

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

استفاده از مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی (PLSR) در تهیه نقشه توزیع مکانی کربن آلی خاک‌های ساحلی دریای کاسپین

رامین سمیعی فرد^{۱*}، احمد حیدری^۱، شهلا محمودی^۲، ماریا کنیوشکوا^۳^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران^۱ استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران^۲ استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران^۳ استاد پژوهش دانشکده علوم خاک، دانشگاه لومونوزوف مسکو

چکیده

تهیه نقشه خصوصیات خاک، یکی از موضوعات اصلی و مورد علاقه فعالان کشاورزی، منابع طبیعی و مدیران بخش محیط زیست می‌باشد. ظرفیت زیست‌بوم‌های ساحلی، برای تفکیک و همچنین ذخیره کربن ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات خاک دارد که نه تنها تجزیه کربن در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه ذخیره کربن موجود در رسوبات در مقیاس‌های زمانی بلند مدت را نیز تعیین می‌کند. پژوهش حاضر در محدوده‌ای به مساحت حدودی ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام شد. در این پژوهش، از باندهای ۱ تا ۷ تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه خروجی نقشه توزیع کربن آلی خاک استفاده شد و تصحیحات لازم با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل رگرسیونی PLSR در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام شد. پس از آماده نمودن اطلاعات لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcGIS 10.4.1 تهیه شد. نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌های کربن آلی خاک منطقه مورد مطالعه، نشان داد که این خاک‌ها، دارای دامنه‌ای از ماده آلی (کمتر از ۰/۱ تا حدود ۴ درصد) می‌باشند. این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی کربن آلی خاک را با دقت قابل قبولی (RMSE کمتر از ۰/۱ و RPD بالای ۱) برآورد نمود. بخشی از این پژوهش توسط موسسه تحقیقات زیربنایی روسیه با شماره پژوهانه: ۵۶۰۰۰۶-۵۵-۱۷، پشتیبانی شده است.

کلمات کلیدی: کربن آلی، رگرسیون، لندست ۸، PLSR

مقدمه

تهیه نقشه خصوصیات خاک، یکی از موضوعات اصلی و مورد علاقه فعالان کشاورزی، منابع طبیعی و مدیران بخش محیط زیست می‌باشد (Minasny and McBratney, 2016). روش‌های معمول نقشه‌برداری خاک، برای تهیه نقشه‌های خاک با جزئیات بالا، در زمان مناسب و با هزینه معقول، ناکارآمد بوده و از سوی دیگر، تغییرات خصوصیات خاک در فواصل کوتاه، تدریجی و گسترده است. بنابراین، نقشه‌برداری سنتی در ارائه پیوستگی موجود در طبیعت کم‌توان بوده و نیز ممکن است باعث بد جلوه دادن خصوصیات واحد اراضی شود (Zare و همکاران، ۲۰۱۹). روش‌های رگرسیونی مختلفی برای برآورد و تهیه نقشه از خصوصیات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای دقت بسیار بالایی بوده و ارزیابی عملکرد این روش‌ها با کمک روابط و محاسبات ریاضی مانند خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، موید ارزش زیاد و مقبولیت این روش‌ها در برآوردهای مربوط به خصوصیات مهم خاک، از جمله محتوی کربن آلی خاک می‌باشد (Keskin و همکاران، ۲۰۱۹). از جمله مهمترین اجزای خاک، محتوی کربن آلی می‌باشد. خاک با ۲۴۷۰ پتاگرم کربن ($1 \text{ Pg} = 10^9 \text{ ton}$) بزرگ‌ترین منبع زمینی کربن و سومین مخزن بزرگ کربن در دنیا، بعد از اقیانوس‌ها با ۳۸۷۲۵ پتاگرم و سوخت‌های فسیلی با ۴۰۰۰ پتاگرم هستند. مبادله زیاد کربن آلی خاک با اتمسفر، به ویژه در ارتباط با فعالیت‌های انسان، منجر به انجام مطالعات گسترده در زمینه چرخه کربن آلی خاک شده است. در مقابل کربن آلی، گردش کربن غیر آلی خاک، یعنی کانی‌های مختلف کربناته خاک (عمدتا کلسیت)، و درگیری کربن غیر آلی خاک در چرخه‌های زیستی با اتمسفر بسیار آهسته‌تر می‌باشد (Zamanian و همکاران، ۲۰۱۶). خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک با pH ($> 8/5$) و با غنای کلسیم و/یا منیزیم می‌توانند باعث افزایش کربن غیر آلی خاک از طریق واکنش با CO_2 حاصل از تنفس، به دنبال افزایش مواد آلی به خاک شوند (Bughio و همکاران، ۲۰۱۶). درک ما از توزیع فضایی کربن خاک در اراضی تحت استفاده‌های مختلف، و متاثر از تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای هنوز محدود است. پژوهش در زمینه نقشه‌برداری رقمی و مدل‌سازی که اثرات متقابل بین (۱) کربن خاک و عوامل زیست‌محیطی و (۲) متغیرهای تصادفی وابسته به مکان بخش‌های مختلف کربن خاک را مورد بررسی قرار دهد، به تازگی مورد توجه قرار

