

ارزیابی روند تخریب اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی (مطالعه موردی: استان فارس)

هادی اسکندری دامنه^۱، حمید غلامی^{۲*}، رسول مهدوی^۲، اسدالله خورانی^۳، Jimmy Li

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۳

چکیده

تخریب اراضی با کاهش توان تولیدی اراضی، بقای انسان‌ها را در تمام مناطق به‌ویژه در اکوسیستم‌های حساس و شکننده مناطق خشک به شدت تهدید می‌کند. در مطالعه حاضر به منظور بررسی تخریب اراضی استان فارس، از شاخص نرمالیزه شده پوشش گیاهی ماهیانه حاصل از تصاویر سنجنده مودیس و همچنین از داده‌های اقلیمی موجود برای بررسی تغییرات اقلیمی در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ استفاده شد. برای بررسی روند تغییرات این پارامترها از آنالیز روند من-کندال و شیب تخمین‌گر سن و برای بررسی همبستگی بین پوشش گیاهی و داده‌های اقلیمی از مدل همبستگی خطی استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و داده‌های اقلیمی نشان داد که روند این پارامترها در مناطق مختلف استان فارس متفاوت است. به طوری که شاخص پوشش گیاهی، بارندگی و دما به ترتیب در حدود ۲۲/۴، ۸۶/۱ و ۲۶/۴ درصد از منطقه مورد مطالعه روند کاهشی را نشان داده‌اند. تغییرات روند بارندگی در این بازه زمانی در اکثر نقاط استان کاهشی بوده، این در حالی است که تنها ۲۲/۴ درصد این منطقه با کاهش پوشش گیاهی همراه بوده است. رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و بارندگی در ۸۸ درصد از مساحت استان منفی بوده که کاربری غالب این مناطق جنگل و مرتع است. از طرفی دیگر عوامل اقلیمی، نظیر کاهش بارندگی و افزایش دما باعث کاهش پوشش گیاهی در این مناطق شده است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز روند، من-کندال، شیب تخمین‌گر سن، همبستگی خطی، استان فارس.

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

۲. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان؛ hgholami@hormozgan.ac.ir

۳. عضو هیئت علمی گروه جغرافیا، دانشگاه هرمزگان

مقدمه

شيفراو^۹ و همکاران، ۲۰۱۱) وضعیت گیاهان برای ارزیابی تولیدات طبیعی، کشاورزی اراضی، کاهش میزان آن‌ها و بررسی روند این تولیدات میزان تخریب اراضی را بیان می‌کند (کای و شارما^{۱۰}، ۲۰۱۱؛ سمیناکیس و همکاران، ۲۰۰۷؛ ویلز^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین بررسی طولانی‌مدت پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مؤثر برای ارزیابی تخریب اراضی استفاده شود (ابراهیم^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۵).

امروزه داده‌های سنجش از دوری با پوشش وسیع اراضی و سری زمانی طولانی‌مدت به‌عنوان ابزاری کارآمد برای پایش پویایی پوشش گیاهی در مقیاس‌های زیاد استفاده می‌شود. استفاده از شاخص‌های به‌دست‌آمده از این داده‌ها از قبیل شاخص‌های پوشش گیاهی با توجه به حساسیت این شاخص‌ها به تغییرات وضعیت، رشد و عملکرد پوشش گیاهی، برای بررسی کمی پویای پوشش گیاهی استفاده می‌شوند (جائو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۲؛ پینگ^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۲).

در سال‌های اخیر شاخص نرمالیزه تفاضل پوشش گیاهی (NDVI^{۱۵}) به‌عنوان شاخص نشان‌دهنده میزان رشد، درصد پوشش گیاهی و ویژگی‌های مکانی، زمانی آن، تولید اولیه، تغییرات فنولوژیک و الگو پراکندگی گیاهان استفاده می‌شود (جائو و همکاران، ۲۰۱۲؛ یلی^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۴). بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و پارترهای اقلیمی برای ارزیابی پاسخ‌های اکوسیستم به تغییرات اقلیمی، مکانیزم‌های کنترل این پاسخ‌ها و رفتار ذخایر کربن به این تغییرات بسیار مفید خواهد بود (فنشولد^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۲؛ پینگ و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعات زیادی درباره تجزیه و تحلیل رابطه بین پوشش گیاهی و فاکتورهای اقلیمی در مناطق مختلف انجام شده است. مطالعه رابطه همبستگی بین شاخص NDVI و داده‌های دما و بارش مناطق خشک و نیمه‌خشک در بازه زمانی ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۰ نشان داد که بین افزایش و کاهش NDVI با کاهش

تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، تأثیر مستقیم روی پوشش سطح زمین دارند (لو^۱ و همکاران، ۲۰۱۸؛ پن^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). کاهش بارندگی و افزایش دما از جمله تغییرات اقلیمی هستند که باعث تغییرات قابل توجهی در منابع آب و تعادل محیط زیست شده‌اند. از طرفی فعالیت‌های انسانی از قبیل افزایش جمعیت، چرای بیش از حد و تغییرات کاربری اراضی که شرایط پایدار زمین را تغییر می‌دهند، نیز باعث تخریب اراضی و بیابان‌زایی می‌شوند (لو و همکاران، ۲۰۱۸؛ پن و همکاران، ۲۰۱۸). تخریب اراضی یک فرایند منفی زیست‌محیطی است که به‌وسیله محققان زیادی با استفاده از روش‌های متفاوت تعریف شده است. بعضی آن را کاهش پتانسیل تولید زمین یا کاهش عملکرد اکوسیستم در درازمدت تعریف کرده‌اند (فوتر^۳ و همکاران، ۲۰۰۶). بعضی دیگر کاهش منابع بر اثر تأثیر منفی فعالیت‌های انسان در طول زمان بیان کرده‌اند (لو و همکاران، ۲۰۱۸؛ سمیناکیس^۴ و همکاران، ۲۰۰۸).

تخریب اراضی نتیجه کاهش طولانی‌مدت پوشش گیاهی و تولید اولیه در بازه زمان و مکان است. روش‌های مختلفی برای ارزیابی تخریب اراضی در مقیاس زمانی و مکانی مختلف وجود دارد (اولدمن^۵ و همکاران، ۱۹۹۱؛ سونیولدا^۶، ۲۰۰۳). پوشش گیاهی یکی از پارترهای اساسی در سطح زمین است که رابط انرژی و مواد بین خاک و اتمسفر می‌باشد. پوشش گیاهی نقش مهمی در تأمین انرژی سطح زمین، چرخه انرژی، چرخه بیوشیمیایی، ترسیب کربن جهانی و ثبات اقلیم ایفا می‌کند (جمالی و همکاران، ۲۰۱۵؛ لامچین^۷ و همکاران، ۲۰۱۵). گیاهان به‌عنوان جزء اصلی بیوسفر نقش بسیار اساسی در سیستم اقلیمی ایفا می‌کنند و فاکتور کلیدی نمایش تغییرات اقلیمی در نظر گرفته می‌شوند (دجانگ^۸ و همکاران، ۲۰۱۱؛

11. Shiferaw
12. Cia and Sharma
13. Wessels
14. Ibrahim
13. Gao
14. Peng
15. Normalized difference vegetation index (NDVI)
16. Yili
17. Fensholt

1. Luo
2. Pan
4. Foster
5. Symeonakis
6. Oldeman
7. Sonneveld
9. Lamchin
10. de Jong

بارندگی و افزایش دما همبستگی بالایی برقرار است (هیک^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). تحلیل رابطه بین NDVI و پارامترهای اقلیمی در کانادا نشان داد که عامل کنترل‌کننده تغییرات NDVI فصلی، دما می‌باشد و رابطه همبستگی بین بارش و شاخص NDVI خیلی ضعیف است (هی^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). پژوهش انجام شده در نیمه شمالی هموسفر در بازه زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۳ روند افزایشی پوشش گیاهی را در فصل رشد نشان داد و بیان کرد که تأثیر پارامترهای اقلیمی در این بازه زمانی در مکان‌های مختلف، متفاوت است (کونگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۷).

