



محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

تهیه نقشه توزیع مکانی کربنات کلسیم خاک‌های ساحلی دریای کاسپین با استفاده از مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی (PLSR)

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 محقق دانشکده علوم خاک، دانشگاه لومونوزوف مسکو

چکیده

دانش به دست آمده در طول سال‌های اخیر در حیطه طیف‌سنجی خاک، باعث در دسترس قرار گرفتن این فناوری در نقشه‌برداری خصوصیات خاک با کمک تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی شده است. نقشه‌برداری خاک، به عنوان بعد چالش‌انگیز و تفکر-برانگیز چارچوب علوم خاک محسوب می‌شود. امروزه تلاش زیادی برای سرمایه‌گذاری در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک، برای نمایش خاک‌ها و خصوصیات آنها در مقیاس بزرگ صورت گرفته است. آگاهی از میزان آهک و تهیه نقشه از الگوی پراکنش آن در خاک، نقش موثری در مدیریت آب و خاک هر کشور ایفا می‌نماید. لذا به منظور دستیابی به این مهم، استفاده از روش‌های نوین سنجش از دوری غیر قابل اجتناب خواهد بود. در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای تهیه نقشه توزیع آهک خاک استفاده شد. 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 ArcMap 10.4.1 استخراج شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی کربنات کلسیم خاک را با دقت بالایی در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و شیمی سنجی آن، برآورد نمود.

کلمات کلیدی: کربنات کلسیم، PLSR، رگرسیون، سنجش از دور

مقدمه

روش‌های سنجش از دور، بر پایه این واقعیت استوار هستند که پدیده‌های سطح زمین، تابش‌های الکترومغناطیس را از خود انتشار و یا انعکاس می‌دهند و یا گاهی طیف بازتابی ویژه خود را دارند. روش‌های هواپایه و فضاپایه می‌توانند امکانات لازم برای نقشه‌برداری منطقه‌ای خاک را فراهم نمایند (Howard و همکاران ۲۰۱۶). انرژی تابش یافته به وسیله دو عامل حرارت و قابلیت انتشار مواد سطح زمین مشخص می‌شود، اگرچه عموماً برای مطالعات سنجش از دوری سطح زمین، حرارت، عامل فیزیکی و اصلی حاکم بر تابش از سطح می‌باشد (Ninomiya and Fu, 2019). سنجش از دور خاک با استفاده از تصاویر ابرطیفی، زمینه‌ای رو به رشد بوده و دانش به دست آمده در طول بیست سال اخیر در حیطه طیف‌سنجی خاک و توسعه و قابلیت استفاده از سنجنده‌های ابرطیفی، باعث در دسترس قرار گرفتن این فناوری در نقشه‌برداری خصوصیات خاک با کمک تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی شده است (Adar و همکاران ۲۰۱۴). در خلال یک دهه گذشته، قابلیت بازتابش خاک، تبدیل به ابزار تشخیصی خوبی برای ارزیابی سریع و دقیق ویژگی‌های خاک شده است (Ben Dor و همکاران ۲۰۱۵). اطلاعات طیفی که از برهم‌کنش بین امواج الکترومغناطیسی و ماده سرچشمه می‌گیرند، ما را قادر به تعیین خصوصیات خاک، بدون نیاز به تکیه بر روش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی می‌کنند. کروموفورهای که به عنوان ویژگی‌های خاک (فیزیکی و شیمیایی) تعریف می‌شوند، و شکل و طبیعت طیف خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند، حاصل برهم‌کنش بین ماده و امواج الکترومغناطیسی هستند. کروموفورهای شیمیایی شامل مواد معدنی (عمدتاً کانی‌های رسی، اکسیدهای آهن، کانی‌های اولیه فلدسپار، نمک، کربنات‌ها و فسفات‌ها)، مواد آلی و آب می‌شوند، در حالی که کروموفورهای فیزیکی عمدتاً در ارتباط با توزیع اندازه ذرات هستند. رویکرد طیف‌مبنا عمدتاً برای ارزیابی کمی کروموفورهای خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ogen و همکاران ۲۰۱۹). مطالعه خاک، اصلی‌ترین بخش نقشه‌برداری خاک می‌باشد که البته هنوز هم به عنوان پرهزینه‌ترین بخش پژوهش‌های خاک به شمار می‌رود. نقشه‌برداری خاک، به عنوان بعد چالش‌انگیز و تفکر-برانگیز