* ایمیل نویسنده مسئول: ramini.samiee@ut.ac.ir

گرفته است (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). فرآیندهای ژئومورفیک در ارتباط با اراضی مرطوب ساحلی، اغلب باعث نرخ‌های بالایی از تجمع کربن و ذخایر نسبتا بالای کربن می‌شوند. درحالی‌که پویایی کربن در این نوع چشم‌اندازهای اراضی بسیار کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Rossi and Robenhorst 2019). ظرفیت زیست‌بوم‌های ساحلی، برای تفکیک و همچنین ذخیره کربن ارتباط تنگاتنگی با خصوصیات خاک دارد که نه تنها تجزیه کربن در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت (در حد سال و دهه) را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه ذخیره کربن موجود در رسوبات را در مقیاس‌های زمانی بلند مدت (در حد قرن و هزاران سال) را نیز تعیین می‌کند (Zhang و همکاران، ۲۰۱۹). اگرچه مناطق ساحلی تنها ۴٪ از کل اراضی سطح زمین را می‌پوشانند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال، این مناطق جزء مناطق کلیدی برای ته‌نشست و مخزن کربن به حساب آمده و نقش مهمی را در چرخه کربن ایفا می‌نمایند (Chi و همکاران، ۲۰۱۸). در مطالعات انجام شده توسط کاکرودی و همکاران، (۲۰۱۴) مشاهده شد که از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ نوساناتی در پیشروی و پس روی آب دریا در منطقه مورد مطالعه وجود داشته است به طوری‌که در حال حاضر دریا در روند پسروی خود قرار دارد (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۴). دریای خزر علاوه بر دارا بودن ذخایر هیدروکربن به دلیل عدم ارتباط با آبهای آزاد جهان بهترین نمونه برای بررسی تغییرات سطح آب، مسایل زیست محیطی و رسوب‌شناسی بوده و یکی از حوضه‌های بسیار مهم از نظر مطالعه رسوبات در جهان می‌باشد. سطح آب این دریا بین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۷۷ میلادی بیش از ۲ متر و طبق برخی گزارش‌ها در حدود ۳ متر، بالا آمده، علیرغم اینکه بین سال‌های ۱۹۷۶-۱۹۲۵ روندی کاهشی را نشان داده است (Kakroodi و همکاران، ۲۰۱۴).

