محور مقاله: پدومتری و ارزیابی خاک‌ها

بررسی مقیاس‌های مکانی تغییر مقدار رس لایه رویین خاک در یک منطقه نیمه‌خشک مدیترانه‌ای

سیده کتایون ترابی[۱]، پرویز شکاری[۲*]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

[۲] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

چکیده

اگاهی از تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک از مهم‌ترین عوامل موثر در طراحی مدیریت پایدار سرزمین است. از آنجا که این تغییرات در هر منطقه در مقیاس‌های مختلف قابل آشکارسازی است، مناسب است که برای مطالعه آن از روش‌های مطلوب بهره گرفته شود. یک روش شناخته شده در این مورد نمونه‌گیری تودرتو یا آشیانه‌ای چند مرحله‌ای است. در این مطالعه تغییرات درصد رس ۲۵ سانتی متر خاک رویین به کمک یک طرح نمونه‌گیری تودرتوی پنج مرحله‌ای (۱۰۰۰، ۲۶۷، ۷۱، ۱۹ و ۵ متر) همسنگ با ۶۲ نمونه و تحلیل سلسله مراتبی واریانس بررسی گردید. نتایج بخش عمده تغییرات را در فاصله‌های میانی و کوچک نشان داد. اجزاء واریانس فاصله ۱۹ متر ۱۳/۴ و از آن ۵ متر ۲۵/۴ درصد بود که مورد اخیر واریانس حل نشده مربوط به فاصله کمتر از ۵ متر را نیز در خود دارد. تغییرات در ۱۹ و ۵ متر عمدتا به کنش‌های مدیریتی کشت‌وکار نسبت داده شد. بیشینه اجزاء واریانس رس به میزان ۴۱/۸ درصد در فاصله ۷۱ تا ۲۶۷ متر دیده شد که خاستگاه آن عمدتا فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناختی کوتاه‌دامنه دانسته شد. بر پایه نتایج این مطالعه فاصله بهینه نمونه‌برداری برای بررسی تغییرات محتوای رس خاک رویین در منطقه مطالعاتی حدود ۱۴۰ متر پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: نمونه‌گیری تودرتو، واریانس، اجزاء واریانس، تحلیل سلسله‌مراتبی.

مقدمه

خاک جزیی از سرزمین است که وظایف گوناگون و بنیادین در زیست بوم دارد و مهمترین نهادی است که در تولید غذا، الیاف و دیگر فرآورده‌هایی که از زمین به دست می‌آید، نقش دارد که به طور پیوسته در زمان و مکان تغییر می‌کند (Shaw و همکاران ۲۰۰۳). بخشی از تغییرپذیری در خاک سرشتی (ذاتی) است و زیر اثر عوامل خاکسازی می‌باشد اما برخی تغییرات به وسیله عوامل بیرونی مانند کشت وکار ایجاد می‌شود. اندازه تغییرپذیری یک ویژگی خاک بستگی به مقیاس تغییرپذیری آن داشته و گستره این مقیاس ممکن است از چند متر تا چند کیلومتر باشد (Sharma وهمکاران ۲۰۱۱). دستیابی به آگاهی مناسب از تغییرات مکانی نیازمند دانستن بهترین فاصله برای نمونه‌برداری از خاک است. برای دانستن چگونگی مشارکت چندین عامل در فرآیندهای کلیدی محیطی، بایستی روابط وابسته به مقیاس میان متغیرها را به گونه‌ای کارآمد مطالعه کنیم (Lark ۲۰۱۱). نمونه‌گیری برای پیمایش های رایج کشاورزی حدود یک نمونه در هکتار و یا گاهی با پراکنش بیشتر انجام می‌شود که این تراکم نمونه‌برداری معمولا مقیاس تغییر پذیری را برای برخی ویژگی‌های خاک که دارای تغییرات پیچیده است یا اینکه تغییرات در سطح نشان داده نمی‌شوند را آشکار نمی‌کند (Kerry و همکاران ۲۰۱۰). نیاز به طراحی الگوی نمونه‌برداری کارآمد برای برآورد کمیت‌هایی مانند غلظت فلزات در کانسنگ و دیگر ویژگی‌ها در خاک از دیرباز متخصصین علوم زمین را به خود مشغول داشته است. با نمونه‌برداری تصادفی می‌توان مقادیر واریانس انباشته، میانگین وکل را محاسبه کرد، اما در بسیاری از موارد پژوهشگران خواهان آگاهی از تغییر به‌عنوان تابعی از فاصله بوده و مثلا مایلند بدانند در چه جاهایی کمبود عناصرکمیاب یا غلظت بیش از اندازه آلاینده‌هایی مانند سم‌های دفع آفات و علف هرز وجود دارد. به‌سخن دیگر، آنها خواهان برآوردهای مکانی از متغیر مورد بررسی بوده و در بسیاری موارد تمایل دارند که تغییرات را نقشه کنند. به همین دلیل، آنچه مهم است تراکم نمونه‌برداری در ارتباط با مقیاس مکانی تغییرات است. هرمکان مورد بررسی مثل یک مزرعه یا حوزه‌آبخیز دارای یک یا چند مقیاس ویژه از تغییرات است و نمونه‌برداری باید برای آشکارسازی تغییر مکانی در یک یا ترجیحا چندین مقیاس، بسنده و کارآمد باشد. یکی دیگر از مواردی که از دیرباز مورد بحث پژوهشگران بوده تعیین تراکم نمونه‌برداری به‌گونه‌ای است که پژوهشگر را به برآورد اقتصادی واریوگرام توانا سازد. متغیر می‌تواند زیر اثر دو یا چند منبع تغییر باشد که در مقیاس‌های مکانی گوناگون با چندین درجه معین از شدت (بزرگی) تغییرات را دربرمی‌گیرند. بنابراین، تعیین سهم هر گام فاصله نمونه‌گیری در واریانس کل متغیر مورد بررسی

