



بررسی تغییرات میزان کربن آلی خاک در دو منطقه بحرانی و آسیب پذیر مراتع دشت قهاوند با استفاده از سنجش از دور و GIS

بهناز عطائیان^{۱*}، شاهرخ شجاعی فر^۲، وحید زندیه^۳، سهیلاالسادات هاشمی^۴

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه ملایر

۳. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران

۴. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۹ آبان ۱۳۹۶

پذیرش: ۳۰ دی ۱۳۹۶

دسترسی اینترنتی: ۱ اسفند ۱۳۹۶

واژه‌های کلیدی:

شاخص‌های طیفی

کربن آلی خاک

لندست ۸

دشت قهاوند

چکیده

کربن آلی منبع اصلی مواد آلی خاک و شاخص کیفیت خاک در اکوسیستم‌های طبیعی است. بنابراین پایش ذخایر کربن آلی خاک در شرایط مختلف برای مطالعه چرخه جهانی کربن ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه حاضر به منظور بررسی میزان کربن آلی خاک در دو منطقه بحرانی و آسیب پذیر از دشت قهاوند که دارای اکوسیستم مرتعی بوده و در دهه‌های گذشته بیابان‌زایی گسترده‌ای را شاهد بوده است، انجام شد. نمونه برداری خاک سطحی تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در ۶۳ نقطه به صورت تصادفی در دو منطقه بحرانی و آسیب پذیر انجام شد. بررسی تغییرات کربن آلی خاک در دو منطقه نشان داد که تفاوت معنی داری در سطح یک درصد بین دو منطقه آسیب پذیر و بحرانی وجود دارد. همچنین میزان کربن آلی خاک حاصل از نمونه‌ها با نتایج حاصل از شاخص‌های طیفی تصویر ماهواره لندست ۸ مقایسه شد. سپس، تعداد نه شاخص مختلف پوشش گیاهی و روشنایی شامل MSAVI، SAVI، RVI، NDVI، OSAVI، TSAVI، WdVI، NDBI و BI مربوط به ۶۳ نقطه نمونه‌گیری زمینی بر اساس تصویر ماهواره‌ای اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ محاسبه شد. شاخص‌های ماهواره‌ای SAVI، RVI، NDVI، OSAVI، TSAVI، MSAVI، NDBI و BI همبستگی پیرسون نسبتاً خوبی با میزان کربن آلی خاک به ترتیب با R^2 به ارزش ۰/۴۱، ۰/۳۸، ۰/۳۸، ۰/۴۱، ۰/۴۰، ۰/۳۹، ۰/۴۴- و ۰/۴۸ از خود نشان دادند. این نتایج نشان‌دهنده امکان استفاده از شاخص‌های طیفی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ جهت بررسی و مطالعه ذخایر کربن آلی خاک در دشت قهاوند است.

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: attaeian94@gmail.com

مقدمه

کشور ایران با میانگین بارش ۲۵۰ میلی‌متر بارش سالانه یکی از کم‌آب‌ترین کشورهای جهان با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک است (۸). خاک یکی از منابع به‌کندی تجدید پذیر و مهم اکوسیستم است که زیربنای حیات روی کره زمین را تشکیل می‌دهد. اکوسیستم‌های مرتعی از دیدگاه اکولوژیکی، اقتصادی و زیست‌محیطی دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای هستند. همچنین خاک‌های مرتعی با تغییرپذیری زمانی و مکانی شدید، گسترش وسیع داشته و اهمیت زیادی در حفظ تنوع گیاهی و به‌طور کلی موجودات زنده در این اکوسیستم‌ها دارند (۵). رشد بی‌رویه جمعیت نیازمند تأمین غذا و علوفه بیشتر و در نتیجه بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی تجدیدشونده است. این امر علت اصلی گرایش به کشاورزی با نهاده‌های بیشتر، تغییر کاربری اراضی، استفاده از اراضی حاشیه‌ای و جنگل‌تراشی است (۱۸). اطلاعات کاربری اراضی و تیپ پوشش زمین لازمه انجام فعالیت‌های مختلف مدیریتی، اهداف سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با سطح زمین است (۷). از آنجایی که این فعالیت‌ها به‌طور عمده بدون شناخت کافی از محیط خاک و در طول سالیان متمادی انجام گرفته است، باعث اختلال و کاهش توانایی خاک در حمایت از فرایند تولید غذا شده است (۲۵). از این رو مسئله تخریب خاک یکی از مهم‌ترین مسائل دنیای امروز تلقی می‌شود.

یک شاخص مهم برای تشخیص سلامتی و پایداری اکوسیستم وضعیت مواد آلی و یا کربن آلی خاک است. ذخیره کربن در مراتع یکی از اجزای مهم چرخه جهانی کربن است. بررسی اثرات مدیریت‌های مختلف اراضی بر تغییرات ماده آلی و مخازن کربن آلی خاک در مراتع نواحی خشک و نیمه‌خشک به منظور برقراری شرایط پایدار در اکوسیستم ضروری است. مدیریت خاک بازگشت و پویایی ماده آلی خاک را از طریق تغییر کمیت و کیفیت بقایای گیاهی که وارد خاک می‌شوند، توزیع فصلی و مکانی آن‌ها، نسبت بین ورودی‌های روزمینی و زیرزمینی و از طریق تغییر ورودی‌های عناصر غذایی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۷). مخزن کربن آلی خاک به شدت تحت

تأثیر تغییر کاربری و مدیریت اراضی (مانند چرای دام، نوع عملیات کشاورزی) قرار می‌گیرد (۱۹). از جمله پیامدهای چرای دام ممکن است افزایش میزان کربن خاک و ترسیب آن (۲۱)، یا کاهش کربن و متعاقب آن تشدید پدیده گلخانه‌ای باشد (۲۲). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ذخایر و اجزای مختلف کربن آلی خاک خیلی سریع‌تر از کربن کل به مدیریت مراتع و دیگر تغییرات کاربری اراضی عکس‌العمل نشان می‌دهند، از این رو اجزای مختلف کربن آلی خاک می‌توانند به عنوان شاخص‌های اولیه و حساس تغییر ذخایر کربن خاک به کار روند (۱۳).

تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یکی از منابع اطلاعاتی مکانی نسبت به سایر منابع متداول (مانند نقشه‌ها) و عکس‌های هوایی دارای برتری‌های متنوعی از جمله پوشش وسیع و تکراری، کاهش حجم عملیات میدانی، کاهش هزینه و همچنین به هنگام بودن اطلاعات است (۱۱). پایه سنجش از دور این است که اشیاء در طول موج‌های مختلف مقادیر متفاوتی از تابش را جذب و منتشر می‌کنند یا عبور می‌دهند (۱). بررسی میزان کربن آلی خاک با استفاده از روش‌های سنتی علاوه بر زمان‌بر بودن، صرف هزینه‌های زیادی نیز در پی خواهد داشت. سنجش از دور تکنولوژی بسیار مفیدی است که می‌توان آن را برای به دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی از خاک و پوشش گیاهی به کار برد. خصوصیات نظیر فراهم ساختن دید وسیع و یکپارچه از یک منطقه، قابلیت تکرارپذیری، سهل‌الوصول بودن اطلاعات و دقت بالای اطلاعات حاصله و صرفه‌جویی در زمان از ویژگی‌هایی است که استفاده از این گونه اطلاعات را برای بررسی پوشش گیاهی و کنترل تغییرات آن نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت می‌بخشد. لذا روش‌های نوین دور سنجی تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از شاخص‌های طیفی مبتنی بر بازتاب طیفی پدیده‌ها، می‌توانند نتایج رضایت‌بخش و مطلوبی ارائه دهند که از هزینه‌ها و زمان نیز مقرون به صرفه باشند. نتایج آزمایش کونانت و همکاران (۱۴) نشان داد که کربن آلی خاک در مراتع با مدیریت مناسب چرا (قرق) در مقایسه با مراتع مجاور که تحت چرای خیلی شدید بودند، به‌طور