از آنجا که تغییرات سطح آب دریاها در مقیاس جهانی و درک واکنش خط ساحلی به این تغییرات، کلید مدیریت مناطق ساحلی است و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست نشان می‌دهند که می‌توانند به عنوان ابزاری قدرتمند در مطالعه تغییرات اخیر خطوط ساحلی و تشخیص و تخمین محتوی کربن موجود در خاک عمل نمایند و از سوی دیگر با توجه به اهمیت نقش کربن و کربنات‌های موجود در خاک که در بالا به آن اشاره گردید، لذا هدف از این مطالعه را برآورد مقادیر کربن آلی موجود در خاک‌های جدیدا بیرون آمده از زیر آب دریا در ساحل شرقی دریای کاسپین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ قرار دادیم.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی بین طول‌های (۵۴°۱۵۲۰ و ۵۳°۵۵۰۰) شرقی و عرض‌های (۳۷°۰۰۰۰ و ۳۷°۱۵۰۰) شمالی به مساحت حدودی ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام شد. نمونه‌برداری در اوایل تیرماه سال ۱۳۹۷ خورشیدی انجام پذیرفت که با توجه به مشخصات اقلیمی منطقه مطالعاتی، زمان انتخاب شده، مدت کوتاهی پس از پایان فصل برداشت (عمدتا جو دیم) این منطقه محسوب می‌شود. از سوی دیگر، ساحلی بودن و نیز امکان وقوع بارندگی موجب تعیین فصل تابستان برای نمونه‌برداری شد. شیب عمومی منطقه مورد مطالعه کمتر از ۵ درصد بود و نقاط نمونه‌برداری از بخش‌های بدون پوشش گیاهی انتخاب شدند. همچنین نقاطی که در محدوده کشت قرار داشتند، همان‌طور که قبلا به آن اشاره شد، نمونه‌برداری از آنها پس از فصل برداشت انجام پذیرفت. مجموعا ۸۰ نقطه نمونه‌برداری شد به صورت شبکه‌بندی شده در چهار ردیف نمونه‌برداری با فاصله ۶ کیلومتر از هم و عمود بر خط ساحلی به فواصل هزار متری تا فاصله ۲۰ کیلومتری انجام شد (شکل ۱). نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری با دقت برداشته و پس از یادداشت مختصات دقیق و شماره نمونه مربوطه، و برای انجام آزمایشات فیزیکی شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. تمامی نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و برای انجام آزمایش‌های لازم آماده شدند. مقادیر کربن آلی خاک به روش والکلی-بلاک اندازه‌گیری شدند (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه خروجی نقشه توزیع کربن آلی خاک استفاده شد و تصحیحات لازم با کمک نرم افزار ENVI 5.1 و مدل رگرسیونی PLSR با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار MATLAB 2015a انجام و پس از اتخاذ خروجی‌های لازم، نقشه نهایی با کمک نرم افزار ArcGIS 10.4.1 استخراج شد.

مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی، یک روش ساده برای تحلیل حداقل مربعات جزئی در صنعت و علوم می‌باشد. این روش برای برقراری ارتباط بین ماتریس داده‌های X و Y با استفاده از یک مدل چند متغیره‌ی خطی استفاده می‌شود (رابطه ۱). مزیت مدل PLSR توانایی آن در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده و حتی متغیرهای ناقص ماتریس‌های X و Y می‌باشد. یکی دیگر از مزایای قابل توصیف روش PLSR بهبود دقت پارامترهای حاصل از برآوردهای این مدل با افزایش تعداد متغیرهای وابسته می‌باشد.

$$Y = X.b + E \quad (1)$$

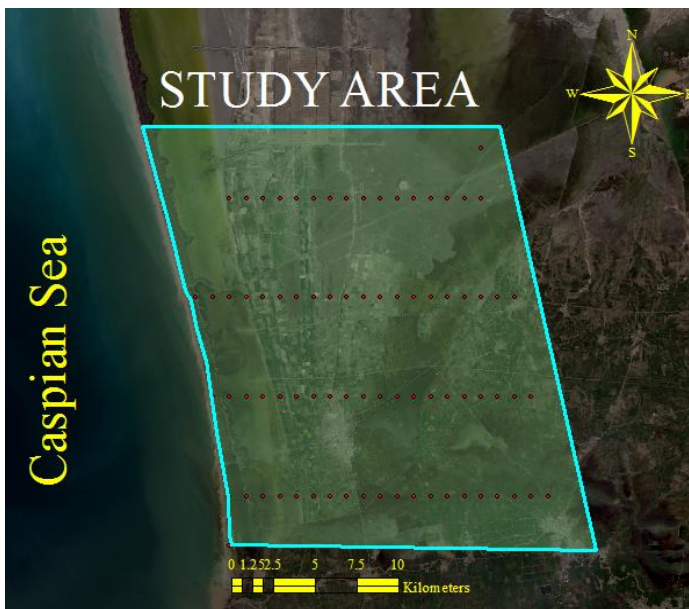
که در آن Y متغیر برآوردشده (در رگرسیون PLSR) در شکل ماتریس با ابعاد (متغیر I×Y)، X متغیر مستقل پیش‌گویی‌کننده می‌باشد.

