. برای تعیین گستره کاربری‌های مختلف و تعیین FVC آن‌ها از نقشه کاربری اراضی در شکل ۲ ارائه شده توسط آژانس فضایی اروپا (ESA) استفاده شد. جهت بررسی ارتباط بارش با شاخص پوشش گیاهی کسری، از داده‌های بارش تهیه شده از سازمان هواشناسی استان استفاده گردید. برای استخراج اطلاعات لازم نرم افزار ArcMap مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

### اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزار

برای انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و ۹ استفاده شد. داده‌های مورد نیاز و تصاویر ماهواره‌ای بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ به گونه‌ای انتخاب شد که در سال‌های مورد مطالعه اواسط فصل رشد (دهه اول تیرماه) باشد. انتخاب زمانی تصاویر با لحاظ عوامل تأثیرگذار بر میزان وضوح (مانند اغتشاشات جوّی و پوشش ابرهای بالا و غیره) صورت



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی دشت شبستر.  
Figure 2- Land use map of Shabstar Plain.

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_V - NDVI_S} \quad (1)$$

که در آن  $NDVI_V$  و  $NDVI_S$  به ترتیب  $NDVI$  مناطق پوشیده شده از گیاه و مناطق بدون پوشش گیاهی یا خاک می‌باشد.  $NDVI$  از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

### برآورد FVC

مقادیر FVC با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برآورد گردید. به دلیل عدم امکان برآورد مستقیم FVC در این تصاویر از رابطه بین FVC و شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و از مدل پیکسل دیمیادیات (Gao et al., 2002; Yang et al., 2022b; Song et al., 2022) استفاده شد:

## نتایج و بحث

### تحلیل زمانی FVC

تغییرات سالانه میانگین پوشش گیاهی کسری (FVC) در شکل ۳ نشان داده شده است. متوسط شاخص FVC در سال‌های مورد مطالعه برابر با ۰/۵۸ بدست آمد. بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۱۶ تعیین گردید. باید توجه داشت که FVC سالانه در اطراف خط روند نوسان می‌کند و طی ۸ سال در کل روند افزایشی دارد. مقادیر FVC در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ بالاتر از مقدار میانگین بوده و در مابقی سال‌ها کمتر از میانگین تعیین گردیده است. بنا بر گزارش‌های منتشر شده نوسانات FVC می‌تواند ناشی از تغییرات بارش در بین سال‌های مورد مطالعه باشد. بخشی از آن نیز می‌تواند با میزان اراضی زیرکشت محصولات زراعی مرتبط باشد (Chand et al., 2006). بالا بودن مقادیر پوشش گیاهی کسری در دشت شبستر به خاطر باغات و اراضی زراعی این منطقه در زمان بررسی می‌باشد چرا که دشت شبستر یکی از قطب‌های کشاورزی باغی و زراعی استان آذربایجان شرقی می‌باشد.

### تحلیل FVC در کاربری های اراضی

مقادیر FVC برای کاربری‌های باغی، زراعی و مسکونی و بایر در شکل ۴ در سال‌های مختلف نشان داده شده است. متوسط FVC برای کاربری‌های فوق به ترتیب برابر ۰/۸۱، ۰/۶۱ و ۰/۲۸ تعیین گردید. همانطوریکه مشاهده می‌گردد برای مناطق دارای پوشش درختی مقادیر پوشش گیاهی کسری بالاتر از بقیه بوده است. بعد از باغات مناطق زراعی دارای پوشش گیاهی کسری بالای ۶۰ درصد بوده است. طبق انتظار برای مناطق مسکونی و بایر این شاخص پایین تعیین شده است. در مطالعه شبیری و همکاران (Shobairi et al., 2018) مقادیر پوشش گیاهی کسری برای مناطق مسکونی و دارای فعالیت‌های انسانی برابر ۰/۱ گزارش شده است.

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (2)$$

که در آن NIR انعکاس باند مادون قرمز نزدیک و Red مربوط به باند قرمز می‌باشد. مقادیر کمتر از صفر بیانگر مناطق مرطوب و آب می‌باشد. مقادیر ۰ تا ۰/۳ پوشش‌های خاک و مراتع را شامل می‌شود و مقادیر بیشتر از ۰/۳ مناطق با پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.

