

## پهنه‌بندی مقدار ماده‌آلی و توزیع اندازه ذرات خاک در کاربری‌های مختلف با استفاده از زمین‌آمار و سنجش از دور در حوضه آبخیز بارده استان چهارمحال و بختیاری

ندا محمدی فارسانی<sup>1</sup>، احمد کریمی، جهانگرد محمدی و مهدی نادری

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد؛ mohamadi.ne1989@gmail.com

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد؛ karimiahmad1342@yahoo

استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد؛ jahan.mohammad@ymail.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد؛ khnaderi@yahoo.com

دریافت: 97/11/30 و پذیرش: 98/4/12

### چکیده

خاک یکی از منابع طبیعی و سرمایه‌ای هر کشوری است که بایستی به‌طور جدی در آمایش سرزمین در مقیاس ملی و محلی مورد توجه قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربری اراضی بر مقدار ماده آلی و توزیع اندازه ذرات خاک در حوضه آبخیز بارده به‌منظور استفاده از اطلاعات به دست آمده در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی انجام شد. نمونه برداری به‌صورت تصادفی و مرکب از دو عمق صفر تا 5 و صفر تا 20 سانتی‌متری سطح خاک از 140 نقطه انجام گردید. تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌ها در کاربری‌ها انجام و سپس به‌منظور مطالعه الگوی ساختار مکانی ویژگی‌ها، میان‌یابی و پهنه‌بندی به روش کریجینگ صورت گرفت و در آخر با استفاده از تصاویر لندست 8 رابطه ویژگی‌های خاک با تشعشع، انعکاس و درجه حرارت تشعشعی به کمک مدل‌های رگرسیون بررسی شدند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌ها نشان داد در دو عمق نمونه‌برداری صفر تا 5 و صفر تا 20 سانتی‌متری در کاربری‌های مختلف ضریب تغییرات تفاوت چندان بالایی را نشان نمی‌دهد. نتایج پهنه‌بندی ویژگی‌ها نشان دادند که الگوی توزیع ماده آلی و توزیع اندازه ذرات به‌طور عمده ناشی از تغییرپذیری فاکتورهای ذاتی خاک (مانند مواد مادری) و بخشی از آن توسط شیوه‌های مدیریتی (مانند عملیات مدیریتی خاک) می‌باشد. تغییرات ضرایب همبستگی حاکی از قوی‌ترین رابطه بین مقدار ماده آلی، رس، سیلت و شن با میزان بازتاب در محدوده نور مرئی، مادون‌قرمز نزدیک و پانکروماتیک مادون‌قرمز طول‌موج بلند از طیف الکترومغناطیس بود. مقایسه قدرت همبستگی بین بازتاب باندها و مقدار ماده آلی در بخش مادون‌قرمز نزدیک همبستگی بیشتری را نشان داد. اعتبارسنجی‌های انجام شده نشان دادند که نقشه‌های به دست آمده به روش زمین‌آمار و سنجش از دور به‌خوبی توزیع ویژگی‌ها را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: میان‌یابی و پهنه‌بندی، تغییرات مکانی، کریجینگ، درجه حرارت تابشی، طیف الکترومغناطیس

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: شهرکرد، دانشگاه شهرکرد - دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک

## مقدمه

ماده آلی خاک از ویژگی‌های مهم شیمیایی خاک بوده و از نظر تأثیری که بر رشد و تغذیه گیاهان و دیگر ویژگی‌های خاک دارند دارای اهمیت بالایی می‌باشند (ملکوتی، 1384). توزیع اندازه ذرات یکی از ویژگی‌های مهم فیزیکی خاک است (یانگ و همکاران، 2016). تعیین آن از این نظر که ارتباط نزدیک با تخلخل، تغییرات دما، رطوبت و فرآیندهای فرسایش دارا می‌باشد برای رشد گیاه و تولید محصول حائز اهمیت است (دیازوریتا و همکاران، 2007).

زمین‌آمار<sup>1</sup> یکی از روش‌های پردازش داده‌های مکانی معمول و مرسوم است، که بر اساس اصل پیوستگی، تغییرپذیری مکانی و زمانی ویژگی‌های علوم محیطی را مطالعه می‌کند و همبستگی نمونه‌ها را به صورت یک تابع ریاضی به نام واریوگرام<sup>2</sup> ارائه می‌کند (محمدی، 1385). یانگ و همکاران (2016) در بررسی توزیع مکانی کربن آلی و نیتروژن کل در زمین‌های کشاورزی شمال چین به کمک تکنیک زمین‌آمار مشاهده کردند که توزیع ویژگی‌ها در منطقه ناشی از توپوگرافی و بخشی از آن به دلیل شیوه‌های مدیریتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی، تناوب زراعی و فرسایش) می‌باشد.

هاشمی و همکاران (1395) به منظور شناسایی و پهنه‌بندی خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آمار مطالعه‌ای در منطقه میانکنگی سیستان انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که بهترین برازش برای سیلت مدل کروی و برای ذرات شن و رس مدل نمایی است. این محققین گزارش کردند که روش کوکریجینگ مناسب‌ترین روش برای تهیه نقشه ذرات رس می‌باشد.

فاریابی و همکاران (1394) پژوهشی را با هدف مقایسه پهنه‌بندی زمین‌آمار و مرسوم<sup>3</sup> در تعیین تغییرات برخی از ویژگی‌های خاک سطحی در منطقه ساردوئیه واقع در جیرفت استان کرمان انجام دادند و گزارش کردند زمانی که کلاس همبستگی مکانی یک متغیر قوی بود، استفاده از تخمین گر کریجینگ تخمین موفقیت‌آمیز از ویژگی‌های خاک را به همراه داشت.

کلکلی و همکاران (1393) با مقایسه پهنه‌بندی زمین‌آمار و مرسوم در تعیین تغییرات ویژگی‌های سطحی خاک در منطقه جیرفت کرمان، به این نتیجه رسیدند که روش‌های سنتی که بر پایه تفکیک زمین‌نما به

واحدهای نسبتاً همگن استوار هستند، برای نشان دادن تغییرات خاک، به ویژه در مساحت‌های بزرگ، مناسب می‌باشند. از سوی دیگر، محققین نشان دادند تغییرات پیوسته خاک که نیاز به تعداد زیادی نمونه دارد در مساحت‌های کوچک‌تر مناسب است. در هر حال، بدون جانب‌داری از هر کدام از این روش‌ها، باید یکی از آن‌ها را بر اساس هدف، هزینه و مساحت انتخاب کرد. اطلاع از الگوی تغییرات مکانی ماده آلی خاک در راستای توسعه راهکارهای مدیریت پایدار اراضی، امری سودمند و ضروری است (مینگ و همکاران، 2011).

امروزه استفاده از انعکاس باندهای طیفی خاک در محدوده مرئی، مادون‌قرمز میانی و نزدیک (350 تا 2500 نانومتر) جهت برآورد برخی از ویژگی‌های خاک مرسوم شده است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به منظور تلفیق نقشه‌های مکانی مختلف مربوط به یک منطقه خاص و استخراج اطلاعات مورد نیاز برای اتخاذ تصمیم‌های بهینه، به جزء جدایی‌ناپذیر مدیریت پایدار اراضی تبدیل شده‌اند (کمالی و همکاران، 2012).

محمد و همکاران (2016) پژوهشی به منظور برآورد وضعیت حاصلخیزی خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>4</sup> و سنجش از دور در منطقه کارناتاکا، هند انجام دادند گزارش کردند ارتباط متوسط تا قوی بین نتایج حاصل از سنجش از دور با استفاده از تصاویر ماهواره LISS III و مدل RUSLE وجود دارد. راسل و همکاران (2017) تحقیقی با هدف توسعه مدلی با توجه به متغیرهای سنجش از راه دور (ارتفاع، نوع جنگل و زیست‌توده بالای زمین) برای تخمین ذخایر کربن خاک انجام دادند و دریافتند مدل انتخاب شده دارای ضریب  $0/69(R^2)$  بود.