ضمناً b ، ماتریسی شامل ضرایب رگرسیون و E ماتریسی از خطاهای باقیمانده است (رابطه ۲ و ۳).

$$X_{nk} = \sum_{\alpha=1}^f t_{n\alpha} \cdot p_{\alpha k} + E_{nk} \quad (2)$$

$$Y_{mk} = \sum_{\alpha=1}^f u_{m\alpha} \cdot q_{\alpha k} + F_{mk} \quad (3)$$

که در آن t و u بردارهای امتیاز، p و q بردارهای اختیاری (کمکی) و E و F ماتریکس‌های باقیمانده و f تعداد فاکتورهاست (Farifteh و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۱. نمایی از منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌های کربن آلی خاک منطقه مورد مطالعه، در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد بررسی دارای دامنه‌ای از کربن آلی (کمتر از ۰/۱ تا حدود ۴ درصد) بود. که با توجه به مسطح بودن منطقه و عاری بودن از پوشش گیاهی به دلیل شوری بسیار بالا و یا دارای پوشش تنک بودن خاک منطقه در فصل نمونه‌برداری، شرایط را برای عملیات سنجش از دور و برآورد عناصر خاک سطحی، بسیار مساعد می‌نمود. در این پژوهش از باندهای ۱ تا ۷ ماهواره لندست ۸ که در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌باشد، استفاده شد. طبق نتایج مطالعات قبلی مانند پژوهش المالکی و همکاران، ۲۰۱۲، این محدوده طیفی در شناسایی و برآورد بسیاری از خصوصیات خاک از جمله در برآورد کربن آلی خاک بسیار کارآمد و قابل استناد می‌باشد. در مورد ارتباط بین پوشش گیاهی و طیف بازتابی از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد که برای اتخاذ نقشه خروجی با کمک این شاخص تصویر اولیه ماسک شد و در نهایت نقشه توزیع کربن آلی خاک به دست آمد.

با استفاده از الگوریتم PLSR و نرم افزار MATLAB 2015a و تصحیحات مورد نیاز تصویر در محیط ENVI 5.1، نهایتاً نقشه خروجی توزیع کربن آلی منطقه استخراج شد که برای ارزیابی عملکرد مدل، از روابط ریاضی خطای جذر میانگین (RMSE)، استفاده شد که نتایج مربوط به آن در جدول (۲) آورده شده است. در برآورد مقادیر عناصر موجود در خاک، از جمله محتوی کربن آلی خاک، هرچقدر مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، کمتر و مقدار RPD بیشتر از یک باشد، نتایج به دست آمده قابل اعتمادتر و معتبرتر خواهند بود (Jiang و همکاران ۲۰۱۶).