* ایمیل نویسنده مسئول: raminsamiei@ut.ac.ir



چارچوب علوم خاک محسوب می‌شود. امروزه تلاش زیادی برای سرمایه‌گذاری در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک، برای نمایش خاک‌ها و خصوصیات آنها در مقیاس بزرگ صورت گرفته است. نقشه‌برداری رقومی خاک متکی بر مشاهدات میدانی، آزمایشگاهی و سنجش از دوری بوده که درآمیخته با روش‌های کمی تفسیر الگوهای مکانی خاک‌ها از طریق متغیرهای مکانی و زمانی می‌باشد (Ogen و همکاران ۲۰۱۷). روش‌های متداول نقشه‌برداری خاک، برای تهیه نقشه‌های با جزئیات بالا، در زمان کم و با هزینه قابل قبول، ناکارآمد بوده و از سوی دیگر، تغییرات خصوصیات خاک تدریجی و گسترده است. بنابراین، نقشه‌برداری قدیمی، نتایج دقیقی را ارائه نداده و حتی ممکن است باعث اشتباه 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 ریاضیاتی مانند خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، تاییدی بر ارزش زیاد و مقبولیت این روش‌ها در برآوردهای مربوط به خصوصیات خاک می‌باشد (Keskin و همکاران ۲۰۱۹). از جمله مهمترین اجزای خاک، محتوی کربن آن می‌باشد. تبادل شدید کربن آلی 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، تبادل 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 عمدتاً قلیایی (بالتر از ۸/۵) و با محتوی کلسیم و/یا منیزیم بالا، به دنبال افزایش مواد آلی به آنها می‌توانند باعث افزایش کربن غیر آلی خاک و نیز افزایش تنفس CO₂ آن شوند (Bughio و همکاران ۲۰۱۶). فرآیندهای ژئومورفیک در ارتباط با اراضی مرطوب ساحلی، اغلب باعث نرخ‌های بالایی از تجمع کربن و ذخایر نسبتاً 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). آگاهی از میزان آهک و تهیه نقشه از الگوی پراکنش آهک خاک، نقش موثری در مدیریت آب و خاک هر کشور ایفا می‌نماید. لذا به منظور دستیابی به این مهم، استفاده از روش‌های نوین سنجش از دوری غیر قابل اجتناب خواهد بود (حسینی، ۱۳۹۴).

پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸ می‌توانند به عنوان ابزاری قدرتمند در مطالعه تغییرات اخیر خطوط ساحلی و تشخیص و تخمین ویژگی‌های خاک عمل نمایند. همچنین با توجه به اهمیت نقش کربن و کربنات‌های موجود در خاک که قبلاً به آنها اشاره شد، هدف از این مطالعه را برآورد مقادیر و توزیع و پراکنش آهک موجود در خاک‌های جدیداً بیرون آمده از زیر آب دریا در اراضی ساحل شرقی دریای کاسپین با استفاده از تصاویر به دست آمده از 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°۰۰' و ۳۷°۱۵۰۰') شمالی به مساحت حدودی ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام شد. زمان 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 (عمدتاً جو دیم) این منطقه محسوب می‌شود. از سوی دیگر، ساحلی بودن و نیز امکان وقوع بارندگی در منطقه مورد مطالعه، فصل تابستان برای این کار انتخاب شد. زیرا بارندگی در سایر فصل‌ها ممکن بود عملیات نمونه‌برداری را با مشکل مواجه سازد. تعداد نقاط نمونه‌برداری مجموعاً ۸۰ نقطه انتخاب شد که به صورت شبکه‌بندی شده در چهار ردیف نمونه‌برداری از خط ساحلی به فواصل هزار متری تا فاصله ۲۰ کیلومتری از ساحل ادامه یافت. به این صورت که هر ردیف نمونه‌برداری، از ردیف قبل و بعد از خود دقیقاً ۶ کیلومتر فاصله عرضی داشته باشند (شکل ۱). نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری با دقت برداشته و پس از یادداشت مختصات دقیق و شماره نمونه مربوطه، داخل نایلون ریخته و برای انجام آزمایشات فیزیکی شیمیایی به آزمایشگاه رده‌بندی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انتقال داده شدند. تمامی نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و برای انجام آزمایش‌های لازم آماده شدند. مقادیر آهک خاک به روش کلسیمتری اندازه‌گیری شدند (Ogen و همکاران ۲۰۱۹). در این پژوهش، از تصویر ماهواره لندست ۸، برای اتخاذ خروجی نقشه توزیع آهک 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 ArcMap 10.4.1 استخراج شد.

مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی، یک روش ساده برای تحلیل حداقل مربعات جزئی در صنعت و علوم شیمی می‌باشد. این روش برای برقراری ارتباط بین ماتریس داده‌های X و Y با استفاده از یک مدل چند متغیره‌ی خطی استفاده می‌شود (رابطه ۱). همچنین این روش بهتر از مدل‌های رگرسیونی دیگر عمل می‌نماید. 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.

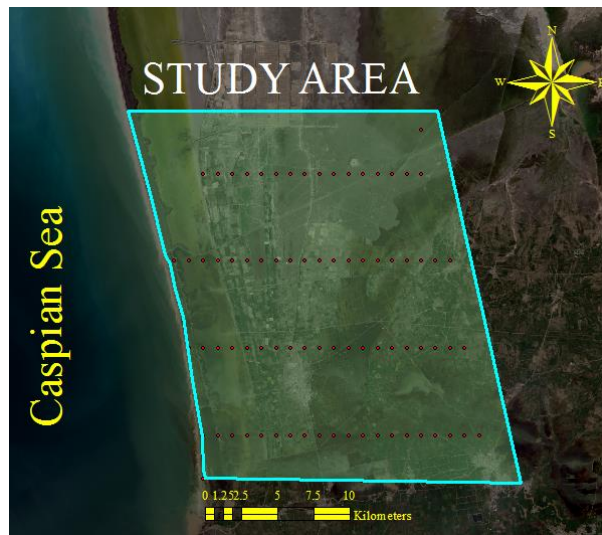
$$Y = X \cdot b + E \quad (1)$$

که در آن Y : متغیر برآورده شده (در رگرسیون PLSR) در شکل ماتریس با ابعاد (متغیر $Y \times 1$)، X : متغیر مستقل پیش‌گویی‌کننده با ابعاد طول موج \times بازتابندگی 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 آهک خاک منطقه مورد مطالعه به روش کلسیمتری، در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد بررسی دارای دامنه‌ای از آهک، در حدود ۱۱ تا ۵۲ درصد بودند. در این پژوهش از باندهای ۱ تا ۷ ماهواره لندست ۸ که در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌باشد، استفاده شد. که با توجه به شیب عمومی بسیار کم منطقه (کمتر از ۵ درصد) و عاری بودن این منطقه از پوشش گیاهی به دلیل شوری بسیار بالا و یا دارای پوشش تنک بودن در بعضی قسمت‌های اراضی مورد مطالعه، شرایط کار برای انجام عملیات سنجش از دور و برآورد خصوصیات خاک سطحی، بسیار مساعد بود.



