



## بررسی تغییرات زمانی پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی تصاویرهای لندست و رابطه آن با متغیرهای آب‌وهوایی در کلانشهر کرمانشاه

نگین رضایی<sup>۱</sup>، علی اصغر درویش‌صفت<sup>۲</sup> و پرویز فاتحی<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

<sup>۲</sup>استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

<sup>۳</sup>استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۶)

### چکیده

**مقدمه:** مقدار و وضعیت پوشش گیاهی مناطق شهری به‌ویژه در کلانشهرها اثر بسیار مهمی در عملکرد اکوسیستم شهری و کیفیت زندگی ساکنان آن دارد. از این رو بررسی تغییرات کمی و کیفی آن در مقیاس محلی به‌خصوص در داخل و اطراف شهرهای بزرگ حائز اهمیت است. هدف این پژوهش بررسی تغییرات زمانی پوشش گیاهی کل، به کمک شاخص‌های NDVI و EVI تصاویرهای لندست در کلانشهر کرمانشاه و مناطق هشتگانه آن در دامنه زمانی ۱۳۷۷-۱۴۰۰ و همچنین اثر شرایط اقلیمی بر آن است.

**مواد و روش‌ها:** برای هر سال از دامنه زمانی پژوهش سه تا چهار تصویر لندست از بهار دریافت شد. پس از بررسی و ارزیابی دقت هندسی، تصحیح اتمسفری بروش FLAASH انجام گرفت و شاخص‌های گیاهی NDVI و EVI محاسبه شدند. با استفاده از نقشه محدوده شهر، میانگین شاخص‌های گیاهی یادشده در محدوده شهر به‌عنوان پوشش گیاهی کل محاسبه شد و تصویر زمان اوج سرسبزی از بین تصاویرهای هر سال برپایه بیشترین مقدار شاخص‌های گیاهی انتخاب و یک سری زمانی برای هر یک از شاخص‌های گیاهی شامل ۲۴ تصویر اوج سرسبزی تشکیل شد. تجزیه و تحلیل‌های سری زمانی به روش‌های پارامتری رگرسیون حداقل مربعات معمولی و ناپارامتری تیل-سن و معنی‌داری من-کندال انجام گرفت. این تجزیه و تحلیل‌ها در یکایک مناطق شهری تکرار شد. همچنین داده‌های آب‌وهوایی ایستگاه هواشناسی تهیه و رابطه آنها با تغییرات شاخص‌های گیاهی بررسی شد.

**یافته‌ها:** در بیشتر سال‌ها تصویر اردیبهشت‌ماه دارای بیشترین مقدار پوشش گیاهی بوده است. براساس شاخص NDVI می‌توان گفت پوشش گیاهی کل در کلانشهر کرمانشاه به روش‌های پارامتری رگرسیون حداقل مربعات (OLS) و ناپارامتری تیل-سن به ترتیب با شیب‌های ۰/۰۱۳- و ۰/۰۰۱- روند کاهشی ضعیفی داشته‌اند. شاخص EVI نیز نتایج مشابهی ارائه داده است. براساس آزمون من-کندال ( $\alpha = 0/05$ ) (به ترتیب با آماره‌های من-کندال ۱/۲۷- و ۰/۵۲-) روندها غیر معنی‌دار بوده‌اند. براساس نتایج تحلیل شاخص NDVI، منطقه ۴ دارای روند افزایشی غیر معنی‌دار بود، ولی بقیه مناطق روندی کاهشی غیر معنی‌دار داشتند و تنها در منطقه ۶ روند کاهشی معنی‌دار بود. نتایج تحلیل شاخص EVI در مناطق مشابه شاخص NDVI بود، با این تفاوت که افزون بر منطقه ۴، منطقه ۵ نیز نشان از روند افزایش پوشش گیاهی داشت و روند کاهشی هیچ یک از مناطق معنی‌دار نبود. بررسی ارتباط میان تغییرات شاخص‌های NDVI، EVI و مشخصه‌های آب‌وهوایی شامل میانگین دما و مجموع بارش‌های مربوط به یک ماه قبل و یک سال قبل از تاریخ حداکثر پوشش گیاهی، نشان‌دهنده همبستگی مثبت میان تغییرات پوشش گیاهی و مجموع بارش و همبستگی منفی با میانگین دما بود. داده‌های آب‌وهوایی یک ماه قبل همبستگی بیشتری با تغییرات پوشش گیاهی نسبت به داده‌های آب‌وهوایی یک سال قبل داشت.

**نتیجه‌گیری:** براساس نتایج، دانش و تجربه حاصل از تحقیق می‌تواند بیان داشت که بیشترین مقدار پوشش گیاهی و سرسبزی در بیشتر سال‌ها در شهر کرمانشاه در اردیبهشت‌ماه بوده است. روند کاهش پوشش گیاهی در کلانشهر کرمانشاه مشاهده شد. این روند ضعیف و غیر معنی‌دار است، ولی هشدار برای مدیران شهری به‌منظور برنامه‌ریزی برای حفظ و توسعه بهتر پوشش گیاهی محسوب می‌شود، البته پوشش گیاهی مناطق ۴ و ۵ دارای روندی افزایشی بوده است. تصاویر تاریخی ماهواره لندست داده‌های بارزشی برای بررسی تغییرات کیفی پوشش گیاهی در دوره‌های بلندمدت است. پارامترهای آب‌وهوایی همواره عامل اصلی تغییرات پوشش گیاهی نیست، به‌ویژه در مناطق شهری که به شدت تحت تأثیر عوامل انسانی و آبیاری فضای سبز است. جا دارد که سازوکارهایی برای بررسی نقش این عوامل در ادامه چنین پژوهش‌هایی تبیین شود.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش گیاهی شهری، تحلیل سری زمانی، مشخصه‌های آب‌وهوایی، NDVI و EVI.

## مقدمه

ترکیب شده تنها با برنامه‌ریزی و سیاست‌های صحیح در بلندمدت حل‌شدنی هستند (Zare et al., 2013). با پیشرفت و توسعه علم و فن سنجش از دور، استفاده از آن در بررسی پویایی پوشش گیاهی به‌صورت روزافزونی گسترش یافته است (Chuai et al., 2013). مشاهدات سنجش از راه دور ماهواره‌ای قابلیت مناسبی برای توصیف الگوهای مکانی-زمانی فنولوژی پوشش گیاهی در مقیاس محلی تا جهانی دارد و امکان نظارت مؤثر بر پوشش گیاهی را در زمان کم با هزینه معقول فراهم می‌کند (Zeng et al., 2020). سری‌های زمانی تصویرهای ماهواره‌ای که شامل مجموعه‌ای از تصویرها در طول زمان است، توانایی زیادی برای نشان دادن تغییرات و پویایی پوشش گیاهی دارند (Xue et al., 2014) و اطلاعات مفیدی برای ارزیابی روندهای طولانی‌مدت فراهم می‌کنند (Zhu et al., 2016). تغییرات پوشش گیاهی را می‌توان در مقیاس‌های مختلف زمان و مکان از طریق داده‌های سری زمانی شاخص‌های پوشش گیاهی بررسی کرد. سری‌های زمانی <sup>1</sup>GIMMS، <sup>2</sup>MODIS، <sup>3</sup>SPOT-Vegetation پایش برای چنین بررسی‌هایی در سطوح بسیار وسیع آماده شده‌اند. تجزیه و تحلیل روندهای سری زمانی شاخص پوشش گیاهی <sup>4</sup>NDVI به‌منظور دستیابی به اهداف مختلفی از جمله بررسی اثرها تغییر جهانی اقلیم، ارزیابی واکنش‌های بوم‌شناختی به گرمایش کره زمین تولید محصولات کشاورزی، تخریب سرزمین و بیابان‌زدایی به‌کار گرفته شده است. در تحقیق (Masihpour et al., 2019) که در کل جنگل‌های زاگرس به‌صورت پیکسل به پیکسل انجام گرفته، از سری زمانی MODIS در یک دامنه زمانی ۱۷ ساله استفاده شد و پویایی غیرمعنی‌داری در بیشتر قسمت‌های این جنگل‌ها نتیجه‌گیری شد. در تحقیق

فضای سبز با دارا بودن کارکردهای گوناگون و چندوجهی مانند تولید اکسیژن، خاصیت کشندگی موجودات مضر با تولید فیتوفسید، جذب ذرات معلق مضر و آلاینده‌ها، خاصیت تعدیل‌کنندگی، ایجاد توازن اکولوژیک در محیط، کاهش و کنترل آلودگی صوتی، ایجاد محیطی به‌منظور آسایش، تفریح، تفرج و فضایی به‌منظور تجمع انسان‌ها اثر مهمی در زندگی انسان دارد (Salehifard et al., 2019). فضای سبز شهری، دارای نقش اجتماعی-اقتصادی و اکولوژیکی است و شاخصی به‌منظور ارتقای کیفیت زندگی و توسعه جامعه بشری به‌شمار می‌رود (Nahibi & Hassan Dokht, 2013).