### دمای سطح زمین (LST)

برای تعیین دمای سطح زمین با استفاده تصاویر لندست از رابطه زیر استفاده می‌شود (Salwan et al., 2021):

$$LST = \frac{BT}{\left(1 + \left(\lambda \times \frac{BT}{C_2}\right) \times \ln \varepsilon\right)} \quad (3)$$

در آن  $BT$  دمای درخشندگی (درجه سانتی گراد)،  $\lambda$  طول موج باند مورد نظر (برای باند ۱۰ برابر با ۱۰/۸)، ضریب  $C_2$  برابر ۱۴۳۸۸ و  $\varepsilon$  ضریب نشر سطح زمین می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon = 0.004 \times PV + 0.0986 \quad (4)$$

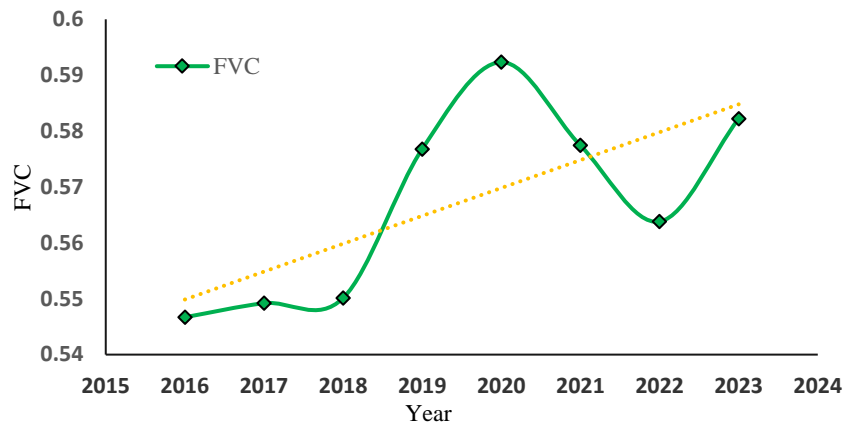
که در آن  $PV$  نسبت پوشش گیاهی بوده و تابع  $NDVI$  می‌باشد. مقادیر  $BT$  یا دمای درخشندگی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$BT = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \right) - 273.1 \quad (5)$$

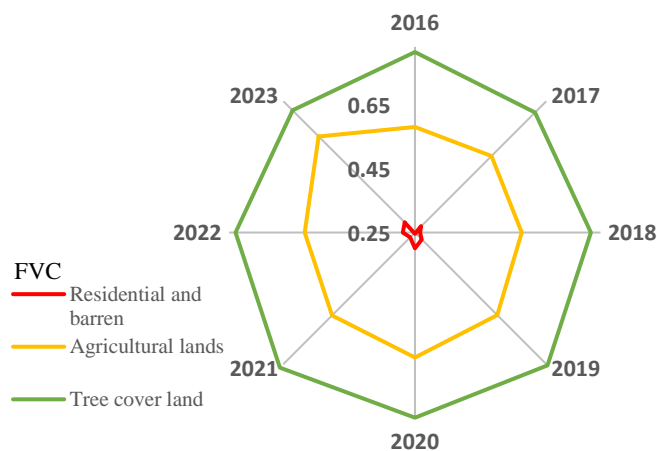
که در آن  $K_1$  و  $K_2$  ثابت کالیبراسیون سنجنده  $OLI$  می‌باشد. همچنین مقادیر  $L\lambda$  یا تابش طیفی بالای اتمسفر از رابطه زیر قابل حصول است:

$$L\lambda = ML \times Q_{CAL} + A_L \quad (6)$$

که در آن  $ML$  عامل مقایس سازی ضربی باند خاص،  $Q_{CAL}$  عدد رقومی باند مورد نظر،  $A_L$  عامل مقایس سازی افزایشی باند خاص و مقادیر  $ML$  و  $A_L$  در فایل مرجع تصاویر دانلود شده موجود است.