در زمینه مطالعه تخریب اراضی از طریق بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های پوشش گیاهی به دست آمده از داده‌های ماهواره‌ای مطالعات متعددی انجام شده است. در مطالعه‌ای برای برآورد بیابان‌زایی استان تهران نشان داده شد که با استفاده از تجزیه و تحلیل روند داده‌های ماهواره‌ای و رابطه آن‌ها با داده‌های اقلیمی می‌توان بیابان‌زایی را در کاربری‌های مختلف برآورد کرد (اسکندری دامنه و همکاران، ۲۰۱۶). مطالعه در غرب آفریقا نشان داد که با استفاده از آنالیز روند سری زمانی داده‌های شاخص پوشش گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای و رابطه آن با داده‌های اقلیمی، علاوه بر تخریب اراضی و بیابان‌زایی سایر شرایط مانند رطوبت خاک را نیز می‌توان تجزیه و تحلیل کرد (ابراهیم و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعه در بخش خوشاب پاکستان نشان داد که محدودیت بارش و پوشش گیاهی حساسیت نسبت به تخریب اراضی و بیابان‌زایی را بالا می‌برد (ابوذر و همکاران، ۲۰۱۷). از این رو با توجه به اینکه استان فارس جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران محسوب می‌شود، هدف از مطالعه حاضر بررسی روند تخریب اراضی با استفاده از تحلیل روند داده‌های اقلیمی دما و بارندگی و داده‌های به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس در این استان است.

مواد و روش‌ها

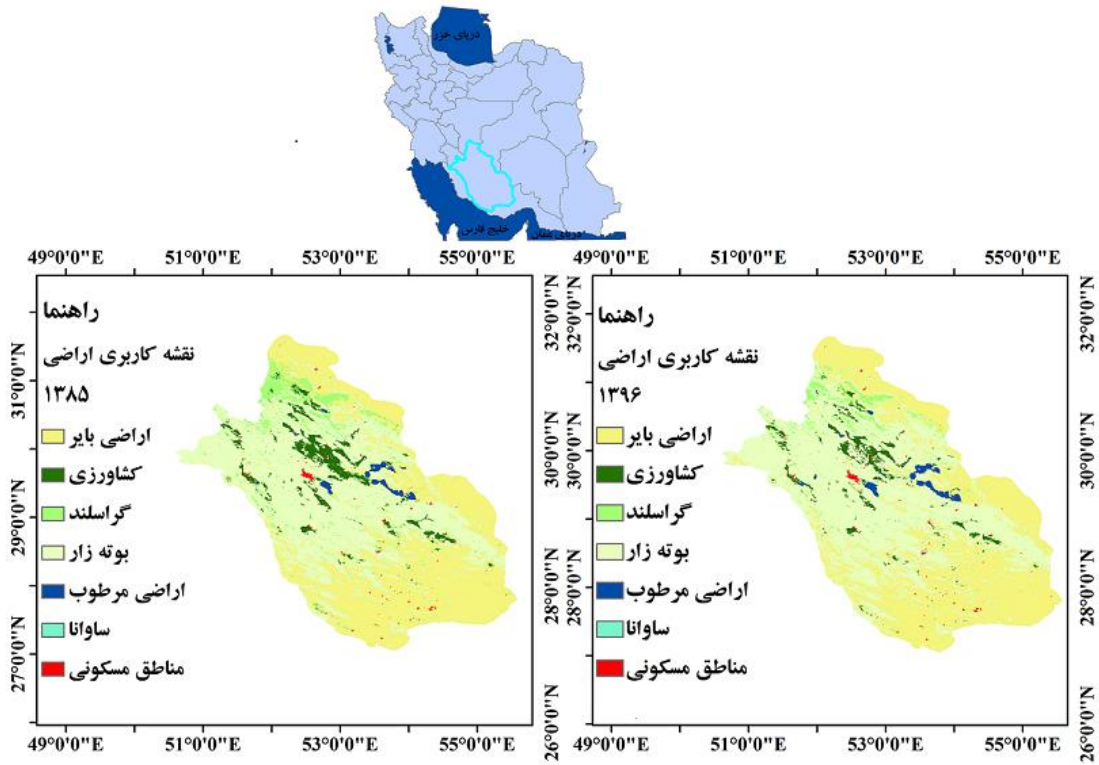
روش تحقیق

برای بررسی پوشش گیاهی در پژوهش حاضر، از تصاویر تولیدات ماهانه شاخص NDVI که از ماهواره ترا، سنجنده مودیس MOD13A2 به دست می‌آید و همچنین از داده‌های اقلیمی دما و بارندگی با گام زمانی ماهانه از ۱۹ ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در منطقه که پراکنندگی مناسبی در سطح استان و پایه زمانی مشترکی در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ داشتند استفاده شد. شکل (۲) مراحل انجام پژوهش حاضر را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

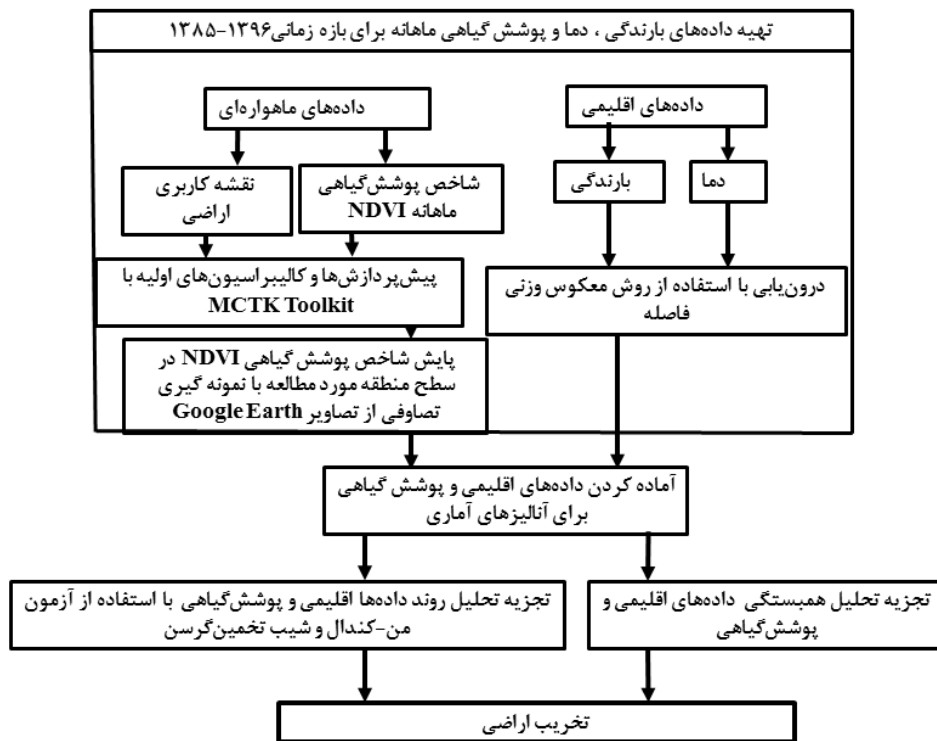
موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه استان فارس به مساحت ۱۲۲ هزار کیلومتر مربع می‌باشد که ۷/۴ درصد از وسعت کشور را به خود

1. Hicke
2. He
3. Kong



شکل (۱): موقعیت استان فارس در ایران و نقشه کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۶
 Figure (1): Location of Fars province in Iran and Land use map in 2006 and 2017



شکل (۲): مراحل انجام پژوهش
 Figure (2): Flowchart for Monitoring Land Degradation

مجهول به دست آمد و درون‌یابی انجام گردید (سلیمی و همکاران، ۲۰۱۸). ضمن اینکه چنین فرض شد که نقاط نزدیک به یکدیگر شباهت بیشتری نسبت به نقاط دورتر دارند؛ بنابراین بر طبق این روش نقاط نزدیک‌تر وزن بیشتری دارد (لو^۴ و همکاران، ۲۰۰۸). رابطه فاصله وزنی معکوس با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^m}} \quad (2)$$

در این رابطه، Z ارزش برآوردی از روش درون‌یابی، Z_i مقادیر نمونه، d_i فاصله اقلیدسی هر مکان تا نمونه، m عامل توان و N تعداد نقاط نمونه است (چن^۵ و همکاران، ۲۰۰۸). برای محاسبه روند تغییرات ماهانه پوشش گیاهی، دما و بارندگی در منطقه مورد مطالعه، از آزمون روندیابی من-کندال و شیب تخمین‌گر سن استفاده شد (کندال^۶، ۱۹۷۵؛ من^۷، ۱۹۴۵). آماره‌های این آزمون با استفاده از رابطه‌های (۳) تا (۶) محاسبه شد.