برای مقابله با مشکلات پیچیده جهانی، مدیران محیط زیست نیازمند اطلاعات به‌روز در مورد روند تخریب سرزمین، دلایل و اثرها آنها به‌ویژه جنبه‌های مختلف پویایی مکانی و زمانی پوشش گیاهی هستند. داده‌های سنجش از دور با ارائه اطلاعاتی از پویایی پوشش گیاهی در مکان و زمان قابلیت خوبی برای نظارت بر پوشش گیاهی و تغییر زیست‌بوم از مقیاس‌های منطقه‌ای به جهانی دارند (Ivits et al., 2013). بیشتر شهرهای بزرگ در آسیا تراکم جمعیت شهری بیشتری نسبت به دیگر شهرهای بزرگ جهان دارند و روند افزایش تراکم در آنها ادامه خواهد داشت (Zare et al., 2015). رشد سریع شهرها از بزرگ‌ترین تهدیدکننده‌های محیط زیست به‌شمار می‌رود. بر این اساس، اهمیت وجود فضای سبز شهری به‌منظور ارتقای کیفیت زندگی انسان نمایان می‌شود (Nahibi & Hassan Dokht, 2013). حفاظت و توسعه پوشش گیاهی برای دسترسی به خدمات زیست‌بومی آن به‌خصوص در شهرهای بزرگ که با سرعت در حال گسترش فیزیکی هستند دارای اهمیت ویژه‌ای است، چراکه متأسفانه فرایند شهرنشینی به‌صورت پیوسته موجب تخریب یا حذف این خدمات می‌شود (Zhu et al., 2016). اثرهای نامطلوبی که با پدیده شهرنشینی

1. Global Inventory Modeling and Mapping Studies System
2. Moderate Resolution Imagine Spectrometer
3. Satellite Pour l'Observation de la Terre
4. Normalized Differential Vegetation Index

محدوده جغرافیایی  $31^{\circ} 47'$  تا  $24^{\circ} 46'$  طول شرقی و  $48^{\circ} 34'$  تا  $47^{\circ} 33'$  عرض شمالی قرار گرفته است و با جمعیت حدود ۱/۱ میلیون نفر، دومین شهر بزرگ و پرجمعیت غرب و شمال غرب ایران و بزرگ‌ترین شهر استان کرمانشاه محسوب می‌شود. این شهر تقریباً در مرکز استان واقع شده است (شکل ۱). متوسط ارتفاع شهر کرمانشاه از سطح دریا ۱۲۰۰ متر است. میانگین بارندگی ۴۴۳ میلی‌متر است که کمترین و بیشترین آن به ترتیب در تابستان و زمستان است (بی‌نام، ۱۳۹۹). ۲۳۷ بوستان در این شهر وجود دارد و مساحت فضای سبز شهری حدود ۱۱۰۰ هکتار است. در سال‌های اخیر رشد جمعیت شهر تأثیرات مخربی بر زمین‌های دارای پوشش گیاهی داشته و تغییرات گسترده‌ای در این ناحیه ایجاد کرده است (Darvishi & Soleimani, 2020).

#### شیوه اجرای پژوهش داده‌های استفاده‌شده تصویرهای ماهواره‌ای

در این پژوهش ۷۴ تصویر از سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI به ترتیب از ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ مربوط به ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد که سبزی‌نگی پوشش گیاهی حداکثر است، در دامنه زمانی سال‌های ۱۳۷۷-۱۴۰۰ با سطح تصحیحات L1 با شماره گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۶ از سایت زمین‌شناسی آمریکا پس از بررسی آرشیو داده‌ها بارگیری شدند. استفاده از این سطح از تصویر امکان تصحیح اتمسفری با پارامترهای محلی را میسر می‌سازد.

با توجه به وجود خطای راه‌شدگی SLC برخی از تصویرهای لندست ۷، در تاریخ‌های متناظر، به جای آنها از تصویرهای لندست ۵ استفاده شد و در تاریخ‌هایی که تصویرهای لندست ۵ به دلیل پوشش ابر مناسب نبودند، تصویرهای لندست ۷ تصحیح و

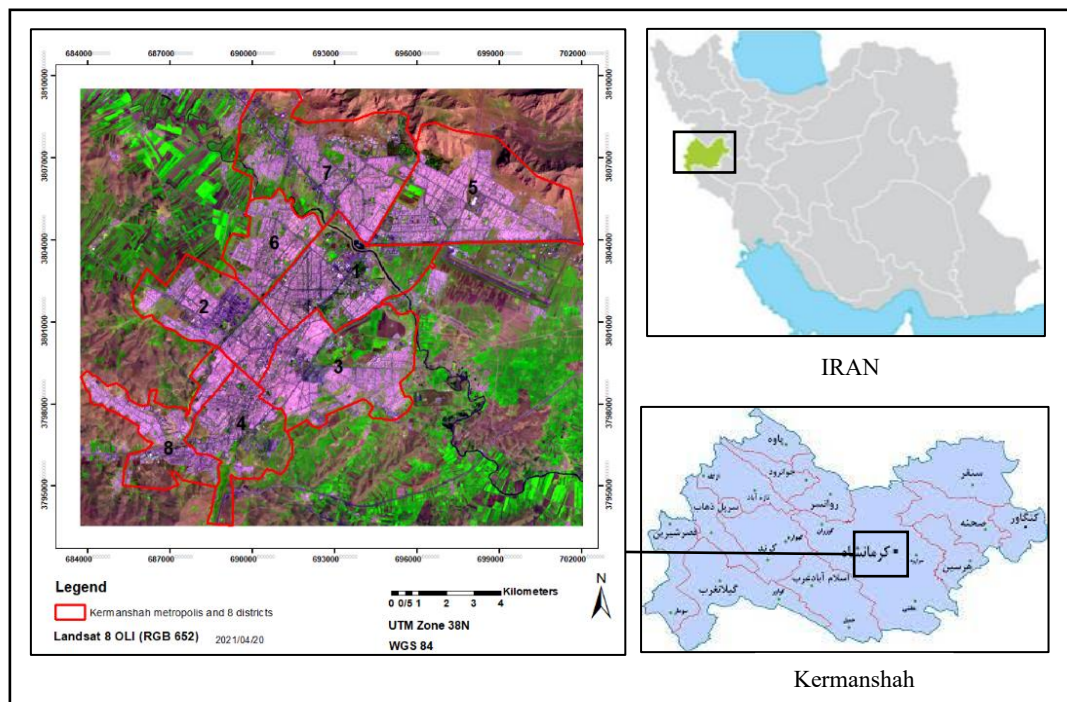
دیگری در کل جنگل‌های هیرکانی در دامنه زمانی ۳۲ ساله (Kiapasha et al., 2017)، از سری زمانی GIMMS با تفکیک مکانی ۸ کیلومتری به صورت پیکسل به پیکسل استفاده شد و مشخص شد که روندهای افزایشی و کاهش‌ی پوشش جنگلی به ترتیب در ۷۵ و ۷ درصد از منطقه رخ داده است. (2020) Najafi et al. نخستین بار روند پویایی پوشش گیاهی شهری را در یک کلانشهر و به صورت کلی (میانگین مقادیر همه پیکسل‌های منطقه) در طی یک دوره ۱۲ ساله از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ بررسی کرده‌اند. براساس نتایج این تحقیق و برخلاف انتظار یک روند افزایشی ضعیف و غیرمعنی‌دار در این دوره در کلانشهر تهران رخ داده است.

