

محور مقاله: پدومتری و ارزیابی خاک

بررسی کارایی روش جنگل تصادفی به منظور نقشه برداری رقومی ذرات خاک

مهین خسروی^{۱*}، علی اصغر ذوالفقاری^۲، محمدرضا یزدانی^۳^۱ دانشجوی دکتری گروه مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان^۲ استادیار گروه مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان^۳ دانشیار گروه مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

چکیده

دانستن نحوه توزیع فضایی ذرات بافت خاک برای مدیریت زمین، مدیریت منابع، اجرای برنامه ها و مدل سازیها ضروری است. هدف اصلی این تحقیق، پیش بینی فضایی ذرات بافت خاک مانند رس، شن و سیلت با استفاده از نقشه برداری رقومی خاک در منطقه سمنان است. برای رسیدن به این هدف، مجموع ۸۴ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی متر جمع آوری شد. متغیرهای محیطی از تصاویر ماهواره ای لندست سنجنده OLI استخراج گردید. جنگل تصادفی (RF) جهت ارتباط میان متغیر محیطی و ذرات بافت خاک استفاده شد. مدل کالیبره شده با اعتبارسنجی متقابل ۱۰ برابر شد. همچنین، ریشه مربعات خطای (RMSE) و ضریب تعیین (R^2) برای تعیین عملکرد مدل استفاده شد. مطابق با نتایج RMSE و R^2 مدل RF با مقادیر (۰/۳۱، ۱۵/۶۰) برای شن خاک، (۰/۲۸، ۸/۳۰) رس خاک و (۰/۳۳، ۹/۳۴) برای سیلت خاک موجب پیش بینی شن، رس و سیلت خاک شد نتایج نشان داد که الگوهای فضایی رس و سیلت مشابه بودند، اما الگوی فضایی شن منحصر بفرد بود. همچنین، نتایج نشان داد. مهمترین متغیرهای محیطی برای پیش بینی ذرات بافت خاک باند ۱۰ بود.

کلمات کلیدی: بافت خاک، توزیع فضایی، داده کاوی، نقشه رقومی.