شکل ۳- روند تغییرات پوشش گیاهی کسری از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳.  
Figure 3- Trend in Fractional Vegetation Cover changes from 2016 to 2023.



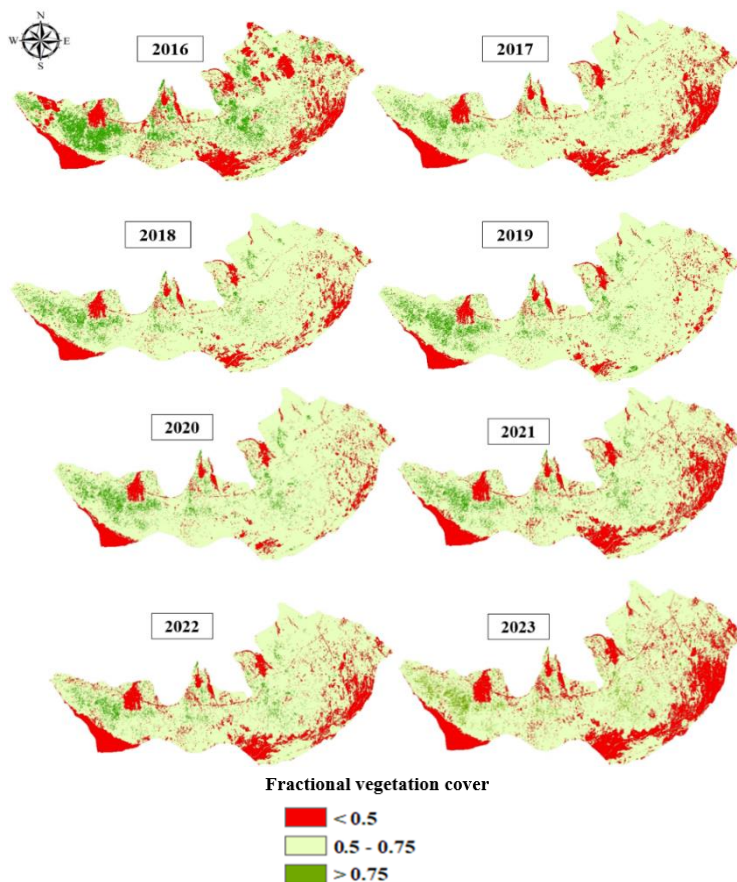
شکل ۴- تغییرات FVC در کاربری‌های اراضی مختلف از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳.  
Figure 4- The variation of FVC values in different land uses from 2016 to 2023.

بیشتر از ۰/۷۵ پهنه‌بندی و در شکل ۵ ارائه گردید. طبق نقشه‌های تهیه شده می‌توان دریافت که به‌طور کلی در طول ۸ سال، توزیع FVC در سازه‌های انسانی، اراضی بایر، اراضی کم تراکم، مناطق شورزار و احتمالاً اراضی آیش گذاشته شده پیکسل‌ها با پوشش گیاهی کم (کمتر از ۰/۵) می‌باشد. این مقدار در پوشش‌های علف‌زار، بوته‌زار و زمین‌های زراعی بین ۰/۷۵-۰/۵ بوده و در مناطق پوشش درختی بیشتر از ۰/۷۵ است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در قسمت جنوب غربی دشت در برخی سال‌ها پوشش گیاهی بالا و در برخی سال‌ها پایین ۵۰ درصد بوده است که می‌تواند به نوع کشت و زمان برداشت محصول هم مربوط باشد چرا که ممکن است در برخی سال‌ها مانند ۲۰۲۳ در چنین مناطقی محصولات بهاره کشت شده باشند و در زمان تصویر برداری برداشت شده و یا اینکه پوشش سبز در مزارع وجود نداشته باشد.