مینگ و همکاران (2011) تکنیک سنجش از دور را برای نقشه‌برداری رقومی خاک و کاربری اراضی در منطقه نانجینگ (شرق چین) به کار بردند. بر اساس میزان بازتاب از سطح، نقشه خاک در 7 کلاس و نقشه کاربری اراضی در 5 کلاس تهیه شدند. این محققین گزارش کردند GIS ابزار قوی برای نقشه‌برداری بر مبنای سنجش از دور بود و داده‌های ماهواره Landsat MSS تناسب زیادی برای نقشه‌برداری نقشه خاک داشت.

گومز و همکاران (2012) خصوصیات خاک و ساختار مکانی آن‌ها را با داده‌های طیفی در دامنه طیف مرئی مادون‌قرمز برآورد کردند. در این مطالعه ویژگی‌های رس، سیلت، شن، کربنات کلسیم، آهن آزاد، ظرفیت تبادل

1. Geostatistics

2. Variogram

3. choropleth

4. GIS

شامل کشت آبی، کشت دیم و مرتع می‌باشد که مساحت هر کدام به ترتیب 10، 12 و 49 کیلومتر مربع است (<https://www.usgs.gov>) (شکل 2). رژیم حرارتی و رطوبتی خاک منطقه به ترتیب، مزیک و زیریک می‌باشد و ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا 2370 متر است. بر اساس آمار مربوط به ایستگاه سینوپتیک شهرکرد، میانگین بارندگی سالانه منطقه 321/5 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه هوا 11/8 درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد (سایت هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری، 1396). اطلاعات تاریخی مبنی بر تغییرات کاربری در حوضه آبخیز بارده در دسترس نمی‌باشد. نقشه کاربری‌های و نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه در شکل 2 آورده شده است.

مطابق با زمان تصویربرداری، مراجعات صحرائی برای نمونه‌برداری از خاک انجام شد. تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک سطحی زمانی مناسب است که پوشش گیاهی حداقل باشد (باسودب، 2013). از آنجایی‌که در منطقه مورد مطالعه حداقل پوشش در دو زمان قبل از شروع دوره رشد (اواخر فروردین) و در پایان دوره رشد گیاه (اواخر شهریور) است. با توجه به اقلیم منطقه نمونه‌برداری پایان دوره رشد گیاهان انتخاب شد. پس از انتخاب نقاط نمونه‌برداری بر روی تصویر نهایی و مشخص کردن مختصات جغرافیایی نقاط با استفاده از GPS نقاط مورد نظر در منطقه تعیین شد. نمونه‌برداری از 140 نقطه در دو عمق از سطح خاک صورت گرفت، عمق اول جهت تکنیک زمین‌آمار صفر تا 20 سانتی‌متری و برای تکنیک سنجش از دور از عمق صفر تا 5 سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام شد زیرا در این تکنیک نمونه‌برداری از لایه سطحی دارای اهمیت است (باسودب، 2013).

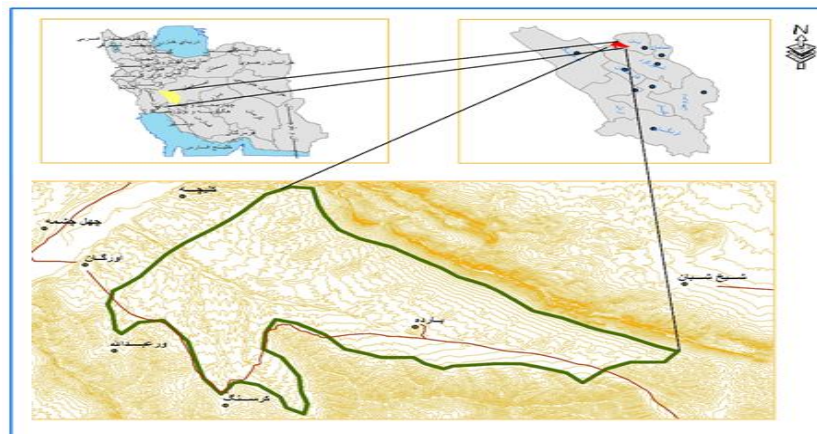
کاتیونی، کربن آلی و pH در 95 نمونه خاک از اراضی بایر ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که مؤلفه‌های کربنات کلسیم، آهن، رس و ظرفیت تبادل کاتیونی با دقت بالاتری نسبت به سایر ویژگی‌ها تخمین زده شدند. مقادیر برای  $R^2$  کربنات کلسیم، آهن، رس و ظرفیت تبادل کاتیونی به ترتیب 0/76، 0/78، 0/67، 0/62 به‌دست آمدند. این مطالعه نشان داد که پیش‌بینی خصوصیات خاک با استفاده از داده‌های طیفی موفقیت‌آمیز خواهد بود.

اسمید و همکاران (2012) از انعکاس طیفی خاک در دامنه‌های طیفی مرئی (VIS) و مادون‌قرمز نزدیک (NIR) (طول‌موج بین 350 تا 2500 نانومتر) جهت تخمین ویژگی‌های مبنایی خاک نظیر توزیع اندازه ذرات، مقدار ماده آلی و هدایت الکتریکی (EC) خاک استفاده کردند.

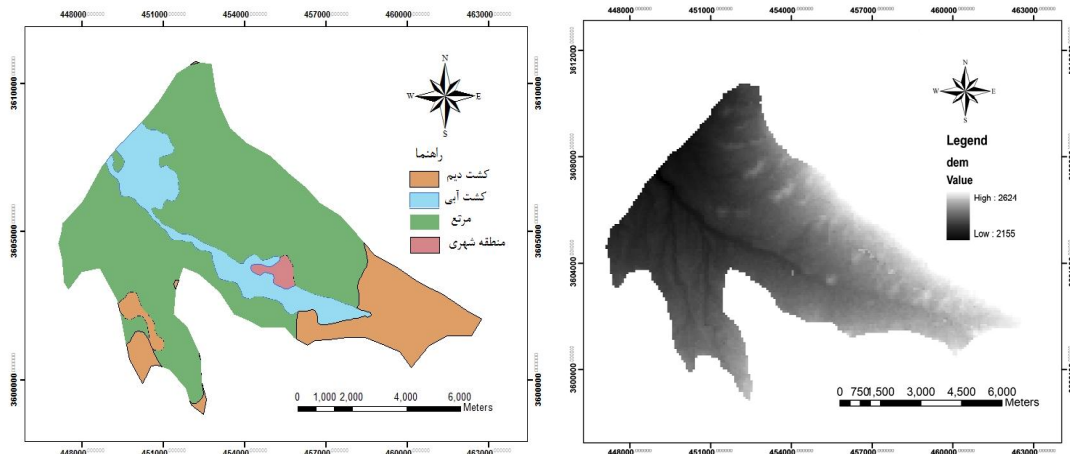
نظر به اینکه اطلاع از ویژگی‌های خاک مستلزم صرف زمان و هزینه زیادی می‌باشد، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربری اراضی بر مقدار ماده آلی و توزیع اندازه ذرات خاک در بخشی از حوضه آبخیز بارده واقع در شمال غرب شهرکرد (استان چهارمحال و بختیاری) انجام شد که می‌توانیم از این نتایج در مناطقی که شرایط مشابهی دارند استفاده کنیم و همچنین از اطلاعات به‌دست آمده جهت حمایت از تصمیم‌گیری‌های مدیریت خاک، مدیریت عملیات زراعی و کشاورزی حوضه آبخیز بهره‌مند گردید.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در بخشی از حوضه آبخیز بارده با مساحت 80 کیلومتر مربع واقع در 40 کیلومتری شمال غربی شهرکرد (استان چهارمحال و بختیاری) انجام گرفت. این حوضه در محدوده عرض جغرافیایی  $33^{\circ} 07'$  تا  $32^{\circ} 32'$  و طول جغرافیایی  $50^{\circ} 30'$  تا  $34^{\circ} 50'$  قرار دارد (شکل 1). با اقتباس از تصاویر لندست 8 از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا، کاربری‌های منطقه



شکل 1- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز بارده (استان چهارمحال و بختیاری)



شکل 2- نقشه کاربری‌های و نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه

آمریکا (<https://www.usgs.gov>) برداشت گردید. در تاریخ 6 جولای 2016 که منطقه مورد مطالعه فاقد پوشش گیاهی بود تصاویر در ردیف 40 و مسیر 165 دریافت شد. تصاویر توسط مارخام و باکر (1987) به گونه زیر به رادیانس یا تشعشع تبدیل شدند.