* ایمیل نویسنده مسئول: pshekaari@gmail.com

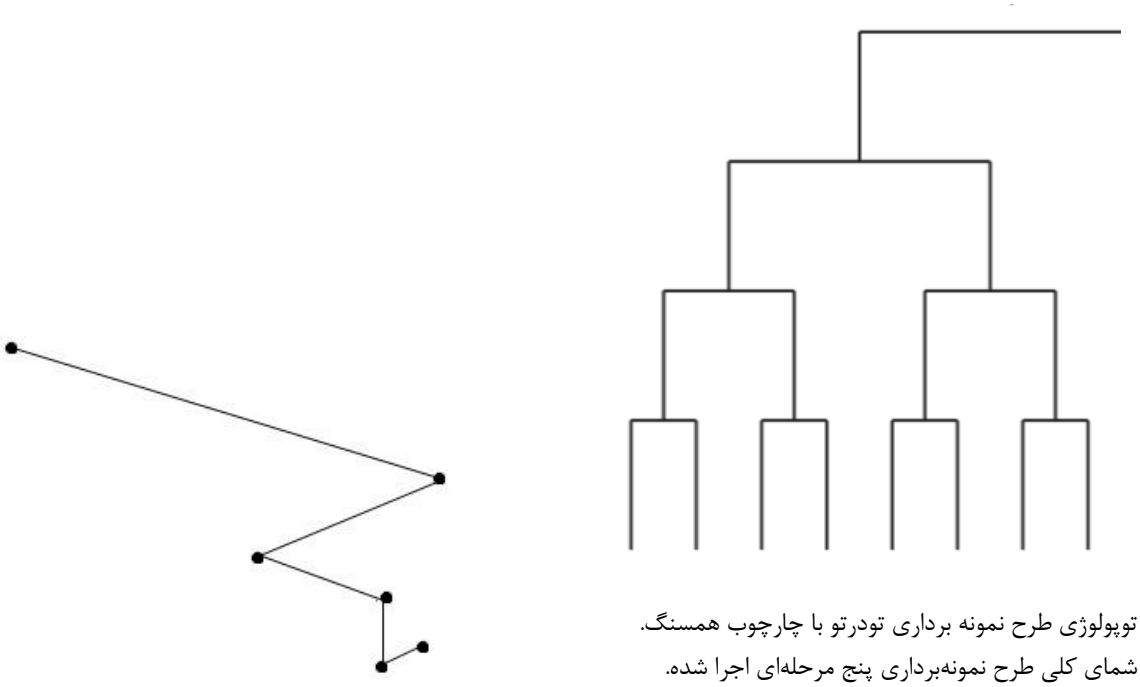
اهمیت دارد (Webster و همکاران ۲۰۰۶). نمونه‌برداری مکانی تودرتو[1] رویکردی است که برای این‌گونه مسائل پیشنهاد شده است (Lark ۲۰۱۱). نمونه برداری تو درتو گونه‌ای از نمونه برداری چند مرحله ای است که واحدهای مرحله‌های بالاتر در واحدهای مراحل پایین تر آشیانه شده است(Pettitt and McBratney ۱۹۹۳) نمونه برداری تو در تو با انتخاب مرکز یا مراکز نمونه برداری در سراسر منطقه مورد نظر(نخستین مرحله) آغاز می‌گردد و مرحله دوم انتخاب نقطه های دیگر از مرحله نخست و در جهت تصادفی انتخاب می‌شود و این تا جایی ادامه می‌یابد که به فاصله مورد نظر برسیم (Webster و همکاران، ۲۰۰۶)، نمونه‌برداری تودرتو و تحلیل سلسله‌مراتبی واریانس در مقیاس میدانی برای بررسی‌های مقدماتی تغییرات ویژگی‌های خاک انجام می‌شود. در مناطقی که از تغییرات مکانی هیچ نمی‌دانیم طراحی الگوی نمونه‌برداری به صورت همسنگ[2] و تجزیه سلسله‌مراتبی آن به روش تحلیل واریانس[3] (ANOVA) ابزار سودمندی برای یافتن مقیاس تغییرپذیری متغیرهای منطقه‌ای است. برای مثال می‌توان ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را با استفاده از شمار قابل قبولی از نمونه‌ها مورد بررسی قرار داد. این اطلاعات اجازه طراحی الگوی نمونه‌برداری اقتصادی‌تری برای محاسبات مربوط برای متغیر(های) مورد نظر را فراهم می‌کند (Weitz وهمکاران ۱۹۹۳). به‌عنوان مثال، در این راستا می‌توان به پژوهش (Webster and Butler ۱۹۸۷) در منطقه گنیندرا اشاره کرد که بر طبق تحلیل اجزای واریانس مشخص شد که۶۶/۵ درصد واریانس pH در فاصله ۵ تا ۱۸۰ متری، ۸۰ درصد واریانس پتاسیم در فاصله کمتر از ۵۶ متر و۸۰ درصد واریانس فسفردرفاصله‌ای حدود ۵ متر دیده می‌شود. (Webster and Oliver ۱۹۸۷) در جنگل وایر انگلستان گزارش دادند برای متغیرهای شن و رس بیشتر بیش از ۸۰ درصد واریانس در فاصله کمتر از ۶۰ متر روی داده است.

