



سنگش از دور

GIS ایران



سنگش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱
Vol.14, No. 1, Spring 2022

۷۳-۸۸

مقاله پژوهشی

برآورد بافت و مقادیر اکسیدهای آزاد آهن خاک با استفاده از باندهای ماهواره لندست ۸ و تحلیل رگرسیون

روژین مرادی^۱، بابک سوری^{۲*}، مرضیه رئیسی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۳. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

چکیده

این پژوهش با هدف برآورد ویژگی‌های خاک، با استفاده از باندهای ماهواره لندست ۸، در بخشی از زمین‌های زراعی دشت قروه-دهگلان در غرب ایران انجام شد. در مجموع، از ۱۰۷ نقطه محدود مطالعه‌ای، از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه و ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی این نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای استخراج اطلاعات از تصویر ماهواره لندست ۸ و پس از اعمال ماسک پوشش گیاهی، مقادیر DOS باندهای ۷-۱ برای نقاط نمونه‌برداری استخراج شد. به منظور تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک و ارزش رقومی باندهای لندست ۸، تحلیل همبستگی، رگرسیون خطی گام‌به‌گام و رگرسیون مؤلفه اصلی به کار رفت. اعتبارسنجی تحلیل رگرسیون‌ها با استفاده از دو پارامتر ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا ارزیابی شد. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقادیر آهن آزاد خاک و همبستگی منفی و معنی‌داری بین رس و سیلت خاک، با ارزش رقومی بیشتر باندهای لندست ۸، وجود دارد. بین غلظت فلزات سنگین و ارزش رقومی در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد و تحلیل‌های رگرسیون نیز، در برآورد ویژگی‌های خاک محدود مطالعه‌ای، کارایی مورد قبولی نداشت. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که می‌توان از تصاویر ماهواره لندست ۸ به منظور برآورد بافت خاک و مقادیر اکسیدهای آزاد آهن خاک، در محدوده مورد مطالعه، استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: ویژگی‌های خاک، دشت قروه-دهگلان، نمونه‌برداری خاک، سنگش از دور.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج صندوق پستی ۴۱۶، ایران. تلفن: ۰۹۱۸۳۱۸۶۱۴۷

۱- مقدمه

پردازش اطلاعات، نقش مهمی در مدیریت منابع آب و خاک دارد (Pourkhiz, 2011). در دهه‌های اخیر تلاش‌های بسیاری برای برآورد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، با استفاده از داده‌های سنجش از دور، صورت گرفته است. (Asadzadeh et al., 2019) در پژوهشی، با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار و سنجش از دور، تغییرات مکانی ذرات معدنی خاک را در شرق آذربایجان شرقی بررسی کردند. نتایج بررسی طیفی نقاط نمونه‌برداری شده نشان داد که باند ۳ تصاویر ماهواره‌ای ترا، سنجنده مادیس، بیشترین همبستگی را با مواد معدنی خاک دارد. مقادیر مربوط به ریشه میانگین مربعات خطا برای شن، سیلت و رس به ترتیب ۲/۸۱، ۲/۷۳ و ۲/۰۶ به دست آمد. نتایج حاصل از نقشه بافت خاک نیز با مقادیر واقعی آن به میزان ۷۰٪ هم‌خوانی داشت. (Asmaryan et al., 2014) در پژوهشی، از تصویر ماهواره‌ای World View 2EO- 1Sensors و طیف‌سنجی نمونه‌های خاک با استفاده از اسپکتروفتومتر ASD Field Spec3 نقشه آلودگی خاک به فلزات سنگین را تهیه کردند. نتایج نشان داد که رابطه معکوسی بین مقادیر فلزات سنگین و ارزش تابش طیفی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده وجود دارد. (Liao et al., 2013) رابطه بین بافت خاک سطحی و داده‌های سنجش از دور را در ناحیه‌ای از چین، بررسی کردند. طبق نتایج، بین شن و سیلت و رس و اعداد رقوم شش باند (باند ۱ تا ۵ و باند ۷) همبستگی آماری وجود دارد؛ به گونه‌ای که بیشترین همبستگی بین اعداد رقوم باند ۷ و شن، رس و سیلت خاک مشاهده شد. بیان این نکته ضروری است که روش‌های معمول برای پی‌بردن به ویژگی‌های خاک براساس نمونه‌برداری میدانی و تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی انجام می‌شود که مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی است. یکی از تکنیک‌های بسیار کارآمد برای پی‌بردن به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، کاربرد انعکاس طیفی در محدوده نور مرئی و مادون قرمز نزدیک است که به هزینه

محیط‌زیست مجموعه‌ای متشکل از هوا (اتمسفِر)، آب (هیدروسفر)، پوسته زمین، خاک (لیتوسفر) و همچنین بخش زنده حیات (بیوسفر) است (Leghaei and Pahmanpour, 2013) که تشدید تخریب و آلودگی در آن از فعالیت‌های انسان ناشی می‌شود. خاک بخشی از محیط‌زیست و متأثر از فعالیت‌های گوناگون انسانی است که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به کشاورزی اشاره داشت (Duda & Nawar, 1996). تعیین ویژگی‌های گوناگون و متنوع خاک زراعی مثلاً مقادیر بافت خاک، اکسیدهای آزاد آهن، فلزات سنگین، به لحاظ تأثیری که در محیط‌زیست انسان و منابع تولید غذای او دارد، حائز اهمیت است (Mokhtari Garchekani et al., 2011). بافت خاک تأثیر بسزایی در عملکرد و رفتار خاک دارد؛ اکسیدهای آزاد آهن نیز، به دلیل فراوانی و درعین حال دارابودن نقطه بار صفر بالا در دامنه وسیعی از تغییرات pH، حتی در محدوده pH‌های قلیایی، بار مثبت اضافه دارند و به صورت مؤثری تحرک/ تثبیت آنیون‌های ناشی از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های افزوده شده به خاک‌های زراعی را کنترل می‌کنند. اطلاع از میزان فلزات سنگین خاک نیز می‌تواند اطلاعات مفیدی درباره سلامت محصولات کشاورزی کشت شده در آن خاک‌ها به دست دهد (Tchounwou et al., 2012; Kirpichtchikova et al., 2006). ویژگی‌های خاک تحت تأثیر مواد مادری، توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی، میزان هوادیدگی و فعالیت‌های انسانی قرار دارد (Nael et al., 2009). استفاده از عکس‌های هوایی، فضایی و تصاویر ماهواره‌ای به منظور مطالعه پدیده‌های سطح زمین از جمله کاربردهای فتاوری سنجش از دور است (Campbell & Wynne, 2011). پیشرفت دانش‌ها و استفاده از فتاوری‌های جدید، مانند دریافت و پردازش داده‌ها از طریق ماهواره و به کارگیری نرم‌افزارها و سیستم‌های

انواع محصولات کشاورزی است و از لحاظ زمین‌شناسی، بخشی از زون ساختمانی سنندج- سیرجان است که جزء فعال‌ترین زون‌های ساختمانی ایران محسوب می‌شود. ۳۰٪ از این منطقه کوهستانی و شیب‌دار و ۷۰٪ آن نیز دشت و دارای شیب کمتر از ۸٪ است. محدوده مورد مطالعه، در این پژوهش، در جنوب دشت نام‌برده واقع شده که دارای اقلیم سردوخشک، متوسط بارندگی سالیانه ۳۶۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است.