(1)

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} \right) (Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}) + L_{\min}$$

که در آن  $L_{\max}$  = حداکثر میزان تشعشع رسیده به حسگر ( $\text{watt. m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ )،  $L_{\min}$  = حداقل میزان تشعشع رسیده به حسگر ( $\text{watt. m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ )،  $L_{\lambda}$  = میزان تشعشع ثبت شده در حسگر ( $\text{watt. m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ )،  $Q_{\text{cal max}}$  = حداکثر مقدار کمی شده برای پیکسل،  $Q_{\text{cal min}}$  = حداقل مقدار کمی شده برای پیکسل است. اطلاعات لازم در معادله (1) از عنوان تصاویر اخذ شد. به منظور استخراج اطلاعات از باندهای حرارتی ماهواره لندست 8 از معادله ارائه شده توسط چاندر و مارخام (2003) استفاده شد.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

که در آن  $T$  دمای مؤثر ماهواره (Kelvin)،  $K_2$  ثابت کالیبراسیون 2 ( $\text{watt. m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ )،  $K_1$  ثابت کالیبراسیون 1 ( $\text{watt. m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) و  $L_{\lambda}$  تشعشع طیفی ( $\text{watt. m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) است.

تشعشع و بازتاب مرئی و مادون قرمز و حرارت تابشی باندهای حرارتی برای تمام نقاط نمونه‌برداری استخراج

نمونه‌برداری در این پژوهش به صورت تصادفی و مرکب (حاصل از سه نمونه واقع در رئوس مثلث متساوی الاضلاع به علاوه یک نمونه واقع در مرکز مثلث) صورت گرفت و نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در پاکت‌های نایلونی به آزمایشگاه خاک‌شناسی انتقال داده شدند. تعیین ماده آلی به روش هضم تر (والکلی و بلاک، 1934) و توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (گافی، 1987) اندازه‌گیری شدند. خلاصه آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در دو عمق در کاربری‌های منطقه مورد مطالعه بررسی گردید. نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگروف - اسمیرنوف، مورد بررسی قرار گرفت (دیکسن و ماسی، 1985).

با استفاده از تغییرنما رویه‌ای یا واریوگرام سطحی وضعیت همسان‌گردی هر متغیر بررسی شد، سپس آنالیز واریوگرافی به منظور بررسی ساختار تغییرپذیری مکانی ویژگی‌ها انجام و اقدام به محاسبه واریوگرام‌های همه‌جهته و برآزش مدل نظری بر آن‌ها شد. به منظور تعیین کلاس وابستگی مکانی متغیرها از نسبت بین واریانس اثر قطعه‌ای و واریانس کل استفاده شد. این نسبت معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود (هی و همکاران، 2007) اگر این نسبت کمتر از 25 درصد باشد؛ نمایانگر وابستگی مکانی قوی، مقادیر 25 درصد تا 75 درصد به عنوان وابستگی مکانی متوسط و مقادیر بیشتر از 75 درصد معرف وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود.

برای بررسی امکان برآورد ماده آلی و توزیع اندازه ذرات به کمک داده‌های سنجش از دور داده‌های 11 باند مربوط به تصاویر لندست 8 از سایت سازمان زمین‌شناسی

نبودن توزیع داده‌های مقدار رس و شن با استفاده از تبدیل لگاریتم پایه طبیعی به حالت نرمال تبدیل شدند. بر اساس نتایج بررسی وضعیت همسانگردی هر متغیر با توجه به وجود تقارن تغییر نماهای سطحی، تغییرات مکانی تمامی متغیرها همسانگرد فرض گردید (شکل 3). این مسئله نمایانگر آن است که تغییرپذیری این متغیرها در جهات مختلف یکسان است و تغییرات به فاصله بین نمونه‌ها بستگی داشته بنابراین همسانگردی در داده‌ها در کل سطح منطقه مطالعه شده، پایدار است.

نتایج حاصل از برآزش مدل‌های استاندارد به واریوگرام‌های همه‌جهته نشان داد که تمامی این متغیرها دارای ساختار مکانی می‌باشند (شکل 4). پارامترهای مورد بررسی از مدل نمایی تبعیت کردند، پس می‌توان بیان داشت که مدل نمایی بهترین برآزش را بر تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی داشته است. متغیرهای مورد بررسی همگی دارای ساختار مکانی همراه با مدل‌های دارای حد آستانه می‌باشند.

وجود ساختار مکانی برای اکثر متغیرهای خاک در تحقیقات زیادی نشان داده شده است. بوگونوویک و همکاران (2017) گزارش کردند مدل نمایی بهترین مدل برای برآزش ماده آلی و فسفر در دسترس و پتاسیم است. به‌طورکلی دامنه تأثیر فاصله‌ای است که در ماورای آن نمونه‌ها بر هم تأثیری نداشته و آن‌ها را می‌توان مستقل از یکدیگر محسوب نمود. پارامترهای مربوط به مدل برآزش داده شده به واریوگرام‌های همه‌جهته ویژگی‌های مورد مطالعه در جدول 3 ارائه شده است. با توجه به نتایج مشاهده می‌گردد که ویژگی‌ها با مقادیر 25 تا 75 درصد دارای وابستگی مکانی متوسط می‌باشند. وابستگی مکانی ماده آلی و سیلت به ترتیب مقادیر 25/32 و 28/17 را نشان داد که به نظر می‌رسد وابستگی مکانی ماده آلی و سیلت نسبت به رس و شن قوی‌تر است.

بوگونوویک و همکاران (2017) گزارش کردند که ماده آلی خاک دارای وابستگی مکانی متوسطی می‌باشد. زانگ مینگ و همکاران (2010) بیان نمودند که قوی بودن ساختار مکانی خصوصیت‌های مورد مطالعه به این معنا است که استفاده از روش‌های زمین‌آماری به‌خوبی می‌تواند در تجزیه و تحلیل الگوی تغییرپذیری متغیرهای مورد مطالعه مفید واقع شود.

گردید. سپس با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام<sup>1</sup> به‌طوری‌که میزان بازتاب به‌عنوان متغیرهای مستقل و مقادیر ویژگی‌ها به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. شاخص‌های آماری شامل ضریب تبیین مدل‌ها، تجزیه، میانگین مجذور خطا به منظور اعتبارسنجی مدل‌ها محاسبه شد. در بین مدل‌های حاصله مدلی که بیشترین ضریب تبیین را به خود اختصاص می‌داد، به منظور پهنه‌بندی انتخاب شد. بدین منظور از نرم‌افزار آماری Statistica 6.0 استفاده گردید (استاتیستیکا، 2007).