مقدمه

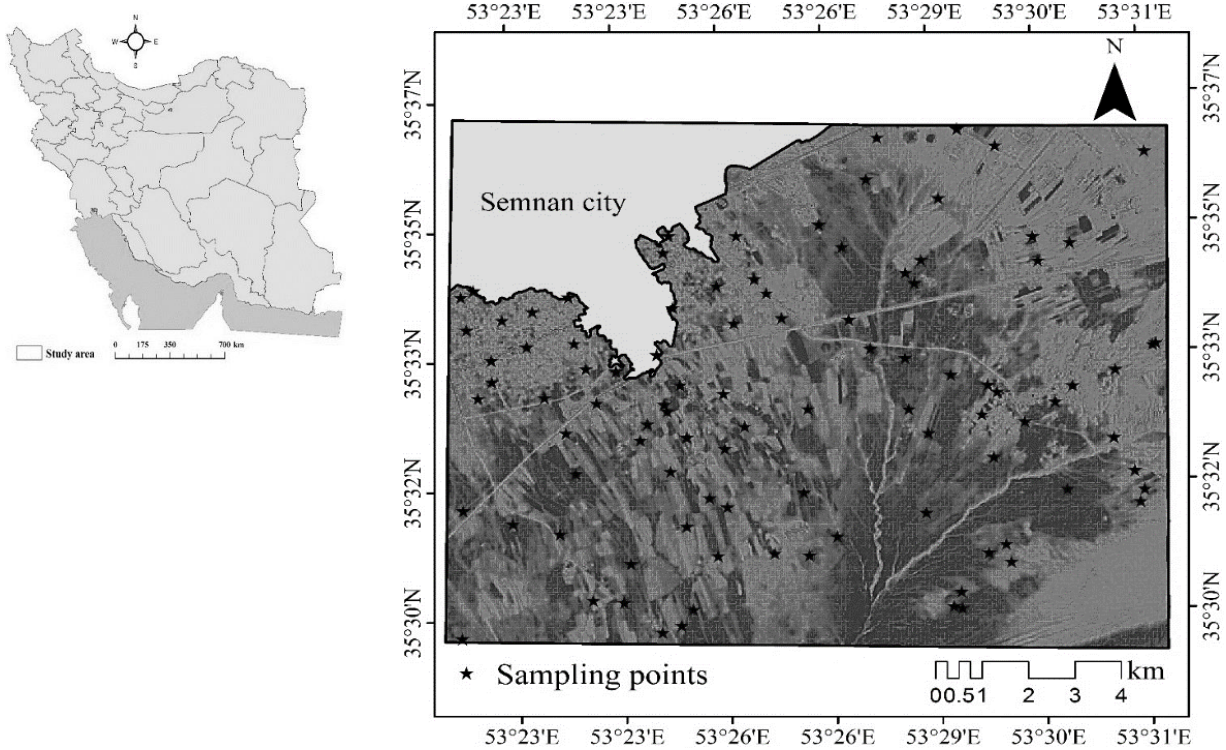
نقشه های رقومی خاک به طور گسترده ای برای ارزیابی توزیع فضایی ذرات بافت خاک در مناطق مختلف (Taghizadeh-Mehrjardi و همکاران، ۲۰۱۶) ضروری هستند. بافت خاک یکی از مهمترین خصوصیات خاک است که به عنوان درصد نسبی مقادیر رس، شن و سیلت تعریف می شود. بافت خاک عامل مهم و تاثیرگذار بر رفتار فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل توان نگه داری آب، ظرفیت تبادل کاتیونی، حاصلخیزی و باروری خاک و زهکشی خاک است (Rawls, et al. 2009) تکنیک های نقشه برداری سنتی عمدتاً به بررسی های مبتنی بر خصوصیات خاک همچون بافت خاک متکی هستند و به ندرت اطلاعات مربوط به توزیع فضایی ذرات بافت خاک را بر اساس قدرت تفکیک ارائه می دهد (McBratney, et al. 2003). علاوه بر این، نقشه برداری از تغییرات فضای خاک با روشهای معمول وقت گیر و گران است (Forkuor et al. 2017). بنابراین، لازم است از روش ها و مدل های قوی برای پیش بینی تغییرات فضای خاک استفاده شود. در سال های اخیر، روش های نقشه برداری رقومی برای نشان دادن خواص خاک با استفاده از متغیرهای محیطی توسط Taghizadeh-Mehrjardi و همکاران، ۲۰۱۶؛ Forkuor et al. 2017 به کار گرفته شده است. تکنیک های مدل سازی عمدتاً برای تشخیص روابط بین خصوصیات ذرات خاک و متغیرهای محیطی به کار گرفته می شوند. تکنیک های مدل سازی متعددی برای نشان دادن ارتباط متغیرهای محیطی و خواص خاک از طریق چارچوب نقشه های رقومی پیشنهاد شده است به عنوان مثال (Pahlavan-Rad and Akbarimoghaddam, 2018) از مدل جنگل های تصادفی برای بررسی رابطه بین خواص خاک و متغیرهای محیطی استفاده کردند. از آنجایی که بخش بزرگی از کشور دارای اکوسیستم شکننده می باشد لذا پیش بینی پراکنش بافت خاک جهت مدیریت صحیح اراضی ضروری به نظر می رسد. هدف اصلی از انجام این مطالعه، تعیین پراکنش فضایی ذرات بافت خاک و تهیه نقشه های رقومی هریک از ذرات خاک با استفاده از مدل داده کاوی RF در منطقه سمنان است. اهداف دیگر این مطالعه، تعیین موثرترین متغیر محیطی در توزیع فضایی ذرات بافت خاک به منظور تفسیر متغیرها و اثر آنها در دقت روش داده کاوی است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه و تعیین نقاط نمونه برداری

ایمیل نویسنده مسئول * ma.khosravi@semnan.ac.ir

منطقه مورد مطالعه در استان سمنان واقع و وسعتی برابر با ۱۶۶۳۰ هکتار از اراضی دشت سمنان را شامل می‌شود. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در استان سمنان نشان می‌دهد. کاربری منطقه در اراضی کشاورزی عمدتاً گندم‌زار است که به صورت آبی کشت می‌شود همچنین در عرصه منابع طبیعی نیز کاربری منطقه مراتع با پوشش ضعیف می‌باشند. میانگین دما و بارندگی سالانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۸/۵ درجه سلسیوس و ۱۳۸ میلی‌متر است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و توزیع نقاط نمونه‌برداری با استفاده از روش مربع لاتین مشروط