تا کنون بیشتر تحقیقات برپایه بررسی تغییرات مکانی و تعیین کاهش یا افزایش سطح پوشش گیاهی در زمان بوده و توجه خاصی به کیفیت از نظر سرسبزی و پویایی پوشش گیاهی نشده است. در پژوهش‌هایی که تاکنون در کلانشهر کرمانشاه انجام گرفته نیز به بررسی تغییرات مکانی پوشش گیاهی توجه شده است. می‌توان به پژوهش (Darvishi & Soleimani, 2020) و (2013) Hadian et al. اشاره کرد. اما بررسی روند تغییرات پویایی پوشش گیاهی براساس سری زمانی، به صورت کلی و نیز به تفکیک مناطق انجام نگرفته است. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در دو دهه اخیر در کلانشهر کرمانشاه با استفاده از سری زمانی تصویرهای ماهواره‌ای است. البته تغییرات مکانی و مقدار سطح پوشش گیاهی مدنظر نیست، بلکه سرسبزی و پویایی پوشش گیاهی برپایه شاخص‌های پوشش گیاهی ماهواره‌ای مدنظر است. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در زمینه مدیریت پوشش گیاهی شهری به مدیران شهری ارائه دهد.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه پژوهش

شهر کرمانشاه با مساحت ۱۲۱۰۰ هکتار در



شکل ۱- موقعیت منطقه پژوهش (کلانشهر کرمانشاه و مناطق هشتگانه)

Figure 1. Location of the study area (Kermanshah metropolis and eight districts)

### پیش‌پردازش و آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای بررسی کیفیت هندسی و رادیومتری

صحت هندسی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از لایه راه استخراج‌شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ارزیابی شد. کیفیت رادیومتری تصاویر نیز با نمایش تک‌باندها و ایجاد ترکیبات رنگی بررسی شد. به‌دلیل وجود رودخانه در محدوده تحت بررسی و تغییرات سطح و مقدار آب آن که در طول سری زمانی می‌تواند بر میانگین به‌دست‌آمده از شاخص NDVI و EVI تأثیرگذار باشد، با ساخت یک شیب فایل از رودخانه و اعمال ماسک از همه تصاویر حذف شد.

### تصحیح اتمسفری

یکی از پردازش‌های مهم قبل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای تصحیح اتمسفری است، به‌ویژه در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چندزمانه و سری زمانی مدنظر باشد (Mohammad-Yari et al., 2013). ابتدا کیفیت رادیومتری تصاویر از جنبه‌های مختلف با نمایش تک‌باندها و ایجاد ترکیبات رنگی و همچنین وجود ابر بررسی شد. سپس تصحیح

استفاده شدند. زیرا استفاده از سنجنده جدیدتر ارجح است و در ۶ سال از تاریخ‌های متناظر با زمان فعالیت لندست ۷ هیچ تصویری از لندست ۵ موجود نبود. در مجموع، ۴ سال از دوره مورد نظر را تصاویرهای لندست ۵، ۱۱ سال را تصاویرهای لندست ۷ و ۹ سال را تصاویرهای لندست ۸ شامل می‌شود.

### داده‌های آب‌وهوایی

داده‌های آب‌وهوایی دما و بارش به‌صورت روزانه و ماهانه از ایستگاه هواشناسی فرودگاه بین‌المللی شهید اشرفی کرمانشاه (طول جغرافیایی  $47^{\circ} 15'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $34^{\circ} 35'$  شمالی) در دامنه زمانی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۷۷ تهیه شد.

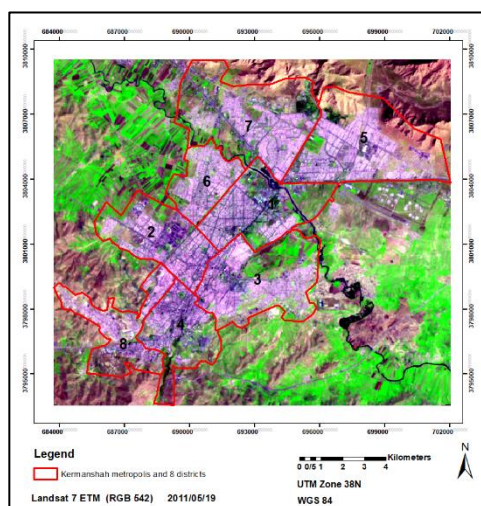
### داده‌های کمکی

به‌منظور بررسی کیفیت هندسی تصاویر ماهواره‌ای از لایه راه‌های منطقه استخراج‌شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و از فایل برداری مرز کلانشهر کرمانشاه و مرز مناطق هشتگانه آن مربوط به سال ۱۳۹۷ استفاده شد.

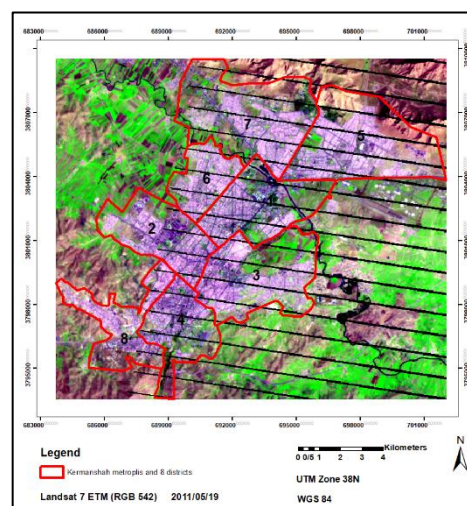
### تصحیح خطای SLC تصاویرهای لندست ۷

خطای SLC که در بخشی از بعضی تصاویرها وجود داشت تصحیح شد. با فرض اینکه پیکسل‌های مجاور پیکسل‌های بدون ارزش رقومی، ویژگی‌های طیفی و الگوهای زمانی تغییرات مشابهی با این پیکسل‌ها دارند، از اطلاعات پیکسل‌های مجاور برای بازبانی بازتاب طیفی پیکسل‌های از دست‌رفته استفاده شد (شکل ۲ الف و ب). به این منظور با اضافه کردن افزونه Landsat-gapfill به نرم‌افزار ENVI و با استفاده از روش Single file gap fill، خطای SLC لندست ۷ تصحیح شد (Chen et al., 2011).

اتمسفری به روش FLAASH که مبتنی بر مدل‌های فیزیکی است انجام گرفت. ارزش رقومی (DN) داده‌های چندطیفی به مقدار رادیانس تبدیل و به‌عنوان داده‌های ورودی استفاده شد. موقعیت خورشید نسبت به سطح زمین، اندازه پیکسل، نوع سنجنده، ارتفاع، تاریخ و ساعت تصویربرداری و طول و عرض جغرافیایی منطقه از فایل متادیتای تصویر استخراج و متوسط ارتفاع ۱۳۰۰ متر در نظر گرفته شد. با توجه به ماه (فروردین، اردیبهشت، خرداد) و عرض جغرافیایی منطقه (۳۴ درجه) مدل اتمسفری (Mid-Latitude Winter) MLS انتخاب و مدل آروسل شهری با قابلیت دید ۴۰ کیلومتر تعیین شد.



(ب)



(الف)

شکل ۲- (الف) تصویر دارای خطای SLC؛ (ب) تصویر تصحیح‌شده خطای SLC.

Figure 2. (a) An image with SLC error (b); corrected SLC image

می‌کند (Kiapasha et al., 2017). مقادیر ۱+ بیانگر پوشش گیاهی باتراکم و کلروفیل بسیار زیاد، مقدار صفر بیانگر نبود پوشش گیاهی و مقدار کمتر از آن نشان‌دهنده خاک و آب است (Darvishi & Soleimani, 2020). در فرمول شاخص پوشش گیاهی بهبودیافته (EVI)،  $L$  عامل تعدیل‌کننده خاک است و ضرایب  $C_1$  و  $C_2$  به منظور تصحیح پراکندگی آروسل در باند قرمز با استفاده از باند آبی به کار می‌رود. به صورت معمول مقدار  $G=2.5$ ،  $C_1=6$ ،  $C_2=7.5$  و  $L=1$  است (Firouzi et al., 2019).

محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI که از مهم‌ترین و متداول‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی برای چنین پژوهش‌هایی هستند (Karkauskaite et al., 2017) محاسبه و استفاده شدند. شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال‌شده (NDVI) براساس بازتاب در طول موج‌های RED و NIR مطابق جدول ۱ محاسبه شد. مقدار این شاخص بین اعداد ۱+ و ۱- تغییر

جدول ۱- فرمول شاخص‌های گیاهی استفاده شده

Table 1. The formula of Vegetation indices

شماره رابطه Formula No.	فرمول Formula	شاخص Index
1	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	NDVI
2	$EVI = G * \frac{NIR - RED}{NIR + c_1 * RED - c_2 * BLUE + L}$	EVI

خط برازش شده کمترین فاصله را از پراکنش نقاط داشته باشد (Najafi et al., 2020).

در روش ناپارامتری تیل-سن نیازی به پیروی داده‌ها از توزیع نرمال نیست و محاسبه شیب هر جفت داده با استفاده از رابطه ۴ صورت می‌گیرد:

$$Q_k = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad k = 1, \dots, N \quad \text{رابطه ۴}$$

$X_k$  و  $X_j$  به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های  $j$  و  $k$  هستند و  $j$  یک واحد زمانی بعد از زمان  $k$  است. از شیب‌های محاسبه شده میان هر جفت داده مشاهده‌ای، یک سری زمانی حاصل می‌شود. میانه این سری زمانی با استفاده از رابطه ۵، شیب خط روند  $Q_{med}$  به دست می‌آید. مقدار مثبت  $Q_{med}$  نشان‌دهنده روند افزایشی و مقدار منفی آن بیانگر روند کاهشی است (Najafi et al., 2020).

$$Q_{med} = \begin{cases} Q\left[\frac{N+1}{2}\right] & \text{اگر } N \text{ فرد باشد} \\ \frac{1}{2} \left( Q\left[\frac{N}{2}\right] + Q\left[\frac{N+2}{2}\right] \right) & \text{اگر } N \text{ زوج باشد} \end{cases} \quad \text{رابطه ۵}$$

روش ناپارامتری من-کندال افزون‌بر مشخص کردن وجود روند، نوع روند و وقوع آن یا به عبارتی قدرت و جهت رابطه بین متغیرها را مشخص می‌کند (Mirahsani et al., 2018). فرایند این روش به شرح زیر است.

الف) در ابتدا اختلاف میان یکایک ارزش‌ها محاسبه و سپس تابع Sign function اعمال می‌شود. در نهایت  $S$  با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

تعیین تاریخ حداکثر مقدار شاخص‌های NDVI و EVI در هر سال

از آنجا که تغییرات مقدار پوشش گیاهی به صورت کلی، برای کل سطح شهر، بررسی شد، برای مجموعه پیکسل‌های واقع در محدوده کلانشهر کرمانشاه یک عدد به‌عنوان میانگین برای هر یک از شاخص‌ها به دست آمد. سپس در بین تصاویر ماه‌های (فروردین (الف)، اردیبهشت (ب)، خرداد (ج)) موجود برای هر سال، تصویر دارای بیشترین مقدار میانگین شاخص NDVI انتخاب شد. این فرایند براساس شاخص EVI نیز انجام گرفت و در نهایت ۲۴ تصویر از هر یک از شاخص‌ها برای تجزیه و تحلیل‌ها آماده شد.

#### ارزیابی روند تغییرات بلندمدت پوشش گیاهی

روند تغییرات پوشش گیاهی کل، با استفاده از روش پارامتری رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) و روش ناپارامتری تیل-سن ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل معنی‌داری روند سری زمانی نیز با استفاده از آزمون من-کندال صورت گرفت. در ادامه مراحل روش‌ها به اختصار بیان می‌شود.

روش پارامتری رگرسیون حداقل مربعات معمولی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌های تحلیل سری‌های زمانی است که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$Y = a + bx \quad \text{رابطه ۳}$$

در این معادله  $X$  متغیر مستقل (زمان) و  $Y$  متغیر وابسته (NDVI) یا (EVI) است.  $a$  و  $b$  ضرایب رگرسیونی هستند. محاسبه آنها به گونه‌ای است که

$$\text{Sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & (x_j - x_i) > 0 \\ 0, & (x_j - x_i) = 0 \\ -1, & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۷}$$

پ) واریانس S به صورت رابطه ۸ محاسبه می‌شود:

$$n > 10 \quad \text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

$$n < 10 \quad \text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

پیرسون سنجیده شد؛ البته ابتدا از نرمال بودن داده‌ها براساس آزمون شاپیرو-ویلک اطمینان حاصل شد.

### نتایج

#### تاریخ‌های حداکثر مقدار میانگین شاخص‌های NDVI و EVI

تصویر اردیبهشت ۱۳۸۰ با ۰/۲۸ بیشترین حداکثر میانگین شاخص NDVI و تصویر اردیبهشت ۱۳۸۷ با ۰/۱۴ کمترین میانگین شاخص NDVI را در این دوره داشتند. درباره شاخص EVI، تصویر اردیبهشت ۱۳۸۰ با ۰/۲۶ بیشترین میانگین و تصویر اردیبهشت ۱۳۸۷ با ۰/۱۲ کمترین میانگین شاخص EVI را داشتند. در بیشتر سال‌ها تصویر اردیبهشت‌ماه دارای بیشترین مقدار پوشش گیاهی بوده است، البته در بعضی از سال‌ها نیز ماه‌های فروردین و خرداد چنین وضعیتی داشته‌اند.

#### روند تغییرات بلندمدت حداکثر میانگین NDVI و EVI کل کلانشهر کرمانشاه

بررسی روند تغییرات بلندمدت حداکثر میانگین شاخص‌های NDVI و EVI در ۲۴ سال، در دامنه ۱۳۷۷-۱۴۰۰ با روش‌های پارامتری رگرسیون حداقل مربعات (OLS) و ناپارامتری تیل-سن انجام گرفت. شیب حاصل این دو روش به ترتیب با مقادیر ۰/۰۰۱۳- و ۰/۰۰۱- بیانگر روند کاهشی میانگین شاخص NDVI (شکل ۳-الف) بود. همچنین این دو روش به ترتیب با مقادیر ۰/۰۰۰۷- و ۰/۰۰۱- روند کاهشی میانگین شاخص EVI را ارائه داده‌اند (شکل ۳-ب). نتایج در هر دو شاخص مشابه یکدیگر و حاکی از روند کاهش پوشش گیاهی در دامنه تحت

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{رابطه ۶}$$

ب) n تعداد تصویر (۲۴) است،  $\text{Sgn}(x_j - x_i)$  در زمان i و j با استفاده از رابطه ۷ محاسبه می‌شود:

#### رابطه ۸

مجموع تکرار مقادیر M و  $t_i$  بیانگر مقادیر تکرار شده است.

ج) آماره من-کندال با استفاده از یکی از رابطه‌های ۹ محاسبه می‌شود:

$$Z_s = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ Z_s = 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۹}$$

مقادیر مثبت آماره  $Z_s$  نشانه روند افزایشی و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی در سری داده‌هاست. با توجه به سطح معنی‌دار ۹۵ درصد، زمانی که رابطه ۱۰ برقرار و قدر مطلق آماره  $Z_s$  بزرگ‌تر از ۱/۹۶ باشد، فرض صفر رد می‌شود و سری داده‌ها دارای روند معنی‌دار و در غیر این صورت بدون روند خواهد بود.

$$|Z_s| > Z_{a/2} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

a سطح معنی‌داری برای آزمون در نظر گرفته شده و  $Z_a$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری a است. با توجه به اینکه آزمون دارای دو دامنه است از  $a/2$  استفاده شده است (Attarod et al., 2017).