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (3)$$

در این رابطه، S آماره آزمون من-کندال، x_i مقدار داده i ام، x_j مقدار داده j ام، n تعداد داده‌ها و $\text{sgn}(x_j - x_i)$ تابع علامت است که با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{if}(x_j - x_i) > 0 \\ 0, & \text{if}(x_j - x_i) = 0 \\ -1, & \text{if}(x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

واریانس آماره من-کندال از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad (5)$$

که در آن، N تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m تعداد دنباله‌ها، t_i تعداد دنباله‌ها برای i امین مقدار و t تعداد مقادیر دنباله‌ها است. جزء دوم در رابطه فوق، یک تعدیل برای دنباله‌ها یا داده‌های حساس است. آماره استاندارد شده آزمون Z از رابطه

برای محاسبه شاخص پوشش گیاهی از تولیدات NDVI در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ استفاده گردید که این تولیدات از سایت سنجش از دوری زمین شناسی آمریکا (USGS) با فرمت HDF به تعداد ۱۳۲ تصویر دانلود شد. سپس در نرم‌افزار ENVI برای منطقه مورد مطالعه موزائیک و به سیستم مختصات طول و عرض جغرافیای تبدیل شد (پاگ^۱، ۲۰۰۹) و برای محاسبه شاخص نرمالیزه شده پوشش گیاهی (NDVI) عملیات آماده‌سازی صورت پذیرفت. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۱) استفاده شد:

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

که NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک سنجنده مودیس و R مقدار بازتاب باند قرمز سنجنده مودیس است. دامنه تغییرات این شاخص بین $+1$ و -1 است. ابرها، برف و آب کمتر مقدار و پوشش گیاهی سبز، بیشترین مقدار شاخص NDVI را در پدیده نشان می‌دهند (پندی و شاهو^۲، ۲۰۰۲). برای بررسی مقادیر این شاخص در مناطق مختلف استان فارس از نرم‌افزار Google Earth استفاده شد، به طوری که برای جمع‌آوری داده‌های میدانی از تصاویر گوگل ارث موجود برای هر سال به صورت نقطه‌ای نمونه‌گیری تصادفی صورت پذیرفت و سپس میزان مطابقت پوشش گیاهی و شاخص NDVI بررسی گردید. همچنین در این تحقیق برای تهیه نقشه کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۶ در استان فارس از تولیدات سنجنده مودیس (MCD12Q1) با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ استفاده شد. در ادامه این مرحله ابتدا مرز منطقه مورد مطالعه روی نقشه‌های پوشش گیاهی هر ماه ماسک گردید و نقشه شاخص پوشش گیاهی برای هر ماه و سال تهیه شد. بعد از تهیه داده‌های اقلیمی دما و بارندگی برای ایستگاه‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر با استفاده از روش درون‌یابی معکوس وزنی فاصله^۳ نقشه‌های دما و بارندگی تهیه شد. در این روش با وزندهی به داده‌های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت

4. Lu
5. Chen
6. Kendall
7. Mann

1. Pack
2. Pandey and Sahu
3. Inverse Distance Weighting (IDW)

(۶) به دست می‌آید.

$$z = \begin{cases} (S-1)/\sqrt{\text{Var}(S)}, & \text{ifs} > 0 \\ 0, & \text{ifs} = 0 \\ (S+1)/\sqrt{\text{Var}(S)}, & \text{ifs} < 0 \end{cases} \quad (6)$$

مقدار مثبت Z روند افزایش و مقدار منفی Z روند کاهش سری زمانی را نشان می‌دهد. همچنین برای آزمون روند افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح معنی‌داری p، اگر مقدار Z بزرگ‌تر از $Z_{1-p/2}$ باشد (که $Z_{1-p/2}$ از جدول توزیع تجمعی نرمال استاندارد به دست می‌آید) فرض صفر رد می‌شود. برای این کار، سطح معنی‌دار $p=0.05$ به کار می‌رود؛ که حالت استاندارد Z در این مطالعه $1/96$ در نظر گرفته شده است. برای تأیید درستی و صحت تغییرات روند از شیب تخمین‌گر سن^۱ استفاده شد که از طریق رابطه (۷) محاسبه می‌شود (سن، ۱۹۶۸).

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_i - X_j}{i - j} \right] (\forall j > i) \quad (7)$$

که در آن، β برآوردگر شیب خط روند، X_i و X_j به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده در سال i ام و j ام هستند. مقادیر مثبت آن نشان‌دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی است (القورشی و کومار^۲، ۲۰۰۲). پس از تحلیل روند داده‌های اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی به بررسی همبستگی بین این شاخص‌ها با یکدیگر پرداخته شد. مدل همبستگی خطی برای سری زمانی ماهانه NDVI، دما و بارش استفاده شد؛ در این مدل NDVI به‌عنوان متغیر وابسته و دما و بارندگی به‌عنوان متغیرهای مستقل استفاده شدند. همه روابط تجزیه آماری ذکر شده در نرم‌افزار IDRISI به‌صورت ماهانه برای دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی تغییرات کاربری بین سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۶ (شکل ۱ و جدول ۱) نشان داد که کاربری‌های عمده در این منطقه شامل اراضی بوته‌زار، بایر، گراسلند و کشاورزی هستند که به ترتیب برای سال ۱۳۸۵ حدود ۴۷، ۴۰، ۶ و ۵/۶ و برای سال ۱۳۹۶ حدود ۵۱، ۴۱، ۳/۸ و

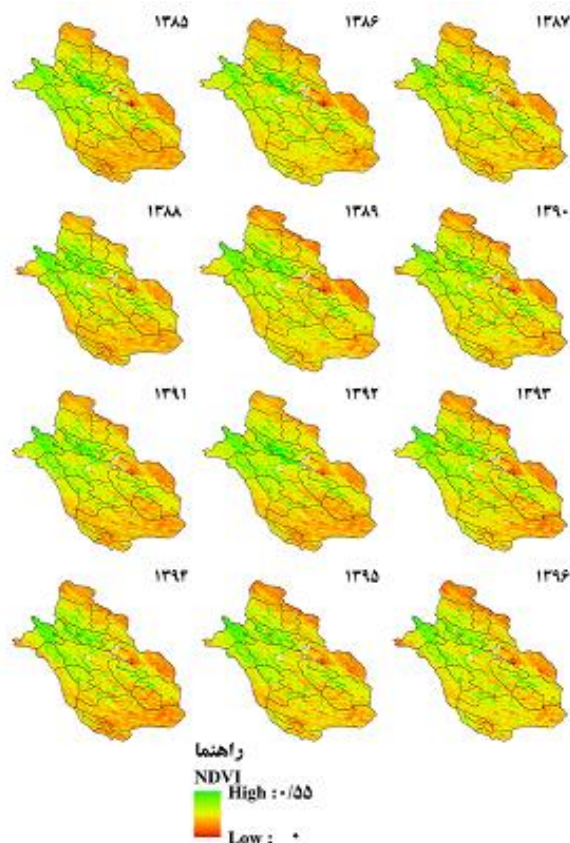
۳ درصد از استان فارس را شامل می‌شوند. همچنین نتایج جدول (۱) نشان داد که کاربری‌های بوته‌زار، اراضی بایر و مناطق مسکونی به ترتیب ۴، ۱ و ۰/۱ درصد افزایش و کاربری‌های گراسلند، کشاورزی، اراضی مرطوب و ساوانا نیز به ترتیب ۲/۲، ۲/۶، ۲۹۷۹/۰ و ۰/۰۲۱ درصد کاهش نشان داده‌اند. نتایج بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی، بارندگی و دما در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ نشان داد که این متغیرها در این بازه، تغییرات متفاوتی از خود نشان می‌دهند. تغییرات شاخص NDVI در شکل (۳) نشان می‌دهد که مقدار این شاخص بین صفر تا ۰/۵۵ است. نقشه‌های بارندگی استان فارس نیز در شکل (۴) بیانگر تغییرات بارندگی بین ۳۵ تا ۷۵۰ میلی‌متر در سال بوده. همچنین در شکل (۵) تغییرات دما در این منطقه نشان داده شده است که بین ۱۲/۱ تا ۳۲/۱ درجه سلسیوس در این بازه زمانی ۱۲ ساله است. روند تغییرات متوسط سالانه پارامترهای NDVI، بارندگی و دما نیز به ترتیب در بخش‌های الف، ب، ث در شکل (۶) آورده شده است. روند تغییرات شاخص NDVI نشان داد که این شاخص در این بازه زمانی روند کاهشی داشته ولی روند دو شاخص اقلیمی دما و بارش افزایشی بوده است.