۲-۲- نمونه‌برداری خاک

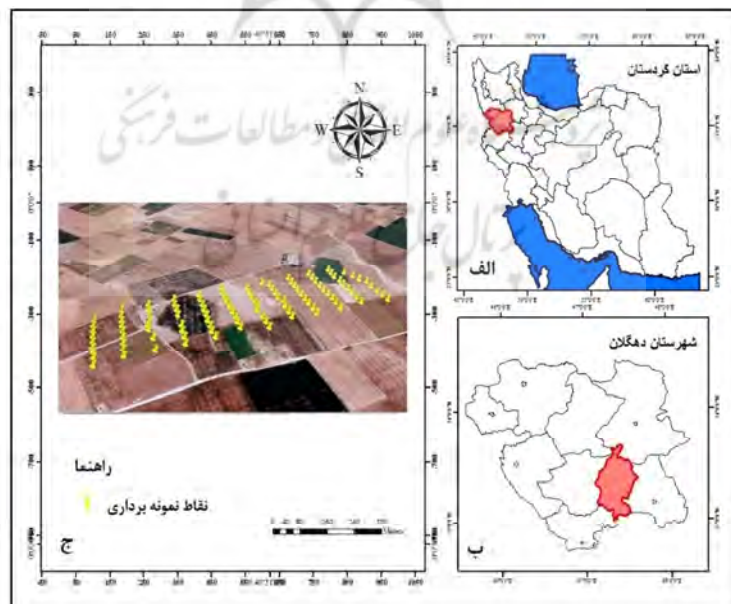
نمونه‌برداری خاک از ۱۰۷ نقطه در مجاورت محل‌های استقرار نازل‌های شبکه آبیاری تحت فشار موجود در مزرعه مورد مطالعه، از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری، در تاریخ پانزدهم سپتامبر ۲۰۱۷ برابر با ۲۴ شهریور ۱۳۹۶، یک روز پیش از عبور ماهواره لندست ۸ (Sridhar et al., 2009) و همراه با ثبت موقعیت نقاط نمونه‌برداری، با استفاده از سیستم موقعیت‌یابی جهانی انجام شد. شایان ذکر است که فاصله طولی و عرضی

بسیار کمتری نیاز دارد (Grossl & Spanks, 1995). هشتمین ماهواره در برنامه ماهواره‌های لندست و هفتمین ماهواره‌ای که با موفقیت به مدار زمین رسید ماهواره لندست ۸ نام دارد و تفکیک مکانی تصاویر آن ۱۵ تا ۱۱۱ متر است (Campbell & Wynne, 2011). از آن‌جا که دشت قروه- دهگلان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی و تولید محصولات غذایی در غرب کشور است؛ این پژوهش با هدف برآورد ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک‌های زراعی این محدوده، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸، انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مطالعاتی

دشت قروه- دهگلان یکی از قطب‌های کشاورزی واقع در غرب ایران است که بین عرض‌های جغرافیایی ۸'، ۱۸'، ۳۵' تا ۴۷'، ۱۸'، ۳۵' و طول‌های جغرافیایی ۲۳'، ۱۸'، ۴۷' تا ۵۵'، ۱۸'، ۴۷' قرار دارد (شکل ۱). این منطقه از حاصلخیزترین مناطق کشور برای کشت



شکل ۱. موقعیت مکانی محدوده مطالعاتی واقع در غرب ایران، شامل: استان کردستان (الف)، شهرستان دهگلان (ب)، زمین زراعی مطالعه‌شده و نقاط نمونه‌برداری (ج)

انجام شد. با توجه به اینکه زمان ثبت تصویر ماهواره‌ای به زمان کوتاهی (کمتر از یک هفته) پس از شخم‌زدن مزرعه مورد مطالعه اختصاص دارد؛ خاک منطقه مورد مطالعه خشک و فاقد هرگونه پوشش گیاهی زنده بود. بنابراین، می‌توان اطمینان داشت که بازتاب طیفی مشاهده‌شده در تصویر ماهواره‌ای صرفاً بازتاب طیفی خاک است. به‌منظور رفع تأثیر لاش‌برگ در میزان بازتابش خاک، از ماسک پوشش گیاهی استفاده شد (رابطه (۱)) (Sobrinho et al., 2008).

رابطه (۱) $NDVI = NIR - RED / NIR + RED$ در این رابطه، NIR بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب باند قرمز است. از آن‌جا که مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی بیشتر از خاک فاقد پوشش گیاهی است؛ با بررسی هیستوگرام این شاخص، نقطه‌ای که در آن هیستوگرام کاهش چشمگیری داشت ($NDVI = 0/008$) به‌منزله حد جداسازی پیکسل‌های دارای پوشش گیاهی و خاک فاقد پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. به‌عبارت دیگر، در ایجاد ماسک پوشش گیاهی، در صورتی که شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی پیکسل از حد در نظر گرفته‌شده بیشتر باشد، پیکسل دارای پوشش گیاهی است و باید حذف شود؛ درحالی‌که اگر شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی پیکسل کمتر از حد در نظر گرفته‌شده باشد، پیکسل به‌منزله خاک فاقد پوشش گیاهی در نظر گرفته می‌شود (Wu et al., 2012). روش تفریق شیء تاریک (DOS) شیوه تصحیح تجربی ساده‌ای درمورد تصاویر ماهواره‌ای است. DOS هر باند را برای تاریک‌ترین مقدار پیکسل جست‌وجو می‌کند. این تکنیک ساده برای تصحیح در داده‌های چندطیفی سودمند است (Gilmore et al., 2015). پس از اعمال ماسک پوشش گیاهی، مقادیر DOS که یک واحد عددی کمتر از حداقل ارزش رقومی در پیکسل‌های تصویر است، برای باندهای ۷-۱ ماهواره لندست ۸ در هر یک از نقاط نمونه‌برداری‌شده، استخراج شد (Sridhar et al., 2009).

بین نقاط نمونه‌برداری معادل 30×105 متر بود (مطابق الگوی توزیع نازل‌های شبکه آبیاری تحت فشار مستقر در مزرعه مورد مطالعه)؛ بنابراین، تصویر ماهواره لندست ۸ با تفکیک مکانی 30×30 متر برای پژوهش حاضر انتخاب شد.

۲-۳- اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

نمونه‌های خاک تهیه‌شده، پس از انتقال به آزمایشگاه، به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق و به‌طور کامل در معرض هوا خشک شدند؛ سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده و برای آزمایش‌های مورد نظر، در ظروف پی.وی. سی. ذخیره‌سازی شدند. به‌منظور سنجش میزان pH و هدایت الکتریکی خاک، عصاره اشباع با نسبت ۱:۱ خاک و آب مقطر تهیه شد (Page et al., 1982). بافت خاک شامل: درصد ذرات رس، سیلت و شن به روش هیدرومتری تعیین شد (Day, 1965 & Agron, 1962). از روش والکی-بلاک برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک استفاده شد (Walkley & Black, 1934). درصد اکسیدهای آزاد آهن با روش سیترات-دی‌تیونات اندازه گرفته شد (ISRIC, 1993). برای تعیین غلظت مقادیر فلزات سنگین آرسنیک و کادمیوم خاک، از هضم اسیدی استفاده شد و سپس غلظت این عناصر در عصاره‌ها، با استفاده از دستگاه جذب اتمی، سنجیده شد (Hendershot et al., 2008).