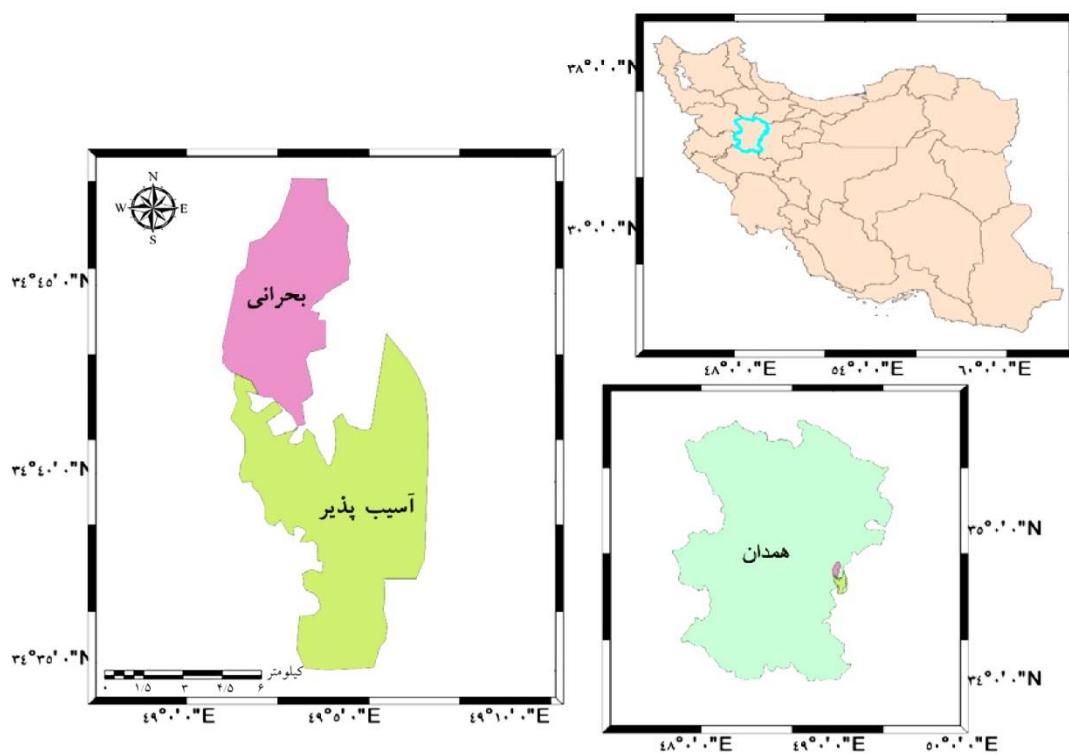
هدف از این پژوهش برآورد میزان کربن خاک در مراتع دشت قهاوند با دو وضعیت بحرانی و آسیب‌پذیر و همچنین تعیین همبستگی شاخص‌های طیفی منتج از تصویر ماهواره لندست ۸ با ذخیره کربن آلی خاک سطحی است. بررسی عملکرد شاخص‌های مختص پوشش گیاهی در برآورد غیرمستقیم کربن به خصوص در منطقه نیمه‌خشک قهاوند برای اولین بار بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در موقعیت $34^{\circ}35'00''$ تا $34^{\circ}45'00''$ عرض شمالی و $49^{\circ}00'00''$ تا $49^{\circ}10'00''$ طول شرقی قسمتی از جنوب شرقی دشت قهاوند یکی از چهار دشت واقع در حوزه آبریز رودخانه قره‌چای است که در شرق استان همدان قرار دارد (شکل ۱).

متوسط معادل ۲۲ درصد افزایش داشت. تفاوت‌ها در سه منطقه از چهار منطقه نمونه برداری شده معنی‌دار بودند. استیفنز (۲۳) نشان داد در صورتی که میزان ماده آلی در خاک از ۲ درصد بیشتر باشد می‌تواند به عنوان یک فاکتور غالب در تعیین رفتار طیفی خاک مؤثر باشد. در غیر این صورت، الگوهای انعکاسی به شدت تحت تأثیر سایر خصوصیات خاک خواهند بود. نتایج رحمتی و همکاران (۲۰) نشان داد که با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^{+} ماهواره لندست ۷ و استفاده از رگرسیون خطی و غیرخطی امکان تخمین میزان کربن آلی خاک در نواحی بدون پوشش گیاهی فراهم است اما حضور مستقیم پوشش گیاهی تأثیر منفی بر نتایج می‌گذارد. نتایج بررسی‌های جیانگ و همکاران (۱۶) نیز در چین نشان داد که استفاده از سنجش از دور اسپکتروسکوپی مرئی-مادون قرمز و اثر تصحیح سیگنال‌های متعادل بر حذف اثر رطوبت در بررسی کربن خاک، همراه با رگرسیون جزئی حداقل مربعات، تخمین کربن آلی خاک تحت شرایط مرطوب را ارتقاء بخشیده است.



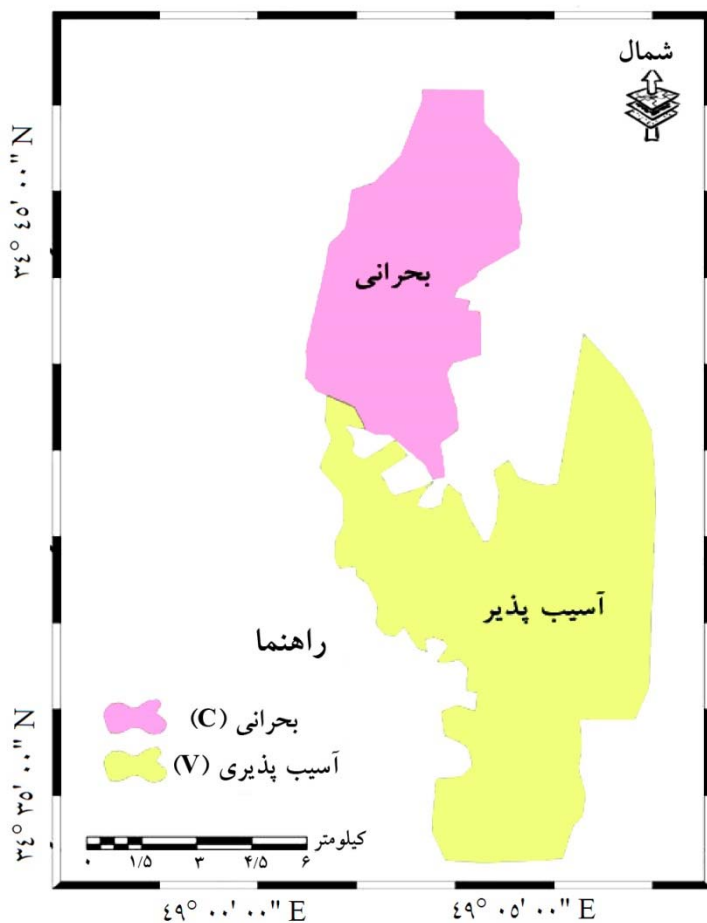
شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی قهاوند در شهرستان و استان همدان

سادگی کار منطقه بحرانی با حرف C و منطقه آسیب‌پذیر با حرف V نشان داده می‌شود. میزان تولید در منطقه C در سطح مراتع به طور میانگین ۹۵۶۱۰ کیلوگرم و درصد پوشش آن به طور میانگین ۱۹ درصد و میزان تولید در منطقه V به طور میانگین ۱۳۷۶۰۰ کیلوگرم و درصد پوشش آن ۳۹ درصد است.