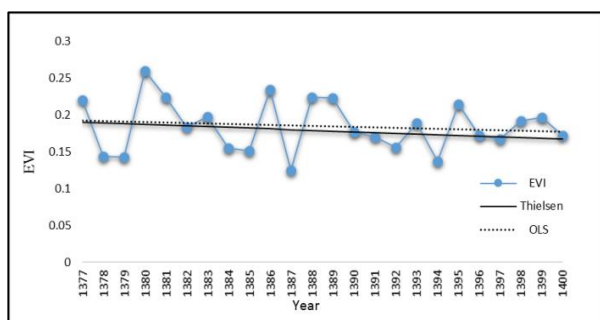
#### همبستگی میان تغییرات پوشش گیاهی و مشخصه‌های آب‌وهوایی

با توجه به تأثیرگذاری داده‌های آب‌وهوایی با تأخیر زمانی بر تغییرات پوشش گیاهی (Yin et al., 2016) همبستگی میان حداکثر میانگین شاخص‌های NDVI و EVI و مجموع بارش و میانگین دما با تأخیر زمانی یک ماه قبل و نیز یک سال قبل از تاریخ حداکثر میانگین پوشش گیاهی با روش همبستگی

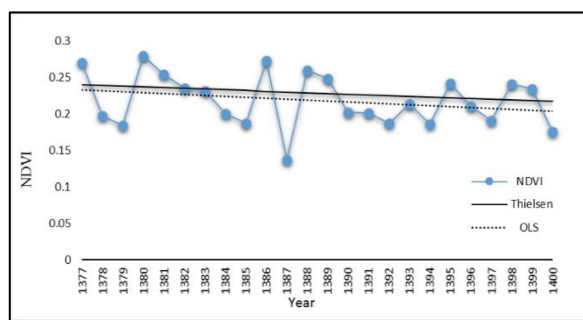
از مناطق هشتگانه کلانشهر کرمانشاه استخراج شد. روند تغییرات بلندمدت در هر یک از این مناطق هشتگانه نیز با روش‌های رگرسیون حداقل مربعات (OLS) و تیل-سن بررسی شد. این دو روش نتایج یکسانی ارائه دادند، به گونه‌ای که مناطق ۱، ۲، ۳، ۶، ۷ و ۸ روند کاهشی داشتند و منطقه ۴ روند افزایشی نشان داد. در منطقه ۵ روند مشخصی دیده نشد. با استفاده از آزمون معنی‌داری من-کندال، معنی‌داری روند در سطح ۵ درصد بررسی شد. براساس شکل ۴ تنها منطقه ۶ دارای روند منفی معنی‌دار است.

بررسی بود. روش ناپارامتری تیل-سن در هر دو شاخص با مقدار ۰/۰۰۱- روند کاهشی داشت. معنی‌داری روند با استفاده از آزمون معنی‌داری من-کندال بررسی شد. نتیجه به دست آمده با  $(\alpha = 0.05)$  حاکی از معنی‌دار نبودن روندهای منفی مشاهده شده شاخص‌های NDVI و EVI در بررسی تغییرات پوشش گیاهی کلانشهر کرمانشاه است.

**روند تغییرات بلندمدت حداکثر میانگین NDVI به تفکیک مناطق هشتگانه**  
مقادیر حداکثر میانگین NDVI به تفکیک هر یک

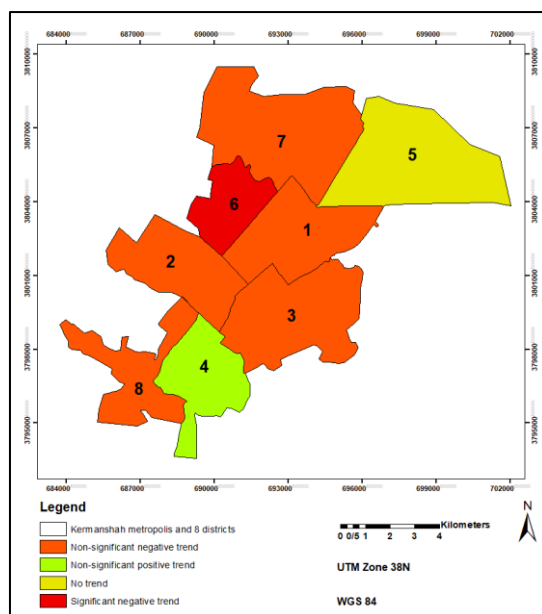


(ب)



(الف)

شکل ۳- روند تغییرات بلندمدت شاخص‌های NDVI (الف) و EVI (ب) با استفاده از روش‌های OLS و تیل-سن  
Figure 3. The trend of long-term changes of NDVI (a) and EVI (b) indices using OLS and Thiel-Sen methods



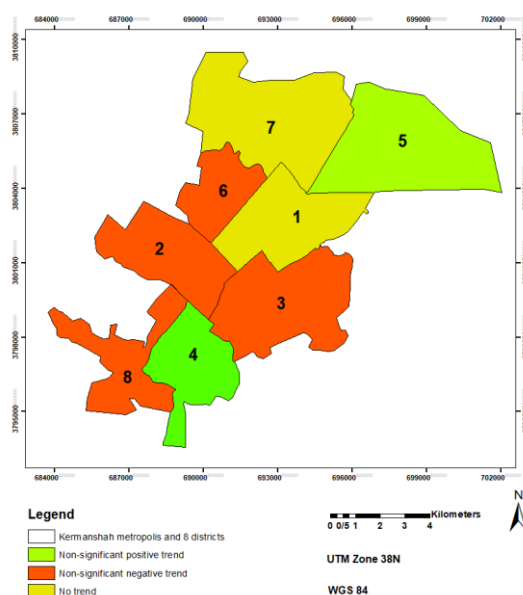
شکل ۴- نقشه چگونگی معنی‌داری روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI در مناطق هشتگانه کلانشهر کرمانشاه  
Figure 4. Map of the significance change of NDVI vegetation cover change trends in the eight districts of Kermanshah metropolis

### همبستگی میان تغییرات شاخص‌های NDVI و EVI و داده‌های آب‌وهوایی

تأثیرگذاری دما و بارش بر تغییرات بلندمدت پوشش گیاهی شاخص‌های NDVI و EVI بررسی شد. شکل‌های ۶ و ۷ بیانگر همبستگی مثبت میان تغییرات پوشش گیاهی و مجموع بارش و شکل‌های ۸ و ۹ بیانگر همبستگی منفی میان تغییرات پوشش گیاهی با میانگین دما هستند. شایان ذکر است که براساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، دما و بارش یک ماه قبل نسبت به دما و بارش یک سال قبل همبستگی بیشتری با تغییرات پوشش گیاهی دارند.

### روند تغییرات بلندمدت حداکثر میانگین شاخص EVI به تفکیک مناطق هشتگانه

روند تغییرات بلندمدت در هر یک از این مناطق هشتگانه با روش‌های رگرسیون حداقل مربعات (OLS) و تیل-سن بررسی شد. این دو روش نتایج یکسانی ارائه دادند؛ به‌گونه‌ای که مناطق ۱، ۲، ۳، ۶، ۷ و ۸ روند کاهشی و مناطق ۴ و ۵ روند افزایشی داشتند. از طریق آزمون معنی‌داری من-کندال، معنی‌داری روند در سطح ۵ درصد بررسی شد. براساس شکل ۵ هیچ یک از مناطق روند معنی‌دار نداشتند.