۲-۴- اطلاعات طیفی

در پژوهش حاضر، تصویر لندست ۸ در گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۵، مربوط به تاریخ شانزدهم سپتامبر ۲۰۱۷ برابر با ۲۵ شهریور ۱۳۹۶، از تارنمای سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده به‌دست آمد (USGS, 2017). از آن‌جا که این تصاویر به‌صورت ژئورفرنس‌شده در اختیار کاربران قرار می‌گیرد، تصویر از نظر عملیات پیش‌پردازش اتمسفریک و رادیومتریکی تصحیح شد. پیش‌پردازش تصویر و محاسبات ذی‌ربط با استفاده از بسته‌های نرم‌افزارهای ENVI نسخه ۵/۳ و Arc GIS نسخه ۱۰/۳

۲-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. ابتدا تبعیت داده‌های اصلی از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرونوف انجام شد. توصیف آماری داده‌ها با بهره‌گیری از شاخص‌های مرکزی و پراکندگی در اختیار قرار گرفت. سپس همبستگی بین ویژگی‌های خاک و ارزش رقومی نقاط متناظر در ۷ باند ماهواره لندست ۸ بررسی شد. در رگرسیون، فرض می‌شود که بین متغیرهای مستقل رابطه هم‌خطی وجود ندارد. به‌منظور تعیین این رابطه، از فاکتور تورم واریانس استفاده می‌شود. متغیرهای دارای فاکتور تورم واریانس کمتر از ۱۰ نشان‌دهنده نبود رابطه هم‌خطی است (Prasad et al., 2016). مقادیر فاکتور تورم واریانس، برای متغیرهای مطالعه، بیشتر از ۱۰ به‌دست آمد. به‌منظور رفع مشکل هم‌خطی، تحلیل‌های رگرسیون خطی گام‌به‌گام و رگرسیون مؤلفه اصلی در تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک (به‌منزله متغیر وابسته) و اطلاعات طیفی (به‌منزله متغیر مستقل) استفاده شد؛ درعین حال معنی‌دار بودن همبستگی بین آنها در نظر گرفته شد و مناسب‌ترین رابطه، به‌منظور برآورد ویژگی‌های خاک مبتنی بر ارزش رقومی باندها، مطرح شد. برای بررسی امکان اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی، آزمون KMO و بارتلت^۱ به‌کار رفت. با استفاده از این آزمون، مناسب بودن داده‌ها در تحلیل مؤلفه‌های اصلی تعیین می‌شود. دامنه KMO بین ۰ و ۱ قرار دارد.

همبستگی‌های بین داده‌ها، در صورتی که مقدار KMO بیشتر از ۰/۵ باشد، برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی مناسب خواهد بود. در آزمون بارتلت، فرض صفر به این معنی است که نمونه‌های دریافت‌شده کفایت لازم را ندارند و در مقابل، فرض یک بر این اساس است که نمونه‌های دریافت‌شده کفایت لازم را برای تحلیل مؤلفه اصلی متغیرهای مورد نظر دارند. اعتبارسنجی تحلیل‌ها نیز با استفاده از ضریب تعیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ارزیابی شد که به ترتیب، طبق رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه شدند.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SS_{YY}} = \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y} - y)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این معادله‌ها، \hat{y} مقادیر پیش‌بینی‌شده، y مقادیر مشاهده‌شده، \bar{y} میانگین مقادیر مشاهده‌شده و N تعداد نمونه‌هاست.

۳- نتایج

۳-۱- آمار توصیفی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک داده‌های آماری توصیف ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ۱۰۷ نمونه خاک محدوده مورد مطالعه، شامل مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و ضرایب تغییرات پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، درصد اجزای بافت و نیز مقادیر اکسیدهای آزاد آهن خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	
۷/۸۶	۸/۵۶	۸/۰۵	۰/۱۰	۱/۲۴	pH
۱۲۲/۲۵	۲۸۹/۳۰	۱۶۲/۹۹	۲۸/۱۰	۱۷/۲۴	هدایت الکتریکی (μs/cm)
۰/۳۹	۲/۵۴	۱/۳۱	۰/۴۱	۳۱/۲۹	کربن آلی (%)
۴/۶۴	۳۴/۶۴	۱۷/۵۷	۵/۸۰	۳۳/۰۱	رس (%)
-۰/۰۲	۳۸/۶۶	۲۲/۵۱	۵/۹۸	۲۶/۵۶	سیلت (%)
۴۲/۷۰	۷۸/۷۲	۵۹/۹۱	۸/۶۹	۱۴/۵۰	شن (%)
۱/۱۴	۲/۸۲	۲/۲۳	۰/۳۶	۱۶/۱۴	اکسیدهای آزاد آهن (%)
۱/۲۵	۵/۳۷	۳/۱۹	۱/۲۳	۳۸/۵۵	آرسنیک (mg/kg)
۰/۳۱	۰/۸۲	۰/۵۴	۰/۱۱	۲۰/۳۷	کادمیوم (mg/kg)

1. Bartlett

۳-۲- آمار توصیفی باندهای ماهواره لندست ۸

نتایج آمار توصیفی باندهای ماهواره لندست ۸ در جدول ۲ آمده است. بیشترین و کمترین میانگین ارزش رقومی باندهای این ماهواره، به ترتیب، متعلق به باند ۵ و باند ۱ است. بیشترین مقدار ضریب تغییرات نیز در باند ۳ مشاهده شد.

دارد. بیشترین همبستگی بین درصد شن و ارزش رقومی باند ۴ ماهواره لندست ۸ دیده می‌شود. همبستگی معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین و میزان بازتاب در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک مشاهده نشد.

۳-۳- همبستگی‌های بین متغیرهای مورد مطالعه

همبستگی بین ویژگی‌های خاک و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد اکسیدهای آزاد آهن و شن و همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد رس و سیلت خاک با ارزش رقومی اکثر باندهای ماهواره لندست ۸ وجود

۳-۴- تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد

اکسیدهای آزاد آهن

جدول ۴ رگرسیون خطی چندمتغیره بین درصد اکسیدهای آزاد آهن و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ را نشان می‌دهد. مقادیر فاکتور تورم واریانس بیشتر از ۱۰ به دست آمد که رابطه هم‌خطی بین متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد.