جدول (۱): درصد مساحت کاربری‌های مختلف در سال‌های ۱۳۸۵ و

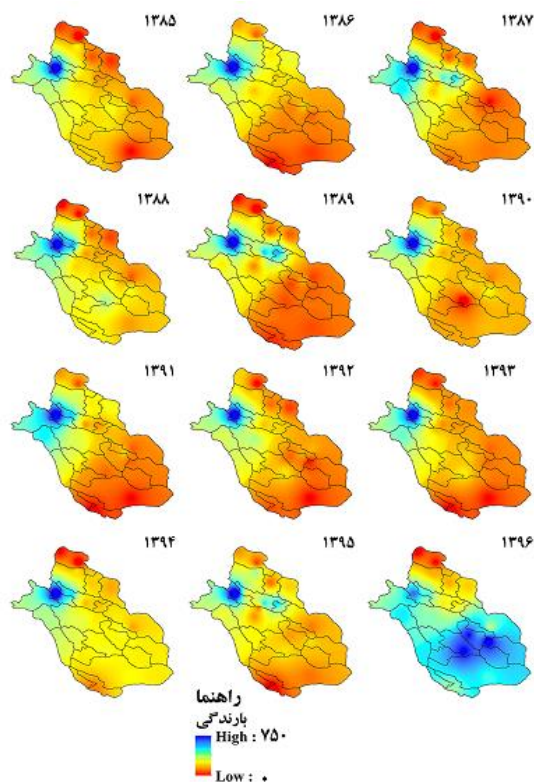
۱۳۹۶

Table (1): Percentage of different land area in the years 2006 and 2017

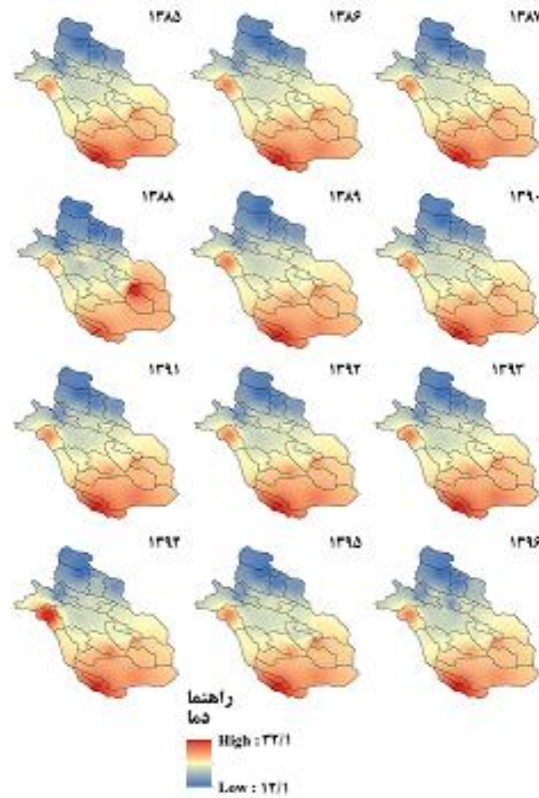
سال	بوته‌زار	اراضی بایر	گراسلند	کشاورزی	اراضی مرطوب	ساوانا	مناطق مسکونی
۱۳۸۵	۴۷	۴۰	۶	۵/۶	۰/۹۹۷	۰/۰۰۳	۰/۴
۱۳۹۵	۵۱	۴۱	۳/۸	۳	۰/۶۹۹۱	۰/۰۰۰۹	۰/۵



شکل (۳): روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶
 Figure (3): The trend of changes in NDVI index for the period 2006-2017

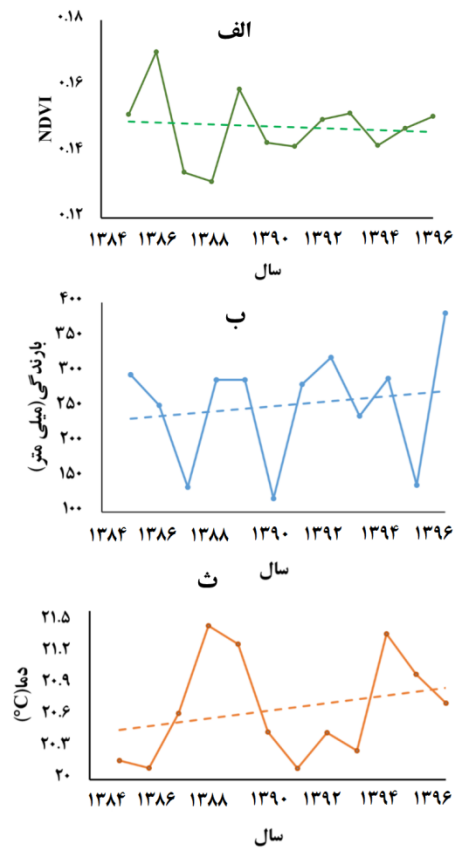


شکل (۴): روند تغییرات شاخص بارندگی (میلی‌متر) در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶
 Figure (4): The trend of changes in rainfall index (mm) for the period 2006-2017



شکل (۵): روند تغییرات شاخص دما (سانتی‌گراد) در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶

Figure (5): The trend of changes in temperature index (°C) for the period 2006-2017