دشت میان‌دربند به دلیل پهنه گسترده آن و همچنین از دیدگاه تولید محصول از مهم‌ترین مناطق کشاورزی در استان کرمانشاه است. شوربختانه به دلیل استفاده بی رویه ازخاک به منظور تولید بیشتر بدون توجه به ارزیابی سرزمین در این منطقه، کیفیت خاک دستخوش تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شده است. از آنجا که پراکنش ویژگی‌های خاک در منطقه یکسان نیست و هر ویژگی دارای مقیاس(هایی) از تغییرپذیری است و برنامه‌ریزی و مدیریت درست و نگهداشت کیفیت خاک نیازمند برآورد درستی از مقیاس مکانی این تغییرات است. برآورد مقیاس مکانی تغییر آگاهی اولیه از چگونگی و دامنه تغییرات ویژگی‌های خاک بدست می‌دهد که این خود می‌تواند پایه‌ای برای بهینه‌سازی عملیات کشاورزی و برقراری تعادل میان هزینه و زمان در مطالعات و برنامه ریزی‌های بعدی باشد. این پژوهش برای دستیابی به آگاهی اولیه از مقیاس تغییرات رس خاک سطحی در دشت میان‌دربند استان کرمانشاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

دشت میان‌دربند به مساحت تقریبی ۳۳۰۰۰ هکتار و ارتفاع متوسط ۱۳۵۷/۷ متر از سطح دریا در شمال غرب شهرستان کرمانشاه و درحد فاصل طول جغرافیایی ۴۶درجه و۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است. دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم با میانگین بارش سالانه ۴۶۲/۲ میلی‌متر و متوسط دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد و از کانون‌های مهم کشاورزی استان می‌باشد که دارای رژیم رطوبتی خاک زریک و رژیم دمایی ترمیک است (Banaei ۱۹۹۸). به منظور طراحی نمونه‌گیری تودرتو نخست یک ایستگاه اصلی در پهنه‌ای از Vertisols در نظرگرفته شده و فاصله نمونه‌ها در هر یک از پنج سطح با استفاده از تصاعد هندسی (Rossiter ۲۰۰۸) محاسبه و با توپولوژی نظری طرح مورد نظر (شکل۱) مقایسه و کنترل گردید. ۵ سطح نمونه‌برداری فواصل ۱۰۰۰، ۲۶۷، ۷۱، ۱۹ و ۵ متر را دربر می‌گرفت. سپس موقعیت هر نقطه از نمونه‌ها ثبت و به کمک سیستم مکان‌یابی جهانی (GPS)، در منطقه بازیابی و نمونه‌برداری انجام شد (شکل ۲). نمونه‌ها با در نظر گرفتن ملاحظاتی چون دوری از برآوردهای ناریب و کمینه کردن واریانس (Wang و همکاران ۲۰۱۲) تا ژرفای ۲۵ سانتی‌متری گرفته شد. سپس، نمونه‌های خاک به منظور تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل و پس از هواخشک کردن از الک دو میلی‌متری گذر داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder ۱۹۸۶) سنجیده و سپس مقدار رس در هر نمونه تعیین گردید. تحلیل آماری داده با نرم افزارهای اکسل ۲۰۱۳ و SPSS 22 انجام شد.