جدول ۲. آمار توصیفی باندهای ماهواره لندست ۸

حد اقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	
۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۳۳/۳۳	باند ۱ (آبی)
۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۲	۴۰/۰۰	باند ۲ (آبی)
۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۴	۵۰/۰۰	باند ۳ (سبز)
۰/۰۲	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۰۷	۴۳/۷۵	باند ۴ (قرمز)
۰/۱۰	۰/۴۸	۰/۲۷	۰/۱۰	۳۷/۰۳	باند ۵ (مادون قرمز نزدیک)
۰/۰۴	۰/۳۰	۰/۱۸	۰/۰۷	۳۸/۸۸	باند ۶ (مادون قرمز میانی)
۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۰۶	۴۰/۰۰	باند ۷ (مادون قرمز میانی)

جدول ۳. همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸

باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷	
-۰/۰۴۱	-۰/۰۲۸	-۰/۰۴۶	-۰/۰۷۱	۰/۰۳۷	-۰/۰۲۱	۰/۰۰۴	اسیدیته
۰/۰۳۳	۰/۰۴۳	۰/۰۶۹	۰/۰۷۳	۰/۰۴۷	۰/۰۶۱	۰/۰۱۳	هدایت الکتریکی (μs/cm)
۰/۰۱۷	۰/۰۳۰	۰/۰۵۴	۰/۰۴۰	۰/۰۵۹	۰/۰۶۵	۰/۰۵۳	کربن آلی (%)
-۰/۲۵۷**	-۰/۲۷۹**	-۰/۳۰۸**	-۰/۳۲۹**	۰/۰۴۰	-۰/۳۱۰**	-۰/۲۴۰*	رس (%)
-۰/۲۰۴*	-۰/۲۱۹*	-۰/۲۲۹*	-۰/۲۴۳*	۰/۰۰۵	-۰/۱۴۸	-۰/۱۵۲	سیلت (%)
۰/۳۰۱**	۰/۳۲۶**	۰/۳۴۷**	۰/۳۷۶**	-۰/۰۴۴	۰/۳۱۶**	۰/۲۶۲**	شن (%)
۰/۳۱۳**	۰/۲۹۴**	۰/۲۴۵*	۰/۲۳۶*	۰/۰۳۰	۰/۲۲۲*	۰/۲۶۰**	اکسیدهای آزاد آهن (%)
۰/۱۰۸	۰/۰۹۴	۰/۰۷۹	۰/۰۵۴	۰/۰۲۴	۰/۱۰۷	۰/۰۷۹	آرسنیک (mg/kg)
-۰/۱۶۹	-۰/۱۴۵	-۰/۱۳۶	-۰/۱۱۱	۰/۱۶۵	-۰/۰۵۹	-۰/۱۷۲	کادمیوم (mg/kg)

* همبستگی در سطح ۰/۰۵ ** همبستگی در سطح ۰/۰۱

شده است. مقادیر فاکتور تورم واریانس بیشتر از ۱۰ رابطه هم خطی بین متغیرهای مستقل را تأیید کرد. نتایج ضرایب رگرسیون خطی گام به گام در جدول ۷ آمده است. ارزش رقومی بازتاب باند ۶، در مقایسه با دیگر باندها، بیشترین تأثیر را در برآورد درصد رس دارد. ضریب مثبت β رابطه مستقیم بین ارزش رقومی بازتاب باند ۶ و درصد رس را نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه (۵)، درصد رس برآورد شد.

$$\text{Clay} = 22.332 + 0.314 (\text{Band6}) \quad (\text{رابطه } ۵)$$

نتایج ضرایب رگرسیون خطی گام به گام در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، درصد اکسیدهای آزاد آهن خاک با استفاده از باند ۱ برآورد شد. ضریب مثبت β نشان می‌دهد که مقدار ارزش رقومی بازتاب باند ۱ با درصد اکسیدهای آزاد آهن خاک رابطه مستقیم دارد. درصد اکسیدهای آزاد آهن طبق رابطه (۴) برآورد شد.

$$\text{Fe} = 1.980 + 0.338 (\text{Band1}) \quad (\text{رابطه } ۴)$$

۳-۵- تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد رس

نتایج رگرسیون خطی چندمتغیره در جدول ۶ مطرح

جدول ۴. رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد اکسیدهای آزاد آهن

آماره‌های هم خطی		سطح معنی داری	مدل
فاکتور تورم واریانس	تولرانس		
-	-	۰/۰۰۰	مقدار ثابت
۰/۰۰۳	۳۰۴/۴۸۸	۰/۵۵۸	باند ۱
۰/۰۰۱	۶۸۴/۸۳۰	۰/۲۷۷	باند ۲
۰/۰۰۲	۴۸۳/۱۸۰	۰/۰۳۳	باند ۳
۰/۰۰۴	۲۲۲/۲۵۶	۰/۲۰۶	باند ۴
۰/۰۱۸	۵۴/۲۱۰	۰/۲۴۷	باند ۶
۰/۰۱۶	۶۴/۱۸۱	۰/۰۵۹	باند ۷

متغیر وابسته: درصد اکسیدهای آزاد آهن ($R^2: ۰/۱۷۷$)

جدول ۵. ضرایب رگرسیون خطی گام به گام (درصد اکسیدهای آزاد آهن)

آماره‌های هم خطی		ضرایب استاندارد شده		خطای معیار	B	مدل
فاکتور تورم واریانس	تولرانس	سطح معنی داری	T			
-	-	۰/۰۰۰	۲۵/۶۲۶	۰/۰۷۷	۱/۹۸۰	مقدار ثابت
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۳/۶۸۶	۰/۳۳۸	۶/۸۰۷	باند ۱

متغیر وابسته: درصد اکسیدهای آزاد آهن ($R^2: ۰/۱۱۵$)

جدول ۶. رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد رس

آماره‌های هم خطی		سطح معنی داری	مدل
فاکتور تورم واریانس	تولرانس		
-	-	۰/۰۰۰	مقدار ثابت
۰/۰۰۳	۳۰۴/۴۸۸	۰/۸۰۰	باند ۱
۰/۰۰۱	۶۸۴/۸۳۰	۰/۹۱۹	باند ۲
۰/۰۰۲	۴۸۳/۱۸۰	۰/۵۲۶	باند ۳
۰/۰۰۴	۲۲۲/۲۵۶	۰/۲۶۵	باند ۴
۰/۰۱۸	۵۴/۲۱۰	۰/۴۴۵	باند ۶
۰/۰۱۶	۶۴/۱۸۱	۰/۶۵۳	باند ۷

متغیر وابسته: درصد رس ($R^2: ۰/۱۸۷$)

۳-۶- تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد سیلت

جدول ۸ رگرسیون خطی چندمتغیره بین درصد سیلت و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ را نشان می‌دهد. مقادیر فاکتور تورم واریانس بیشتر از ۱۰ رابطه هم‌خطی بین متغیرهای مستقل را تأیید کرد.