پوشش گیاهی منطقه

با توجه به مطالعات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه (۲)، تیپ‌بندی گیاهی منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۱۶۳۱/۵ متر، متوسط بارش سالانه منطقه ۲۶۰ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۱۱/۷۹ درجه سانتی‌گراد، میزان تبخیر سالانه از سطح تشتک ۲۰۲۰ میلی‌متر و اقلیم منطقه به روش دمارتن نیمه‌خشک و به روش آمبرژه خشک سرد بوده و از نظر فیزیوگرافی جزء دشت‌های سیلابی و اراضی پست است. وسعت حوزه آبریز این رودخانه بالغ بر ۵۸۴۵ کیلومترمربع است و قسمت عمده آن (نزدیک به سه چهارم) خارج از محدوده استان همدان و در استان‌های مرکزی و قم قرار دارد (۲). محدوده مورد مطالعه از نظر عواملی مانند میزان تولید و درصد پوشش و سایر عواملی مانند وضعیت خاک منطقه، به دو منطقه بحرانی (Critical) و آسیب‌پذیر (Vulnerable) تفکیک گردید (شکل ۲). برای



شکل ۲. تفکیک دو منطقه بحرانی و آسیب‌پذیر

جدول ۱. تیپ‌های گیاهی و گونه‌های غالب آن

کد تیپ	علامت اختصاری	نام فارسی	مساحت (ha)	درصد مساحت
I	As.sp-Br.te-Er.bu	گون- علف پشمکی- چوچاق	۲۷۳/۶۴	۱/۸۲
II	Co.mo	تار	۴۱۸/۱۷	۲/۷۸
III	Ha.st-Po.bo-Br.te	گوریک- چمن پیازی- علف پشمکی	۶۴۳/۹۲	۴/۲۹
IV	Po-bo-Co.mo-An.mo	چمن پیازی- تار- بابونه وحشی	۳۵۱۰/۰۸	۲۳/۳۷
-	DF	اراضی دیم	۶۴۸۷/۳۱	۴۳/۱۹
-	IF	کشت آبی	۳۵۷۸/۸۲	۲۳/۸۳
-	Villaige	اراضی مسکونی	۶۹/۱۳	۰/۴۶
-	BL	توده سنگی	۳۹/۳۴	۰/۲۶
-	جمع	-	۱۵۰۲۰/۴۲	۱۰۰

داده‌های مورد استفاده

وسایل مورد استفاده در این پژوهش به منظور جمع‌آوری و انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و همچنین ثبت دقیق مختصات نقاط نمونه‌برداری شامل؛ اوگر، بیلچه، کیسه‌های نایلونی تمیز، برجسب نام‌گذاری و GPS. وسایل آزمایشگاهی نیز شامل ظروف و مواد شیمیایی مورد نیاز جهت اجرای روش والکلی بلک بوده و به شرح زیر است؛ ارلن مایر، الکی ۲ میلی‌متر، بورت مدرج، بالن ژوژه، پیت حباب‌دار، اسید سولفوریک غلیظ، فرو سولفات آمونیوم، پتاسیم دی کرومات، ارتوفنانترویلین و آب مقطر استریل. در این پژوهش از تصویر ماهواره‌ای مورد لندست ۸ مربوط به به تاریخ ۱۷ می ۲۰۱۶ (۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۵) استفاده گردید. به منظور پردازش تصاویر و سایر محاسبات آماری نیز از نرم‌افزارهای ENVI، ArcGIS، MiniTab و SAS استفاده گردید.

تفکیک تصویر مورد استفاده (۳۰ متر) و به منظور حذف خطای ناشی از دقت GPS ابعاد پلات‌های برداشت میدانی با ضریب ۵ برابر اندازه پیکسل و به ابعاد ۱۵۰ متر در ۱۵۰ متر انتخاب گردید. سپس مختصات نقاط تصادفی تعیین شده و به عنوان مختصات مرکز پلات در نظر گرفته شد و تعداد ۶۳ نمونه خاک مرکب سطحی با عمق ۰-۲۰ سانتیمتری جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. به منظور صحت هر چه بیشتر پژوهش، نمونه‌برداری‌های میدانی در زمان عبور تصویر از سطح منطقه انجام گرفت. همچنین به منظور اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش اکسیداسیون پتاسیم دی کرومات استفاده گردید. تعیین کربن آلی خاک به وسیله اکسیداسیون پتاسیم دی کرومات در حضور یک اسید قوی، توسط والکلی و بلک (۲۴) معرفی گردید.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

برای انجام این تحقیق از تصویر ماهواره لندست ۸ استفاده شد. پیش‌پردازش داده‌ها که یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هستند، جهت آماده‌سازی تصاویر برای استفاده در مراحل اصلی پردازش مورد استفاده قرار می‌گیرند (۶). تصاویر ماهواره لندست عموماً دارای تصحیح هندسی، کیفیت خوب، ثبت شده منطبق بر پارامترهای مدار و دارای مختصات جغرافیایی هستند (۱۲) و انطباق آبراهه‌ها بر روی تصویر بیانگر این موضوع بود. جهت

نمونه‌گیری صحرائی و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

به جهت جمع‌آوری نمونه‌های خاک مورد نیاز برآورد کربن آلی و به جهت جمع‌آوری نمونه‌های خاک مورد نیاز به روش میدانی، ابتدا ۷۰ نقطه به طور تصادفی با توجه به کم‌ترین و بیش‌ترین طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه انتخاب و سپس موقعیت ۶۳ نقطه از بین این نقاط با استفاده از دستگاه GPS اندازه‌گیری شد. با توجه به قدرت

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})} \quad [2]$$

در این رابطه؛ ρ_{λ} رفلکتانس بالای اتمسفر (همراه با تصحیح زاویه تابش خورشیدی)، θ_{SE} زاویه محلی ارتفاع خورشید (زاویه ارتفاع خورشید برای مرکز تصویر در فایل متا دیتا بر حسب درجه موجود است)، θ_{SZ} زاویه محلی زینت (اوج) خورشید ($\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$).

محاسبه شاخص‌های طیفی

در این پژوهش هشت شاخص متشکل از شش شاخص پوشش گیاهی و دو شاخص روشنایی شامل SAVI, RVI, MSAVI, TSAVI, OSAVI, WDVI, NDBI و BI محاسبه گردیدند (جدول ۲).

اصلاح خطاهای رادیومتریک و اتمسفری تصاویر لندست ۸، مقادیر درجات خاکستری در محیط نرم‌افزار ENVI، طبق مراحل زیر به مقادیر انعکاسی بالای اتمسفر تبدیل گردید.

۱- تبدیل مقادیر درجات خاکستری به انعکاس بالای اتمسفر این تبدیل بر اساس رابطه ۱ انجام گردید.

$$\rho_{\lambda}' = M_p Q_{cal} + A_p \quad [1]$$

در این رابطه؛ ρ_{λ}' رفلکتانس بالای اتمسفر (بدون انجام تصحیح زاویه تابش خورشیدی)، M_p عامل تغییر مقیاس ضرب شونده؛ Q_{cal} باند تصویر مورد نظر؛ A_p عامل تغییر مقیاس اضافه شونده.

۲- تصحیح زاویه تابش خورشید، به منظور تصحیح زاویه تابش خورشید در محاسبه میزان انعکاس بالای اتمسفر از رابطه ۲ استفاده شد.