در این مطالعه برای تعیین نقاط نمونه‌برداری از روش مربع لاتین مشروط ۱ استفاده شد. برای اجرا و تعیین نقاط نمونه‌برداری با استفاده از این روش احتیاج به متغیرهای محیطی است. این متغیرهای محیطی می‌توانند از تصاویر ماهواره ای استخراج شوند. در این مطالعه باندها تصویر ماهواره ای لندست ۸ که بیشترین ارتباط را به توزیع ذرات خاک داشتند، به عنوان متغیرهای محیطی در تعیین نقاط نمونه برداری با استفاده از مربع لاتین مشروط استفاده شد. لذا در این مطالعه از خصوصیات مذکور به عنوان ورودی های روش مربع لاتین مشروط استفاده شد. در نهایت با استفاده از روش مذکور تعداد ۸۴ نقطه انتخاب و نمونه‌برداری از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر خاک انجام شد. از روش هیدرومتر برای تعیین بافت خاک استفاده شد.

متغیرهای محیطی و انتخاب داده ها

در این مطالعه، برای توسعه مدل های کمی فضایی، داده های از راه دور (RS) به عنوان پیش بینی کننده در نظر گرفته شدند. داده های RS از صحنه های بدون ابر تصویر Landsat 8 OLI در ماه مه ۲۰۱۵ به دست آوردند که از سرور ناسا آزادانه به دست می آیند. زنجیره متغیرهای محیطی شامل سه بانده مرئی (۲، ۳ و ۴ بانده)، مادون قرمز نزدیک (۵ بانده)، مادون قرمز کوتاه (۶ و ۷ بانده)، مادون قرمز بلند (۱۰ بانده) با وضوح فضایی ۳۰ متر به ۳۰ متر می رسد. در نهایت، ترکیب متغیر محیطی از تصاویر OLI بدست آمد.

روش داده کلوی

¹ - Modified Latin hypercube

برای داده کاوی داده ها در این مطالعه از جنگل تصادفی (RF) برای نقشه برداری رقومی باقت خاک استفاده شد. جنگل تصادفی (RF) یک مدل یادگیری گروهی است که شامل مجموعه ای از درخت های تصمیم گیری یا رگرسیونی است و براساس بهینه سازی نتایج عمل می کند. هر درخت رگرسیونی بر اساس نمونه های بوت استرپ از داده ها ساخته می شود (Hastie, et al. 2009). برای انتخاب متغیرهای مهم محیطی، ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای محیطی و ذرات بافت خاک محاسبه شد. اندازه گیری حساسیت متغیرها از موضوعات بسیار مهم در مدل های داده کاوی است (Genuer et al. 2010). با استفاده از آنالیز حساسیت موثرترین متغیرها برای مدل محاسبه شد (Nauman & Thompson, 2014). همچنین برای تفسیر متغیرها و اثر آنها در دقت مدل کاربرد دارد (Genuer, et al. 2010). در این مطالعه تمام مدل سازی و اهمیت متغیر با استفاده از بسته "Caret" در Rore Development Team (R 3.5.0) و RStudio (نسخه ۱،۱۴۵۳) انجام شد. جهت ارزیابی روش های مختلف میان یابی ذرات بافت خاک از آماره های ضریب تبیین r^2 ، میانگین اریبی خطا (MAE^۳) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE^۴) استفاده می گردد که روابط ریاضی آن ها به شکل زیر است.

$$r^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)(P_i - \bar{P}_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2} \quad \text{رابطه (1)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه (2)}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - Q_i| \quad \text{رابطه (3)}$$

P_i و Q_i به ترتیب مقادیر مشاهداتی و تخمین زده شده و n تعداد داده ها می باشد. آماره های (MAE و RMSE) هر چه به صفر نزدیک تر باشند نشان دهنده دقت بیشتر است. شاخص و روش های درون یابی که دارای حداقل خطا و حداکثر ضریب تبیین است را به عنوان بهترین شاخص و روش درون یابی انتخاب گردید.