طبق نتایج، ارزش رقومی بازتاب باند ۴ در قیاس با دیگر باندها بیشترین تأثیر را در برآورد درصد سیلت دارد. ضریب منفی β رابطه معکوس بین ارزش رقومی بازتاب باند ۴ و درصد سیلت را تأیید می‌کند (جدول ۹). برآورد درصد سیلت با استفاده از رابطه (۶) به‌دست آمد.
رابطه (۶) $Silt = 25.497 - 0.236 (Band4)$

جدول ۷. ضرایب رگرسیون خطی گام‌به‌گام (درصد رس)

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		سطح معنی‌داری	آماره‌های هم‌خطی	
	B	خطای معیار	β	t		فاکتور تورم واریانس	تولرانس
مقدار ثابت	۲۲/۳۳۲	۱/۵۰۴	-	۱۴/۸۴۸	۰/۰۰۰	-	-
باند ۶	-۲۵/۲۴	۷/۴۵۸	۰/۳۱۴	-۳/۳۸۵	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

متغیر وابسته: درصد رس ($R^2: ۰/۰۹۸$)

جدول ۸. رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد سیلت

مدل	سطح معنی‌داری	آماره‌های هم‌خطی	
		فاکتور تورم واریانس	تولرانس
مقدار ثابت	۰/۰۰۰	-	-
باند ۱	۰/۸۳۳	۱۳۳/۱۵۷	۰/۰۰۸
باند ۲	۰/۸۰۷	۵۶۷/۵۳۷	۰/۰۰۲
باند ۳	۰/۸۵۷	۱۸۸/۲۰۶	۰/۰۰۵
باند ۴	۰/۵۶۷	۳۵/۱۲۱	۰/۰۲۸

متغیر وابسته: درصد سیلت ($R^2: ۰/۰۵۶$)

جدول ۹. ضرایب رگرسیون خطی گام‌به‌گام (درصد سیلت)

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		سطح معنی‌داری	آماره‌های هم‌خطی	
	B	خطای معیار	β	t		فاکتور تورم واریانس	تولرانس
مقدار ثابت	۲۵/۴۹۷	۱/۳۲۷	-	۱۹/۲۱۷	۰/۰۰۰	-	-
باند ۴	-۱۷/۹۱۰	۷/۲۰۳	-۰/۲۳۶	-۲/۴۸	۰/۰۱۴	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

متغیر وابسته: درصد سیلت ($R^2: ۰/۰۵۶$)

۳-۷- تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد

شن

رگرسیون خطی چندمتغیره بین درصد شن و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ در جدول ۱۰ بیان شده است. مقادیر فاکتور تورم واریانس بیشتر از ۱۰ رابطه هم خطی بین متغیرهای مستقل را تأیید می کند. در جدول ۱۱، ضرایب رگرسیون خطی گام به گام بین درصد شن و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ آمده است. ضرایب مثبت β رابطه مستقیم بین درصد شن و ارزش رقومی بازتاب باند ۴ را نشان می دهد. درصد شن با استفاده از رابطه (۷) برآورد شد.

$$\text{رابطه (۷)} \quad \text{Sand} = 53.187 + 0.366 (\text{Band4})$$

۳-۸- تحلیل رگرسیون مؤلفه های اصلی

مقدار KMO برای متغیرهای درصد اکسیدهای آزاد آهن، درصد رس و درصد شن ۰/۷۱۵ (جدول ۱۲) و برای متغیر درصد سیلت ۰/۷۱۲ (جدول ۱۳) به دست آمد. میزان سطح معنی داری در آزمون بارتلت کمتر از ۰/۰۵ است (جدول های ۱۲ و ۱۳). بنابراین، می توان استنباط کرد که در سطح خطای ۰/۰۵، فرض صفر تأیید نشده است و بدین ترتیب فرض یک، یعنی کفایت مدل، پذیرفته می شود که امکان اجرای تحلیل مؤلفه اصلی را در مورد این متغیرها تأیید می کند.

جدول ۱۰. رگرسیون خطی چندمتغیره برای درصد شن

آماره های هم خطی		سطح معنی داری	مدل
تولرانس	فاکتور تورم واریانس		
-	-	۰/۰۰۰	مقدار ثابت
۰/۰۰۳	۳۰۴/۴۸۸	۰/۶۸۹	باند ۱
۰/۰۰۱	۶۸۴/۸۳۰	۰/۶۴۶	باند ۲
۰/۰۰۲	۴۸۳/۱۸۰	۰/۵۳۲	باند ۳
۰/۰۰۴	۲۲۲/۲۵۶	۰/۱۲۳	باند ۴
۰/۰۱۸	۵۴/۲۱۰	۰/۷۱۰	باند ۶
۰/۰۱۶	۶۴/۱۸۱	۰/۲۹۴	باند ۷

متغیر وابسته: درصد شن ($R^2: 0/198$)

جدول ۱۱. ضرایب رگرسیون خطی گام به گام (درصد شن)

آماره های هم خطی		سطح معنی داری	ضرایب استاندارد شده		مدل
تولرانس	فاکتور تورم واریانس		β	B	
-	-	۰/۰۰۰	۲۸/۸۰۷	۱/۸۴۶	مقدار ثابت
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۴/۰۲۷	۱۰/۰۲۳	باند ۴

متغیر وابسته: درصد شن ($R^2: 0/134$)

جدول ۱۲. آزمون KMO و بارتلت (درصد اکسیدهای آزاد آهن، درصد رس و درصد شن)

آزمون کایزر- مایر- الکین	آزمون بارتلت
کفایت اندازه نمونه ها	کای اسکوتر
۰/۷۱۵	۲۰۷۴/۹۱
	Df
	۱۵
	سطح معنی داری
	۰/۰۰۰

۳-۸-۱- تحلیل رگرسیون مؤلفه‌های اصلی برای درصد اکسیدهای آزاد آهن
 رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی برای درصد اکسیدهای آزاد آهن در جدول ۱۶ آمده است. ضریب مثبت β بیانگر رابطه مستقیم بین درصد اکسیدهای آزاد آهن و مؤلفه اول است. درصد اکسیدهای آزاد آهن با استفاده از رابطه (۸) برآورد شد.

$$\text{Fe} = 2.236 + 0.300 (\text{PC1}) \quad \text{رابطه (۸)}$$

مؤلفه‌های اصلی و مقادیر ویژه آنها برای درصد اکسیدهای آزاد آهن، درصد رس و درصد شن در جدول ۱۴ و برای متغیر درصد سیلت، در جدول ۱۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج، مؤلفه اول به دلیل قابلیت تبیین واریانس‌ها به منزله مؤلفه اصلی انتخاب شد. این مؤلفه، به ترتیب، ۹۵/۹۵۶ و ۹۷/۸۰۳٪ از واریانس کل را برآورد کرد.

جدول ۱۳. آزمون KMO و بارتلت (درصد سیلت)

آزمون کایزر- مایر- الکین	آزمون بارتلت	کفایت اندازه نمونه‌ها
۰/۷۱۲	کای اسکوتر	۱۲۸۸/۳۲۷
	Df	۶
	سطح معنی داری	۰/۰۰۰

جدول ۱۴. مؤلفه‌های اصلی و مقادیر ویژه آنها (درصد اکسیدهای آزاد آهن، درصد رس و درصد شن)

مؤلفه‌ها	مقادیر ویژه	واریانس (%)	واریانس تجمعی (%)
۱	۵/۷۵۷	۹۵/۹۵۶	۹۵/۹۵۶
۲	۰/۱۲۷	۲/۱۱۵	۹۸/۰۷۱
۳	۰/۰۹۳	۱/۵۵۳	۹۹/۶۲۳

جدول ۱۵. نتایج مؤلفه‌های اصلی و مقادیر ویژه آنها (درصد سیلت)

مؤلفه‌ها	مقادیر ویژه	واریانس (%)	واریانس تجمعی (%)
۱	۳/۹۱۲	۹۷/۸۰۳	۹۷/۸۰۳
۲	۰/۰۷۵	۱/۸۸۱	۹۹/۶۸۴
۳	۰/۰۱۱	۰/۲۸۶	۹۹/۹۷۰