جدول ۲. معادله و نام شاخص‌های طیفی مورد استفاده

شاخص	رابطه	تعاریف
NDBI	$TIR - NIR / TIR + NIR$	Normalized Different Build up area Index
BI	$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	Brightness Index
OSAVI	$NIR - R / NIR + R + 0.16$	Optimized Soil Adjusted Vegetation Index
TSAVI	$\frac{s \times (NIR - s \times R - a)}{(a \times NIR + R - a \times s + X \times (1 + s \times s))}$	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index
MSAVI	$NIR - R / NIR + R + L \times (1 + L)$ $L = 1 - 2 \times s \times NDVI \times WDVI$	Modified Soil Adjusted Vegetation Index
SAVI	$NIR - R / NIR + R + L \times (1 + L)$	Soil Adjusted Vegetation Index
WDVI	$NIR - s \times R$	Weighted Divergence Vegetation Index
RVI	NIR / R	Ratio Vegetation Index

استخراج گردید و مجدداً به فرمت اکسل برای مراحل پردازش‌های آماری ذخیره گردید. تست نرمال بودن داده‌ها در نرم‌افزار SAS به روش Shapiro-Wilk انجام و در مرحله بعد نتایج حاصله در نرم‌افزار Minitab بررسی و نرمال‌سازی داده‌های شاخص‌های طیفی به روش‌های Box-Cox و Johnson انجام شد. سپس در نرم‌افزار SAS عملیات آنالیز

استخراج اطلاعات طیفی و پردازش‌های آماری

به منظور استخراج اطلاعات طیفی از نه شاخص، مختصات ۶۳ نقطه نمونه برداشت زمینی تصاویر شاخص‌های طیفی محاسبه شده به محیط نرم‌افزار ArcGIS منتقل گردید. با توجه به مختصات نقاط نمونه‌برداری، مقادیر عددی درجات خاکستری هر شاخص طبق نقطه برداشت زمین متناظر آن

آماری شامل T-Test و سرانجام تست همبستگی داده‌ها انجام گردید.

نتایج

نتایج آزمون t مستقل دو منطقه تحت آزمایش V و C نشان می‌دهد که تفاوت مابین کربن آلی خاک بین دو منطقه یاد شده در سطح احتمال یک درصد ($\alpha=0/01$) معنی‌دار است ($P_T<0/0001$; جدول ۳). در حقیقت با اطمینان ۹۹ درصد و تحت شرایط انجام آزمایش اختلاف بین دو ناحیه V و C به لحاظ آماری در رابطه با صفت کربن آلی خاک وجود دارد و در نتیجه منطقه V با میانگین ۱۳۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای

میزان کربن آلی بیشتری از منطقه C با میانگین ۹۵۶۱۰ کیلوگرم در هکتار است (شکل ۳). لازم به ذکر است بررسی درصد تغییرات کربن آلی OC در خاک سطحی نیز در هر دو منطقه C و V که از طریق آزمون t مستقل انجام شده است بیانگر معنی‌داری تغییرات درصد OC در سطح یک درصد ($\alpha=0/01$) است (جدول ۴؛ $P_T<0/0001$). در حقیقت با اطمینان ۹۹ درصد و تحت شرایط انجام آزمایش بین دو منطقه از لحاظ صفت درصد کربن آلی خاک به لحاظ آماری اختلاف وجود دارد که در این رابطه منطقه V با میانگین ۰/۴۴ درصد میزان کربن آلی بیشتری از منطقه C با میانگین ۰/۳۰ درصد داشته است (شکل ۴).

جدول ۳. آزمون t مستقل بین دو منطقه تحت آزمایش برای صفات موجود

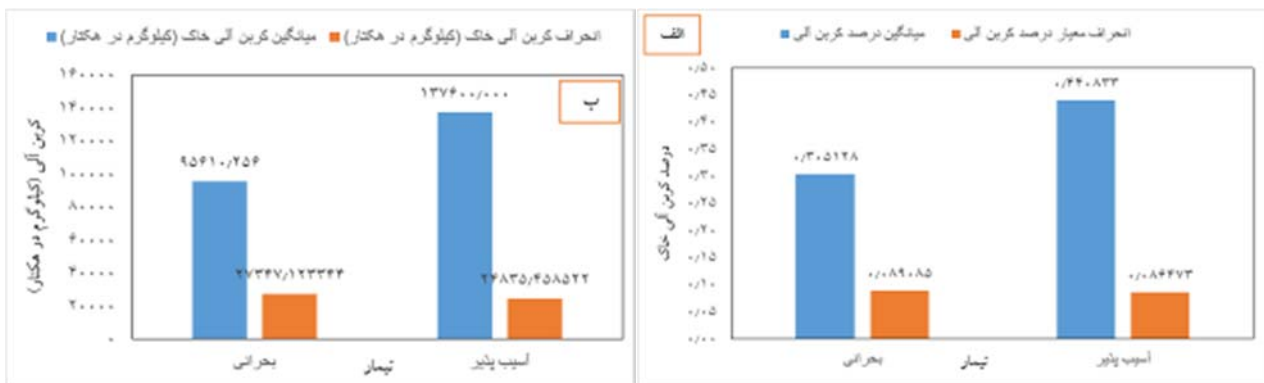
Pr>[t]	Tvalue	درجه آزادی	واریانس	روش
<0/0001	-۵/۹۴	۶۱	همگن	Pooled OC %
<0/0001	-۶/۱۲	۶۱	همگن	Pooled OC soil

با توجه به نتایج حاصله مشخص می‌شود میزان کربن آلی خاک در منطقه‌ای که دارای پوشش گیاهی بیشتر بوده و کمتر دچار تخریب حاصل از بیابانی شدن گردیده است مقدار بالاتری را نشان داده و تفاوت معنی‌داری با منطقه بحرانی داشته است، محقق و همکاران (۱۰) در تحقیقات خود مشابه این نتایج را گزارش کرده و اعلام نمودند میزان کربن آلی خاک در مرتع ضعیف و کشت دیم نسبت به کاربری مرتع خوب کاهش معنی‌داری نشان داده است. میزان کربن ذخیره شده در خاک، حاصل تعادل بین دو فرایند مهم زیستی است که باعث تولید مواد آلی از یک سو و تجزیه این مواد از سوی دیگر می‌شود. تفاوت در محتوای کربن موجود در اکوسیستم‌های مختلف تا حدود زیادی وابسته به عوامل خاک و اقلیم است و کربن آلی با افزایش محتوای رس خاک و بارندگی سالانه، افزایش و با افزایش دمای سالانه، کاهش می‌یابد. همچنین اسیدهای حاصل از تجزیه مواد آلی و هوموس خاک عامل مؤثری در اسیدی شدن محیط خاک

هستند. اکسیداسیون مواد آلی خاک توسط میکروارگانیسم‌ها با تولید گاز دی‌اکسید کربن و اسیدکربنیک سبب جا به جا شدن عناصر قلیایی از سطح کلوئیدهای خاک می‌شود و این روند با تولید هیدروژن منجر به کاهش عناصر قلیایی یا افزایش اسیدیته و نیز کم شدن درصد اشباع بازی خاک می‌گردد. همچنین مقادیر کربن آلی خاک با زی‌توده اکوسیستم‌ها ارتباط مستقیم دارد به طوری که مراتع عموماً کمتر از یک درصد از کربن آلی گیاه را در زی‌توده هوایی ذخیره می‌کنند و در مجموع میزان کربن موجود در زی‌توده گیاهی مراتع نسبتاً کم است (تقریباً ۱۰ درصد) که اکثر آن در زی‌توده زیرزمینی نگهداری می‌شود. در اکوسیستم‌های مرتعی بیشترین ذخایر کربن آلی در ماده آلی خاک قرار دارد که حاوی ۹۰ درصد از مجموع کربن آلی موجود در سیستم است. بیشترین مقدار ماده آلی مراتع در سطح خاک است و با افزایش عمق کاهش می‌یابد (۹).