## نتایج و بحث

خلاصه آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در دو عمق صفر تا 20 سانتی‌متر و صفر0 تا 5 سانتی‌متر سه کاربری مرتع، کشت دیم و کشت آبی به ترتیب در جدول‌های 1 و 2 نشان داده شده است. بررسی مقایسه میانگین مقدار توزیع اندازه‌های ذرات و ماده آلی در کاربری‌های مرتع، کشت دیم، کشت آبی تفاوت معنی‌داری در سطح 5 درصد در منطقه مورد مطالعه نشان نداد (محمدی فارسانی و همکاران، 1396). همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود تفاوتی چندانی بین خلاصه آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در بین دو عمق در سه کاربری وجود ندارد. نتایج نشان داد که مقدار میانگین و حداکثر مقدار ماده آلی در کاربری مرتع نسبت به دو کاربری کشت دیم و کشت آبی بیشتر است. در کاربری مرتع میانگین، حداقل و حداکثر مقدار ماده آلی به ترتیب 1/66، 0/23، 2/78 درصد مشاهده گردید. بیشترین مقدار برای حداقل مقدار ماده آلی در کاربری کشت آبی به میزان 1/18 درصد مشاهده گردید که به‌نظر می‌رسد به دلیل نوع کاربری و مدیریت خاک می‌باشد. بیشترین ضریب تغییرات مقدار ماده آلی در کاربری مرتع وجود داشت.

همان‌طور که جدول‌های 1 و 2 نشان داده شده است در بین توزیع اندازه ذرات مقدار میانگین و حداکثر مقدار رس در کاربری مرتع نسبت به دو کاربری کشت دیم و کشت آبی بیشتر است. در کاربری مرتع میانگین، حداقل و حداکثر مقدار رس به ترتیب 25/39، 24/85، 34/76 درصد مشاهده گردید. همان‌طور که جدول‌های 1 و 2 نشان می‌دهد ضریب تغییرات در توزیع اندازه ذرات در کاربری کشت آبی بیشتر از کاربری مرتع و کاربری کشت دیم است.

بررسی وضعیت توزیع داده‌ها در عمق صفر تا 20 سانتی‌متر از سطح خاک نشان داد توزیع داده‌های مقدار ماده آلی و سیلت خاک نرمال می‌باشد و با توجه به نرمال

<sup>1</sup> Stepwise Method

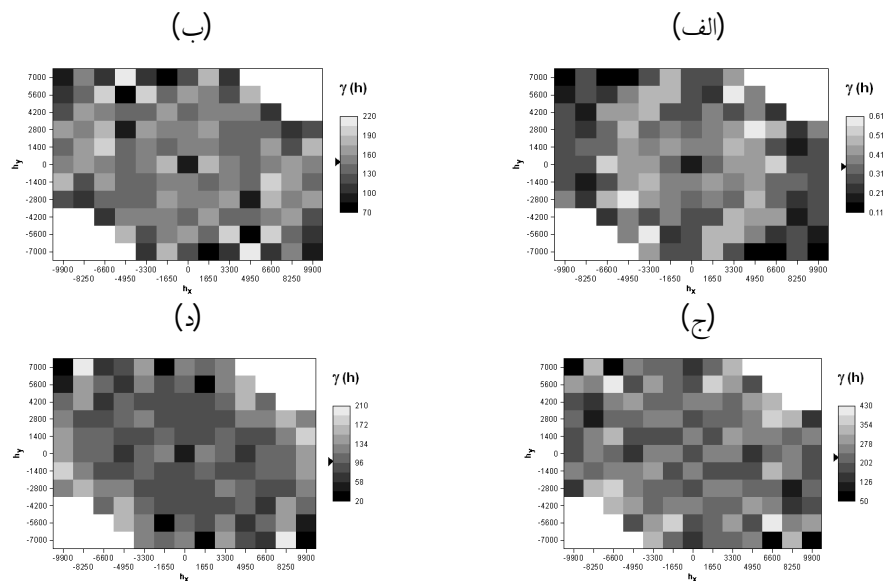
جدول 1- خلاصه آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در عمق (صفر تا 20 سانتی‌متر)

کاربری مرتع								
متغیر واحد (%)	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	افراستگی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
ماده آلی	1/45	1/52	0/23	2/78	-0/18	-0/21	0/54	37/23
رس	25/39	76/24	20/60	34/76	1/03	2/15	2/74	10/78
سیلت	41/11	00/42	28/15	52/56	-1/05	1/12	8/13	19/79
شن	33/50	40/31	15/24	55/40	0/68	0/26	9/06	27/04
کاربری کشت دیم								
متغیر واحد (%)	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	افراستگی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
ماده آلی	1/66	1/59	0/86	2/67	0/53	-0/28	0/90	32/01
رس	24/85	24/32	21/32	28/76	0/40	-1/22	2/37	9/56
سیلت	39/48	41/00	25/28	52/00	-0/23	-1/52	9/96	25/23
شن	35/66	76/33	21/96	53/40	0/37	-1/32	10/82	30/33
کاربری کشت آبی								
متغیر واحد (%)	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	افراستگی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
ماده آلی	1/59	1/46	1/18	2/25	0/29	-0/93	0/42	26/92
رس	24/20	23/68	21/32	27/32	0/29	-1/80	2/39	9/87
سیلت	36/54	39/00	19/28	52/00	-0/23	-2/25	13/61	37/24
شن	39/25	36/32	25/40	59/40	0/28	-2/45	15/69	39/97

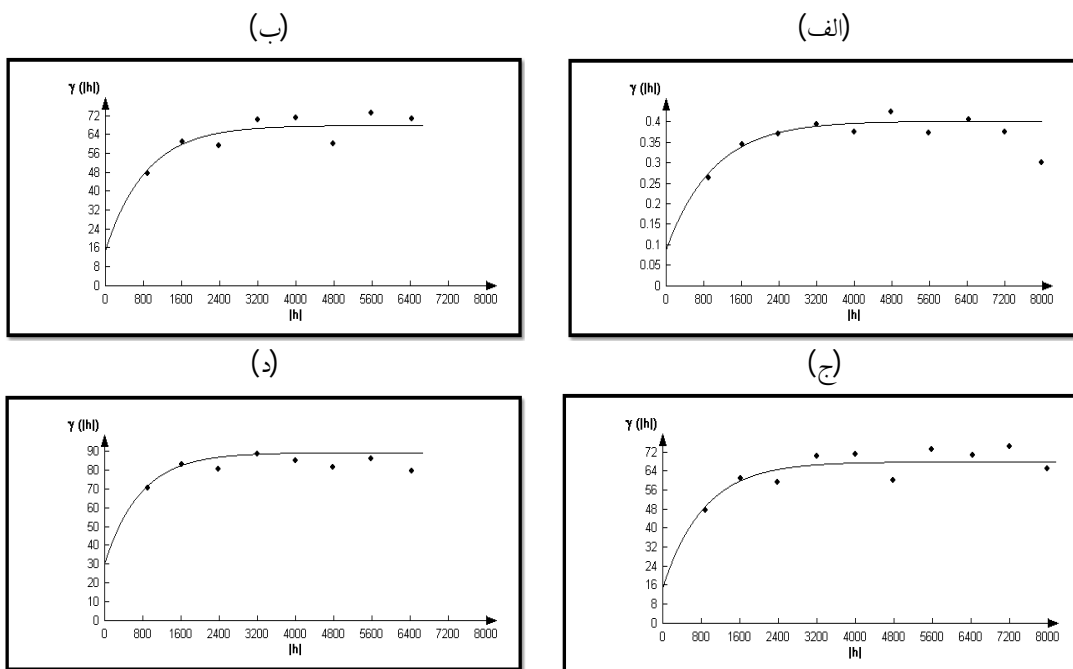
جدول 2- خلاصه آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در عمق (صفر تا 5 سانتی‌متر)

کاربری مرتع								
متغیر واحد (%)	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	افراستگی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
ماده آلی	1/44	1/52	0/32	2/78	-0/37	0/18	0/56	37/23
رس	25/39	24/76	20/60	34/76	1/03	2/15	2/73	10/78
سیلت	41/10	42/00	15/28	52/56	-1/04	1/11	8/13	19/79
شن	33/50	31/40	15/24	55/40	0/67	0/26	9/05	27/04
کاربری کشت دیم								
متغیر واحد (%)	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	افراستگی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
ماده آلی	1/66	1/59	0/86	2/67	0/28	-0/89	0/53	32/01
رس	24/85	32/24	21/32	28/76	0/40	-1/22	2/37	9/56
سیلت	39/48	00/41	25/28	52/00	-0/24	-1/52	9/96	25/23
شن	35/66	76/33	21/96	53/40	0/37	-1/32	10/82	30/33
کاربری کشت آبی								
متغیر واحد (%)	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	افراستگی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)