جدول ۱۶. رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی برای درصد اکسیدهای آزاد آهن

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		سطح معنی داری	آماره‌های هم خطی	
	B	خطای معیار	β	t		فاکتور تورم واریانس	تولرانس
مقدار ثابت	۲/۲۳۶	۰/۰۳۴	-	۶۵/۲۴۷	۰/۰۰۰	-	-
مؤلفه اول	۰/۱۱	۰/۰۳۴	۰/۳۰۰	۳/۲۲۳	۰/۰۰۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

متغیر وابسته: درصد اکسیدهای آزاد آهن ($R^2: ۰/۰۹۰$)

بین درصد سیلت و مؤلفه اول را نشان می‌دهد. درصد سیلت با استفاده از رابطه (۱۰) برآورد شد.

$$\text{Silt} = 22.512 - 0.229 (\text{PC1}) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

۳-۸-۴- تحلیل رگرسیون مؤلفه‌های اصلی برای درصد شن

رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی، برای درصد شن، در جدول ۱۹ آمده و ضریب مثبت β مؤید رابطه مستقیم بین درصد شن و مؤلفه اول است. برآورد درصد شن از طریق رابطه (۱۱) انجام شد.

$$\text{Sand} = 59.914 + 0.327 (\text{PC1}) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

۳-۸-۲- تحلیل رگرسیون مؤلفه‌های اصلی برای درصد رس

رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی، برای درصد رس، در جدول ۱۷ ذکر شده است. ضریب منفی β رابطه معکوس بین درصد رس و مؤلفه اول را تأیید می‌کند. برآورد درصد رس طبق رابطه (۹) انجام شد.

$$\text{Clay} = 17.574 - 0.264 (\text{PC1}) \quad \text{رابطه (۹)}$$

۳-۸-۳- تحلیل رگرسیون مؤلفه‌های اصلی برای درصد سیلت

در جدول ۱۸، رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی برای درصد سیلت آمده است. ضریب منفی β رابطه معکوس

جدول ۱۷. رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی برای درصد رس

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		سطح معنی‌داری	آماره‌های هم‌خطی	
	B	خطای معیار	β	t		تولرانس	فاکتور تورم واریانس
مقدار ثابت	۱۷/۵۷۴	۰/۵۴۴	-	۳۲/۳۲۸	۰/۰۰۰	-	-
مؤلفه اول	-۱/۵۳۲	۰/۵۴۶	-۰/۲۶۴	-۲/۸۰۵	۰/۰۰۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

متغیر وابسته: درصد رس ($R^2: ۰/۰۷۰$)

جدول ۱۸. رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی برای درصد سیلت

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		سطح معنی‌داری	آماره‌های هم‌خطی	
	B	خطای معیار	β	t		تولرانس	فاکتور تورم واریانس
مقدار ثابت	۲۲/۵۱۲	۰/۵۶۶	-	۳۹/۷۸۴	۰/۰۰۰	-	-
مؤلفه اول	-۱/۳۶۹	۰/۵۶۹	-۰/۲۲۹	-۲/۴۰۹	۰/۰۱۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

متغیر وابسته: درصد سیلت ($R^2: ۰/۰۵۲$)

جدول ۱۹. رگرسیون مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی برای درصد شن

مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده		سطح معنی‌داری	آماره‌های هم‌خطی	
	B	خطای معیار	β	t		تولرانس	فاکتور تورم واریانس
مقدار ثابت	۵۹/۹۱۴	۰/۷۹۸	-	۷۵/۰۶۹	۰/۰۰۰	-	-
مؤلفه اول	۲/۸۴۴	۰/۸۰۲	۰/۳۲۷	۳/۵۴۶	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

متغیر وابسته: درصد شن ($R^2: ۰/۱۰۷$)

۳-۹- اعتبارسنجی تحلیل‌ها

محدوده مادون قرمز، کاهش می‌دهد (Wetterlind & Stenberg, 2010). بافت خاک محدوده مورد مطالعه از دو نوع رسی و سیلتی است. این نوع خاک‌ها، به دلیل وجود رس، توانایی بالایی در نگهداری کودها، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها دارند (Matinfar and Ghodoosifard, 2016). میانگین غلظت کادمیوم در خاک‌های این محدوده (۰/۵۴) کمتر از حد بحرانی آن (۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (Bolan et al., 2003) است. حد استاندارد غلظت آرسنیک در خاک ۱۷ میلی‌گرم

ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا، در مورد هریک از ویژگی‌های خاک، در جدول ۲۰ مطرح شده است. در تحلیل رگرسیون خطی گام‌به‌گام، ضریب تعیین برای درصد اکسیدهای آزاد آهن خاک ۰/۱۱ به دست آمد و خطایی کمتر از سایر ویژگی‌های خاک نشان داد. در تحلیل رگرسیون مؤلفه اصلی، ضریب تعیین مقادیر مورد قبولی در مورد ویژگی‌های خاک به دست نداد.

جدول ۲۰. ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا برای ویژگی‌های خاک

تحلیل	درصد اکسیدهای آزاد آهن		
	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
رگرسیون خطی گام‌به‌گام	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۳
	۷/۵	۶/۶	۱۰/۹
رگرسیون مؤلفه اصلی	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۰
	۵/۷	۵/۹	۸/۵

۴- بحث و نتایج

بر کیلوگرم است (Touzandejani et al., 2018)؛ بنابراین، میانگین غلظت آرسنیک در خاک‌های محدوده مورد نظر (۳/۱۹) نیز کمتر از حد استاندارد آن است. بین فلزات سنگین و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸، همبستگی مشاهده نشد. می‌توان گفت که خاک‌های رسی، به دلیل رنگ و بافت خود، سبب کاهش یکنواخت تأثیر باندهای گوناگون در برآورد فلزات سنگین می‌شوند. به عبارت دیگر، خاک‌های بافت نرم تیره‌تر از خاک‌های بافت درشت‌اند و در نتیجه، انعکاس طیفی خاک‌هایی که شن و سیلت بیشتر دارند از کانی‌های رسی بیشتر است زیرا آب کمتری دارند (Matinfar and Ghodoosifard, 2016). این پژوهش، که به منظور راستی‌آزمایی دستاوردهای مطالعات قبلی درباره خاک‌های زارعی دشت قروه- دهگلان انجام شد، در برخی موارد خروجی مشابه و در موارد دیگر، نتایجی متفاوت با مطالعات گذشته به دست داد.