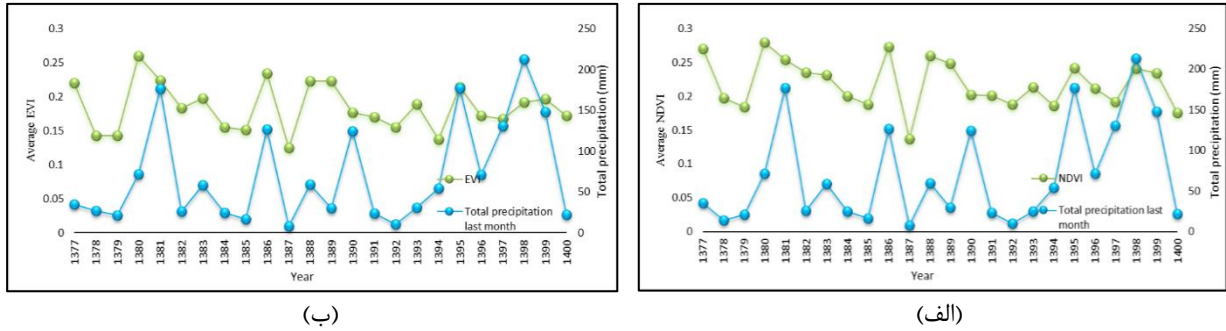


شکل ۵- نقشهٔ چگونگی معنی‌داری روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی EVI در مناطق هشتگانهٔ کلانشهر کرمانشاه  
Figure 5. Map of the significance change in EVI vegetation cover change trends in the eight districts of Kermanshah metropolis

جدول ۲- ضرایب همبستگی میان میانگین شاخص‌های NDVI، EVI و داده‌های آب‌وهوایی

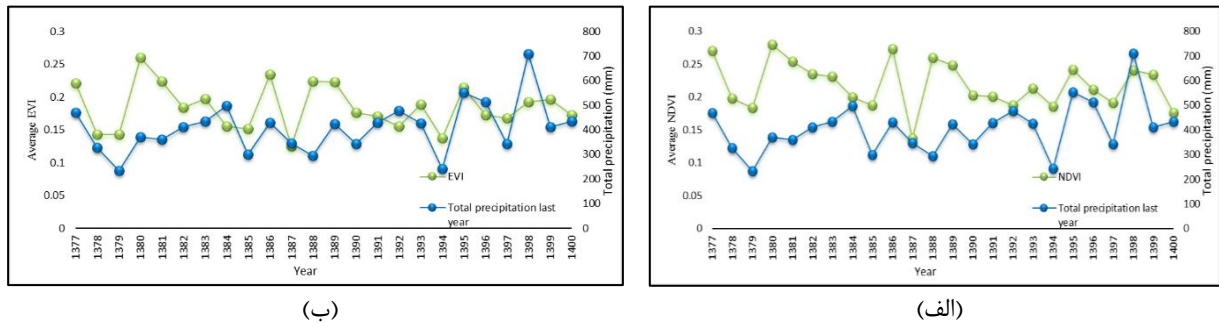
Table 2. Correlation coefficients between the NDVI, EVI and weather parameters (T: temperature, P: precipitation)

	NDVI				EVI			
	ماه قبل		سال قبل		ماه قبل		سال قبل	
	Last month	Previous year	Previous year	Last month	Last month	Previous year	Previous year	
	دما	بارش	دما	بارش	دما	بارش	دما	بارش
	T	p	T	p	T	p	T	P
مقدار همبستگی (r) Correlation	-0.408	0.444	0.082	0.291	-0.333	0.443	0.095	0.273
سطح معنی‌داری (p) Significance level (p)	0.048	0.030	0.703	0.167	0.111	0.030	0.659	0.196



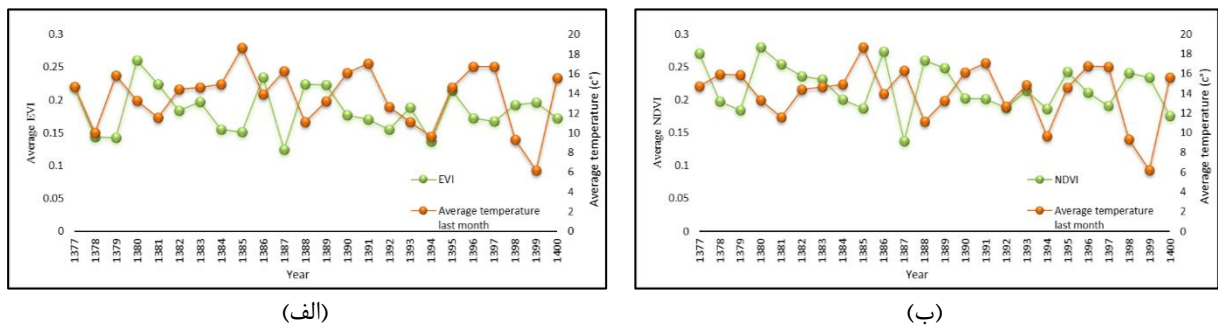
شکل ۶- نمودارهای چگونگی تغییرات NDVI (الف)، EVI (ب) و مجموع بارش ماه قبل از تاریخ حداکثر پوشش گیاهی در طی دوره ۱۳۷۷-۱۴۰۰

Figure 6. Scatter plot of NDVI (a), EVI (b) changes and total precipitation of one month before the date of maximum vegetation cover during the period of 1377-1400



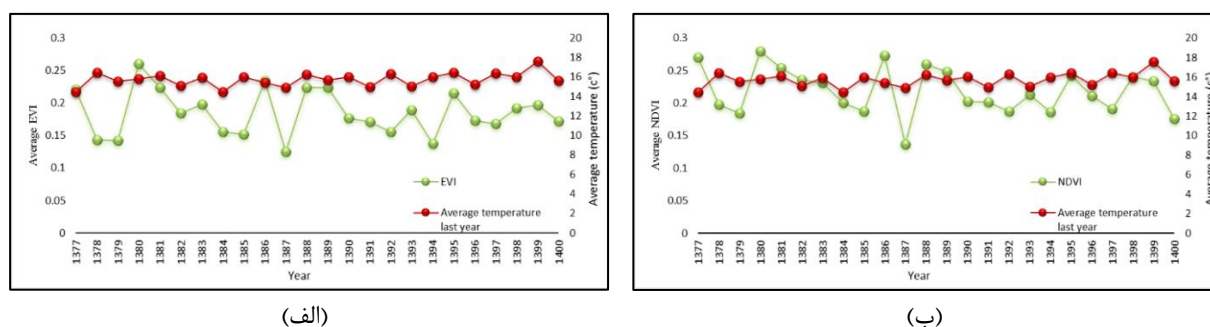
شکل ۷- نمودارهای چگونگی تغییرات NDVI (الف)، EVI (ب) و مجموع بارش سال قبل از تاریخ حداکثر پوشش گیاهی در طی دوره ۱۳۷۷-۱۴۰۰

Figure 7. Scatter plot of NDVI (a), EVI (b) changes and total precipitation of one year before the date of maximum vegetation cover during the period of 1377-1400



شکل ۸- نمودارهای چگونگی تغییرات NDVI (الف)، EVI (ب) و میانگین دما ماه قبل از تاریخ حداکثر پوشش گیاهی در طی دوره ۱۳۷۷-۱۴۰۰

Figure 8. Scatter plot of NDVI (a), EVI (b) changes and the average temperature of one month before the date of maximum vegetation cover during the period of 1377-1400



(الف)

(ب)

شکل ۹- نمودارهای چگونگی تغییرات NDVI (الف)، EVI (ب) و میانگین دما سال قبل از تاریخ حداکثر پوشش گیاهی در طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۷

Figure 9. Scatter plot of NDVI (a), EVI (b) changes and the average temperature of a year before the date of maximum vegetation during the period of 1377-1400

روند افزایشی اندک و غیر معنی داری رخ داده، در صورتی که در کلانشهر کرمانشاه روندی کاهشی و غیر معنی دار مشاهده شده است. این موضوع نشان می دهد که وضعیت پوشش گیاهی کلانشهرها باید به طور دائم پایش شود. تغییرات شاخص های NDVI و EVI در طی دوره پژوهش مشابه یکدیگر بود. شاخص NDVI تنها در منطقه ۴ روند افزایشی و در بقیه مناطق روند کاهشی برای تغییرات پوشش گیاهی نشان داد. براساس بررسی صورت گرفته با روش پارامتری رگرسیون حداقل مربعات (OLS)، منطقه ۶ بیشترین و منطقه ۴ کمترین تأثیر را در کاهش پوشش گیاهی کل داشته اند. براساس نتایج روش تیل-سن منطقه ۶ بیشترین و مناطق ۴ و ۵ کمترین تأثیر را در کاهش پوشش گیاهی کل در سطح این کلانشهر داشته اند. Rostami et al. (2013) و Sajjadzadeh et al. (2011) دلیل کاهش پوشش گیاهی منطقه ۱ را تخریب منازل قدیمی و دارای فضای سبز و تبدیل آنها به آپارتمان دانسته اند. براساس آزمون معنی داری روند تغییرات شاخص NDVI تنها در منطقه ۶ دارای روند منفی معنی دار بوده، ولی در بقیه مناطق روند افزایشی یا کاهشی معنی داری وجود نداشته است. شاخص EVI در مناطق ۴ و ۵ روند افزایشی و در بقیه مناطق روند کاهشی نشان داد. طبق نتیجه حاصل از روش پارامتری رگرسیون حداقل مربعات (OLS)، منطقه ۶