نتایج و بحث

توصیف آماری داده های اندازه گیری شده

نتایج مقادیر آماری داده های اندازه گیری شده برای ذرات خاک در جدول (۱) نشان داده شده است. مقدار رس خاک در منطقه مورد مطالعه در محدوده ی ۱ تا ۳۹ درصد، سیلت در محدوده ی ۶ تا ۸۰ درصد و شن در محدوده ی ۵ تا ۹۳ درصد متغیر بودند. ضریب تغییرات نشان داد که میزان رس و شن به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تغییرات بودند. ضریب تغییرات رس و سیلت برابر با ۱۰ درصد و ضریب تغییرات شن در منطقه مورد مطالعه برای با ۴۶ درصد بود.

جدول (۱) مقادیر آماری داده های اندازه گیری شده برای ذرات بافت خاک

ذرات بافت خاک	ضریب تغییرات (درصد)	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل
رس	۱۰/۱	۸/۴۱	۱۶/۹۷	۳۹	۱
سیلت	۱۰/۱	۱۳/۳۰	۴۴/۳۹	۸۰	۶
شن	۴۶	۱۷/۹۴	۳۸/۶۳	۹۳	۵

² -Coefficient of determination

³ - Mean Absolute Error (MAE)

⁴ - Root Mean Square Error (RMSE)

بررسی همبستگی بین درصد ذرات خاک و خصوصیات باندهای تصاویر ماهواره ای

به منظور شناسایی روابط بین ذرات بافت خاک با باندها و شاخص های سنجنده OLI ماهواره لندست، همبستگی بین این ذرات و ۷ متغیر مورد مطالعه در ۸۴ نقطه، تعیین شد. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی شن خاک با باند ۵ منفی و معنی دار (0.31^*) بود در حالی که همبستگی بین شن و باند ۱۰ مثبت و معنی دار (0.38^*) بدست آمد. این ضریب ذرات رس خاک با هیچ یک از باندها دارای رابطه معنی داری نبود. مقدار ضریب همبستگی سیلت خاک با باندهای ۵ و ۱۰ به ترتیب برابر با 0.33^* و 0.36^* بدست آمد. همبستگی بین ذرات خاک با باندهای ۵ و ۱۰ قوی و با باند ۴

ضعیف تا خیلی ضعیف مشاهده گردید (جدول ۲). (Summers et al. 2011) نتایج مشابهی را برای خصوصیات خاک در محدوده مادون قرمز بدست آوردند نتایج بدست آمده نشان داد که از روی میزان انعکاس در محدوده مادون قرمز نزدیک به همبستگی بین خصوصیات خاک پی برد. همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد که در میان ذرات خاک، مقادیر همبستگی میان ذرات شن و باندهای تصاویر ماهواره ای قوی بوده در حالی این ضریب برای ذرات رس خاک به صورت منفی و ضعیف بوده است. این می تواند به دلیل وجود ظرفیت رطوبتی بالاتر ذرات رس نسبت به شن باشد. همچنین، بازتابش طیفی کمتر رس نسبت به بازتابش شن است که در نهایت باعث ایجاد رابطه معکوس بین باندها و ذرات رس و رابطه مستقیم باندها با ذرات شن شده است. هر چند بر طبق نتایج محققین مختلف مشخص شده است که هر چه اندازه ذرات کوچکتر باشد خاک نرمتر و میزان بازتابش بیشتر است. نتایج متضاد ما و افزایش شدت بازتابش در بافت های درشت تر را می توان به وجود ترکیبات خاکهای شنی، نسبت داد (Bellinaso et al. 2013).