ماده آلی	1/59	1/46	1/18	2/25	0/82	-0/93	0/42	26/92
رس	24/20	1/68 23	21/32	27/32	0/29	-1/80	2/39	9/3 87
سیلت	36/54	1/00 39	19/28	52/00	-0/23	-2/25	13/61	37/24
شن	39/25	1/32 36	23/40	59/40	0/28	-2/45	15/69	39/97



شکل 3- تغییر نماهای سطحی الف) مقدار ماده آلی، ب) رس، ج) سیلت و د) شن



شکل 4- تغییر نماهای همه جهته و مدل برازش داده شده الف) مقدار ماده آلی، ب) رس، ج) سیلت و د) شن

(RMSE) نیز بیانگر دقت قابل قبول تخمین می‌باشد. لذا می‌توان اظهار نمود که نتایج کنترل اعتبار تغییر نما بیانگر مناسب بودن پارامترهای مدل‌های برازش داده شده بر تغییر نماهای تجربی است.

کنترل اعتبار پارامترهای کریجینگ، نشان داد مقادیر میانگین مطلق خطای تخمین (MEE) تقریباً نزدیک صفر بوده و بیانگر نارایب بودن تخمین‌ها در روش کریجینگ می‌باشد. پایین بودن مجذر میانگین مربعات خطا

جدول 3- پارامترهای تغییر نمای همه جهته ویژگی‌های مورد مطالعه در عمق (صفر تا 20 سانتی‌متر)

متغیر (%)	مدل	دامنه تأثیر (متر)	حدآستانه	اثرقطعه‌ای	وابستگی مکانی (%)	کلاس وابستگی مکانی	(MEE)	(RMSE)
ماده آلی	نمایی	2981/33	0/316	0/08	25/32	متوسط	11/47	0/015
رس	نمایی	2609/70	4/41	1/86	42/18	متوسط	2/54	-0/276
سیلت	نمایی	2555/20	53/29	15/01	28/17	متوسط	9/93	-0/099
شن	نمایی	2235/20	59/50	30/38	51/06	متوسط	10/72	-0/711

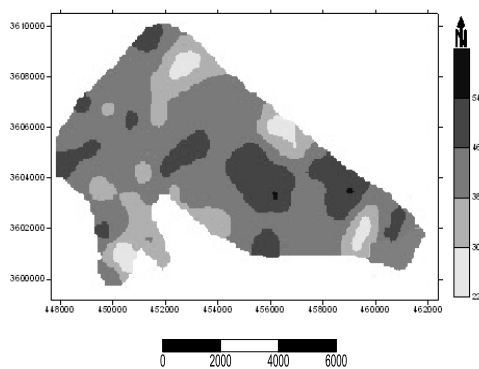
حوضه مشاهده می‌شود (شکل 5). مقدار سیلت خاک الگوی تصادفی نداشته و دارای پراکنش مکانی می‌باشد. بیشترین پراکنش سیلت به صورت لکه‌هایی در بخش شرقی و مرکزی منطقه مشاهده شد (شکل 5).

نقشه‌های کریجینگ مقدار شن نشان داد که توزیع مقدار شن در منطقه پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. همچنین بیانگر این است که مقدار شن خاک الگوی تصادفی نداشته و دارای پراکنش مکانی می‌باشد. پراکنش مکانی مقدار شن دارای توزیع یکنواخت است و در بخش شرقی و مرکزی منطقه دارای کمترین مقدار می‌باشد (شکل 5). به نظر می‌رسد علت پراکنندگی توزیع اندازه ذرات ناشی از تغییرپذیری ذاتی فاکتورهای تشکیل‌دهنده‌ی خاک (مانند مواد مادری خاک) و بخشی از آن توسط شیوه‌های مدیریتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی، تناوب زراعی و فرسایش) می‌باشد.

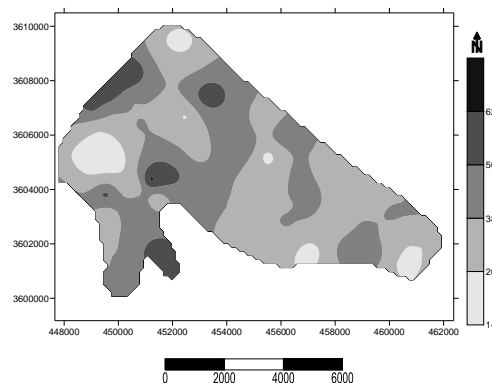
نتایج حاصل از نقشه‌های کریجینگ در شکل 5 نشان می‌دهد که توزیع تمام متغیرها پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. توزیع ویژگی‌ها ناشی از توپوگرافی و بخشی از آن به دلیل شیوه‌های مدیریتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی، تناوب زراعی و فرسایش) است (یانگ و همکاران، 2016). مقدار ماده آلی خاک الگوی تصادفی نداشته و دارای پراکنش مکانی می‌باشد. همان‌طور که در نقشه‌های پهنه‌بندی کریجینگ مشاهده می‌گردد، بیشترین مقدار ماده آلی خاک در غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد و کمترین مقدار آن در قسمت جنوبی می‌باشد، البته فراوانی آن کم است که به نظر می‌رسد به دلیل اقلیم باشد (شکل 5).

نقشه‌های کریجینگ مقدار رس نشان می‌دهد مقدار رس خاک الگوی تصادفی نداشته و دارای پراکنش مکانی می‌باشد. پراکنش مکانی مقدار رس نشان داد که بیشترین مقدار رس در بخش جنوب، غرب و شمال غربی

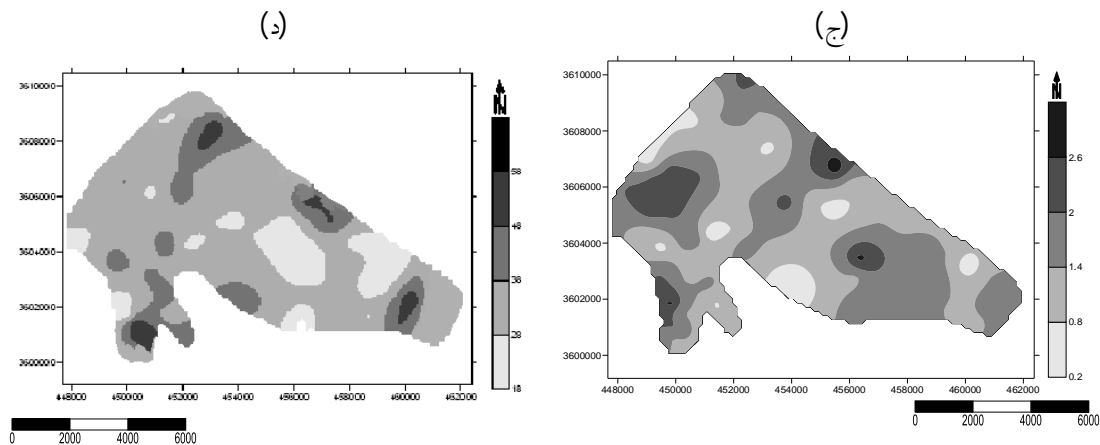
(ب)



(الف)







شکل 5- نقشه‌های کریجینگ الف) مقدار ماده آلی، ب) رس، ج) سیلت و د) شن

بررسی روند تغییرات همبستگی نشان می‌دهد که قوی‌ترین رابطه بین مقدار ماده آلی، رس، سیلت و شن با میزان بازتاب در محدوده نور مرئی و مادون‌قرمز نزدیک و پانکروماتیک مادون‌قرمز طول‌موج بلند از طیف الکترومغناطیس وجود دارد. مقایسه قدرت همبستگی بین بازتاب باندها و مقدار ماده آلی در بخش (NIR) نسبت به سایر بخش‌های طیف الکترومغناطیس همبستگی بیشتری را نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده با استفاده از لندست 8 با نتایج گزارش شده از مطالعه بر روی اجزای بافت خاک (شن، سیلت و رس) با طیف VIS-NIR و MIR توسط روسل و همکاران (2017) مشابه بودند. نتایج آن‌ها نشان داد که شن به VIS-NIR غیرحساس بوده و واکنش طیفی نداشت. علت آن به وجود کوآرتز در شن نسبت داده شد که به باند مرئی و مادون‌قرمز نزدیک غیرحساس است. در مطالعه کاسا و همکاران (2013) برای برآورد بافت خاک بر اساس تصاویر ابر طیفی، اهمیت باندهای مادون‌قرمز میانی (SWIR) بر تخمین مقدار رس، سیلت و شن نشان داده شد.