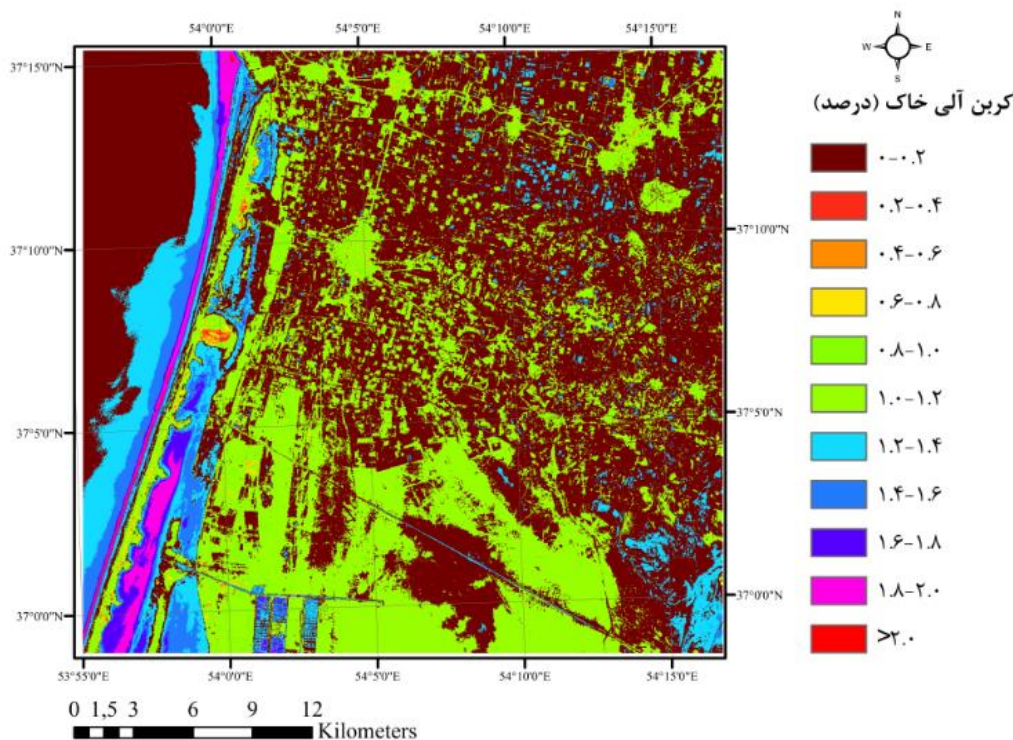
جدول ۱. مختصات نقاط نمونه برداری و درصد کربن آلی اندازه گیری شده

% O.C	مختصات		شماره نمونه	% O.C	مختصات		
	X	Y			X	Y	
۰/۶۹	۲۳۱۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۱	۱/۸۸	۲۳۳۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱
۰/۸۴	۲۳۲۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۲	۰/۸۹	۲۳۴۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۲
۳/۹۷	۲۳۳۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۳	۱/۰۹	۲۳۵۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۳
۰/۳۴	۲۳۴۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۴	۰/۷۴	۲۳۶۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۴
۱/۱۴	۲۳۵۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۵	۰/۵۴	۲۳۷۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۵
۰/۳۹	۲۳۶۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۶	۰/۵۴	۲۳۸۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۶
۱/۱۹	۲۳۷۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۷	۱/۲۹	۲۳۹۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۷
۰/۷۹	۲۳۸۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۸	۰/۱	۲۴۰۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۸
۰/۹۴	۲۳۹۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۴۹	۰/۲۹	۲۴۱۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۹
۰/۵۹	۲۴۰۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۰	۳/۹۷	۲۴۲۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۰
۰/۵۴	۲۴۱۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۱	۰/۶۴	۲۴۳۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۱
۱/۲۴	۲۴۲۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۲	۰/۹۴	۲۴۴۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۲
۱/۲۴	۲۴۳۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۳	۰/۶۹	۲۴۵۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۳
۰/۸۴	۲۴۴۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۴	۲/۰۳	۲۴۶۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۴
۰/۸۴	۲۴۵۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۵	۰/۷۴	۲۴۷۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۵
۱/۲۹	۲۴۶۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۶	۱/۳۹	۲۴۸۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۶
۰/۵۴	۲۴۷۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۷	۳/۹۷	۲۴۹۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۷
۰/۸۹	۲۴۸۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۸	۱/۰۹	۲۵۰۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۸
۰/۹۴	۲۴۹۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۵۹	۰/۸۹	۲۵۱۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۱۹
۱/۰۹	۲۵۰۲۶۴	۴۱۱۴۹۹۶	۶۰	۰/۵۹	۲۵۲۲۶۴	۴۱۰۲۹۹۶	۲۰
-	۲۲۹۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۱	۰/۹۹	۲۳۲۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۱
-	۲۳۰۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۲	۱/۱۹	۲۳۳۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۲
-	۲۳۱۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۳	۱/۲۹	۲۳۴۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۳
-	۲۳۲۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۴	۱/۲۴	۲۳۵۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۴
۰/۲۹	۲۳۳۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۵	۳/۹۷	۲۳۶۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۵
۰/۴۹	۲۳۴۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۶	۱/۱۴	۲۳۷۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۶
۰/۴۴	۲۳۵۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۷	۱/۳۹	۲۳۸۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۷
۱/۳۹	۲۳۶۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۸	۰/۵۴	۲۳۹۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۸
۰/۷۴	۲۳۷۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۶۹	۱/۱۴	۲۴۰۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۲۹
۰/۶۵	۲۳۸۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۰	۱/۰۹	۲۴۱۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۰
۰/۶۹	۲۳۹۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۱	۰/۴۴	۲۴۲۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۱
۰/۹۴	۲۴۰۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۲	۱/۱۹	۲۴۳۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۲
۱/۰۹	۲۴۱۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۳	۰/۹۹	۲۴۴۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۳
۱/۰۴	۲۴۲۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۴	۰/۵۹	۲۴۵۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۴
۱/۲۹	۲۴۳۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۵	۰/۴۴	۲۴۶۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۵
۰/۸۴	۲۴۴۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۶	۰/۶۹	۲۴۷۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۶
۰/۹۴	۲۴۵۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۷	۰/۸۹	۲۴۸۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۷
۰/۸۹	۲۴۶۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۸	۱/۱۹	۲۴۹۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۸
۰/۵۴	۲۴۷۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۷۹	۰/۵۹	۲۵۰۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۳۹
۰/۲۹	۲۴۸۲۶۴	۴۱۲۰۹۹۶	۸۰	۰/۴۹	۲۵۱۲۶۴	۴۱۰۸۹۹۶	۴۰