با استفاده از الگوریتم PLSR و نرم افزار MATLAB 2015a و تصحیحات مورد نیاز تصویر در محیط ENVI 5.1، نهایتاً نقشه خروجی توزیع آهک موجود در خاک منطقه مطالعاتی استخراج شد که برای ارزیابی عملکرد مدل مورد بررسی، از روابط ریاضیاتی خطای جذر میانگین (RMSE) و همچنین جابجایی نقطه رگرسیون (RPD)، استفاده شد که نتایج مربوط به آن در جدول (۲) آورده شده است. در برآورد خصوصیات

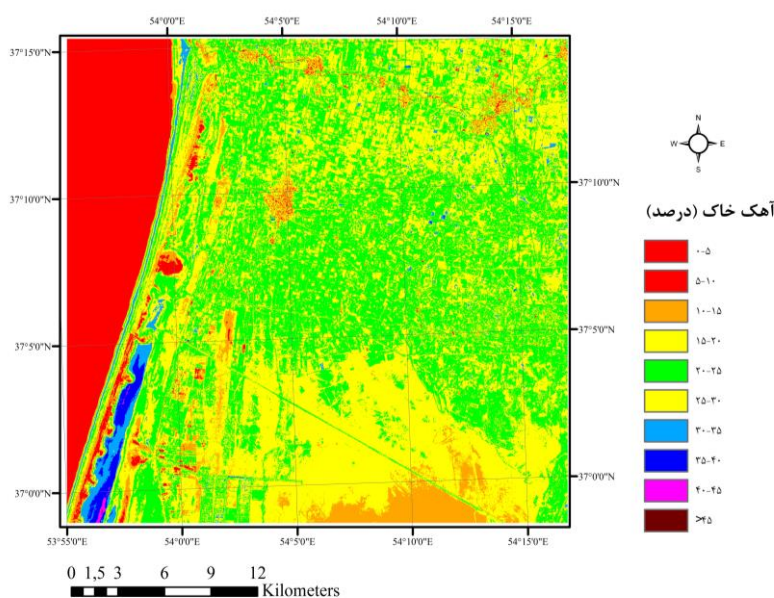
جدول ۱. مختصات نقاط نمونه برداری و درصد کربن آلی اندازه گیری شده