ضرایب همبستگی بین مقدار ماده آلی، رس، سیلت، شن با باندهای مرئی، مادون‌قرمز و حرارتی لندست 8 در جدول 4 و 5 نشان داده شده است. بین مقدار ماده آلی و میزان بازتاب باندهای 5 و 11 همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد مشاهده شد. بین مقدار رس و میزان بازتاب باند 1 همبستگی در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار می‌باشند. بین مقدار سیلت و میزان تشعشع باندهای 1، 2، 3، 4، 6، 7 و 8 همبستگی منفی وجود دارد که در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار است. بین مقدار سیلت و میزان بازتاب باندهای 1، 3، 7 و 11 همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار می‌باشند و بیشترین همبستگی مربوط به باند حرارتی 11 بود. بین مقدار شن و میزان تشعشع باندهای 1، 2، 3، 7، 8، 9، 10 و 11 لندست 8 همبستگی منفی و باندهای 4، 5 و 6 همبستگی مثبت وجود داشت که در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار شد. بین مقدار شن و میزان بازتاب باندهای 1، 4، 5، 6، 8، 9 و 11 همبستگی مثبت و باندهای 2، 3، 7، 9، 10 همبستگی منفی در سطح احتمال 5 درصد وجود داشت و بیشترین همبستگی با باند حرارتی 11 مشاهده شد.

جدول 4- میزان ضریب همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه خاک با تشعشع باندهای اصلی لندست 8

متغیر واحد(%)	باند 1	باند 2	باند 3	باند 4	باند 5	باند 6	باند 7	باند 8	باند 9	باند 10	باند 11
ماده آلی	-0/058	0/064	0/073	-0/050	-0/085	-0/051	-0/052	0/199	-0/088	-0/055	-0/039
رس	0/020	0/004	0/020	0/030	0/053	0/053	-0/010	-0/024	0/039	-0/054	-0/110
سیلت	-0/362	0/354*	-0/321	-0/301	0/021	-0/275	-0/315	-0/283	-0/092	0/0004	0/031
	*		*	*		*	*	*			
شن	-0/510	-0/451	-0/376	0/270*	0/445*	0/309*	-0/238	-0/357	-0/636	-0/622	-0/628
	*	*	*				*	*	*	*	*

(\*) همبستگی معنی‌دار در سطح آماری 5 درصد

جدول 5- میزان ضریب همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه خاک با انعکاس باندهای اصلی لندست 8

متغیر واحد (%)	باند 1	باند 2	باند 3	باند 4	باند 5	باند 6	باند 7	باند 8	باند 9	باند 10	باند 11
ماده آلی	0/065	-0/055	0/058	0/063	-0/073	-0/050	0/971*	0/051	0/052	0/065	-0/055
رس	-0/028	0/020	0/953*	-0/002	-0/035	-0/016	0/054	0/053	-0/019	-0/028	0/020
سیلت	-0/090	-0/092	0/355*	-0/023	-0/326	-0/340	-0/050	-0/121	-0/358	-0/090	-0/092
شن	-0/357	-0/636	-0/510	-0/451	-0/376	0/270*	0/445*	0/309*	-0/238	-0/357	-0/636*
	*	*	*	*	*				*	*	

(\*) همبستگی معنی‌دار در سطح آماری 5 درصد

وارد شده‌اند که می‌تواند نشان‌دهنده دقت خوب مدل برازش شده باشد. همان‌طور که در جدول‌های 6 و 7 مشاهده می‌شود نتایج ریشه دوم میانگین مجذور خطا صحت خوب مدل‌های رگرسیون را نشان می‌دهد.

جدول‌های 6 و 7 مدل‌های برآورد شده برای تخمین مقدار ماده آلی، رس، سیلت، شن با استفاده از تشعشع و انعکاس باندهای مرئی، مادون قرمز و حرارتی لندست 8 و میانگین مجذور خطا را نشان می‌دهد. با توجه به جدول‌ها مشاهده می‌شود باندهایی که با ویژگی همبستگی معنی‌دار داشتند به‌عنوان متغیر مستقل در مدل

جدول 6- مدل‌های رگرسیون خطی برای تخمین ویژگی‌های مورد بررسی با استفاده از انعکاس باندهای مرئی، مادون قرمز و حرارتی لندست 8 و مجذور میانگین مربعات خطا

شماره مدل	متغیر وابسته	متغیر مستقل	مدل	RMSE	R <sup>2</sup> (%)
1	ماده آلی	Band 5, Band 11	3.443+12.02 (Band 5) -0.0010 (Band 11)	94/46	94/46
2	رس	Band 1	25 +0.000060 (Band 1)	0/258	19/09
3	سیلت	Band 1, Band 4, Band 7, Band 11	160.94+0.00012 (Band 1) -101 (Band 3)+ 62 (Band 4) -59 (Band 7)-0.5 (Band 11)	2/371	19/11
4	شن	Band 1, Band 2, Band 3, Band 5, Band 6, Band 7, Band 9, Band 11	1104.21-0.00004 (Band 1)+1635 (Band 2) +59 (Band 3)-189 (Band 8)+18332 (Band 9) +0.5 (Band 11)	0/192	16/14

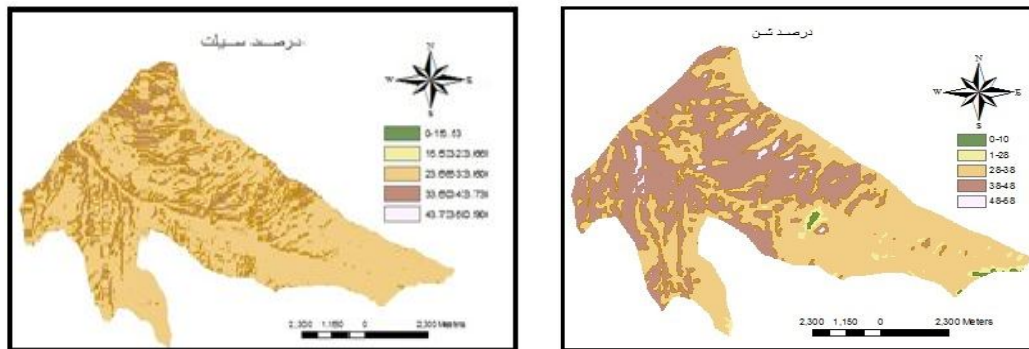
جدول 7- مدل‌های رگرسیون خطی برای تخمین ویژگی‌های مورد بررسی با استفاده از تشعشع باندهای مرئی و مادون قرمز لندست 8، مجذور میانگین مربعات خطا

شماره مدل	متغیر وابسته	متغیر مستقل	مدل	RMS E	R <sup>2</sup> (%)
1	سیلت	Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 6, Band 7, Band 8	131.1 - 0.011(Band 1) - 0.002 (Band 2) + 0.0021 (Band 3) - 0.0017 (Band 4) + 0.0017 (Band 6) - 0.0021 (Band 7) + 0.0040 (Band 8)	24/51	2/840
2	شن	Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 5, Band 6, Band 7, Band 8, Band 9, Band 10, Band 11	7589 + 0.022 (Band 1) - 0.003 (Band 2) - 0.000 (Band 3) + 0.009 (Band 4) - 0.00183 (Band 6) + 0.000 (Band 7) - 0.0035 (Band 8) - 1.4 (Band 9) + 0.030 (Band 10) - 0.038 (Band 11)	16/25	16/087