## بحث

این پژوهش با هدف بررسی چگونگی تغییرات پوشش گیاهی کل کلانشهر کرمانشاه و مناطق هشتگانه آن در دامنه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۷۷ انجام گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل سری زمانی شاخص های پوشش گیاهی NDVI و EVI تصویرهای ماهواره لندست نشان داد که در طول دوره ۲۴ سال گذشته تغییرات پوشش گیاهی در محدوده شهر کرمانشاه، روند کاهشی غیر معنی داری داشته است. در زمینه تغییرات سطح پوشش گیاهی، پژوهش های زیادی در داخل و خارج انجام گرفته است که اهداف و رویکردی کاملاً متفاوت با پژوهش حاضر داشته اند. (Kiapasha et al. (2017) و (2019) Masihpour et al. روند تغییرات پوشش گیاهی را به ترتیب در جنگل های هیرکانی و زاگرس بررسی کرده اند، ولی رویکرد آنها به صورت پیکسل به پیکسل بوده است، نه به صورت پوشش گیاهی کل. از این رو نمی توان رویکرد و نتایج این تحقیق را با تحقیقات دیگر مقایسه و ارزیابی کرد. اما تنها تحقیقی که روند تغییرات پوشش گیاهی را در یک منطقه به طور کلی و نه پیکسل به پیکسل بررسی کرده باشد، پژوهش Najafi et al. (2020) است که در کلانشهر تهران انجام گرفته است. براساس نتایج تحقیق یادشده در دوازده سال دوره تحقیق برخلاف انتظارات عمومی،

همچنین باید همه تصاویرها با یک روش تصحیح اتمسفری مطمئن و جامع مانند Flaash با تعیین دقیق و متناسب پارامترهای مربوط تصحیح شوند. بسترهای آبی یا لکه‌های ابر نیز باید از تصاویرها حذف شوند تا تأثیری در محاسبه میانگین شاخص گیاهی نداشته باشند.

هدف پژوهش حاضر ارائه و بیان چگونگی تغییرات پوشش گیاهی این کلانشهر براساس داده‌های ماهواره‌ای بوده است، نه بیان دلایل آن. هرچند که از جمله دلایل این تغییرات، می‌توان کاهش کلی بارش، افزایش دما، رشد شدید جمعیت شهری و ساخت‌وسازهای شدید شهری در سال‌های اخیر را نام برد. ولی از سوی دیگر با توسعه بوستان‌های کوچک و بزرگ شهری و آبیاری فضای سبز شهری، برای سرسبزی شهر تلاش می‌شود. تعیین دقیق دلایل تغییرات پوشش گیاهی شهر نیازمند پژوهشی مستقل و جامع است. در این زمینه می‌توان به پژوهش Shamsi pour et al. (2017) اشاره کرد که علت کاهش پوشش گیاهی در کلانشهر کرمانشاه را طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۸۵ رشد سریع جمعیت شهری، خشکسالی‌های موجود و روند کاهشی بارش سالانه در این شهر گزارش کرده‌اند. در راستای بررسی اثر متغیرهای آب‌وهوایی بر پویایی پوشش گیاهی، پیشنهاد می‌شود که تأثیر خشکسالی نیز به‌کمک شاخص‌هایی مانند SPEI بررسی شود.

### نتیجه‌گیری

براساس نتایج و دانش و تجربه کسب‌شده در این تحقیق که با رویکردی مشابه Najafi et al. (2020) انجام گرفته می‌توان بیان داشت که با این رویکرد و با استفاده از داده‌های تاریخی بارزش ماهواره‌ای لندست و شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI می‌توان روند تغییرات پوشش گیاهی کلانشهرها را بررسی و پایش کرد و بخشی از اطلاعات مدیران و برنامه‌ریزان شهری را فراهم آورد.

بیشترین و منطقه ۴ کمترین تأثیر را در کاهش پوشش گیاهی کل کلانشهر داشته‌اند. براساس روش تیل-سن منطقه ۶ دارای بیشترین و مناطق ۴ و ۵ دارای کمترین تأثیر هستند. با استفاده از آزمون معنی‌داری من-کندال، در سطح ۵ درصد هیچ یک از مناطق روند معنی‌دار نداشته است. براساس نتایج شاخص‌های پوشش گیاهی مناطق شمال کلانشهر کرمانشاه و منطقه ۶ در جنوب شرقی شهر از وضعیت پوشش گیاهی بهتری بهره‌مندند. (Shahini far & Shahnd 2023) مناطق شمال شهر کرمانشاه را به دلیل داشتن پوشش گیاهی متراکم و شاداب عامل کاهش دمای روزانه، آلودگی صوتی و هوا دانسته‌اند. آنها منطقه ۵ را نیز دارای بیشترین مساحت فضای سبز معرفی کرده‌اند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در دامنه زمانی این پژوهش، بیشتر تصاویرهای اردیبهشت‌ماه دارای حداکثر میانگین شاخص‌های NDVI و EVI بودند و به بیان دیگر نمایانگر بیشترین مقدار پوشش گیاهی در این ماه در نظر گرفته شدند. (Hadian et al. 2013) نیز در طی پژوهش صورت‌گرفته در دامنه ۲۰۰۶-۱۹۸۳، ماه اردیبهشت را در شهر کرمانشاه زمان حداکثر پوشش گیاهی اعلام کردند. البته در اردیبهشت وضعیت پوشش گیاهی شهر بیشتر به بارش وابسته است، نه به آبیاری دستی و این می‌تواند دلیلی بر بررسی همبستگی میان بارش و تغییرات پوشش گیاهی باشد. وجود همبستگی مثبت و متوسط میان تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI در کلانشهر کرمانشاه با مجموع بارش یک ماه قبل از تاریخ حداکثر پوشش گیاهی (بارش تجمعی) و وجود همبستگی منفی با میانگین دما حاکی از تأثیرگذاری تغییرات آب‌وهوایی بر تغییرات پوشش گیاهی است که با نتایج تحقیق (Najafi et al. 2020) که با رویکردی مشابه در کلانشهر تهران انجام گرفت مطابقت دارد. براساس دانش و تجربه‌های حاصل از کار با تصویر ماهواره‌ای و تشکیل سری زمانی باید تأکید کرد که اطمینان از همخوانی هندسی دقیق تصاویرها ضرورت دارد.