باید در نظر داشت که وجود فضاهای سبز در مناطق مسکونی و پایین بودن قدرت تفکیک مکانی سنجه‌های مورد استفاده ممکن است باعث افزایش مقادیر FVC در این مناطق گردد که برای تحقیق حاضر صادق می‌باشد. مقادیر حاصله برای شاخص پوشش گیاهی کسری مناطق دارای پوشش گیاهی بالا با نتایج تحقیق آنیس و همکاران (Anees et al., 2022) ۲۰۲۲ مطابقت دارد. در خصوص تغییرات FVC در سال‌های مختلف باید توجه کرد که مقادیر پوشش درختی به دلیل اینکه باغات محصولات چندساله محسوب می‌گردند ناپیوستگی تغییرات زمانی معنی‌داری داشته باشند. در خصوص اراضی زراعی نیز بسته به میزان اراضی آبی و دیم و بارش ممکن است تغییرات محسوس در بین سال‌های مختلف باشد.

#### تحلیل مکانی FVC

مقادیر پوشش گیاهی کسری برای نقاط مختلف دشت شبستر تهیه و در سه کلاس مختلف کمتر از ۰/۵، ۰/۵-۰/۷۵،



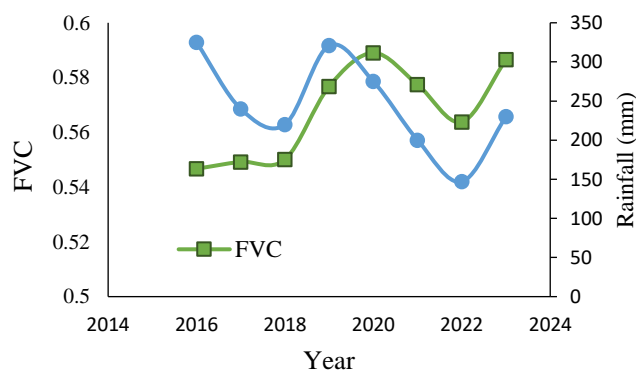
شکل ۵- نقشه‌های پوشش گیاهی کسری از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳.

Figure 5- Maps of the Fractional Vegetation Cover from 2016 to 2023.

می‌تواند باعث بهبود وضعیت پوشش گیاهی و رشد گیاهان در اراضی بایر و مناطق خارج از اراضی زیرکشت مرسوم سالانه گردد. در خصوص شکل ۷ هم می‌توان گفت به‌طور کلی دمای سطح زمین با پوشش گیاهی کسری رابطه معکوس داشته و با افزایش دما مقادیر FVC کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از این تحقیق با گزارش آنیس و همکاران (Anees et a., ۲۰۲۲) مطابقت دارد.

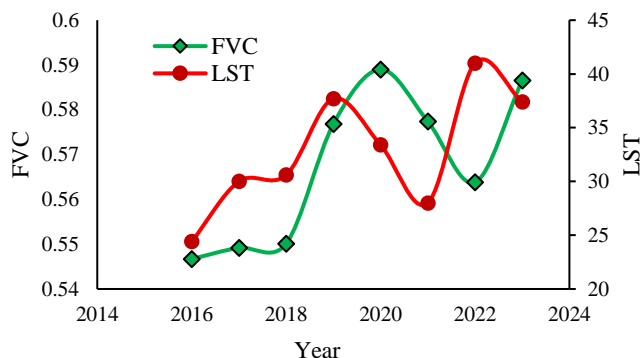
#### ارتباط بارش و دمای سطح زمین با FVC

در این قسمت روند تغییرات FVC با بارش در شکل ۶ و روند تغییرات آن با LST یا دمای سطح زمین در شکل ۷ نشان داده شده است. بررسی نتایج نشان داد که تقریباً با افزایش بارش روند پوشش گیاهی کسری هم افزایش یافته است. هر چند دشت شبستر دارای کاربری های درختی و زراعی غیر دیم می‌باشد و در مجموع وجود بارش و رطوبت در خاک



شکل ۶- تغییرات زمانی پوشش گیاهی کسری و بارش سالانه از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳.

Figure 6- Time changes of Fractional Vegetation Cover and annual precipitation from 2016 to 2023.



شکل ۷- تغییرات زمانی پوشش گیاهی کسری و دمای سطح زمین از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳.

Figure 7- Temporal changes of Fractional Vegetation Cover and Land Surface Temperature from 2016 to 2023.