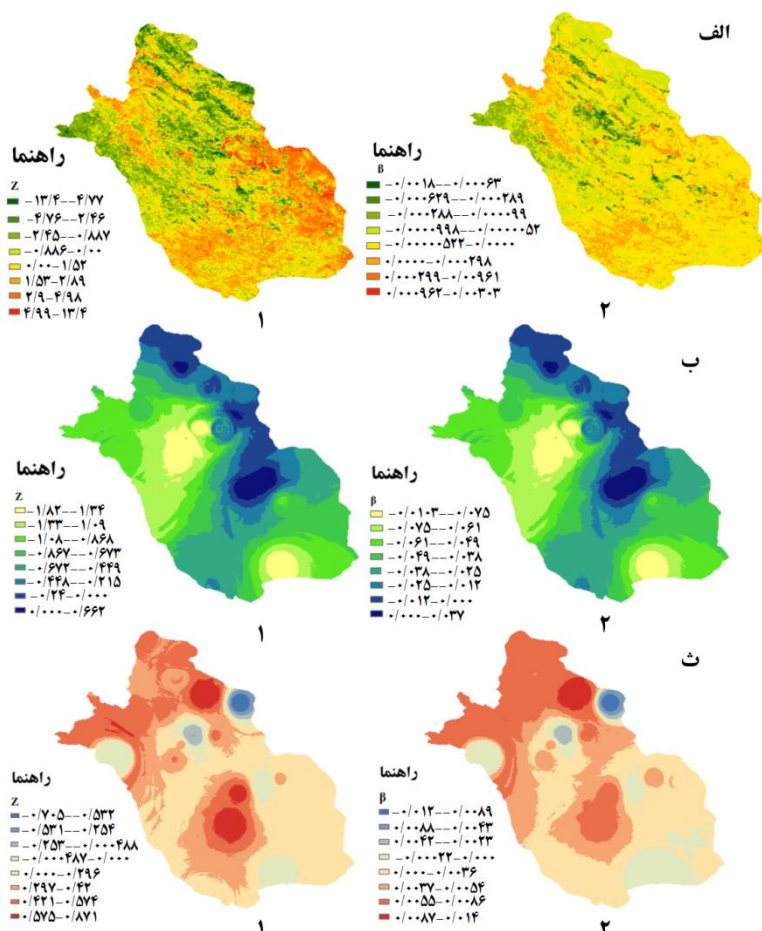


شکل (۶): الف. روند تغییرات شاخص‌های NDVI؛ ب. بارندگی (میلی‌متر)؛ ج. دما (سانتی‌گراد) در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۷

Figure (6): the trend of changes of indices A) NDVI; b) rainfall (mm) and c) temperature (°C) for the period of 2006-2017

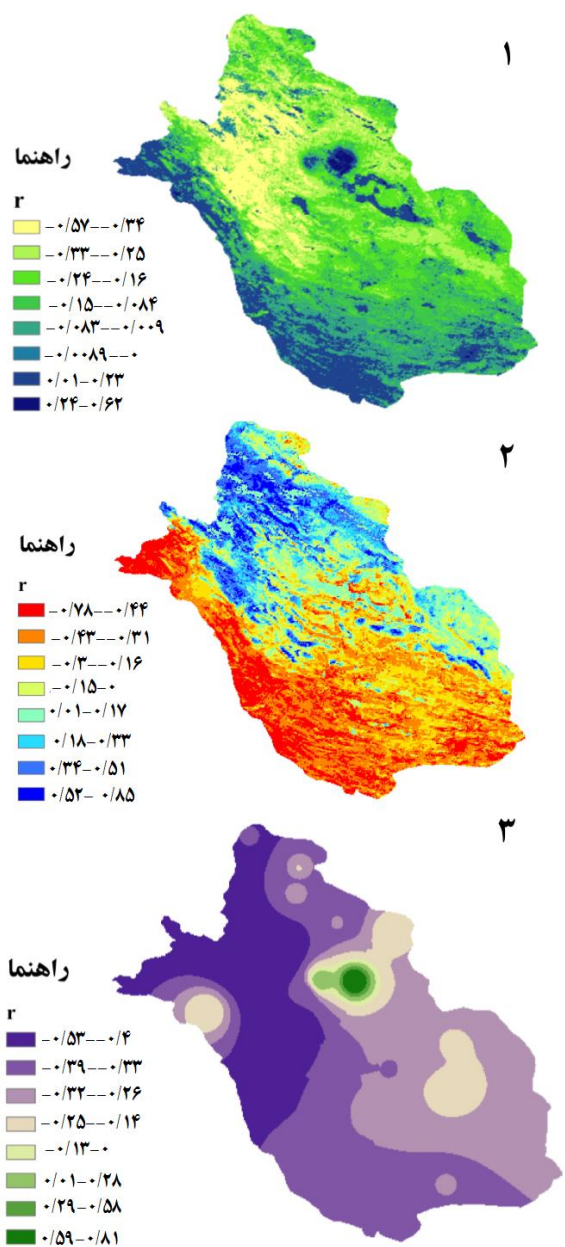
(شکل ۷ الف، ۲). تجزیه و تحلیل روند تغییرات بارندگی با استفاده از شاخص Z نشان داد که روند در ۸۶٪ استان با $Z = 0$ تا $Z = -1/34$ کاهش می‌باشد. تغییرات بارش بدون روند $Z = 0$ حدود ۹/۷ درصد مساحت استان را در بر می‌گیرد. از طرفی دیگر روند افزایشی بارندگی با $Z = 0$ تا $Z = 0/66$ حدود ۴/۲ درصد استان را در بر گرفته است. در بررسی انجام‌شده شیب تخمین‌گر سن نیز روند تغییرات بارش را مطابق با Z تأیید می‌کند (شکل ۷ ب، ۱). بررسی روند دما با Z کندال نشان داد که تنها ۲/۴ درصد از استان با $Z = 0$ تا $Z = 0/7$ روند کاهشی داشته است و از این مقدار ۰/۴ درصد روند معنی‌داری را نشان داده است. در حدود ۰/۰۲ درصد از استان تغییرات دما بدون روند $Z = 0$ می‌باشد، روند افزایشی دما در ۹۷/۵ درصد استان مشاهده شد که از این مقدار افزایشی در ۲۵ درصد مساحت منطقه استان معنی‌دار است (شکل ۷ ث، ۱).

بررسی روند تغییرات شاخص NDVI، بارندگی و دما در بازه زمانی ۱۲ ساله در شکل (۷) آورده شده است. در قسمت الف این شکل، روند تغییرات شاخص NDVI نشان داد که این روند تغییرات در کل استان فارس یکسان نیست، به طوری که ۱۳/۳- تا $Z = 0/7$ باشد، نشان‌دهنده روند کاهشی پوشش گیاهی است. بر اساس این شکل در ۲۲/۴ درصد از کل استان فارس پوشش گیاهی روند کاهشی داشته است. از طرفی دیگر روند کاهشی پوشش گیاهی در ۷/۸ درصد از منطقه معنی‌دار بوده است. مقدار $Z = 0$ نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی و روند در این بازه زمانی است که حدود ۱۳/۲ درصد استان را شامل می‌شود. روند افزایشی پوشش گیاهی با $Z = 0$ تا $Z = 13/4$ حدود ۶۴/۴ درصد کل استان را به خود اختصاص داده که حدود ۳۳/۶ درصد از این مناطق روند افزایش معنی‌داری را در Z کندال نشان داده است (شکل ۷ الف، ۱). علاوه بر Z شیب تخمین‌گر سن نیز روندهای تغییرات پوشش گیاهی را نیز تأیید می‌کنند



شکل (۷): قسمت الف، ب و ث به ترتیب نقشه‌های آماره Z کندال (۱) و آماره B شیب تخمین‌گر سن (۲) پوشش گیاهی، بارندگی و دما

Figure (7): Sections A, B and C indicates the maps of the z-Kendall statistics (1) and Theil-Sen estimator (2) vegetation, rainfall and temperature, respectively



شکل (۸): ۱. رابطه همبستگی پوشش گیاهی و بارندگی، ۲. رابطه همبستگی پوشش گیاهی و دما، ۳. رابطه همبستگی دما و بارندگی را در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶

Figure (8): 1. Correlation between vegetation and rainfall, 2. Correlation between vegetation and temperature, 3. Correlation between temperature and rainfall for the period of 2006-2017

بحث و نتیجه گیری

امروزه محققان متعدد در علوم مختلف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیای با قدرت تفکیک مکانی متفاوت اطلاعات کافی و مناسبی برای تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف دنیا به دست آورده‌اند. بر این اساس، برای بررسی روند تغییرات پوشش

رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی در بازه زمانی ۱۲ ساله در شکل (۸) نشان داده شده است. در قسمت ۱ این شکل، رابطه همبستگی بین NDVI و بارندگی نشان داد که در ۸۱/۸ درصد از مساحت استان بین پوشش گیاهی و بارندگی همبستگی منفی وجود دارد، به طوری که مقدار r تا $-0/5$ می‌باشد و شامل اکثر نقاط استان فارس است. همچنین تنها در ۹/۵ درصد استان این رابطه منفی معنی دار بوده است، به طوری که $-0/34$ تا $-0/57$ می‌باشد و در حدود ۱/۸ درصد از سطح استان روند تغییرات پوشش گیاهی با بارندگی همبستگی مثبت نشان داد. همبستگی مثبت بین این دو پارامتر با r تا $0/6$ نشان داد که در ۱۶/۴ درصد از مساحت استان مثبت بوده و در حدود ۰/۵ درصد از استان با r تا $0/62$ روند تغییرات مثبت و معنی دار بوده است (شکل ۸، قسمت ۱). رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و دما در شکل ۸ (قسمت ۲) نشان می‌دهد که روند منفی این همبستگی با r تا $-0/78$ در ۵۳/۳ درصد از مساحت استان مشاهده و در ۴/۶ درصد از مساحت استان این رابطه منفی معنی دار بوده است. همچنین در حدود ۱/۸ درصد از استان با $r=0$ بین پوشش گیاهی و دما همبستگی وجود ندارد. رابطه همبستگی مثبت بین این دو شاخص با r تا $0/85$ نشان داد که در ۳۴/۹ درصد از استان با اینکه دما افزایش یافته، پوشش نیز افزایش داشته است؛ در ۱۳/۳ درصد از این مناطق این رابطه با r تا $0/53$ مثبت و معنی دار بوده است. رابطه همبستگی بین دما و بارندگی نیز در شکل ۸ (قسمت ۳) نشان می‌دهد که در ۹۷/۴ درصد استان بین دما و بارندگی با r تا $-0/53$ رابطه منفی وجود دارد که در ۲۴/۵ درصد از مساحت استان این رابطه با $-0/48$ تا $-0/53$ منفی و معنی دار بوده است. همچنین در ۱ درصد از مساحت استان همبستگی بین این دو پارامتر مشاهده نشد که $r=0$ در ۱/۶ از مساحت کل استان رابطه بارندگی و دما مثبت و 0 تا $0/51$ r است.

فارس هم از این قاعده مستثنا نیست. در مطالعه روی تغییرات دمای استان فارس بیان شد که میزان دمای استان فارس در بازه زمانی ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۰ افزایش داشته (گندمکار و دهقانی، ۲۰۱۲) و همچنین این استان بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ خشکسالی‌های شدیدی را تجربه کرده است (کشاورز، ۲۰۱۴). تغییرات اقلیمی مانند کاهش بارندگی و افزایش دما با تأثیر مستقیم روی فعالیت‌هایی مانند فعالیت‌های کشاورزی که برای آبیاری به آب سطحی وابسته‌اند، نگرانی‌ها را درباره افزایش فشار به منابع آب غیرسطحی برای افزایش نیاز غذایی بالا می‌برد (مُرید و همکاران، ۲۰۰۶؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعه روی فقر روستایی و پایداری با تأکید بر آب زیرزمینی نشان دادند که تغییرات اقلیمی در کشور ایران باعث کاهش میزان آب برای کشاورزی شده و کشاورزان برای تأمین آب مورد نیاز خود برای فعالیت‌های کشاورزی از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند؛ که این امر باعث آلوده شدن آب زیرزمینی و تخریب سرزمین و بیابان‌زایی می‌شود (کریمی و همکاران، ۲۰۰۵). آنالیز روند پوشش گیاهی استان فارس نشان داد که ۲۲/۳ درصد از این منطقه، روند منفی را در این بازه زمانی ۱۲ ساله داشته است. کاربری عمده این مناطق، مراتع و جنگل بوده و از طرفی دیگر اقلیم آن‌ها بیشتر نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب بوده است. آنالیز همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی و داده‌های اقلیمی بارندگی و دما نیز نشان‌دهنده همبستگی منفی این شاخص با بارندگی و همبستگی مثبت با دما در این مناطق است. دلیل این امر می‌تواند کشاورزی آبی باشد که کشاورزان آب مورد نیاز برای کشاورزی را از آب زیرزمینی تأمین کرده باشند (کریمی و همکاران، ۲۰۰۵). دلیل دیگر این همبستگی منفی را می‌توان سازگاری گیاهان با شرایط موجود در منطقه دانست که باعث مقاوم‌تر شدن گیاهان در مقابل خشکسالی و کمبود آب شده است (لامچین و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین این مناطق در برابر تغییرات اقلیمی و کاربری به شدت حساس‌اند؛ زیرا پوشش اراضی این مناطق بیشتر جنگل و مرتع است. در مطالعه‌ای روی پاسخ گیاهان به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در

گیاهی از داده‌های سنجنده مودیس با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر و همچنین از داده‌های ایستگاه‌های موجود در منطقه برای بررسی روند تغییرات دما و بارش در بازه زمانی ماهانه برای دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ در استان فارس استفاده شد. در مطالعه حاضر، روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی شکل (۱) و نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی (شکل ۳) بیشترین مقدار شاخص NDVI مربوط به اراضی جنگلی و مرتعی است. دامنه عددی این شاخص در اراضی مذکور بین ۰/۲ تا ۰/۵ می‌باشد که اقلیم این اراضی بیشتر نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب است. مقادیر کم شاخص NDVI نیز مربوط به کاربری‌های کشاورزی و اراضی مرطوب است که در اراضی کشاورزی مقدار این شاخص بین ۰/۱ تا ۰/۲ و در اراضی مرطوب مقدار آن کمتر از ۰/۱ بوده، از طرفی دیگر اقلیم این مناطق بیشتر خشک تا نیمه‌خشک است.

مطالعه‌ای در چین نشان داد که بیشترین مقدار شاخص NDVI در مناطقی است که دارای اقلیم نیمه‌خشک تا مرطوب بوده و کاربری عمده آن‌ها بیشتر اراضی جنگلی و محصولات زراعی است (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). روند تغییرات پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی در این تحقیق نشان داد که افزایش و کاهش آن‌ها در مناطق مختلف استان متفاوت است، به طوری که ۶۴/۱ درصد استان روند افزایشی پوشش گیاهی را نشان داده است؛ این در حالی است که کاربری عمده این مناطق کشاورزی بوده است. از طرفی دیگر در این بازه زمانی، روند پارامترهای اقلیمی دما افزایشی و بارندگی تا سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بیش از نیمی از استان فارس با کمبود بارش و افزایش دما روبه‌رو بوده که این خود باعث کاهش آب برای کشاورزی می‌شود. بر اساس گزارش IPCC^۲ ۲۰۱۰، اکثر نقاط دنیا تحت تأثیر تغییرات اقلیمی است (لامچین و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیوبیمساوا^۳، ۲۰۱۵) و تأییدکننده این است که استان

1. Jang
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
3. Lioubimtseva

طرفی کاهش این نوع منابع باعث کاهش آب در دسترس برای کشاورزی شده، در نتیجه باعث افزایش استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی می‌شود و این به نوبه خود باعث تخریب اراضی و بیابان‌زایی می‌شود. در این استان، کاهش NDVI بیشتر در مناطق با اقلیم نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب صورت گرفته که دلیل عمده آن تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش دما و کاهش بارندگی و اثرات انسانی از قبیل تغییر کاربری است. در نهایت به‌طور کلی می‌توان اذعان کرد که مناطق خشک و نیمه‌خشک به تغییرات اقلیمی بسیار حساس‌اند، پس باید با توجه به افزایش توجه جهانی به تغییرات اقلیمی، سیاست‌های مدیریتی مناسبی در این مناطق در نظر گرفته شود که از تخریب بیشتر پوشش گیاهی جلوگیری گردد. سرانجام پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، روند تغییرات شاخص NDVI در قالب کاربری اراضی بررسی و به‌صورت نقشه ارائه شود تا روند تغییر این شاخص در هر کاربری به تفکیک مشخص گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود برای بررسی دقیق‌تر روند تغییرات پوشش گیاهی، شاخص NDVI به کلاس‌های مختلف تقسیم‌بندی شود و روند تغییرات هر کلاس تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی دما و بارش مورد بررسی قرار گیرد.