جدول ۲. شاخص‌های مدل رگرسیونی PLSR در برآورد کربن آلی خاک

RPD	RMSE	میانگین کربن اندازه‌گیری شده (%)
۱/۰۴۱	۰/۰۷۷	۱/۰۳۸

شکل (۲) پراکنش کربن آلی خاک را در منطقه مورد مطالعاتی نشان می‌دهد. از تصویر به دست آمده می‌توان بین مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی و تحت کشت، تفکیک قابل قبولی را قائل شد. از سوی دیگر، مقادیر کربن آلی موجود در نزدیکی خط ساحل، به دلیل نوسانات سطح آب و پیشروی و پسروی آب دریا به سمت خشکی، و فعالیت بالاتر ریزموجودات در این گونه چشم‌اندازهای اراضی، نسبت به نقاط دورتر از ساحل بیشتر می‌باشد که نتایج برآوردهای آن با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی همخوانی بسیار خوبی دارد.



شکل ۲- نقشه توزیع کربن آلی خاک

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی کربن آلی خاک را با دقت قابل قبولی برآورد نمود. صحت عملکرد این روش با استفاده از محاسبات ریاضیاتی مورد ارزیابی قرار گرفت که خطای مربعات میانگین ریشه (RMSE) بسیار پایین گوپای این صحت و دقت بالا می‌باشد. همچنین مقادیر پیش‌بینی شده کربن آلی پیکسل‌های تصویر از لحاظ عددی، به مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه بسیار نزدیک بود. از طرفی در مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله مناطقی با اقلیم مشابه ایران، برآورد و تخمین محتوی کربن آلی خاک دارای جنبه‌های مدیریتی بسیار مهمی بوده که می‌توان از این گونه روش‌ها استفاده شایانی به عمل آورد. بعلاوه، این گونه روش‌ها بسیار کم هزینه بوده و با نمونه‌برداری‌های بسیار کم و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر نسبت به سایر روش‌ها، برآورد و تخمین قابل اعتمادی را از مناطق نسبتاً وسیع می‌توان به دست آورد.