نظارت گسترده بوده و باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود. در این پژوهش به منظور برآورد تغییرات پوشش گیاهی کسری دشت شبستر در اواسط فصل رشد از ماهوره لندست ۸ و ۹ در روزهای بدون ابر استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد روند تغییرات FVC در سال‌های مورد مطالعه تقریباً افزایشی بوده و میانگین پوشش گیاهی در سال‌های مورد مطالعه ۰/۵۷ می‌باشد. همچنین مقادیر FVC در کاربری‌های مختلف نیز بررسی شد. مطابق انتظار بیشترین مقدار FVC برای کاربری اراضی پوشش‌های درختی بوده و کمترین مقدار نیز متعلق به اراضی‌های بایر و مناطق مسکونی تعیین گردید. عوامل انسانی و طبیعی متعددی در تغییر، تراکم و وسعت پوشش گیاهی مؤثر است. یکی از مهم‌ترین عوامل، تغییرات آب و هوایی است که از میان این عوامل، بارندگی و دما مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار هستند. دمای سطح زمین به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر دما مؤثر می‌باشد. در ادامه اثرات عواملی مانند بارش و دمای سطح زمین بر FVC بررسی شد و نتایج نشان داد که با افزایش بارندگی، پوشش گیاهی نیز افزایش یافته و همچنین طبق انتظار نیز با افزایش پوشش گیاهی دمای سطح زمین کاهش یافته است. طبق نقشه‌های تهیه شده برای FVC می‌توان دریافت در مناطق مسکونی و مناطق بایر پیکسل‌ها با حداقل پوشش گیاهی هستند. هرچند در برخی سال‌ها در کاربری‌های زراعی، پوشش گیاهی ضعیف می‌باشد که ممکن است محصولات در زمان تهیه تصاویر یا برداشت شده بودند یا به‌عنوان کشت دوم به تازگی کشت شده بودند. برای بررسی بهتر شاخص پوشش گیاهی کسری در کاربری‌های مختلف پیشنهاد می‌شود از تصاویر ماهواره با تفکیک مکانی بالا مانند سنتینل استفاده گردد. همچنین

بررسی رابطه رگرسیونی بین شاخص پوشش گیاهی کسری- بارش و پوشش گیاهی کسری-دمای سطح زمین حاصل از ماهواره لندست، در مدت ۸ سال در منطقه مورد مطالعه نشان داد که علیرغم وجود روند مناسب بین نسبت تغییرات آن‌ها، ضریب همبستگی بالایی بین بارش-FVC و بین LST-FVC مشاهده نگردید. چرا که بارش علیرغم عامل مهم تنها عامل تفسیرگر در خصوص شاخص FVC نمی‌باشد. اما رابطه رگرسیونی بین شاخص سطح برگ (LAI) و پوشش گیاهی کسری (FVC) ضریب همبستگی بالای ۰/۹۰ را نشان داد. ضریب همبستگی حاصل شده در این تحقیق برای شاخص سطح برگ کاربری‌های زراعی و درختی در نظر گرفته شده بود. به دلیل ارتباط نزدیک بین شاخص‌های FVC، LAI و NDVI همبستگی بالایی بین این شاخص‌ها وجود دارد. تورای و همکاران (۲۰۲۳) وجود همبستگی بالا بین این شاخص‌ها را گزارش کرده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Thouverai et al., 2023). محققان دیگری نیز (Zhao et al., 2024) وجود همبستگی بالا بین شاخص پوشش گیاهی کسری و شاخص NDVI گزارش نموده‌اند.

## نتیجه گیری

اهمیت پوشش گیاهی به عنوان عاملی مؤثر بر شرایط حوضه‌های آبریز ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات دقیق از آن را تهیه کرده و تغییرات مربوط به آن بررسی گردد. با پیشرفت تکنولوژی سنجش از راه دور، نظارت بر پویایی پوشش گیاهی در بلند مدت و در مقیاس بزرگ فراهم شده است. تصاویر سنجش از دور به‌طور گسترده‌ای برای مطالعه تغییرات پوشش گیاهی سطوح به کار گرفته شده‌اند، زیرا دارای دامنه



Chen, J.M., Blanken, P.D., Black, T.A., Guilbeault, M., Chen, S., (1997). Radiation regime and canopy architecture in a boreal aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86 (1-2), 107-125.