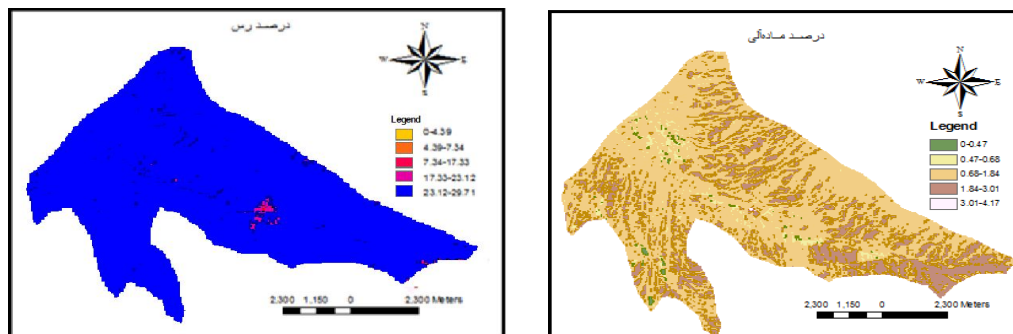
مرئی، مادون قرمز و حرارتی لندست 8 می‌باشد. با بررسی ارتباط کاربری‌های حوضه آبخیز و مقدار ماده آلی، رس، سیلت، شن در کاربری کشت آبی و مرتع مقدار شن دارای بیشترین فراوانی در بازه 30-40 درصد و ماده آلی در بازه 0/68-1/84 درصد دارای بیشترین فراوانی می‌باشد که به نظر می‌رسد در بخش شمالی، شرقی و مرکزی پراکندگی توزیع شن و ماده آلی ناشی از تغییرپذیری ذاتی فاکتورهای تشکیل‌دهنده‌ی خاک (مانند مواد مادری خاک) و بخشی از آن توسط شیوه‌های مدیریتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی، تناوب زراعی و فرسایش) می‌باشد و همچنین پراکنش مقدار رس و سیلت با کاربری‌های حوضه ارتباطی مشاهده نشد. مقدار رس در بازه 29-23 درصد بیشترین فراوانی را دارا می‌باشد. مقدار سیلت در بازه 63-42 درصد بیشترین فراوانی وجود داشت.

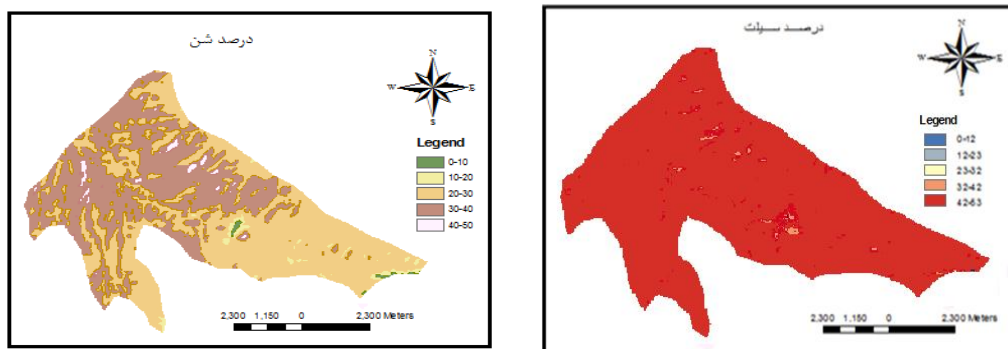
با استفاده از مدل‌های رگرسیون محاسبه شده جدول‌های 6 و 7 و باندهای مربوط به ماهواره لندست 8 پراکنش ویژگی‌ها پهنه‌بندی شدند. شکل 6 نقشه پراکنش مکانی مقدار سیلت، شن با استفاده از مدل‌های بدست آمده از تشعشع باندهای لندست 8 می‌باشد. با بررسی ارتباط کاربری‌های حوضه آبخیز و مقدار شن و سیلت در کاربری کشت دیم و مرتع مقدار شن دارای بیشترین فراوانی در بازه 28-48 درصد می‌باشد که در بخش شرقی و جنوب شرق تغییر کاربری مرتع به کاربری کشت دیم به نظر می‌رسد می‌تواند دلیل این فراوانی شن باشد و همچنین در کاربری مرتع و کشت آبی بیشترین مقدار سیلت و در بازه 63-42 درصد می‌باشد که به نظر می‌رسد از لحاظ حفاظت خاک در برابر فرسایش در حوضه آبخیز نیازمند اقدامات لازم است.

شکل 7 نقشه پراکنش مکانی مقدار ماده آلی، رس، سیلت، شن با استفاده از معادلات بدست آمده از باندهای



شکل 6- نقشه پراکنش مکانی مقدار سیلت، شن با استفاده از مدل‌های بدست آمده از تشعشع باندهای لندست 8





شکل 7- نقشه پراکنش مکانی مقدار ماده آلی، رس، سیلت، شن با استفاده از معادلات بدست آمده از باندهای مرئی، مادون قرمز و حرارتی لندست 8

### نتیجه‌گیری کلی

کاربری مرتع و کشت آبی مقدار بالای سیلت و با در نظر گرفتن شیب حوضه از لحاظ حفاظت خاک در برابر فرسایش در حوضه آبخیز نیازمند اقدامات لازم است. اعتبارسنجی‌های انجام شده نشان دادند که نقشه‌های به دست آمده به روش زمین‌آمار و سنجش از دور به‌خوبی توزیع ویژگی‌ها را نشان می‌دهند و می‌توانیم از این نتایج در مناطقی که شرایط مشابهی دارند استفاده کنیم و همچنین از اطلاعات به‌دست آمده جهت حمایت از تصمیم‌گیری‌های مدیریت خاک، مدیریت عملیات زراعی و کشاورزی حوضه آبخیز بهره‌مند گردید.

توزیع ماده آلی و توزیع اندازه ذرات الگوی متفاوتی در نقاط مختلف نشان داد که به طور عمده ناشی از تغییرپذیری ذاتی فاکتورهای تشکیل دهنده‌ی خاک (مانند مواد مادری) و بخشی از آن توسط شیوه‌های مدیریتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی، تناوب زراعی و فرسایش) می‌باشد. با بررسی ارتباط کاربری‌های حوضه آبخیز و مقدار شن و سیلت در کاربری کشت دیم و مرتع به نظر می‌رسد تغییر کاربری مرتع به کاربری کشت دیم دلیل مشاهده فراوانی شن و سیلت باشد و همچنین در

### فهرست منابع:

1. فرایابی، ز.، اسفندیارپور بروجنی، ع. شکفته، ح. و شیرانی، ح. 1394. مقایسه‌ی پهنه‌بندی زمین‌آمار و مرسوم در تعیین تغییرات برخی از ویژگی‌های خاک سطحی (مطالعه موردی: ساردوئیه، شهرستان جیرفت). چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان. 16 تا 18 شهریور.
2. کلکلی، م.، کریمی، ع. حق‌نیا، غ. و اسفندیارپور، ع. مقایسه زمین‌آمار و مرسوم در تعیین برخی ویژگی‌های خاک سطحی (مطالعه موردی: جیرفت، استان کرمان). 1393. نشریه آب‌و‌خاک، علوم و صنایع کشاورزی. 28(2): 353-364.
3. محمدی ج. 1385. جلد دوم: پدومتری، آمار مکانی (ژئواستاتستیک). انتشارات پلک. تهران.
4. محمدی فارسانی ن. کریمی ا. محمدی ج و نادری م. 1396. تغییرات ماده آلی و آهک خاک در کاربری‌ها و بافت‌های مختلف اراضی در حوضه بارده، شهرکرد (استان چهارمحال و بختیاری). پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. 6 تا 8 شهریور.
5. محمدی فارسانی ن. کریمی ا. محمدی ج و نادری م. 1396. بررسی تغییرات توزیع اندازه‌ای ذرات خاک در کاربری‌های مختلف اراضی و بافت‌های مختلف در حوضه بارده، شهرکرد (استان چهارمحال و بختیاری). پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. 6 تا 8 شهریور.
6. ملکوتی م. ج. 1384. نگرشی بر حاصلخیزی خاک‌های ایران. انتشارات سنا.