منابع

- Al Maliki, A., Bruce, D. and Owens, G. 2012. Capabilities of remote sensing hyperspectral images for the detection of lead contamination: a review. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* Melbourne, I-7, 55-60.
- Bughio, M.A., Wang, P., Meng, F., Qing, C., Kuzyakov, Y., Wang, X. and Junejo, S.A. 2016. Neoformation of pedogenic carbonates by irrigation and fertilization and their contribution to carbon sequestration in soil. *Geoderma*, 262, 12–19.
- Chi, Y., Shi, H., Zheng, W. and Sun, J. 2018. Simulating spatial distribution of coastal soil carbon content using a comprehensive land surface factor system based on remote sensing. *Science of the Total Environment*, 628–629, 384–399.
- Farifteh, J., Van der Meer, F., Atzberger, C. and Carranza, E.J.M. 2007. Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN). *Remote Sensing Environment*, 110, 59–78.
- Jiang, Q., Chen, Y., Guo, L., Fei, T. and Qi, K. 2016. Estimating Soil Organic Carbon of Cropland Soil at Different Levels of Soil Moisture Using VIS-NIR Spectroscopy. *Remote Sensing*, 755, 1-16.
- Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Beni, A.N. and Noehgar, A. 2014. Short- and Long-Term Development of the Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. *Journal of Coastal Research*, Fort Lauderdale, 30, 6, 1236-1242.
- Keskin, H., Grunwald, S. and Harris, W.G. 2019. Digital mapping of soil carbon fractions with machine learning. *Geoderma*, 339, 40-58.
- Minasny, B. and McBratney, A.B. 2016. Digital soil mapping: a brief history and some lessons. *Geoderma*, 264, 301–311.
- Rossi, A.M. and Rabenhorst, M.C. 2019. Organic carbon dynamics in soils of Mid-Atlantic barrier island landscapes. *Geoderma*, 337, 1278-1290.
- Zare, S., Fallah Shamsi, S.R. and Abtahi, S.A. 2019. Weakly-coupled geo-statistical mapping of soil salinity to Stepwise Multiple Linear Regression of MODIS spectral image products. *Journal of African Earth Sciences*, 152, 101-114.
- Zhang, C., Mishra, D.R. and Pennings, S.C. 2019. Mapping salt marsh soil properties using imaging spectroscopy. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148, 221-234.
- Zhao, Q., Bai, J., Zhang, G., Wei Wang, J.J. and Wang, X. 2018. Effects of water and salinity regulation measures on soil carbon sequestration in coastal wetlands of the Yellow River Delta. *Geoderma*, 319, 219-229.
- Zamanian, K., Pustovoytov, K. and Kuzyakov, Y. 2016. Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*, 157, 1-17.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Use of partial least squares regression model (PLSR) for providing organic carbon especial distribution map of Caspian Sea coastal soils

SamieiFard^{*1}, R., Heidari, A.¹, Mahmoodi, S.², Konyushkova, M.³

¹ PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran

¹ Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran

² Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture & Natural resources University of Tehran, Iran

³ Assistant Prof., Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University Russia

Abstract

Mapping soil properties is a major issue of interest for agricultural practitioners, natural resource and environment managers. Coastal ecosystem's capacity to sequester and store carbon is closely related to soil properties which not only impact the short-term scale of carbon sequestration in living plant biomass, but also determine the long-term scale of carbon storage within the sediments. Present research was conducted in an area of 500 square kilometers. In this research, Landsat 8 satellite image band numbers: 1-7 were used to produce the organic carbon distribution map and the necessary corrections were made using the ENVI 5.1 and the PLSR regression model have been done by programming in the MATLAB 2015a software. After producing the outputs, final map was extracted using ArcMap 10.4.1 software. The results of organic carbon measurements in the study area showed that these soils had a range of organic matter (less than 0.1 to about 4%). This study showed that by using regression models and Landsat 8 multispectral images, soil organic carbon content can be estimated with acceptable accuracy (RMSE<0.1 and RPD>1). This study was partly supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant No. 17-55-560006).

Keywords: Organic Carbon, Regression, Landsat 8, PLSR

* Corresponding author, Email: ramin.samiei@ut.ac.ir