Deng, X., Hu, S., Zhan, C., (2022). Attribution of vegetation coverage change to climate change and human activities based on the geographic detectors in the Yellow River Basin, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (29), 44693-44708.

Estel, S., Kuemmerle, T., Alcántara, C., Levers, C., Prishchepov, A., Hostert, P., (2015). Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series. *Remote Sensing of Environment*, 163, 312-325.

Feng, D., Fu, M., Sun, Y., Bao, W., Zhang, M., Zhang, Y., Wu, J., (2021). How large-scale anthropogenic activities influence vegetation cover change in China? A review. *Forests*, 12 (3), 320.

Fu, B., Yang, W., Yao, H., He, H., Lan, G., Gao, E., Chen, Z., (2022). Evaluation of spatio-temporal variations of FVC and its relationship with climate change using GEE and Landsat images in Ganjiang River Basin. *Geocarto International*, 37 (26), 13658-13688.

Gao, L., Wang, X., Johnson, B.A., Tian, Q., Wang, Y., Verrelst, J., Gu, X., (2020). Remote sensing algorithms for estimation of fractional vegetation cover using pure vegetation index values: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 159, 364-377.

Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J., Stark, R., Rundquist, D., (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80 (1), 76-87.

Gu, Z., Zhang, Z., Yang, J., Wang, L., (2022). Quantifying the influences of driving factors on vegetation EVI changes using structural equation model: A case study in Anhui province, China. *Remote Sensing*, 14 (17), 4203.

Hassanpour, R., Majnooni-Heris, A., Fakhri Fard, A., Verrelst J., (2024). Monitoring Biophysical Variables (FVC, LAI, LCab, and CWC) and Cropland Dynamics at Field Scale Using Sentinel-2 Time Series, *Remote Sensing*, 16, 2284.

Haynes, W.M. (Ed.), (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (95<sup>th</sup>). CRC Press.

He, J., Shi, X., Fu, Y., (2021). Identifying vegetation restoration effectiveness and driving factors on different micro-topographic types of hilly Loess

تغییرات این شاخص به تفکیک در اراضی دیم و آبی مورد بررسی قرار گیرد.

## منابع

خالدی، م.، مجنونى هریس، ا.، و فاخرى فرد، ا.، (۱۳۹۷). تعیین هدایت هیدرولیکی بر اساس قابلیت انتقال تصحیح شده و تأثیر تراکم چاه ها و مازاد برداشت آب بر آبخوان دشت شبستر. *هیدروژئولوژی*، ۳(۲)، ۱۹-۳۲.

دین پزوه، ی.، فاخرى فرد، ا.، حسن پور اقدام م.ع. و بهشتی وایفان، و.، (۲۰۱۵). تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت شبستر-صوفیان. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۳۸(۱)، ۵۵-۶۹.

علیپور، ح.، اخوان قالیباف، م.، قلیوف، الف.، کورنوا، الف.، مختاری، م.ح.، (۱۴۰۰). استفاده از الگوریتم SEBAL و تصاویر سنجنده MODIS جهت تخمین تبخیر و تعرق واقعی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه). *هیدروژئولوژی*، انتشار آنلاین.

ناطقى، س.، گوهردوست، الف.، سلیمانی ساردو، ف.، (۱۴۰۲). واکاوی اثر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گرد و غبار (مطالعه موردی: استان هرمزگان). *مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۱۲(۲)، ۴۳-۶۰.

Anees, S.A., Zhang, X., Shakeel, M., Kahtani, M. Khan, K., Akram, M., Ghramh, H.A., (2022). Estimation of fractional vegetation cover dynamics based on satellite remote sensing in pakistan: A comprehensive study on the FVC and its drivers. *Journal of King Saud University*, 34:101848.