[1] Nested sampling
[2] Balanced design
[3] Analysis of variance



شکل ۱. توپولوژی طرح نمونه برداری تودرتو با چارچوب همسنگ.

شکل ۲. شمای کلی طرح نمونه‌برداری پنج مرحله‌ای اجرا شده.

نتایج و بحث

خلاصه آماری مربوط به توزیع نمونه‌های رس در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به مقدار به چولگی و کشیدگی توزیع نمونه‌ها تا اندازه چشم‌گیری از توزیع نرمال پیروی می‌کرد. بنابراین، نیازی به برگردان داده‌ها دیده نشد.

جدول ۱. خلاصه آماری داده‌های رس خاک سطحی منطقه مطالعاتی.

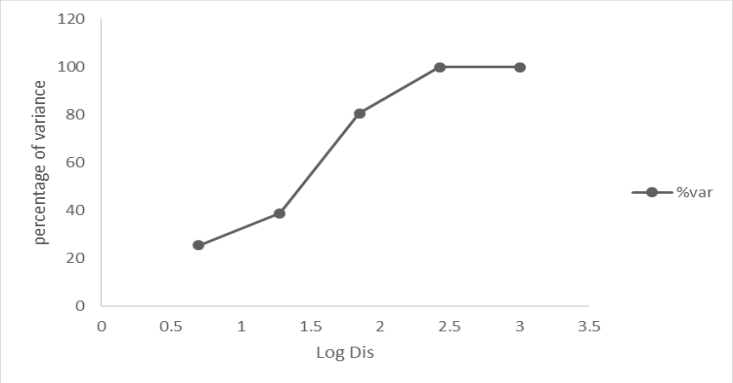
میانگین (درصد)	بیشینه (درصد)	کمینه (درصد)	چولگی	کشیدگی	تعداد نمونه
۳۶/۳۷	۵۴/۳	۲۰/۸	۰/۱۵	-۰/۳	۶۲

نتایج مربوط به تجزیه واریانس نمونه‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارایه گردیده است. چنانکه دیده می‌شود در سطح یکم تغییری دیده نمی‌شود و عمده تغییرات در فاصله‌های کوچک‌تر آشکار شده است. با توجه به خاستگاه آبرفتی منطقه، این بدان معنی است که در سطوح خیلی بزرگ (مرحله یک و بزرگتر از آن) زیر تاثیر فرآیندهای آبرفتی گسترده قرار نداشته است. از سوی دیگر، در مقیاس‌های کوچک‌تر احتمالا اثر برخی فرآیندهای خاک‌سازی و فعالیت کشت وکار به‌ویژه عملیات خاک‌ورزی، بر پراکنش رس تاثیر داشته‌اند. معمولا تغییرات مکانی کوتاه‌دامنه را به کنش‌های مدیریت زمین نسبت می‌دهند (Webster and Butler ۱۹۸۷). چنانکه مطالعه تغییرات مقدار رس توسط پاپریتز و همکاران (۲۰۱۱) در یک حوضه آبخیز دست‌ساخت در آلمان نیز بیشینه واریانس تغییرات را فاصله ۰/۶ تا ۶ متر نشان داد. در جدول ۲ دیده می‌شود که فاصله ۱۹ متر بیش از ۱۳درصد و ۵ متر نیز مطمئنا سهمی از ۲۵درصد باقیمانده واریانس را در خود دارد. در عین حال، از ۱۹ متر تا ۵ متر مقداری افزایش واریانس به چشم می‌خورد که به رغم همه تلاش‌ها برای کاهش خطای نمونه‌گیری، بخشی از آن می‌تواند به دلیل همین گونه خطاها و بخشی دیگر مربوط به واریانس حل نشده باشد که مربوط به سهم واریانس فاصله‌های کمتر از ۵ متر است. چنین افزایشی در واریانس توسط Price و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده که در آن روند تغییرات برای رس در ۴ مرحله از طرح تودرتو تقریبا ثابت بوده و پس از آن با افزایش فاصله از ۲۷ متر تا ۱۲۰ متر به شدت افزایش می‌یافت و بیشینه در فاصله