جدول (۲) همبستگی پیروسون بین اجزای خاک با باندهای ماهواره لندست سنجنده OLI

ذرات بافت خاک	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷	باند ۱۰
شن	-۰/۴۴	۰/۰۶۸	۰/۰۶۶	۰/۰۷۹	۰/۳۰۹**	۰/۰۷۳	۰/۰۴۷	۰/۳۷**
رس	۰/۰۶۸	۰/۰۸۳	۰/۱۰۳	۰/۱۲۴	۰/۱۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۹۷	۰/۱۹۷
سیلت	۰/۱۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۳۳**	۰/۰۶۲	۰/۰۱۶	-۰/۳۷**

*معنی داری در سطح ۰/۰۵

اهمیت نسبی باندها و شاخص ها در پیش بینی رس خاک کمتر بود. دلیل آن را می توان مرتبط با ظرفیت نگهداری رس خاک دانست که باعث بازتابش کمتر امواج الکترومغناطیس از سطح این ذرات شده است. در مورد سیلت و شن خاک حالت معکوس وجود داشت زیرا در این ذرات بازتابش امواج الکترومغناطیس بیشتر اتفاق می افتد و دلیل آن را می توان مرتبط ترکیب خاک های شنی و سیلتی دانست بنابراین اهمیت نسبی باندها در پیش بینی سیلت و شن خاک بیشتر است (Curcio et al. 2013). گزارش دادند که در محدوده مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه برای توزیع اندازه ذرات خاک مناسب است که با نتایج ما همخوانی دارد.

بررسی کارایی مدل

نتایج ریشه مربعات خطا در مدل RF برای ذرات بافت خاک به ترتیب رس، شن و سیلت ۸/۴۲، ۱۵/۶۸، ۱۱/۸۷ بدست آمد این نتایج نشان داد که در پیش بینی ذرات خاک کمترین و بیشترین مقدار پراکندگی میان ذرات خاک مربوط به رس و شن خاک بود. همچنین، نتایج ضریب تبیین برای ذرات خاک به ترتیب رس، شن و سیلت ۰/۲۸، ۰/۳۱ و ۰/۳۳ بدست آمد. که نشان داد این ذرات کمتر تحت تاثیر متغیرهای مستقل بودند. همچنین، نتایج نشان دهنده مقادیر کم ضریب تبیین برای ذرات بافت خاک بودند که در بحث نقشه برداری رقومی معمول است به طوری که ضریب تبیین بالاتر از ۰/۷۰ کمتر و ضریب تبیین پایین تر از ۰/۵۰ معمول است که از این نظر با نتایج (Ryan, et al. 2000)، (Florinsky, et al. 2002)، (Malone, et al. 2009) شباهت دارد. دلیل عملکرد بهتر مدل RF را می توان توانایی بالای پوشش دهی پارامترها و نیز سهولت ساخت مدل و تفسیر پذیری مدل دانست. در (جدول ۳) نتایج مقادیر ضرایب تبیین، میانگین مطلق خطا و ریشه مربعات خطا در مدل های RF برای ذرات خاک نشان داده شده است.

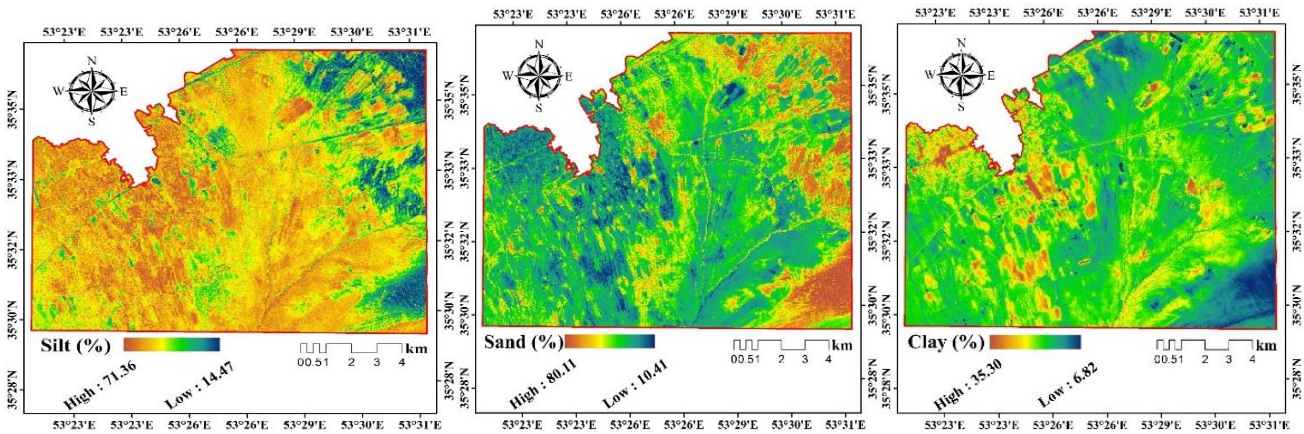
جدول (۳) مقادیر ضرایب تبیین، میانگین مطلق خطا و ریشه مربعات خطا در مدل RF برای ذرات بافت خاک