Bafitlhile, T. M., Liu, Y., (2022). Temperature contributes more than precipitation to the greening of the Tibetan Plateau during 1982–2019. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-18.

Cao, Q., Yu, D., Georgescu, M., Han, Z., Wu, J., (2015). Impacts of land use and land cover change on regional climate: A case study in the agro-pastoral transitional zone of China. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124025.

Chand, T.K., Badarinath, K., Prasad, V.K., Murthy, M., Elvidge, C.D., Tuttle, B.T., (2006). Monitoring forest fires over the Indian region using Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System nighttime satellite data. *Remote Sens. Environ.* 103 (2), 165–178.

- Liu, Z., Liu, Y., Li, Y., (2018). Anthropogenic contributions dominate trends of vegetation cover change over the farming-pastoral ecotone of northern China. *Ecological Indicators*, 95, 370-378.
- Mallick, J., AlMesfer, M.K., Singh, V.P., Falqi, I.I., Singh, C.K., Alsubih, M., Kahla, N.B., (2021). Evaluating the NDVI-rainfall relationship in Bisha watershed, Saudi Arabia using non-stationary modeling technique. *Atmosphere*, 12 (5), 593.
- Na, R., Na, L., Du, H., He, H. S., Shan, Y., Zong, S., and Wu, Z., (2021). Vegetation greenness variations and response to climate change in the arid and semi-arid transition zone of the Mongol-Lian Plateau during 1982–2015. *Remote Sensing*, 13 (20), 4066.
- Nilson, T., (1971). A theoretical analysis of the frequency of gaps in plant stands. *Agricultural meteorology*, 8, 25-38.
- Rajeshwari, A., & Mani, N. D., (2014). Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International journal of research in engineering and technology*, 3(5), 122-126.
- Salwan, A. A., Ahmed, A. A., & Salim, M. A., (2021). Using ArcGIS Software and Remote Sensing Technology to Predict Land Surface Temperature (LST) for Monitoring Ecological and Climate Change in Hor Al-Dalmaj, Southern Iraq. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 790 (1), 012076.
- Shi, S., Yu, J., Wang, F., Wang, P., Zhang, Y., Jin, K., (2021). Quantitative contributions of climate change and human activities to vegetation changes over multiple time scales on the Loess Plateau. *Science of the Total Environment*, 755, 142419.
- Shobairi, S.O. R., Usoltsev, V. A., Chasovskikh, V. P., (2018). Dynamic estimation model of vegetation fractional coverage and drivers. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 5 (3), 60-66.
- Song, W., Mu, X., McVicar, T. R., Knyazikhin, Y., Liu, X., Wang, L., Yan, G., (2022). Global quasi-daily fractional vegetation cover estimated from the DSCOVER EPIC directional hotspot dataset. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112835.
- Sun, J., Cheng, G., Li, W., Sha, Y., Yang, Y., (2013). On the variation of NDVI with the principal climatic elements in the Tibetan Plateau. *Remote Sensing*, 5 (4), 1894-1911.
- Tang, Z., Ma, J., Peng, H., Wang, S., Wei, J., (2017). Spatiotemporal changes of vegetation and their responses to temperature and precipitation in upper Plateau: From the perspective of ecological resilience. *Journal of Environmental Management*, 289, 112562.
- Huang, K., Zhang, Y., Zhu, J., Liu, Y., Zu, J., Zhang, J., (2016). The influences of climate change and human activities on vegetation dynamics in the Qinghai-Tibet Plateau. *Remote Sensing*, 8 (10), 876.
- Jeihouni, E., Mohammadi, M., Ghazi, B., (2021). Response of the Shabestar Plain aquifer to climate-change scenarios through statistical and hybrid soft computing techniques. *Groundwater for Sustainable Development*, 15, 100649.
- Jiang, M., He, Y., Song, C., Pan, Y., Qiu, T., Tian, S., (2021). Disaggregating climatic and anthropogenic influences on vegetation changes in Beijing-Tianjin-Hebei region of China. *Science of the Total Environment*, 786, 147574.
- Jiang, W., Niu, Z., Wang, L., Yao, R., Gui, X., Xiang, F., Ji, Y., (2022). Impacts of drought and climatic factors on vegetation dynamics in the Yellow River Basin and Yangtze River Basin, China. *Remote Sensing*, 14 (4), 930.
- Kang, Y., Guo, E., Wang, Y., Bao, Y., Bao, Y., & Mandula, N., (2021). Monitoring vegetation change and its potential drivers in Inner Mongolia from 2000 to 2019. *Remote Sensing*, 13 (17), 3357.
- Leroux, L., Bégué, A., Seen, D. L., Jolivot, A., Kayitakire, F., (2017). Driving forces of recent vegetation changes in the Sahel: Lessons learned from regional and local level analyses. *Remote Sensing of Environment*, 191, 38-54.
- Lin, M., Hou, L., Qi, Z., Wan, L., (2022). Impacts of climate change and human activities on vegetation NDVI in China's Mu Us Sandy Land during 2000–2019. *Ecological Indicators*, 142, 109164.
- Liu, H., Li, X., Mao, F., Zhang, M., Zhu, D. E., He, S., Du, H., (2021). Spatiotemporal evolution of fractional vegetation cover and its response to climate change based on MODIS data in the subtropical region of China. *Remote Sensing*, 13 (5), 913.
- Liu, H., Liu, F., Yuan, H., Zheng, L., Zhang, Y., (2022). Assessing the relative role of climate and human activities on vegetation cover changes in the up-down stream of Danjiangkou, China. *Journal of Plant Ecology*, 15 (1), 180-195.
- Liu, Y., Tian, J., Liu, R., Ding, L., (2021). Influences of climate change and human activities on NDVI changes in China. *Remote Sensing*, 13(21), 4326.