7. هاشمی، م. غلامعلی زاده آهنگر، ا. بامری، ا. سارانی، ف. حجازی زاده، ا. 1395. شناسایی و پهنه‌بندی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آماری در GIS (مورد مطالعاتی: منطقه میانکنگی؛ سیستان). نشریه آب‌وخاک. دانشگاه فردوسی مشهد. 30(2): 443 تا 458.
8. Bogunovic, I., P. Pereira and E. Brevik. 2017. Spatial distribution of soil chemical properties in an organic farm in Croatia. *Sci Total J. Environ.*
9. Casa, R., A. Palombo and S. Pignatti. 2013. A Comparison of Sensor Resolution and Calibration Strategies for Soil Texture Estimation from Hyperspectral Remote Sensing. *Geoderma*. 197:17-26.
10. Chander, G. and B. markham. 2003. Revised Landsat-5 TM Radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transaction on Geosciences and remote sensing* 41.
11. Dixon, W.J., and Massey S.J. 1985. Introduction to statistical analysis, 4th edition. Mc Graw Hill book Company, New York.
12. Diaz-Zorita, M., J. H Grove and E, Perfect. 2007. Sievin/g duration and sieve loading impacts on dry soil fragment size distributions. *Soil Till Res*. 94: 15-20.
13. Gaffey, S.J. 1987. Spectral reflectance of carbonate minerals in the visible and near infrared (0.35-2.55  $\mu\text{m}$ ): Anhydrous carbonate minerals. *J Geophys Res*. 92:1429-1440.
14. Gomez, C., V. Rossel and B. McBratney. 2012. Regional predictions of eight common soil properties and their spatial structures from hyperspectral VIS-NIR data. *Geoderma*. 198:176-185.
15. He, Y. M., A. Huang, A. Garcia, Hernandez and H. Song. 2007. Prediction of soil macronutrients content using near-infrared spectroscopy. *Comput Electron Agr*. 58:144-153.
16. Jiachun, S., W. Haizen, X. Jianming, W. Jianjun, L. Xindmei, Z. Haiping and Y. Chunlan. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soil: a case study of Chongqing, China. *Environ Geol*. 52:1-10.
17. Kamali, A., F. Sarmadian and S. Mahmoudi. 2012. Land suitability mobility for sustainable agriculture using MicroLEISDSS and remote sensing in an arid region of Iran. *Elixir Agri*. 42: 6516-6519.
18. Markham, B., L. and J., L. Barker. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. *Int J Rem Sens*. pp: 517-523.
19. Meteorological site of Chaharmahal and Bakhtiari province. 2017. [on line]. Available at <https://www.chaharmahalmnet.ir/>. [verified 23 Apr. 2017]. IRAN-Chaharmahal and Bakhtiari province.
20. Ming, S., Liang, Y and Sun, B. 2011. Research on sensitivity for soil erosion evaluation from DEM and remote sensing data source of different map. *Environ Sci*. (10):1753-1760.
21. Mohamed, A.E., A. Abdelrahmana, C.A. Natarajanb Srinivasamurthy, H. Rajendra. 2016. Estimating soil fertility status in physically degraded land using GIS and remote sensing techniques in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *The Egyptian J. RS and Sci*. 19:95-108.
22. Rasela, S. M. M., T.A. Groenb, Y.A. Hussinb, I.J. Ditic. 2017. Proxies for soil organic carbon derived from remote sensing. In *J. of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 59:157-166.
23. Skaggs, T.H., L.M. Arya, P.J. Shouse and BP, Mohanty. 2001. Estimating particle size distribution from limited soil texture data. *Soil Sci Soc Am J*. 65: 1038-1044.
24. Schmid, T., A. Palacios-Orueta, S. Chabrilat, E. Bendor and A. Plaza. 2012. Spectral characteristics of land surface composition to determine soil erosion within semiarid rainfed cultivated areas. *LGARSS* 2012:7082-7084.
25. StatiSoft Inc. 2007. STATISTICA.(data analysis software system)

26. U. S. Geological Survey. 2016. [on line]. Available at <https://www.usgs.gov/>. [verified 6 Apr. 2017]. USA.
27. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. *Exp Soil Sci.* 79:459-465.
28. Yang, Q., W. Luo, W. Li, Jiang D. and Yuan. 2016b. Improve the prediction of soil bulk density by CoKriging with predicted soil water content as auxiliary variable. *Soils Sedi J.* 16(1):77-84.
29. Zong-Ming, W., Z. Bai, S. Kai-Shan, L. Dian-Wei and R. Chun-Ying. 2010. Spatial variability of soil organic carbon under maize monoculture in the Song-Nen plain. Northeast China. *Pedosphere.* 20: 80-89.
30. Zhang, X.C., and D. McGrath. 2004. Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations in grassland of southeastern Ireland from two different periods. *Geoderma.* 119: 261-275.

## Mapping Soil Particle Size and Organic Matter Distribution in Different Land Uses in Bardeh Watershed (Chaharmahal and Bakhtiari Province) Using Remote Sensing and Geostatistics Techniques

**N. Mohammadi<sup>1</sup>, A. Karimi, J. Mohammadi, and M. Naderi**

MSc student, Dept. of Soil Science and Engineering, Shahrekord University;

E-mail: mohamadi.ne1989@gmail.com

Assistant Professor, Dept. of Soil Science and Engineering, Shahrekord University;

E-mail: karimiahmad1342@yahoo.com

Professor, Dept. of Soil Science and Engineering, Shahrekord University;

E-mail: jahan.mohammad@ymail.com

Associate Professor, Dept. of Soil Science and Engineering, Shahrekord University;

E-mail: khnaderi@yahoo.com

Received: February, 2019 and Accepted: July, 2019

### Abstract

Soil is one of the natural and capital resources of each country that should be seriously considered in land-use planning at national and local scales. The purpose of this study was to investigate the effect of land use on organic matter content and soil particle size distribution in Bardeh watershed. To fulfil the objective, 140 composite and random surficial soil samples were taken from a depth of 0-5 and 0-20 cm. Geostatistical analysis of the spatial structure of soil characteristics showed that their distributions followed an exponential model and had medium to intermediate spatial dependencies. The results also showed that there were significant Pearson correlation coefficients between reflection in visible, infrared, and thermal bands with soil texture components. In order to map different variables, the interpolation and zoning were done by Kriging method. The maps of different soil properties showed that the distribution pattern of organic matter and particle size distribution were mainly due to the variability of soil inherent factors (such as soil material) and partly by management practices (such as soil management). Lastly, using Landsat 8 images, the soil properties were compared with radiation, reflection and degree. Radiation heat was investigated using regression models. The results showed that at the two depths of sampling 0-5 and 0-20 cm, and in different applications, the coefficient of variation did not show a significant difference. Correlation coefficients showed that the strongest relationship existed between the percentage of organic matter, clay, silt, sand, with the reflection in the visible light range and near infrared and the long-wave infrared panchromatic wavelength of the electromagnetic spectrum. Comparison of the power of correlation between the bands reflection and the percentage of organic matter in the section (NIR) shows greater correlation. Validation showed that the maps obtained by geostatistics and remote sensing well characterized the distribution of features.

**Keywords:** Kriging, Spatial Variation, Interpolation and zoning, Electromagnetic spectrum

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord Shahrekord University.