شماره نمونه	مختصات		شماره نمونه	مختصات		شماره نمونه
	CaCO ₃ %	X		CaCO ₃ %	Y	
۱	۵۱/۲۲	۲۳۱۲۶۴	۴۱	۳۹/۳۷	۲۳۳۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۲	۱۱/۸۶	۲۳۲۲۶۴	۴۲	۳۹/۲۴	۲۳۴۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۳	۳۲/۱۱	۲۳۳۲۶۴	۴۳	۳۶/۹۵	۲۳۵۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۴	۲۷/۲۷	۲۳۴۲۶۴	۴۴	۲۹/۳۰	۲۳۶۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۵	۴۰/۱۴	۲۳۵۲۶۴	۴۵	۲۵/۱۰	۲۳۷۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۶	۴۴/۶۰	۲۳۶۲۶۴	۴۶	۴۳/۹۶	۲۳۸۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۷	۳۴/۲۷	۲۳۷۲۶۴	۴۷	۲۴/۸۴	۲۳۹۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۸	۱۵/۶۷	۲۳۸۲۶۴	۴۸	۲۶/۳۷	۲۴۰۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۹	۲۳/۴۴	۲۳۹۲۶۴	۴۹	۱۸/۹۸	۲۴۱۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۰	۲۵/۷۴	۲۴۰۲۶۴	۵۰	۲۵/۸۶	۲۴۲۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۱	۲۴/۵۹	۲۴۱۲۶۴	۵۱	۲۲/۴۲	۲۴۳۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۲	۲۶/۳۷	۲۴۲۲۶۴	۵۲	۱۹/۶۲	۲۴۴۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۳	۳۰/۷۱	۲۴۳۲۶۴	۵۳	۲۶/۱۲	۲۴۵۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۴	۳۰/۳۲	۲۴۴۲۶۴	۵۴	۲۲/۴۲	۲۴۶۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۵	۲۹/۱۸	۲۴۵۲۶۴	۵۵	۱۴/۶۵	۲۴۷۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۶	۲۷/۱۴	۲۴۶۲۶۴	۵۶	۱۷/۷۱	۲۴۸۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۷	۲۴/۲۱	۲۴۷۲۶۴	۵۷	۱۵/۶۷	۲۴۹۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۸	۲۲/۸۱	۲۴۸۲۶۴	۵۸	۱۲/۳۶	۲۵۰۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۱۹	۲۱/۵۳	۲۴۹۲۶۴	۵۹	۱۵/۶۷	۲۵۱۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۲۰	۲۳/۹۵	۲۵۰۲۶۴	۶۰	۱۷/۰۱	۲۵۲۲۶۴	۴۱.۲۹۹۶
۲۱	-	۲۲۹۲۶۴	۶۱	۴۳/۵۸	۲۳۲۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۲	-	۲۳۰۲۶۴	۶۲	۳۱/۶۱	۲۳۳۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۳	-	۲۳۱۲۶۴	۶۳	۳۵/۶۸	۲۳۴۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۴	-	۲۳۲۲۶۴	۶۴	۳۵/۴۲	۲۳۵۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۵	۳۶/۴۴	۲۳۳۲۶۴	۶۵	۴۷/۵۳	۲۳۶۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۶	۲۸/۰۳	۲۳۴۲۶۴	۶۶	۴۸/۰۴	۲۳۷۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۷	۴۱/۵۴	۲۳۵۲۶۴	۶۷	۲۷/۱۴	۲۳۸۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۸	۴۰/۶۵	۲۳۶۲۶۴	۶۸	۲۳/۶۴	۲۳۹۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۲۹	۳۷/۵۹	۲۳۷۲۶۴	۶۹	۲۵/۷۴	۲۴۰۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۰	۳۳/۰۰	۲۳۸۲۶۴	۷۰	۲۸/۱۶	۲۴۱۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۱	۲۷/۲۷	۲۳۹۲۶۴	۷۱	۲۸/۰۳	۲۴۲۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۲	۲۲/۶۸	۲۴۰۲۶۴	۷۲	۲۳/۹۵	۲۴۳۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۳	۲۴/۹۷	۲۴۱۲۶۴	۷۳	۲۱/۰۲	۲۴۴۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۴	۴۱/۱۶	۲۴۲۲۶۴	۷۴	۳۴/۳۴	۲۴۵۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۵	۲۷/۳۹	۲۴۳۲۶۴	۷۵	۳۱/۳۴	۲۴۶۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۶	۲۷/۳۹	۲۴۴۲۶۴	۷۶	۲۳/۴۴	۲۴۷۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۷	۲۲/۶۸	۲۴۵۲۶۴	۷۷	۱۷/۴۵	۲۴۸۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۸	۲۶/۶۳	۲۴۶۲۶۴	۷۸	۱۳/۳۸	۲۴۹۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۳۹	۳۰/۸۳	۲۴۷۲۶۴	۷۹	۱۳/۱۲	۲۵۰۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶
۴۰	۳۳/۱۳	۲۴۸۲۶۴	۸۰	۱۵/۸۰	۲۵۱۲۶۴	۴۱.۸۹۹۶

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

RPD	RMSE	میانگین آهک اندازه‌گیری شده (%)
۱/۱۱	۸/۲۵	۲۸/۰۳

خاک، از جمله محتوی آهک خاک، هرچقدر مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، کمتر (نزدیک‌تر به صفر) و مقدار RPD بیشتر از یک باشد، نتایج به دست آمده قابل اعتمادتر و معتبرتر خواهند بود (Castaldi و همکاران ۲۰۱۸). شکل (۲) پراکنش آهک خاک را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. مقادیر آهک برآورد شده با استفاده از این روش، عمدتاً در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درصد بود که به میانگین کل درصد آهک اندازه‌گیری شده نمونه‌ها در آزمایشگاه (۲۸/۰۳٪) نزدیکی و همخوانی قابل قبولی داشت.