در پژوهش حاضر، همبستگی معنی‌داری بین درصد اکسیدهای آزاد آهن و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ وجود داشت که با نتایج پژوهش Shi et al. (2014) و (Stenberg et al. 2010) هم‌خوانی دارد. باند قرمز ماهواره لندست ۸ بیش از سایر باندها با ویژگی‌های خاک همبستگی نشان داد. اهمیت باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک در پژوهش Shirazi et al. (2011)، در منطقه پلایای دامغان و باند مادون قرمز نزدیک در پژوهش Ebrahimi et al. (2012)، در دشت خاتم یزد، در برآورد بافت خاک مشاهده شد. نتایج پژوهش Liao et al. (2013) همبستگی معنی‌داری را میان شن، سیلت و رس با ارزش رقومی ۶ باند (باندهای ۱ تا ۵ و نیز باند ۷) ماهواره لندست سنجنده ETM⁺ نشان داد. بین سیلت و باندهای مادون قرمز ماهواره لندست ۸، همبستگی مشاهده نشد. دلیل آن ترکیب شن و رسی بودن سیلت است که تشخیص آن را در

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش بیان می‌کند که می‌توان باندهای طیف مرئی ماهواره لندست ۸ را برای برآورد برخی ویژگی‌های خاک همچون بافت آن و مقادیر اکسیدهای آزاد آهن خاک در دشت قروه- دهگلان، به کار برد. البته رابطه به‌دست‌آمده از تحلیل رگرسیون خطی گام‌به‌گام برای برآورد درصد اکسیدهای آزاد آهن دقتی بالاتر از بافت خاک داشت. استفاده از تکنیک سنجنش از دور، برای بررسی غلظت فلزات سنگین خاک در منطقه مورد مطالعه، دارای محدودیت‌هایی است؛ ضمن آنکه تحلیل‌های رگرسیون گام‌به‌گام و رگرسیون مؤلفه اصلی نیز کارایی مطلوبی در برآورد ویژگی‌های خاک آن منطقه نداشتند. دلیل آن را می‌توان تعداد اندک متغیرهای مورد استفاده و همبستگی اندک بین متغیرهای مستقل دانست.

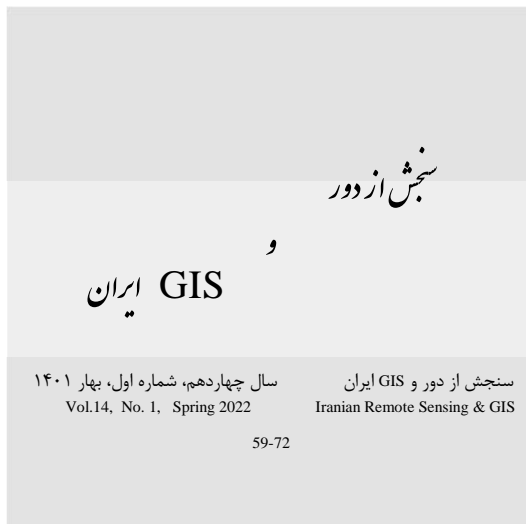
۶- منابع

- Asadzadeh, F., Khosraviqdam, K., Yaghmaeian Mahabadi, N., & Ramezanpour, H., 2019, **Spatial Variation of Mineral Particles of the Soil using Remote Sensing Data and Geostatistics to the Soil Texture Interpolation**, Water and Soil, 32(6), 1207-1222.
- Asmaryan, S.G., Muradyan, V., Sahakyan, L., Saghatelyan, A., Warner, T., 2014, **Development of remote sensing methods for assessing and mapping soil pollution with heavy metals**, Global Soil Map: Basis of the global spatial soil information system, 429-432.
- Bolan, N.S., Adriano, B.C., Mani, P.A., 2003, **Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. II. Effect of lime addition**, Plant and Soil, 251: 187-198.
- Broge, N.H., Thomsen, A.G., Greve, M.H., 2004, **Prediction of topsoil organic matter and clay content from measurements of spectral reflectance and electrical conductivity**, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science, 54(4), 232-240.

(Shi et al. (2014) در پژوهشی، علت فقدان همبستگی بین فلزات سنگین و ارزش رقومی باندهای ماهواره را غلظت اندک فلزات سنگین در خاک دانستند و اظهار کردند بازتاب طیفی توانایی نشان‌دادن غلظت اندک فلزات خاک را ندارد. نتایج پژوهش (Yari et al. (2016 نیز نشان داد که بین غلظت فلزات سنگین و ترکیبات باندی گوناگون از تصاویر ماهواره لندست ۸، ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. در پژوهش (Noorian and Delawar (2012 همبستگی معنی‌داری بین داده‌های سنجنده ETM^{+} و عنصر کادمیوم مشاهده نشد. بین درصد کربن آلی و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸ نیز، همبستگی دیده نشد که این مسئله با نتایج (Stenberg et al. (2010 مطابقت دارد. این محققان، در پژوهش خود، فقدان همبستگی بین کربن آلی و باندهای ماهواره‌ای را به بافت خاک نسبت دادند. پژوهشگران بسیاری (Dematte & Garcia, 1999; Broge et al., 2004; Sullivan et al., 2005; Liao et al., 2013) روابط رگرسیونی را برای تعیین رابطه خطی بین داده‌های ماهواره‌ای و ویژگی‌های خاک برده‌اند. به‌منظور تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک و ارزش رقومی باندهای ماهواره لندست ۸، از تحلیل‌های رگرسیون خطی گام‌به‌گام و رگرسیون مؤلفه اصلی استفاده شد. در روابط رگرسیونی به‌دست‌آمده برای بافت خاک، ضرایب ارزش رقومی روابط رگرسیون خطی گام‌به‌گام، درمورد رس و شن، مثبت و درمورد سیلت، منفی بود. اما ضرایب ارزش رقومی روابط رگرسیون مؤلفه اصلی، درمورد رس و سیلت، منفی و درمورد شن، مثبت بود. در شرایط فقدان یا کمبود رطوبت، هنگامی که پرتو الکترومغناطیس بر سطح خاک می‌تابد، به‌دلیل درشت‌بودن شن بخش بیشتر پرتو الکترومغناطیس بازتاب می‌یابد. بخشی از آن نیز به داخل خاک نفوذ می‌کند که بر اثر برخورد مجدد پرتوهای نفوذی به ذرات شن، بازتابش پیدا می‌کند (Vincent, 1997). این وضعیت باعث کاهش و افزایش بازتاب و به تبع آن، دخالت در علامت ضرایب ارزش رقومی در روابط رگرسیونی می‌شود.