۱۲۰-۶۰ متر دیده شد. اما چنانکه در جدول دیده می‌شود بیشترین بخش واریانس در فاصله‌های میانی یعنی ۷۱ تا ۲۶۷ متر وجود داشت. در شکل ۳ نیز دیده می‌شود که مقدار بیشینه واریانس یعنی ۴۱/۸۳ درصد به این فاصله تعلق دارد. این مورد بیانگر تغییرپذیری بالاتر رس در این فاصله نمونه برداری نسبت به دیگر فاصله‌ها است. به نظر می‌رسد کنش فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناختی[4] کوتاه‌دامنه مانند سیلاب‌های محلی و فصلی با دامنه تاثیر کوچک پراکنش این متغیر را در منطقه زیر اثر خود داشته‌اند اگرچه نقش مدیریت سرزمین را حتی در این مقیاس نیز نباید نادیده گرفت. مشابه همین نتایج توسط اولیور و وبستر (۱۹۸۷) گزارش گردید که بیش از ۸۰٪ واریانس تغییرات رس در فاصله کمتر از ۶۰ متر و کمتر از ۲۰ درصد آن در دو مرحله نخست دیده شد. آنان همچنین در فاصله کمتر از ۶ متر نیز مقداری افزایش واریانس مشاهده کردند که می‌تواند به دلایل اشاره شده در بالا باشد. افزون بر آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی، از جمله نتایج کاربردی این گونه مطالعات آگاهی از فاصله‌های بهینه در طراحی الگوهای نمونه‌گیری است. برای نمونه، نتایج این گزارش نشان می‌دهد که در طرح الگوی نمونه‌گیری برای رس و یا احتمالا بافت خاک در منطقه مطالعاتی و بر پایه تصاعد هندسی به کار رفته در طرح تودرتو، فاصله نمونه‌ها بایستی حدود ۱۴۰ متر یا کمتر از آن باشد تا بتوان بیشترین تغییرات رس را به کمک نمونه‌ها آشکار نموده و مورد تحلیل قرار داد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس داده‌های رس خاک رویین منطقه مطالعاتی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	درصد تجمعی واریانس
۱ (۱۰۰۰متر)	۱	۰/۰۰۳۶	۱۰۰
۲ (۲۶۷ متر)	۲	۴۷/۴۶	۹۹/۹۹
۳ (۷۱ متر)	۴	۱۰۲/۷۳	۸۰/۶۷
۴ (۱۹ متر)	۸	۳۲/۹۶	۳۸/۸۴
۵ (۵ متر)	۱۶	۶۲/۴۴	۲۵/۴۲
کل	۳۱	۵۷/۰۵۴	



شکل۳. واریانس تجمعی تغییرات درصد رس خاک رویین در منطقه مطالعاتی (مقیاس فاصله لگاریتمی است).

[4] Geomorphologic

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که نمونه برداری تودرتو می‌تواند تغییرات رس را در منطقه مطالعاتی به خوبی آشکار نماید. ضمنا بخشی تغییرات در فاصله‌های کوتاه وجود داشت که به عوامل مدیریتی نسبت داده شد. بیشینه تغییرات نیز در فاصله‌های میانه رخ داد که عمدتا به ماهیت آبرفتی منطقه مطالعاتی ربط داده شد. بر اساس نتایج قابل توصیه است که هنگام طرح هر گونه الگوی نمونه‌گیری برای رس و احتمالا بافت خاک، فاصله بهینه میان نمونه‌ها حدود ۱۴۰ متر یا کمتر در نظر گرفته شود.