شکل ۲- نقشه توزیع آهک خاک

نتیجه‌گیری

آهک یکی از کربنات‌های موجود در خاک است که میزان آن بسته به شرایط آب و هوایی و میزان آبشویی که در نتیجه بارندگی و یا آبیاری انجام می‌شود، مقادیر متفاوتی از آن می‌تواند در خاک وجود داشته باشد (حسینی، ۱۳۹۴). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و تصاویر چندطیفی ماهواره لندست ۸، می‌توان محتوی آهک خاک را با دقت بالایی در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و شیمی سنجی آن، برآورد نمود. از طرفی در مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله مناطقی با اقلیم مشابه ایران، برآورد و تخمین محتوی آهک خاک دارای جنبه‌های مدیریتی بسیار مهمی، به خصوص در زمینه تغذیه گیاهی و توصیه کودی بوده که می‌توان از این گونه روش‌ها برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به کشت و کار و مدیریت اراضی به شکل مفیدی بهره جست. علاوه بر این، کاربرد روش‌های سنجش از دور، بسیار کم هزینه بوده و با نمونه‌برداری‌های بسیار کم و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر نسبت به سایر روش‌ها، می‌توان برآوردهای با دقت و صحت بالایی از مناطق نسبتاً وسیع به دست آورد.

منابع

- حسینی، س.ز. ۱۳۹۴. تهیه نقشه آهک خاک با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER. همایش ملی ژئوماتیک. دوره ۲۲، ۶-۱.
- Adar, S., Shkolnisky, Y. and Ben-Dor, E. 2014. Change detection of soils under small-scale laboratory conditions using imaging spectroscopy sensors. *Geoderma*, 216, 19-29.



- Ben Dor, E., Ong, C. and Lau, I.C. 2015. Reflectance measurements of soils in the laboratory: Standards and protocols. *Geoderma*, 245-246, 112-124.
- 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.
- Castaldi, F., Chabrillat, S., Jones, A., Vreys, K., Bomans, B. and Wesemael, B.V. 2018. Soil Organic Carbon Estimation in Croplands by Hyperspectral Remote APEX Data Using the LUCAS Topsoil Database. 153, 1-19.
- 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.
- Howard, J.L., Orlicki, K.M. and LeTarte, S.M. 2016. Evaluation of some proximal sensing methods for mapping soils in urbanized terrain, Detroit, Michigan, USA. *Catena*, 143, 145–158.
- Keskin, H., Grunwald, S. and Harris, W.G. 2019. Digital mapping of soil carbon fractions with machine learning. *Geoderma*, 339, 40-58.
- Ninomiya, Y. and Fu, B. 2019. Thermal infrared multispectral remote sensing of lithology and mineralogy based on spectral properties of materials. *Ore Geology Reviews*. 108, 54-72.
- Ogen, Y., Goldshleger, N. and Ben-Dor, E. 2017. 3D spectral analysis in the VNIR–SWIR spectral region as a tool for soil classification. *Geoderma*, 302, 100-110.
- Ogen, Y., Zaluda, J., Francos, N., Goldshleger, N and Ben-Dor, E. 2019. Cluster-based spectral models for a robust assessment of soil properties. *Geoderma*, 340, 175-184.
- 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.
- Zamaniah, 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

Preparation the calcium carbonate spatial distribution map of Caspian Sea coastal land by using partial least squares regression model (PLSR)

SamieiFard¹, 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

The accumulated knowledge gained over the recent years in the soil spectroscopy discipline, made this technology accessible for the mapping of soil properties using airborne and space borne platforms. Soil mapping is challenging and a thought-provoking aspect of the soil science discipline. Today, great effort is being invested in digital soil mapping (DSM) to represent soils and their properties on a large scale. Knowing the amount of lime and preparing a map of its distribution pattern in the soil plays an effective role in managing the water and soil of each country. So in order to achieve this, the use of modern remote sensing methods will be inevitable. In this research, Landsat 8 satellite image was 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 this study showed that, using regression models and Landsat 8 satellite imagery, Carbonate Calcium content of soil can be estimated with high precision compared to its chemical and experimental results.

Keywords: Carbonate Calcium, PLSR, Regression, Remote Sensing

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