## References

- Attarod, P., Kheirkhah, F., Khalighi Sigaroodi, S., Sadeghi, M., & Bayramzadeh, V. (2017). Trend analysis of meteorological parameters and reference evapotranspiration in the Caspian region. *Iranian journal of Forest*, 9(2), 171-185. (In persian)
- Chen, J., Zhu, X., Vogelmann, J.E., Gao, F., & Jin, S. (2011). A simple and effective method for filling gaps in Landsat ETM+ SLC-off images. *Remote sensing of environment*, 115(4), 1053-1064.
- Chuai, X.W., Huang, X.J., Wang, W.J., & 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.
- Darvishi, S., & Solaimani, K. (2020). Monitoring and prediction spatiotemporal vegetation changes using NDVI index and CA-Markov model (case study: Kermanshah city). *Environmental Sciences*, 18(4), 161-182. <https://doi.org/10.52547/envs.18.4.161>, (In persian)
- Firouzi, F., Tavosi, T., & Mahmoudi, P. (2019). Investigating the sensitivity of NDVI and EVI vegetation indices to dry and wet years in arid and semi-arid regions (Case study: Sistan plain, Iran). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(110), 163-179. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36621>. (In persian)
- Hadian, F., Hosseini, S.A., & Seyed Hossani, M. (2013). Monitoring vegetation changes using precipitation data and satellite images in north-west of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(4), 46-62. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2016.13078>, (In persian)
- Ivits, E., Cherlet, M., Sommer, S., & Mehl, W. (2013). Addressing the complexity in non-linear evolution of vegetation phenological change with time-series of remote sensing images. *Ecological Indicators*, 26, 49-60.
- Kiapasha, K., Darvishsefat, A.A., Zargham, N., Attarod, P., Nadi, M., & Schaeppman, M.E. (2017). Greening trend in the Hyrcanian forests using NOAA NDVI time series during 1981-2012. *Forest and Wood Products*, 70(3), 409-420. (In persian)
- Karkauskaite, P., Tagesson, T., & Fensholt, R. (2017). Evaluation of the plant phenology index (PPI), NDVI and EVI for start-of-season trend analysis of the Northern Hemisphere boreal zone. *Remote Sensing*, 9(5), 485.
- Masihpour, M., Darvishsefat, A.A., & Rahmani, R. (2019). Long-term trend analysis of vegetation changes using MODIS-NDVI time series during 2000-2017 (Case study: Kurdistan province). *Forest and Wood Products*, 72(3), 193-204. (In persian)
- Mirahsani, M., Salman mahini, A., Sufianian, A., Mohammadi, J., Modares, R., Jafari, R., & Pour-Monafi, S. (2018). Evaluation of vegetation changes using time series images and Mann-Kendall test in the basin, Cow-blood watershed. *Ecology*, 45(1), 114-99. (In persian)
- Mohammad-Yari, F., Pour-Khabaz, H.R., Tavakoli, M., & Aqdar, H. (2013). Preparing a vegetation map and monitoring its changes using remote sensing techniques and geographic information system (case study: Behbahan city). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Information*, 23(92), 23-34. (In persian)
- Nahibi, S., & Sadat Hasan Dekht, M. (2013). Investigating the impact of urban green spaces on improving the quality of urban life. *Journal of Sustainability, Development and Environment* 1(1), 51-70. (In persian)
- Najafi, Z., Darvishsefat, A.A., Fatehi, P., & Attarod, P. (2020). Time series analysis of vegetation dynamic trend using Landsat data in Tehran Megacity. *Iranian Journal of Forest*, 12(2), 257-270. (In persian)
- Rostami, M., Oramani, B., & Khanehbad, N. (2011). Spatial distribution analysis of parks in one area of Kermanshah city using GIS. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 6(15), 9-12. (In persian)

- Sajjadzadeh, H., Tahmasbi, K., & Karmi, Q. (2013). Investigating the amount of green spaces formed in new urban developments with existing standards, a case study of Kermanshah (Golestan), *National Architecture Center of Iran, National Architecture Conference, Omran and new urban development*, May 2013. (In persian)
- Salehifard, M., Khakpour, B., Rafiei, H., & Tawanger, M. (2010). THE ANALYSIS OF SOCIAL DIMENSION OF MUNICIPAL PARKS WITH AN EMPHASIS ON CITIZENS' OPINIONS (CASE STUDY: MASHHAD METROPOLIS). *Geographic Space*, 10(29), 51-93. (In persian)
- Shahinifar, M., & Shahandeh, H.R. (2023). Analysis of Sentinel 3 images of SLSTR sensors in identifying urban heat islands and its relationship with vegetation (Case study: Kermanshah). *Journal of Physical Geography*, 16(60), 97-112. (In persian)
- Shamsi pour, A.A., Heydari, S., & Bagheri, K. (2017). Monitoring the Process of Land Use/cover Changes Using Markov CA Model: a Case Study of Kermanshah City. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 5(3), 495-514. (In persian)
- Xue, Z., Du, P., & Feng, L. (2014). Phenology-driven land cover classification and trend analysis based on long-term remote sensing image series. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(4), 1142-1156.
- Yin, G., Hu, Z., Chen, X., & Tiyp, T. (2016). Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia. *Journal of Arid Land*, 8(3), 375-388.
- Zare, S., Namiranian, M., Shabanali-Fami, H., Feqhi, J., & Daneh-kar, A. (2017). Evaluating Tehran districts from perspective of urban forestry's structural indicators, *Iranian Forestry Journal*, 8(4), 405-418. (In persian)
- Zhu, Z., Fu, Y., Woodcock, C.E., Olofsson, P., Vogelmann, J.E., Holden, C., & Yu, Y. (2016). Including land cover change in analysis of greenness trends using all available Landsat 5, 7, and 8 images: A case study from Guangzhou, China (2000–2014). *Remote Sensing of Environment*, 185, 243-257.
- Zeng, L., Wardlow, B.D., Xiang, D., Hu, S., & Li, D. (2020). A review of vegetation phenological metrics extraction using time-series, multispectral satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 237, 111511.



## Assessing temporal change of vegetation cover using the Landsat time series and its relationship with weather variables in Kermanshah metropolis

N. Rezaei<sup>1</sup>, A.A. Darvishsefat<sup>2</sup>, and P. Fatehi<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>MSc. Graduate of Forest Sciences and Engineering, Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

<sup>2</sup>Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

<sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

(Received: 10 November 2024; Accepted: 25 January 2025)

### Abstract

**Introduction:** The amount and state of vegetation in urban areas, especially in metropolises, play a crucial role in the urban ecosystem functions and life quality of its residents. Therefore, it is important to investigate its quantitative and qualitative changes at a local scale, especially within and around big cities. The aim of this research is to investigate the temporal changes of the total vegetation cover using Normalized Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) indices of Landsat images over the Kermanshah metropolis and its eight districts during 1377-1400 period and its relationship with the weather parameters.

**Material and Methods:** Three to four Landsat images acquired during the spring season of each study year were downloaded for each year. After checking the geometric accuracy, the atmospheric correction was applied and vegetation indices, i.e. NDVI and EVI were generated. Using the city boundary map, the mean values of the mentioned vegetation indices within the city boundary were calculated as the total vegetation cover. From the images of each year, the image corresponding to the peak greenness was selected based on the maximum vegetation index values, and a time series of 24 peak greenness images was generated for each vegetation index. Time series analyses were applied using a parametric method i.e. Ordinary Least Squares (OLS) regression and non-parametric, i.e. Thiel-Sen and Mann-Kendall approaches. These analyses were repeated in each district, also, the weather data (i.e. precipitation and temperature) were used to explore their relationship with the changes in vegetation indices.

**Results:** In most years, the Ordibehesht (i.e. mid-April to mid-May) images showed the highest vegetation cover values. Based on the NDVI, it can be stated that the overall vegetation cover in Kermanshah metropolis has experienced a weak decreasing trend with slopes of -0.0013 and -0.001 obtained using the parametric Ordinary Least Squares (OLS) regression and the non-parametric Thiel-Sen method. The results of the EVI index was similar. Based on the Mann-Kendall test ( $\alpha = 0.05$ ), with Mann-Kendall statistics of -1.27 and -0.52, the trends were not significant. According to the NDVI analysis, District 4, exhibited a non-significant increasing trend, while the other regions showed non-significant decreasing trends; only District 6 had a significant decreasing trend. The EVI analysis produced results similar to NDVI, with the difference that, in addition to District 4, District 5 also showed an increasing vegetation cover trend, and none of the decreasing trends were significant. The analysis of the relationship between changes in NDVI and EVI and weather variables with mean temperature and total precipitation one month and one year before the date of peak vegetation showed a positive correlation between vegetation cover changes and total precipitation, and a negative correlation with mean temperature. Weather data from one month before showed a stronger correlation with vegetation cover changes than data from one year before.

**Conclusion:** According to the results, the highest vegetation fraction and greenness is observed in Ordibehesht (i.e. mid-April to mid-May). A negative trend in vegetation greenness was observed, although, it was not statistically significant, that can be a warning alarm for city managers to implement a comprehensive plan to develop and preserve the vegetation fractions. District 4, also District 5 showed an increase in vegetation greenness. Historical Landsat satellite images are valuable data for investigating the qualitative changes of vegetation over long-term periods. Weather parameters are not always the main drives of vegetation changes, especially in urban areas that are strongly influenced by human activities, i.e. irrigation green space and construction activities. There is a space to explain mechanisms to investigate the role of these factors in the continuation of such studies.

**Keywords:** EVI, NDVI, Time series analysis, Urban vegetation, Weather parameters.