منطقه آسیا مرکزی، این نتیجه به دست آمد که خشکسالی یکی از عوامل مؤثر بر تخریب پوشش گیاهی است که تأثیر خود را از طریق افزایش دما و کاهش بارندگی نشان می‌دهد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعه اقتصادی اجتماعی و تغییرات اقلیمی روی جنگل‌های زاگرس نشان داد که سطح اراضی جنگلی در بازه زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۹، ۶۹ درصد کاهش یافته و به اراضی کشاورزی تبدیل شده است. در این بازه زمانی، جمعیت روستایی و شهری دستخوش تغییراتی شده است. همچنین در بازه زمانی مورد بررسی، کاهش بارندگی و افزایش دما قابل ملاحظه بوده است. رابطه همبستگی بین دما و بارندگی نیز نشان داد که در اکثر مناطق استان فارس، رابطه دما و بارندگی منفی می‌باشد و تنها در حدود ۱/۷ درصد از سطح استان همبستگی مثبت مشاهده شده است؛ به‌طور کلی می‌توان اذعان کرد که در منطقه مورد مطالعه، روند پوشش گیاهی و دما به ترتیب کاهشی و افزایشی می‌باشد و روند بارندگی در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ کاهشی بوده است. نتایج تجزیه و تحلیل روند با استفاده از آماره‌های ذکر شده، بیانگر افزایش پوشش گیاهی در اراضی با کاربری کشاورزی است؛ این کاهش بارندگی و افزایش دما باعث کاهش منابع آب سطحی می‌شود و از

منابع

1. Abolverdi, J., Ferdosifar, G., Khalili, D., Kamgar-Haghighi, A.A., 2016. Spatial and temporal changes of precipitation concentration in Fars province, southwestern Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 128 (2), 181-196.
2. Abuzar, M.K., Mahmood, S.A., Sarwar, F., Saleem, A. R., Khubaib, N., Malik, A.H., Khalil, T., Shaista, S., 2003. Drought risk assessment using GIS and remote sensing: A case study of District Khushab, Pakistan, International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece, 31 August to 2 September 2017
3. Ahani, H., Kherad, M., Kousari, M. R., Rezaeian-Zadeh, M., Karampour, M. A., Ejraee, F., Kamali, S., 2012. An investigation of trends in precipitation volume for the last three decades in different regions of Fars province, Iran. *Theoretical and applied climatology*, 109 (3-4), 361-382.
4. Alqurashi, A.F., Kumar, L., 2017. An assessment of the impact of urbanization and land use changes in the fast-growing cities of Saudi Arabia. *Geocarto International*, 76 (4), 1-20.
5. Cai, X.L., Sharma, B.R., 2010. Integrating remote sensing, census and weather data for an assessment of rice yield, water consumption and water productivity in the Indo-Gangetic river basin. *Agricultural Water Management*, 97 (2), 309-316.
6. Chen, H., Fan, L., Wu, W., Liu, H.B., 2017. Comparison of spatial interpolation methods for soil moisture and its application for monitoring drought. *Environmental*

- monitoring and assessment*, 189 (10), 525.
7. de Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E., Dent, D.L., 2011. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*, 115 (2), 692-702.
 8. Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H., Mesbahzadeh, T., 2016. Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. *Solid Earth*, 7 (3), 905-915.
 9. Fensholt, R., Rasmussen, K., 2011. Analysis of trends in the Sahelian 'rain-use efficiency' using GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data. *Remote Sensing of Environment*, 115 (2), 438-451.
 10. Foster, R., 2006. Methods for assessing land degradation in Botswana. *Earth and Environment*, 1, 238-276.
 11. Gandomkar, A., Dehghani, R., 2012. Study of Temperature Changes in Fars Province. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 6 (3), 127-129.
 12. Gao, Y., Huang, J., Li, S., Li, S., 2012. Spatial pattern of non-stationarity and scale-dependent relationships between NDVI and climatic factors—a case study in Qinghai-Tibet Plateau, China. *Ecological Indicators*, 20, 170-176.
 13. He, Y., Guo, X., Dixon, P., Wilmshurst, J.F., 2012. NDVI variation and its relation to climate in Canadian ecozones. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 56 (4), 492-507.
 14. Hicke, J. A., Asner, G. P., Randerson, J. T., Tucker, C., Los, S., Birdsey, R., & Field, C. 2002. Trends in North American net primary productivity derived from satellite observations, 1982–1998. *Global Biogeochemical Cycles*, 16 (2), 2-1.
 15. Ibrahim, Y.Z., Balzter, H., Kaduk, J., Tucker, C.J., 2015. Land degradation assessment using residual trend analysis of GIMMS NDVI3g, soil moisture and rainfall in Sub-Saharan West Africa from 1982 to 2012. *Remote Sensing*, 7 (5), 5471-5494.
 16. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), W.C.R.o., G.D.P. <http://www.worldclimatoreport.com/index.php/2010/>, and u.-o.-g.-d.-i.a. 15.05.12.).
 17. Jamali, S., Jönsson, P., Eklundh, L., Ardö, J., Seaquist, J., 2015. Detecting changes in vegetation trends using time series segmentation. *Remote Sensing of Environment*, 156, 182-195.
 18. Jiang, L., Bao, A., Guo, H., Ndayisaba, F., 2017. Vegetation dynamics and responses to climate change and human activities in Central Asia. *Science of the Total Environment*, 599, 967-980.
 19. Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y., Shen, W., 2015. Spatio-temporal analysis of vegetation variation in the Yellow River Basin. *Ecological Indicators*, 51, 117-126.
 20. Karami, E., Hayati, D., 2005. Rural poverty and sustainability: the case of groundwater depletion in Iran. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 2 (2), 51-61.
 21. Karami, E., Keshavarz, M., 2010. Sociology of sustainable agriculture. In *Sociology, organic farming, climate change and soil science* (pp. 19-40).
 22. Kendall, M., 1975, Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London.
 23. Keshavarz, M., Karami, E., Zibaei, M., 2014. Adaptation of Iranian farmers to climate variability and change. *Regional environmental change*, 14 (3), 1163-1174.
 24. Kong, D., Zhang, Q., Singh, V. P., Shi, P., 2017. Seasonal vegetation response to climate change in the Northern Hemisphere (1982–2013). *Global and Planetary Change*, 148, 1-8.
 25. Lamchin, M., Lee, W. K., Jeon, S. W., Wang, S.W., Lim, C.H., Song, C., Sung, M., 2018. Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089-109.
 26. Lamchin, M., Park, T., Lee, J. Y., Lee, W.K., 2015. Monitoring of vegetation dynamics in the mongolia using MODIS NDVIs and their relationship to rainfall by natural zone. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43 (2), 325-337.
 27. Lioubimtseva, E., 2015. A multi-scale assessment of human vulnerability to climate change in the Aral Sea Basin. *Environmental Earth Sciences*, 73 (2), 719-729.
 28. Lu, G. Y., Wong, D.W., 2008. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & geosciences*, 34 (9), 1044-1055.
 29. Luo, L., Ma, W., Zhuang, Y., Zhang, Y., Yi, S., Xu, J., Zhang, Z., 2018. The impacts of climate change and human activities on alpine