Shiyang river basin. *Advances in Space Research*, 60 (5), 969-979.

Thouverai, E., Marcantonio, M., Cosma, E., Bottegoni, F., Gatti, R.C., Conti, L., Rocchini, D., (2023). Helical graphs to visualize the NDVI temporal variation of forest vegetation in an open-source space. *Ecological Informatics*, 74, 101956.

Tucker, C. J., Choudhury, B. J., (1987). Satellite remote sensing of drought conditions. *Remote sensing of Environment*, 23 (2), 243-251.

Wang, G., Peng, W., (2022). Quantifying spatiotemporal dynamics of vegetation and its differentiation mechanism based on geographical detector. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (21), 32016-32031.

Wang, H., Gui, D., Liu, Q., Feng, X., Qu, J., Zhao, J., Wei, G., (2024). Vegetation coverage precisely extracting and driving factors analysis in drylands. *Ecological Informatics*, 79, 102409.

Wang, J., Sun, H., Xiong, J., He, D., Cheng, W., Ye, C., Huang, X., (2021). Dynamics and drivers of vegetation phenology in three-river headwaters region based on the Google Earth engine. *Remote Sensing*, 13 (13), 2528.

Xue, J., Wang, Y., Teng, H., Wang, N., Li, D., Peng, J., Shi, Z., (2021). Dynamics of vegetation greenness and its response to climate change in Xinjiang over the past two decades. *Remote Sensing*, 13 (20), 4063.

Xue, L., Kappas, M., Wyss, D., Wang, C., Putzenlechner, B., Thi, N.P., Chen, J., (2022). Assessment of climate change and human activities on vegetation development in Northeast China. *Sensors*, 22 (7), 2509.

Yang, K., Sun, W., Luo, Y., Zhao, L., (2021). Impact of urban expansion on vegetation: The case of China (2000–2018). *Journal of environmental management*, 291, 112598.

Yang, S., Song, S., Li, F., Yu, M., Yu, G., Zhang, Q., Wu, Y., (2022). Vegetation coverage changes driven by a combination of climate change and human activities in Ethiopia, 2003–2018. *Ecological Informatics*, 71, 101776.

Zhao, X., Tan, S., Li, Y., Wu, H., Wu, R., (2024). Quantitative analysis of fractional vegetation cover in southern Sichuan urban agglomeration using optimal parameter geographic detector model, China. *Ecological Indicators*, 158, 111529.