مدل	MAE (میانگین مطلق خطا)	R2 (ضریب تبیین)	RMSE (ریشه مربعات خطا)
شن	۱۲/۶۲	۰/۳۱	۱۵/۶۰
سیلت	۹/۳۴	۰/۳۳	۱۱/۴۹

توزیع فضایی

با توجه به نتایج بدست آمده از مدل‌های جنگل تصادفی (RF) اقدام به پیش‌بینی فضایی ذرات رس، شن و سیلت در کل منطقه مورد مطالعه گردید نتایج تولید شده به صورت سه نقشه برای هر یک از سه ذرات خاک تهیه گردید. شکل (۲) به محتوای رس در افق سطح خاک اشاره دارد. شکل (۳) الگوی فضایی شن را نشان می‌دهد و شکل (۴) محتوای سیلت افق سطحی خاک را ارائه می‌دهد. نتایج نشان داد که الگوهای فضایی رس و سیلت مشابه بودند، اما الگوی فضایی شن منحصر بفرد بود. همچنین، همبستگی منفی قوی بین شن و سیلت خاک $R = -0/89$ گزارش شد. ارتباط نسبتاً متوسط معکوسی بین شن و رس خاک $R = -0/47$ مشاهده شد. همبستگی ضعیف بین سیلت و رس خاک به صورت مثبت $R = 0/39$ بود. بالاترین محتوای رس و مقدار شن در گوشه جنوب غربی (شکل ۳) مشاهده می‌شود.

بعضی از مطالعات از یک تکنیک دیجیتالی برای نقشه برداری ذرات خاک (از جمله شن، سیلت و رس خاک) استفاده کردند. به عنوان مثال، (Liu, et al. 2013) از داده‌های سنجش از راه دور برای نقشه برداری قطعه ذرات خاک با استفاده از روش‌های GEOSTATISTICAL استفاده کردند. Taghizadeh-Mehrjardi و همکاران (۲۰۱۶) نقشه برداری رقومی خاک را برای پیش‌بینی ذرات خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور انجام دادند.



شکل (۲) پیش‌بینی توزیع فضایی سیلت خاک

شکل (۴) پیش‌بینی توزیع فضایی شن خاک

شکل (۳) پیش‌بینی توزیع فضایی رس خاک

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مدل جنگل تصادفی برای پیش‌بینی شن و رس خاک و سیلت خاک با مقادیر R^2 حدود ۵۰ درصد مناسب تشخیص داده شد. نتایج همچنین نشان داد که مهمترین متغیرهای محیطی باندهای ۱۰، ۵ سنجنده OLI بودند. وجود ارتباط قوی بین ذرات خاک و متغیرهای سنجنده OLI نیز یکی از فاکتورهای تاثیرگذار بر روی دقت مدل بود. نتایج توزیع فضایی ذرات بافت خاک نشان داد که الگوهای فضایی رس و سیلت مشابه بودند، اما الگوی فضایی شن منحصر بفرد بود. همچنین، همبستگی منفی قوی بین شن و سیلت خاک $R = -0/89$ گزارش شد. ارتباط نسبتاً متوسط معکوسی بین شن و رس خاک $R = -0/47$ مشاهده گردید. همبستگی ضعیفی بین سیلت و رس خاک به صورت مثبت $R = 0/39$ بود.