- vegetation and permafrost in the Qinghai-Tibet Engineering Corridor. *Ecological Indicators*, 93, 24-35.
30. Mann, H.B., 1945. Non-Parametric Tests against Trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
31. Morid, S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M., 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 26 (7), 971-985.
32. Oldeman, L.R., Hakkeling, R.U., Sombroek, W.G., 1991. World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD).
33. Pack, S.M., 2009. A MODIS Imagery Toolkit for ArcGIS Explorer.
34. Pan, N., Feng, X., Fu, B., Wang, S., Ji, F., Pan, S., 2018. Increasing global vegetation browning hidden in overall vegetation greening: Insights from time-varying trends. *Remote Sensing of Environment*, 214, 59-72.
35. Pandey, A., Sahu, A.K., 2002. Generation of curve number using remote sensing and geographic information system. In *Water Resources, Map India Conference*.
36. Peng, J., Liu, Z., Liu, Y., Wu, J., Han, Y., 2012. Trend analysis of vegetation dynamics in Qinghai-Tibet Plateau using Hurst Exponent. *Ecological Indicators*, 14 (1), 28-39.
37. Salimi, S., Balyani, S., Hosseini, S.A., Momenpour, S.E., 2018. The prediction of spatial and temporal distribution of precipitation regime in Iran: the case of Fars province. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4 (2), 565-577
38. Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, 63 (324), 1379-1389.
39. Shiferaw, A., Singh, K.L., 2011. Evaluating the Land use and Land Cover Dynamics In Borena Woreda South Wollo Highlands, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Business and Economics*, 2 (1), 358-399.
40. Sonneveld, B.G. J.S., 2003. Formalizing expert judgements in land degradation assessment: A case study for Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 14 (4), 347-361.
41. Symeonakis, E., Calvo-Cases, A., & Arnau-Rosalen, E. 2007. Land use change and land degradation in southeastern Mediterranean Spain. *Environmental management*, 40 (1), 80-94.
42. Wessels, K.J., Prince, S.D., Malherbe, J., Small, J., Frost, P. E., VanZyl, D., 2007. Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. *Journal of Arid Environments*, 68 (2), 271-297
43. Yili, Z., Wei, Q., Caiping, Z., Mingjun, D., Linshan, L., Jungang, G., Du, Z., 2014. Spatial and temporal variability in net primary production (NPP) of alpine grassland on Tibetan Plateau from 1982 to 2009. *Universitätsbibliothek Tübingen*.

Evaluation of land degradation trend using satellite imagery and climatic data (Case study: Fars province)

Hadi. Eskandari Damaneh¹, Hamid. Gholami^{2*}, Rasool. Mahdavi², Asadollah. Khorani³, Jimmy. Li⁴

Received: 05/12/2018

Accepted: 14/07/2019

Extended Abstract

Introduction: Climate change and human activities have a direct impact on land vegetation. Decreased rainfall and increased temperature are among the climate change factors leading to significant changes in water resources and energy balance in affected areas. On the other hand, human activities such as growing population, overgrazing and land use changes that make change in land conditions, also cause land degradation and desertification. Land degradation is a negative environmental process defined by many authors using different methods. Some authors have defined land degradation as reduced potential for land production or long-term decrease in ecosystem performance, while others have determined land degradation as decreased resources over time due to negative effects of human activities. Despite these definitions, all definitions imply that land degradation causes decrease in potential of land resources to meet the ecosystem needs. There are several methods for assessing land degradation at different spatio-temporal scales. Land degradation is the result of a prolonged decrease in vegetation and initial production at spatio-temporal scales. Therefore, long-term study of vegetation can be used as a strong index for assessing land degradation. According to studies, one can conclude that arid and semi-arid regions are very sensitive to climate change, and on the other hand, vegetation well illustrates these changes. Therefore, due to the fact that Fars province occurs in arid and semi-arid regions of Iran, this study aims to investigate the process of land degradation using trend analysis of climate data and vegetation indices in Fars province.

Materials and methods: Fars province covers 122000 km², which accounts for 7.4% of the country's total area. Monthly products of NDVI index from Terra satellite, MODIS sensor MOD13A2 were used in this study in order to investigate vegetation. Also, climate data of temperature and precipitation with the monthly lag from the synoptic stations in the region, with appropriate distribution at the province scale and a common time base during the period of 2006-2016 were used. The NDVI products were used to calculate vegetation index for the period of 2006-2016. Google Earth software was used to assess NDVI values in different regions of Fars

1 Ph. D. Student, Department of Agricultural and Natural Resources, Hormozgan University, Iran

2 Department of Agricultural and Natural Resources, Hormozgan University, Iran, Corresponding Author: Hgholami@hormozgan.ac.ir

3 Department of geography, Hormozgan University, Iran

4 Department of Geosciences, The University of Tulsa, Tulsa-Oklahoma

DOI: 10.22052/deej.2018.7.24.35

province. In order to collect the field data, the available images from Google Earth for each year were taken as random sampling points, and then the consistency rate of vegetation and NDVI index were evaluated. Also, we used MODIS land cover-type product (MCD12Q1, 500 m) for land cover information 2006–2016. After obtaining climatic (temperature and rainfall) data for the stations in the present study, temperature and rainfall maps were prepared using inverse weighted distance interpolation method. Inverse Weighted Distance (IDW) method interpolates the unknown quantity by weighing the data around the point. Mann-Kendall test and Theil–Sen estimator were applied to calculate the monthly changing trends of vegetation, temperature and rainfall in the study area. Theil–Sen estimator was used to confirm the accuracy of the trend changes. After analyzing the trend of climatic data and vegetation index, the correlations between these indices were investigated. The linear correlation model was used for monthly NDVI, temperature and rainfall time series. All statistical analyses were performed in IDRISI software on a monthly basis for the period of 2006-2016.

Results: The changing trend of vegetation, rainfall and temperature showed that these indices show different changes during the period of 2006-2016. Changes in NDVI index indicate that the value of this index varies from 0 to 0/55. The changing trend of NDVI index showed a decreasing trend for this index during the time period, but climatic indicators of temperature and rainfall showed increasing trends. The trend of changes in NDVI index showed that this trend is not the same throughout Fars province so that 22.4% of the area of Fars province showed a decreasing trend in terms of vegetation. On the other hand, the decreasing trend of vegetation was significant for 7.8% of the study area. 13.2% of the area of province indicated no correlation as well as no trend for this period. The increasing trend for vegetation accounted for 64.4% of the area of province. The analysis of rainfall trends showed that this index had a decreasing trend in 86.1% of the area of the province. Rainfall changes without any trend accounted for 9.7% of the province's area, while the increasing trend for rainfall was found for only 4.2% of the province. The study of the temperature trend showed that only 2.4% of the province showed a decreasing trend. About 0.02% of the province showed temperature variations without trend, and 97.5% of the province indicated the increasing trend of temperature. The correlation between NDVI and rainfall indicated that in 81.8% of the province area, there was a negative correlation between vegetation and rainfall, and about 1.8% of the province had no correlation with the trend of changes in vegetation with rainfall. Positive correlation between these two parameters also was found for 16.4% of the province. The relationship between temperature and vegetation indicates that the negative trend of this correlation is observed in 53.3% of the province's area. Also, about 11.8% of the province did not indicate any correlation between vegetation and temperature. The positive correlation between these two indices was found for 34.9% of the province, so that the temperature increased with increasing vegetation, of which in 13.3% of these areas the correlation was positive and significant. The correlation between temperature and rainfall also shows that there is a negative relationship between temperature and rainfall over 97.4% of the province, of which has a negative and significant correlation was observed for 24.5% of the province's area. Also, in 1% of the area of the province, there was no correlation between these two parameters and in 1.6% of the total area of the province, the relationship between rainfall and temperature was significant and positive.

Discussion and conclusions: Based on the results, increasing and decreasing trends in the vegetation and climatic parameters were variable in the different regions of study area. An increasing trend (about 64.1%) for vegetation was observed in the study area and mainly in agricultural land use. On the other hand, during this time period, the trend of climatic parameters such temperature and rainfall were increasing and decreasing until 2016, respectively. Therefore, more than half of Fars province is characterized by rainfall shortage and increased temperature, which ultimately would result in reduced water for agriculture. The analysis of the vegetation trend in Fars province showed that 22.3% of the study area had a negative trend during this 12-year period. These areas are mainly rangeland and forests. According to results, correlation analysis showed a negative correlation between NDVI and rainfall and a positive correlation between NDVI and temperature in these areas. Another reason for this negative correlation is the adaptation of plants to the region conditions which has made the plants more resistant to drought and water stress (Lamchin et al., 2018).

Keywords: Trend analysis; Man-Kendall, linear correlation model; Theil–Sen estimator; Fars province.