منابع

Banaei, M. H. (1998). Soil moisture and temperature regime map of Iran. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran.

Gee, G. W., and Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis 1. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, (methodsofsoilan1), 383-411.

Kerry, R., Oliver, M. A., and Frogbrook, Z. L. (2010). Sampling in precision agriculture. In Geostatistical applications for precision agriculture (pp. 35-63). Springer, Dordrecht.

Lark, R. M. (2011). Spatially nested sampling schemes for spatial variance components: scope for their optimization. Computers and geosciences, 37(10), 1633-1641.

Oliver, M. A., and Webster, R. (1987). The elucidation of soil pattern in the Wyre Forest of the West Midlands, England. II. Spatial distribution. Journal of Soil Science, 38(2), 293-307.

Papritz, A., Dümig, A., Zimmermann, C., Gerke, H. H., Felderer, B., Kögel-Knabner, I., ... and Schulin, R. (2011). Uncertainty of variance component estimates in nested sampling: a case study on the field-scale spatial variability of a restored soil. European journal of soil science, 62(3), 479-495.

Pettitt, A. N., and McBratney, A. B. (1993). Sampling designs for estimating spatial variance components. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 42(1), 185-209.

Price, O. R., Oliver, M. A., Walker, A., and Wood, M. (2009). Estimating the spatial scale of herbicide and soil interactions by nested sampling, hierarchical analysis of variance and residual maximum likelihood. Environmental pollution, 157(5), 1689-1696.

Price, O. R., Oliver, M. A., Walker, A., and Wood, M. (2009). Estimating the spatial scale of herbicide and soil interactions by nested sampling, hierarchical analysis of variance and residual maximum likelihood. Environmental pollution, 157(5), 1689-1696

Rossiter, D. G. (2008). Sampling for soil survey. Department of Earth Systems Analysis International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC).[On line]: http://www. itc. nl/personal/rossiter.

Sharma, P., Shukla, M. K., and Mexal, J. G. (2011). Spatial variability of soil properties in agricultural fields of Southern New Mexico. Soil Science, 176(6), 288-302.

Shaw, J. N., West, L. T., Bosch, D. D., Truman, C. C., & Leigh, D. S. (2004). Parent material influence on soil distribution and genesis in a Paleudult and Kandiudult complex, southeastern USA. Catena, 57(2), 157-174.

Wang, J. F., Stein, A., Gao, B. B., and Ge, Y. (2012). A review of spatial sampling. Spatial Statistics, 2, 1-14.

Webster, R., and Butler, B. E. (1976). Soil classification and survey studies at Ginninderra. Soil Research, 14(1), 1-24.

Webster, R., Welham, S. J., Potts, J. M., and Oliver, M. A. (2006). Estimating the spatial scales of regionalized variables by nested sampling, hierarchical analysis of variance and residual maximum likelihood. Computers and Geosciences, 32(9), 1320-1333.

Weitz, A., Bunte, D., and Hersemann, H. (1993). Application of nested sampling technique to determine the scale of variation in soil physical and chemical properties. Catena, 20(1-2), 207-214.

16th Iranian Soil Science Congress

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

Topic for submission: Pedometery and Soil Evaluation

A study on spatial scales of clay amount variability in soil surface layer of a semi-arid Mediterranean area

Torabi, K. [1], Shekaari, P[2*].

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.
[2] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

Abstract

Knowledge on soil variability is a major factor in designing land sustainable management. The variability is occur in several scales, thus proper method is required to detect it. A well-known method in this regard is multistage nested sampling. In this work clay variability in 25cm surface layer studied using a five-stage balanced nested design with 62 samples and hierarchical analysis of variance. Results revealed variations in middle and lower distances. Variance components of 19 and 5 meter were calculated 3.4 and 25.4%, of total variance respectively, while the latter comprised unresolved variance of less-than-5meter distances as well. Variability of 19 and 5 meter distances were primarily related to farming activities. Maximum variance component of 41.8% obtained for 71-267 meter, which known from mainly a result of short-range geomorphologic processes origin. According to the results, 140 meter proposed as optimal distance for studies in regard with sampling surface soil clay content in the study area.

Keywords: Nested sampling, Variance components, Hierarchical analysis.

[*] Corresponding author, Email: pshekaari@gmail.com