جدول ۴. درصد و مقدار اندازه‌گیری شده کربن در آزمایش در هر یک از مناطق و تفاوت آن‌ها

خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	تعداد	تیمار	صفت
۰/۰۱۴۳	۰/۰۸۹۱	۰/۳۰۵۱	۳۹	C	OC%
۰/۰۱۷۷	۰/۰۸۶۵	۰/۴۴۰۸	۲۴	V	OC%
۴۳۷۹	۲۷۳۴۷	۹۵۶۱۰	۳۹	C	OC Soil
۵۰۶۹/۵	۲۴۸۳۵	۱۳۷۶۰۰	۲۴	V	OC Soil

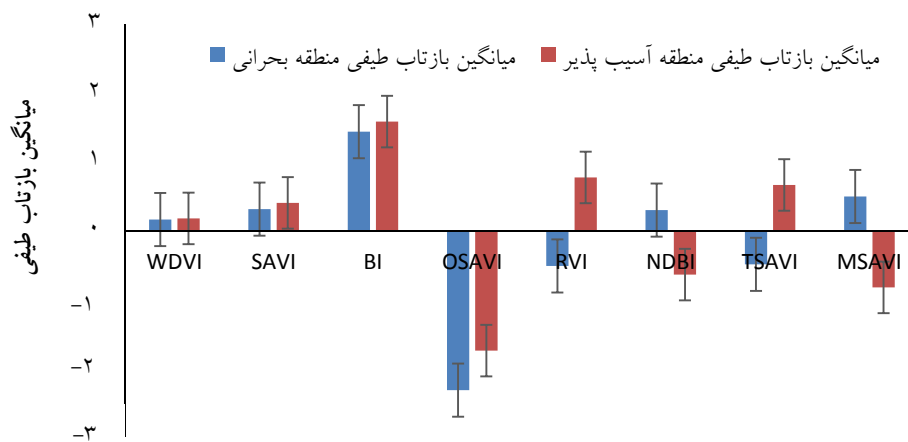


شکل ۳. مقایسه میانگین و انحراف معیار درصد کربن آلی (الف) و کربن آلی (ب) خاک در دو منطقه بحرانی و آسیب پذیر

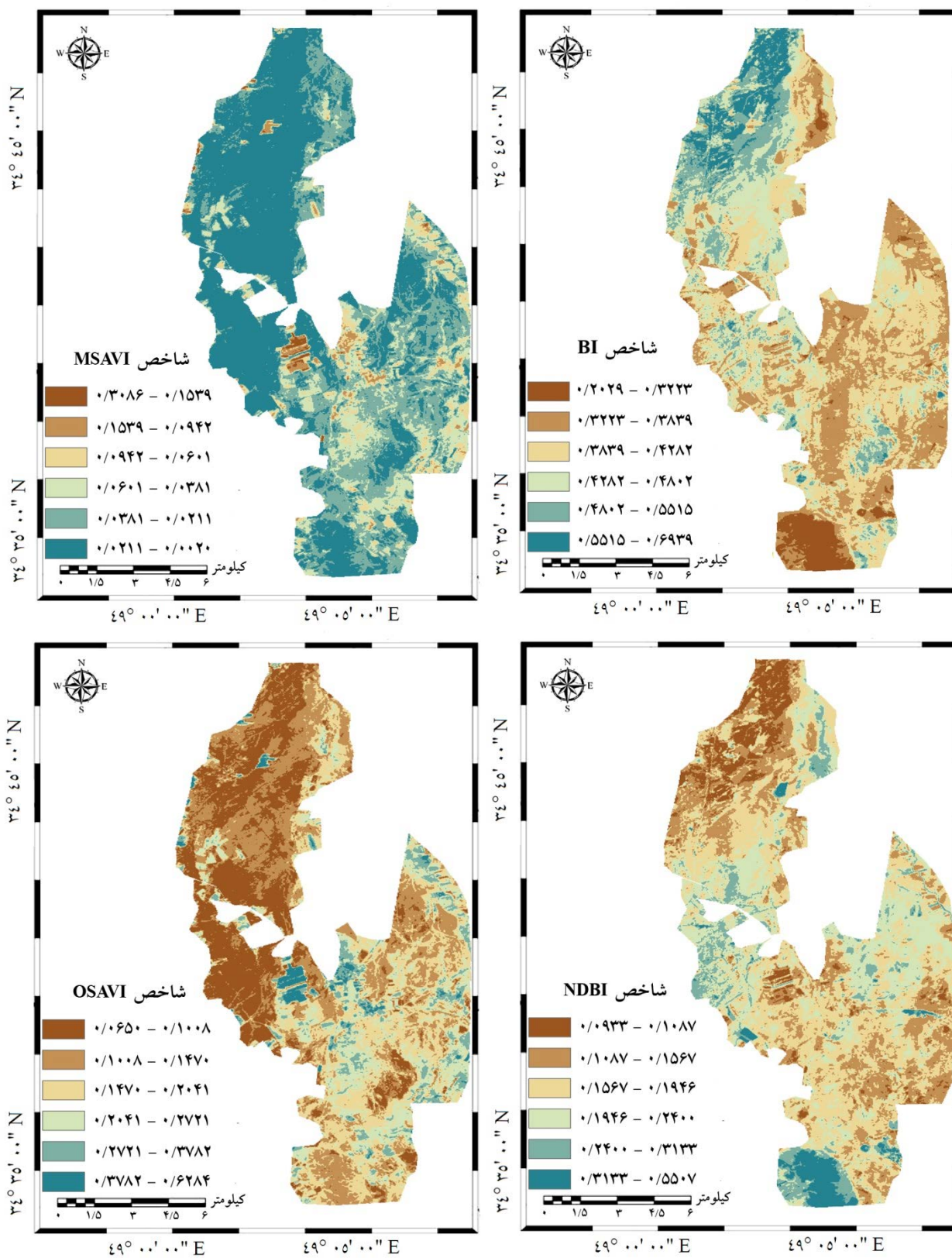
میزان بازتاب طیفی شاخص‌های گیاهی در منطقه آسیب‌پذیر نشان‌دهنده پوشش گیاهی بالاتر از منطقه بحرانی است. نقشه هر یک شاخص‌های طیفی مورد استفاده در شکل ۵ ارائه گردیده‌اند. نتایج همبستگی بین شاخص‌ها و کربن آلی خاک نیز در جدول ۵ آورده شده است.