- Campbell, J.B., Wynne, R.H., 2011, **Introduction to Remote Sensing**, Fifth Edition Division of Guilford Publications, New York.
- Day, P.R., 1965, **Particle fractions and particle-size analysis**. In: **Black CA (ed) Methods of soil analysis: Part 1**. American Society of Agronomy, Madison, United States.
- Dematte, J.A.M., Garcia, G.J., 1999, **Alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance**, Soil Science Society of America Journal, 63(2), 327-342.
- Duda, A.M., Nawar, M., 1996, **Implementing the World Bank, s water resources management policy: A priority on toxic substance from nonpoint sources**, Water Science and Technology, 33: 45-51.
- Ebrahimi, Z., Vali, A., Ghazavi, R., Haghparast, H., 2012, **Investigation of soil texture particles and geometric mean particle diameter effects on soil surface of spectral reflectance (case study: Yazd)**, Journal of Quantities Geomorphology Researches, 3, 115-128.
- Gilmore, S., Saleem, A., Dewan, A., 2015. **Effectiveness of DOS (Dark-Object Subtraction) method and water index techniques to map wetlands in a rapidly urbanizing megacity with Landsat 8 data**. 100-108
- Grossl, P.R., Sparks, D.L., 1995, **Evaluation of contamination adsorption/ desorption on goethite using pressure-jump relaxation kinetics**, Geoderma, 67: 87-101.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H., Reyes, D., MacDonald, J.S., 2008. **Trace element assessment**. In **Carter, M.R., and E.G. Gregorich (eds)**. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd ed. Canadian Society of Soil Science, CRC Press and Taylor & Francis Group. Oxford, UK.
- ISRIC, 1993, **Procedures for soil analysis**. International Soil Reference and Information center.
- Kirpichtchikova, T.A., Manceau, A., Spadini, L., Panfili, F., Marcus, M.A., Jacquet, T., 2006, **Speciation and solubility of heavy metals in contaminated soil using X-ray microfluorescence, EXAFS spectroscopy, chemical extraction, and thermodynamic modeling**, Geochimica et Cosmochimica Acta, 70(2), 2120-2153.
- Leghaei, H., Pahmanpour, H., 2013, **Urban Ecology**, University of Tehran, Tehran, Iran.
- Liao, K., Shaohui, X.U., Jichun, W.U., Zhu, Q., 2013, **Spatial estimation of surface soil texture using remote sensing data**, Soil Science and Plant Nutrition, 59, 488-500.
- Matinfar, H., Ghodoosifard, F., 2016, **Evaluation of Super Spectral Images to Estimate Pb Pollution in Arable Soils**, Geographic Space, 16(54), 261-282.
- Mokhtari Garchekani, P., Ayoubi, Sh.A., Mosadeghi, M.R., Malekian, M., 2011, **Effects of land use and slope gradient on soil organic carbon pools in particle-size fractions and some soil physico-chemical properties in hilly regions, western Iran**, Soil Management and Sustainable Production, 1(1), 23-41.
- Nael, M., Khademi, H., Jalalian, A., Schulin, R., Kalbasi, M., Sotohian, F., 2009. **Effect of geopedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran**, Geoderma, 152:157-170.
- Noorian, M., Delawar, M.A., 2012, **Geo-Statistical Evaluation of Total Cadmium Concentration in Dizajabad Region, Zanjan Province**, Sixth National Conference of Environmental Engineering.
- Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., Baker, D.E., Ellis, R., Rhoades, J.D., 1982, **Methods of soil analysis**, EDS, 631(41): 2-9.
- Pourkhiz, I., 2011, **Application of Geographical Information System (GIS) for more Precise Management on Farms and Crops**, National Conference of New Achievements on Cultivation, pp: 1-7.
- Prasad, K., Gorai, A.K., Goya, L.P., 2016, **Development of ANFIS models for air quality forecasting and input optimization for reducing the computational coast and time**, Atmos Environ, 128: 246-262.

- Shi, T., Chen, Y., Liu, Y., Wu, G., 2014, **Visible and near-infrared reflectance spectroscopy- An alternative for monitoring soil contamination by heavy metals**, Journal of Hazardous Materials, 265, 166-176.
- Shirazi, M., Matinfar, M., Nematollahi, M.J., Zehtabiyani, G.R., 2011, **Comparison of information content of aster and LISS-III Bands in Arid Areas (Case study: Damghan Playa)**, Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science, 1(1), 31-49.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J.C., Soria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., Plaza, A., Martinez, P., 2008, **Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors**, IEEE Transaction of Geoscience Remote Sensing, 46,316-327.
- Sridhar, B.M., Vincent, R.K., Witter, J.D., Spongberg, A.L., 2009, **Mapping the total phosphorus concentration of biosolid amended surface soils using landsat TM data**, Science of the Total Environment, 407: 2894-2899.
- Stenberg, B., Rossel, R. A.V., Mouazen, A.M., Wetterlind, J., 2010, **Visible and near infrared spectroscopy in soil science**, In Advances in agronomy, 107, 163-215.
- Sullivan, D.G., Shaw J., Rickman, D., 2005, **IKONOS imagery to estimate surface soil property variability in two Alabama physiographies**, Soil Science Society of America Journal, 69(6), 1789-1798.
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., Sutton, D.J., 2012, **Heavy metal toxicity and the environment**, In Molecular, Clinical and Environmental Toxicology, 133-154.
- Touzandejani, M., Soffianian, A., Mirghafari, N., 2018, **Arsenic Contamination Risk Assessment in Hamedan Plain-spring Using the Fuzzy Method**, Journal of Water and Soil Science, 22(2), 53-66.
- USGS, 2017, **United States Geological Survey**. Available from <http://glovis.usgs.gov/>
- Vincen, R.K., 1997, **Fundamentals of geological and environmental remote sensing** (Vol. 366). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Walkley, A., Black, I.A., 1934, **An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method**, Soil Sci, 37:29-37.
- Wang, L., Zhang, N., Liu, Z., Sun, Y., Ji, D., Wang, Y., 2014, **The influence of climate factors, meteorological conditions, and boundary-layer structure on severe haze pollution in the Beijing-Tianjin-Hebei region during January 2013**, Advances in Meteorology, 2014.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., 2010, **Near-infrared spectroscopy for within-field soil characterization: small local calibrations compared with national libraries spiked with local samples**, European Journal of Soil Science, 61(6), 823-843.
- Wu, C. G., Zhou, Z. X., Xiao, W. F., Wang, P. C., Wang, T., & Huang, Z. J., 2012, **Dynamic monitoring of vegetation coverage in Three Gorges Reservoir area based on MODIS NDVI**, Scientia Silvae Sinica, 48, 22- 28.
- Yari, Y., Momtaz, H., Taheri, M., 2016, **Spatial Distribution of Some Heavy Metals in Soils of Zanjan Industrial Zone**, Water and Soil Science, 26(1), 223-236.



Estimation of Soil Texture and Amount of Free Iron Oxides Using Landsat 8 Satellite Bands and Regression Analysis

Moradi R.¹, Souri B.^{2*}, Reisi M.³

1. M.Sc. Student, Dep. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2. Associate Prof., Dep. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
3. Assistant Prof., Dep. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Abstract

The aim of this study was to estimate soil properties using Landsat 8 satellite bands in part of farmlands of Qorveh-Dehgolan plain in western Iran. Soil sampling was conducted at a total number of 107 points from 0-15cm depth throughout the study area and their physicochemical properties were measured in the laboratory. In order to extract information from the Landsat 8 satellite image following application of the vegetation mask; DOS values for bands 1-7 were extracted for the sampling points. Correlation Analysis, Stepwise Linear Regression and Principal Component Regression were used to determine the relationship between soil properties and digital value of Landsat 8 bands. Validation of Regression Analysis was evaluated using two parameters of Coefficient of Determination and Root Mean Square Error. The results showed that there was a positive and significant correlation between the digital value of most Landsat8 bands to the amounts of sand and free iron oxides in the soil but a negative and significant of it to amounts of clay and silt in the soil. There was no significant correlation between heavy metals concentration and digital value in visible and near infrared bands while Regression Analysis did not provide acceptable performance in estimating soil properties of the study area. According to the obtained results, it seems that Landsat 8 satellite images can be used to estimate the soil texture and the amount of free iron oxides across the study area.

Keywords: Soil Properties, Ghorveh-Dehgolan Plain, Soil Sampling, Remote Sensing.