منابع

- Bellinaso H., Demattè J.A.M., and Araújo S.R. 2010. Soil spectral library and its use in soil classification. Rev. Bras.Ciênc. Solo, 34:861–870.
- Cassel D.K., Wendroth O., and Nielsen D.R., 2000. Assessing spatial variability in an agricultural experiment station field, opportunities arising from spatial dependence. Agron. J, 92: 706–714.
- Curcio D., Ciralo G., D'Asaro F., and Minacapillia M. 2013. Prediction of soil texture distributions using VNIRSWIR reflectance spectroscopy. Procedia Environmental Sciences, 19:494 – 503.
- Genuer, R., Poggi, J.-M., Tuleau-Malot, C., 2010. Variable selection using random forest. Pattern Recogn. Lett. 31 (14),



2225–2236.

- Florinsky I.V., Eilers R.G., Manning G.R., and Fuller L.G. 2002. Prediction of soil properties by digital terrain modeling. *Env. Model. Soft*, 17: 295– 311 .
- Forkuor, G., Hounkpatin, O.K., Welp, G., Thiel, M., 2017. High resolution mapping of soil properties using remote sensing variables in South-Western Burkina Faso: a comparison of machine learning and multiple linear regression models. *PLoS One* 12, e0170478.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., 2008. *The Elements of Statistical Learning; Data Mining, Inference and Prediction*. Springer, New York.
- Malone B.P., McBratney A.B., Minasny B., and Laslett G.M. 2009. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. *Geoderma*, 154: 138– 152.
- McBratney, A.B., Santos, M.M., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117, 3–52.
- Nauman, T.W., Thompson, J.A., 2014. Semi-automated disaggregation of conventional soil maps using knowledge driven data mining and classification trees. *Geoderma* 213, 385–399.
- Pahlavan-Rad, M.R., Akbarimoghaddam, A., 2018. Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). *Catena* 160, 275–281.
- R Development Core Team, 2015. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria. <http://www.Rproject.org/>.
- Ryan P.J., McKenzie N.J., O'Connell D., Loughhead A.N., Leppert P.M., Jacquier D., and Ashton L. 2000. Integrating forest soils information across scales: spatial prediction of soil properties under Australian forests. *For. Eco. Manag.*, 138:139–157.
- Summers D., Lewis M., Ostendorf B., and Chittleborough D. 2011. Visible near-infrared reflectance spectroscopy as a predictive indicator of soil properties. *Ecological Indicators*, 11:123-131.
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Nabiollahi, K., Kerry, R., 2016. Digital mapping of soil organic carbon at multiple depths using different data mining techniques in Baneh region, Iran. *Geoderma* 266, 98–110.



16th Iranian Soil Science Congress

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



Topic for submission: Pedometry and Soil Evaluation

Investigating the Efficiency of the Random Forest Method for Digital Particle Density Mapping

KHOSRAVI*¹, M., Zolfaghari², A. A. Yazdani³, M. R

¹ Ph D. Student, Management of Arid Areas Department, Faculty of Desertification University of Semnan, Iran

² Assistant Prof., Management of Arid Areas Department, Faculty of Desertification University of Semnan, Iran

³ Associate Prof., Management of Arid Areas Department, Faculty of Desertification University of Semnan, Iran

Abstract

Knowing about distribution spatial of soil texture in different areas is required for a variety of land management applications and resources, modeling, and monitoring practices. The main aim of this research was to conduct a spatially prediction of soil texture such as clay, sand and soil silt using digital soil mapping in Semnan. To achieve this goal, a total of 84 soil samples were collected from 0 to 20 centimeters. The environmental covariates were obtained from OLI Satellite Landsat. From random forest (RF) model the relationship between environmental covariates and soil texture properties was used. The model was calibrated and validated by the 10-fold cross-validation. Also, Root mean square error (RMSE) and coefficient of determination (R^2) were used to determine the performance of the model. According to the results of RMSE and R^2 , RF for sand soil with values of (15.66, 0.31) and for clay soil (8.30, 0.28) and for silt soil (9.34, 0.33) caused accurate predictions for sand and clay soil and silt soil. The results showed that spatial patterns were similar to clay and silt, but the spatial pattern of sand was unique. Also, the results showed that the most important environmental covariates for predicting soil texture were band 10.

Keywords: soil texture, spatial distribution, data mining, digital map.

* Corresponding author, Email:ma.khosravi@semnan.ac.ir