مقایسه نتایج حاصل از شاخص‌های ماهواره‌ای در دو منطقه مورد مطالعه

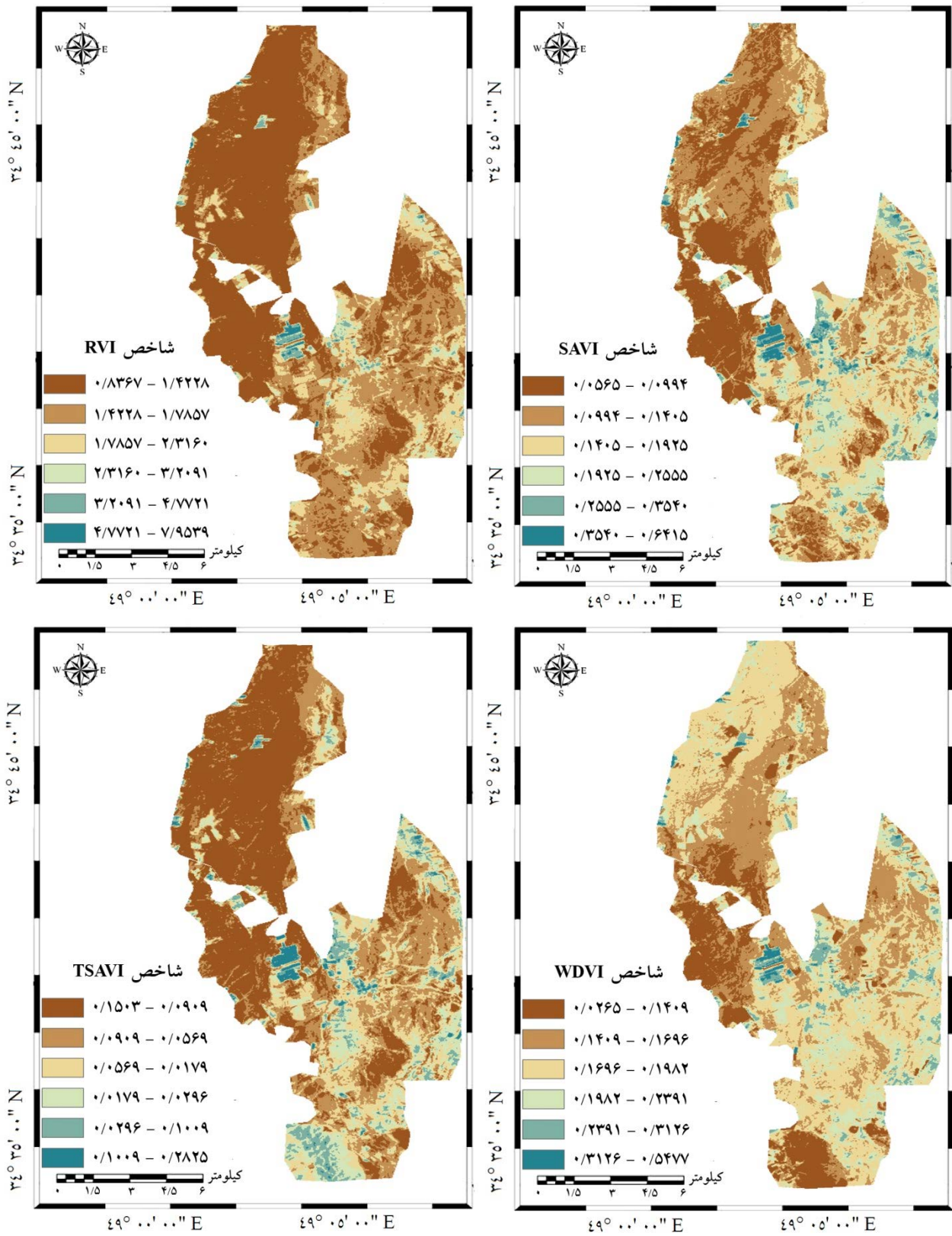
بررسی میانگین شاخص‌ها در دو منطقه نشان‌دهنده بالاتر بودن بازتاب طیفی شاخص در منطقه آسیب‌پذیر نسبت به منطقه بحرانی است (شکل ۴) که با دقت در آن می‌توان فهمید



شکل ۴. میانگین شاخص‌های ماهواره‌ای در دو منطقه بحرانی و آسیب‌پذیر



شکل ۵. نقشه شاخص های طیفی در منطقه مورد مطالعه



ادامه شکل 5. نقشه شاخص های طیفی در منطقه مورد مطالعه

همبستگی بین کربن آلی خاک با شاخص‌ها

با توجه به جدول ۵ می‌توان بیان کرد بین کربن آلی خاک و شاخص RVI همبستگی پیرسون مستقیمی با شدت ضعیف در ضریب اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد ($r=0/3846$). این رابطه در سطح احتمال یک درصد ($\alpha=0/01$) معنی‌دار بوده ($P_v=0/0019$) و حاکی از ارتباط این دو صفت در دو منطقه بحرانی (C) و آسیب‌پذیر (V) است (شکل ۶).

با توجه به جدول آنالیز همبستگی پیرسون در این پژوهش (جدول ۵) با اطمینان ۹۹ درصد، رابطه مستقیم و مثبتی بین کربن آلی خاک با شاخص‌های OSAVI، MSAVI، TSAVI و SAVI به ترتیب با مقادیر $r=0/41$ ، $0/40$ ، $0/39$ و $0/38$ دیده شد. این رابطه در سطح احتمال یک درصد ($\alpha=0/01$) معنی‌دار بوده که بیانگر ارتباط این دو صفت در دو

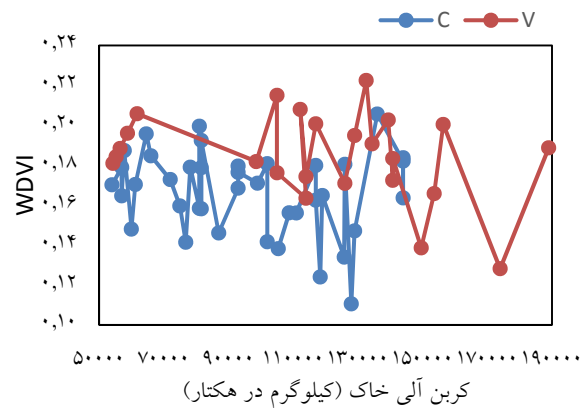
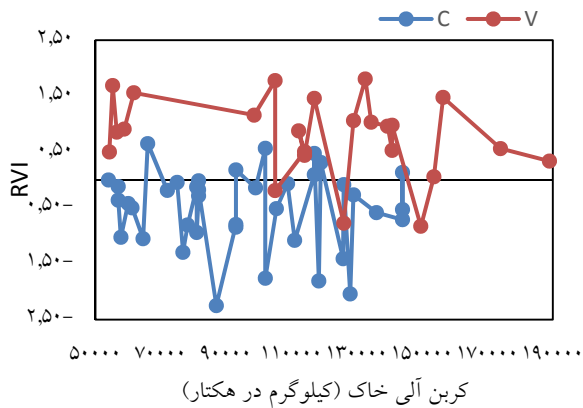
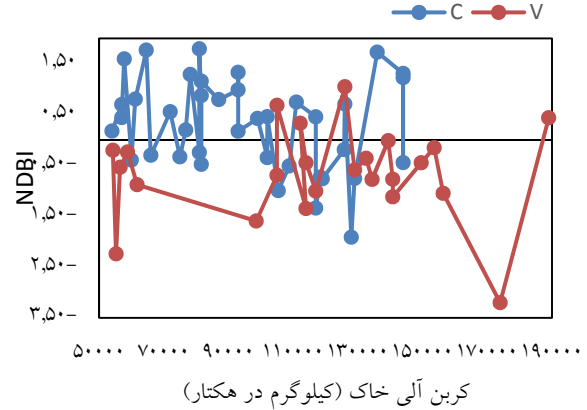
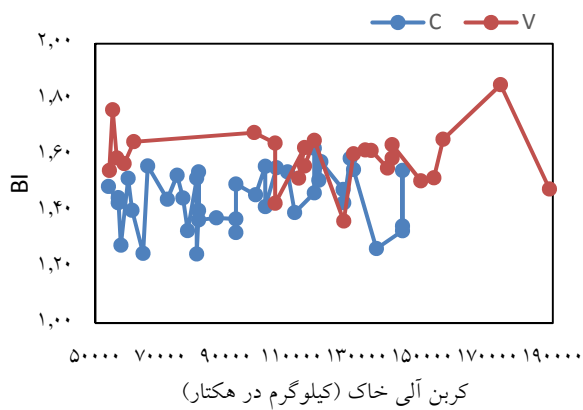
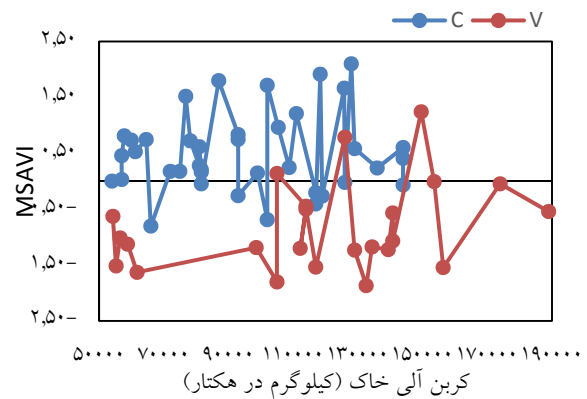
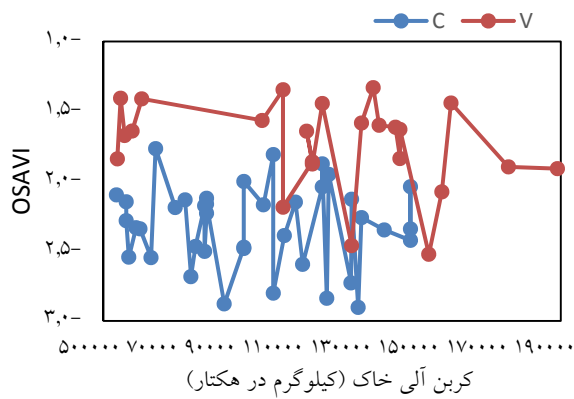
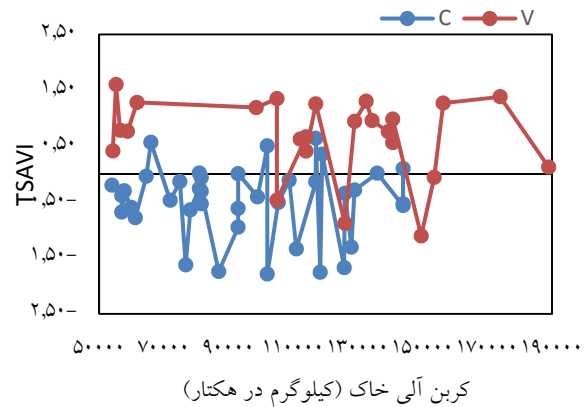
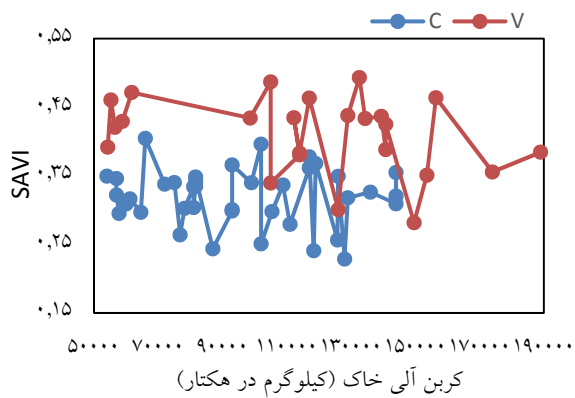
منطقه بحرانی (C) و آسیب‌پذیر (V) است (شکل ۶).

بیشترین میزان همبستگی بین داده‌های کربن آلی خاک و شاخص‌های BI ($r=0/47$) و NDBI ($r=-0/43$) مشاهده شد، با این تفاوت که میزان همبستگی شاخص BI مثبت اما میزان همبستگی شاخص NDBI منفی بود (جدول ۵). این رابطه در سطح احتمال یک درصد ($\alpha=0/01$) برای هر دو شاخص معنی‌دار بوده است. شاخص RVI نیز همانند شاخص SAVI دارای رابطه مستقیم و مثبتی با شدت ضعیف با کربن آلی خاک به میزان $0/38$ بوده است که در سطح احتمال یک درصد ($\alpha=0/01$) معنی‌دار است. در بین شاخص‌های استفاده شده در این پژوهش، شاخص WdVI هیچ گونه همبستگی مثبتی با کربن آلی خاک چه در سطح پنج درصد و چه در سطح یک درصد نداشته است (شکل ۶).

جدول ۵. ضرایب همبستگی متغیرهای

متغیر	OC%	OC (Soil)	RVI	SAVI	BI	NDBI	WDVI	TSAVI	MSAVI	OSAVI
OC%	۱									
OC (Soil)	0/98**	۱								
RVI	0/38**	0/38**	۱							
SAVI	0/38**	0/38**	0/98**	۱						
BI	0/47**	0/48**	0/70**	0/63**	۱					
NDBI	-0/43**	-0/44**	-0/49**	-0/41**	-0/96**	۱				
WDVI	0/1	0/1	0/64**	0/73**	-0/06**	0/29**	۱			
TSAVI	0/40**	0/40**	0/94**	0/93**	0/66**	-0/05**	0/64**	۱		
MSAVI	0/41**	0/41**	0/99**	0/99**	0/73**	-0/04**	0/62**	0/94**	۱	
OSAVI	0/39**	0/39**	0/99**	0/99**	0/69**	-0/49**	0/66**	0/94**	0/99**	۱

**همبستگی در سطح $0/01$ معنی‌دار است.



شکل ۶. رابطه بین کربن آلی خاک و شاخص‌های طیفی در دو منطقه بحرانی و آسیب‌پذیر

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق بررسی معنی دار بودن روند تغییرات کربن آلی خاک در دو منطقه آسیب پذیر و بحرانی در دشت قهاوند مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شد که میزان کربن در دو منطقه در سطح یک درصد تفاوت معنی داری داشته است. علت این امر را می توان به چرای بسیار شدید و بی رویه در منطقه بحرانی نسبت داد که منجر به تخریب شدید پوشش گیاهی و متعاقباً کاهش کربن آلی خاک در منطقه گردیده است. در منطقه آسیب پذیر نیز میزان کربن آلی خاک کم بوده است اما در مقایسه با منطقه بحرانی شرایط بهتری داشته است. در این منطقه می توان با مدیریت صحیح و حفظ پوشش گیاهی، روند تخریب مراتع را کند یا حتی متوقف کرد. با توجه به خشک و بیابانی شدن منطقه و افزایش اراضی شور در این ناحیه، به شدت نیاز به احیاء هرچه سریع تر مراتع موجود اقدام کرد.

همچنین از بین شاخص های گیاهی و بر اساس جدول ۵ دو شاخص MSAVI و TSAVI بیشترین همبستگی پیرسون را با کربن آلی خاک نشان داد و شاخص های OSVI، SAVI و RVI در رده های بعدی قرار گرفتند. با توجه به اینکه شاخص های TSAVI و MSAVI و OSVI اصلاح شده شاخص SAVI می باشند لذا همبستگی بهتر آن ها نسبت به شاخص SAVI نشان دهنده این است که اصلاحات صورت گرفته بر روی شاخص باعث شده است تا نتایج بهتری از شاخص حاصل گردد. با توجه به این نتایج مشخص می شود دو شاخص اول در مناطق خشک و نیمه خشک کارایی بیشتری دارند؛ با توجه به اینکه پوشش گیاهی متأثر از میزان کربن آلی خاک است نتیجه حاصل از این شاخص ها قابل توجیه است. دیماته و همکاران (۱۵) با مطالعه ۳۰ نمونه خاک و بررسی نقشه های تهیه شده از متغیرهای خاک، روش سنجش از دور را روش مناسبی اعلام کردند. درویش زاده و همکاران (۳) تعداد ۱۷ شاخص پوشش گیاهی را در بافق یزد بررسی و دقت شاخص NDVI را با توجه به ضریب همبستگی پیرسون از سایر شاخص ها بالاتر اعلام نمودند، همچنین شاخص های مبتنی بر خط خاک مثل MSAVI، OSVI، TSAVI و SAVI

را دارای دقت بالاتری در مناطق خشک معرفی کردند که با نتایج این تحقیق نیز همخوانی دارد. با توجه به اینکه میزان کربن آلی خاک بر روی بازتاب سطحی خاک تأثیر مستقیم دارد، در پایان مشخص گردید که در بین تمام شاخص ها، شاخص های طیفی مبتنی بر بازتاب سطح یعنی BI و NDBI به ترتیب دارای بیشترین همبستگی با کربن آلی خاک بوده اند.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، م. و م. نارنگی فرد. ۱۳۹۴. برآورد کیفیت و آشکارسازی تغییرات پهنه های جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: شهرستان رستم، فارس). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳): ۸۷-۱۰۰.
۲. احمدیان، م.، م. پاک پرور و د. عاشورلو. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات شوری خاک به کمک پردازش رقومی اطلاعات ماهواره لندست در دشت قهاوند (استان همدان). پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۴(۲): ۱۷۹-۱۹۱.
۳. درویش زاده، ر.، ع. ا. متکان، ا. حسینی اصل و م. ابراهیمی خسفی. ۱۳۹۱. تخمین درصد پوشش گیاهی منطقه خشک ایران مرکزی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: حوزه شیطان، بافق). خشک بوم، ۱۲(۱): ۲۵-۳۸.
۴. شتابی جویباری، ش. و ا. عبدی. ۱۳۸۶. تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس با استفاده از داده های سنجنده ETM⁺ (منطقه مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم آباد لرستان). علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۱): ۵۰-۶۰.
۵. شکل آبادی، م.، ح. خادمی، م. کریمیان اقبال و ف. نوربخش. ۱۳۸۶. تأثیر اقلیم و قرق دراز مدت بر برخی از شاخص های بیولوژیکی کیفیت خاک در بخشی از مراتع زاگرس مرکزی. علوم آب و خاک، ۱۱(۴۱): ۱۰۳-۱۱۶.
۶. فاطمی، س. ب. و ی. رضایی. ۱۳۹۱. مبانی سنجش از دور. چاپ سوم، انتشارات آزاده. ۲۹۶ صفحه.
۷. قربان نیا خیبری، و.، م. م. میرسنجری و م. آرمین. ۱۳۹۶. پیش بینی تغییرات کاربری جنگل در حوزه آبخیز چالوس رود. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۲): ۷۹-۹۱.

- evaluation. *Geoderma*, 121(1): 95-112.
16. Jiang Q, Chen Y, Guo L, Fei T, Qi K. 2016. Estimating Soil Organic Carbon of Cropland Soil at Different Levels of Soil Moisture Using VIS-NIR Spectroscopy. *Remote Sensing*, 8(9): 755-771.
 17. Kandeler E, Stemmer M, Klimanek E-M. 1999. Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fractions to long-term soil management. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(2): 261-273.
 18. Lal R. 1997. Degradation and resilience of soils. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 352(1356): 997-1010.
 19. Lorenz K, Lal R, Shipitalo M. 2008. Chemical stabilization of organic carbon pools in particle size fractions in no-till and meadow soils. *Biology and Fertility of Soils*, 44(8): 1043-1051.
 20. Rahmati M, Neyshabouri MR, Oskouei MM, Fard AF, Ahmadi A. 2016. Soil organic carbon prediction using remotely sensed data at Lighvan watershed, Northwest of Iran. *Azarian Journal of Agriculture*, 3(2): 45-49.
 21. Reeder J, Schuman G. 2002. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution*, 116(3): 457-463.
 22. Snyman Hd, Du Preez C. 2005. Rangeland degradation in a semi-arid South Africa—II: influence on soil quality. *Journal of Arid Environments*, 60(3): 483-507.
 23. Stephens SL. 2005. Forest fire causes and extent on United States Forest Service lands. *International Journal of Wildland Fire*, 14(3): 213-222.
 24. Walkley A, Black IA. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38.
 ۸. قربانی‌نژاد، س.، م. دانشفر، ا. رحمتی، ف. فلاح، ع. حقی‌زاده و ن. طهماسبی‌پور. ۱۳۹۶. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت ازنا - الیگودرز با استفاده از متغیرهای محیطی و مدل نسبت فراوانی. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۸(۲): ۶۲-۷۸.
 ۹. کاشی‌زنوزی، ل.، ش. بانج شفیعی و ح. سعادت. ۱۳۹۵. بررسی رابطه خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با برخی از گونه‌های مرتعی. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۳(۱): ۱۵۰-۱۶۰.
 ۱۰. محقق، پ.، م. نادری و ج. محمدی. ۱۳۹۵. تعیین شاخص‌های مؤثر برای ارزیابی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف حوزه آبخیز چغاخور. *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۵(۳): ۵۵-۷۱.
 ۱۱. مهدوی، ع. و س. ر. فلاح شمس. ۱۳۹۱. تهیه نقشه تغییرات سطح جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر LISS-III ماهواره IRS (مطالعه موردی: شهرستان ایلام). *مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۱۹(۱): ۷۷-۹۲.
 12. Abdul-Qadir A, Benni TJ. 2010. Monitoring and evaluation of soil salinity in term of spectral response using Landsat images and GIS in Mesopotamian plain/Iraq. *Journal of Iraqi Desert Studies*, 2: 19-32.
 13. Christensen BT. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, 52(3): 345-353.
 14. Conant RT, Six J, Paustian K. 2003. Land use effects on soil carbon fractions in the southeastern United States. I. Management-intensive versus extensive grazing. *Biology and Fertility of Soils*, 38(6): 386-392.
 15. Demattê JA, Campos RC, Alves MC, Fiorio PR, Nanni MR. 2004. Visible-NIR reflectance: a new approach on soil



Study of soil organic carbon changes in two critical and vulnerable areas of Qahavand plain rangelands using remote sensing and GIS

B. Attaeian^{1*}, Sh. Shojaeefar², V. Zandieh³, S. S. Hashemi⁴

1. Assis. Prof. College of Natural Resources and Environments, Malayer University

2. MSc. Graduated of Rangeland Sciences, Malayer University

3. Young Researchers and Elite Club, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran

4. Assis. Prof. College of Agriculture, Malayer University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 31 October 2017

Accepted 20 January 2018

Available online 20 February 2018

Keywords:

Spectral indices

Soil organic carbon

Landsat 8

Qahavand plain

ABSTRACT

Organic carbon is a major source of soil organic matter and an indicator of soil quality in natural ecosystems. Therefore, monitoring soil organic carbon reservoirs under different circumstances seems necessary to understand the global C cycles. The present study was aimed to evaluate soil organic carbon content in two critical and vulnerable sites of the Qahavand rangeland ecosystem which has experienced extensive desertification in the last decades. The soil sampling from 20 cm was done at 63 points at random locations in two critical and vulnerable sites. Then, 9 different indices of vegetation and light including NDVI, RVI, SAVI, MSAVI, TSAVI, OSAVI, WDV, NDBI and BI related to 63 sampling point was calculated based on satellite images. Furthermore, the NDVI, RVI, SAVI, MSAVI, TSAVI, OSAVI, NDBI and BI indices showed a relatively good Pearson correlation with soil organic carbon content with the R^2 values of 0.41, 0.38, 0.38, 0.41, 0.40, 0.39, -0.44 and 0.48. These results represent the possibility of using Landsat 8 satellite image indices to monitor soil organic carbon reservoirs in the Qahavand plain.

* Corresponding author e-mail address: attaeian94@gmail.com