نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره سوم، ۱۳۹۷
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج حاصل از مطالعات نقشه‌برداری رقومی به‌منظور پیش‌بینی کلاس‌های خاک (مطالعه موردی: دشت شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری)

محمدحسن صالحی[1]* و زهره مصلح[2]
[1]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، [2]دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/٤/۳

چکیده

سابقه و هدف: در روش نقشه‌برداری رقومی، تغییرات خاک بر اساس ارتباط پارامترهای محیطی با کلاس‌ها یا ویژگی‌های خاک تعیین می‌گردد. بنابراین، اگر دو منطقه از نظر پارامترهای محیطی مشابه باشند این انتظار وجود دارد که مدل به‌دست آمده برای تخمین کلاس‌های خاک در یک منطقه، قابل‌تعمیم به منطقه دیگر نیز باشد. از این‌رو، در این پژوهش قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج حاصل از مطالعات نقشه‌برداری رقومی به مناطق مشابه برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک بر مبنای دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و رده‌بندی جهانی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: در اراضی دشت شهرکرد استان چهارمحال و بختیاری دو منطقه به‌عنوان نمونه و تعمیم در نظر گرفته شد. در منطقه تعمیم، ۱۵ خاک‌رخ با فواصل تقریبی ۷۵۰ متر حفر، تشریح و نمونه‌برداری شدند و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین گردیدند. سپس، رده‌بندی خاک‌رخ‌ها بر مبنای سامانه‌های رده‌بندی آمریکایی (تا سطح گروه بزرگ) و رده‌بندی جهانی (تا سطح گروه مرجع) نهایی گردید. با استفاده از فاصله ماهالانوبیس میزان شباهت خاک‌های دو منطقه مذکور تعیین گردید. سپس، مدل‌های توسعه‌یافته (درختان تصمیم‌گیری تصادفی، رگرسیون درختی توسعه‌یافته، رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای و شبکه‌های عصبی مصنوعی) در منطقه نمونه، برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک در منطقه تعمیم استفاده شدند. بر اساس پارامترهای محیطی انتخاب‌شده در منطقه نمونه، پارامترهای محیطی برای منطقه تعمیم نیز تهیه گردیدند. کلاس‌های خاک برای منطقه تعمیم بر اساس مدل‌های موجود، پیش‌بینی شدند و بر اساس شاخص صحت عمومی کارایی مدل‌ها ارزیابی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بر اساس فاصله ماهالانوبیس مناطق نمونه و تعمیم کاملاً مشابه می‌باشند. همچنین، نتایج بیانگر آن است که مشابهت بسیار بالای مناطق مورد مطالعه موجب شده است که در سطوح رده و زیررده بر مبنای سامانه رده‌بندی آمریکایی و سطح گروه مرجع در سامانه رده‌بندی جهانی، تخمین صحیحی برای منطقه تعمیم صورت پذیرد. از سوی دیگر، نتایج گویای آن است که مقادیر صحت عمومی برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک با افزایش سطح رده‌بندی (رده به گروه بزرگ) در هر دو منطقه نمونه و تعمیم، کاهش نشان داد.

* مسئول مکاتبه: mehsalehi@yahoo.com

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش بیانگر آن است که روش نقشه‌برداری رقومی توانایی پیش‌بینی کلاس‌های خاک در شرایط مشابه (مشابه از نظر پارامترهای محیطی و فاکتورهای خاک‌سازی) را دارا می‌باشد اگرچه، برای سطوح پایین رده‌بندی در پیش‌بینی و تعمیم‌پذیری نتایج، ممکن است از صحت کافی برخوردار نباشد. به‌نظر می‌رسد سطح و سامانه رده‌بندی مورد نظر، توزیع مکانی خاک‌ها، تراکم نمونه‌برداری و نوع پارامترهای محیطی مورد استفاده از مهم‌ترین عواملی می‌باشند که می‌توانند صحت پیش‌بینی کلاس‌های خاک در مناطق تعمیم را تحت‌تأثیر قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای محیطی، فاصله ماهالانوبیس، مناطق تعمیم و نمونه

مقدمه

بنیان‌گذاری نتایج نقشه‌برداری سنتی بر مبنای خاک‌رخ شاهد و تعمیم نتایج آن به کل واحد نقشه، در نظر نگرفتن تغییرات مکانی خاک، ترسیم دستی نقشه‌ها و افزایش خطای ناشی از سلیقه شخصی از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های روش نقشه‌برداری سنتی می‌باشند و این دلایل سبب می‌شوند که در بعضی از مواقع، این روش‌ها از کارایی بالایی برخوردار نباشند و با استقبال کم‌تری روبه‌رو شوند. از حدود ۳۰ سال گذشته، با ایجاد سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور، تلاش برای کمّی‌کردن نقشه‌برداری، آغاز گردید (١٤). نقشه‌برداری رقومی خاک، با بررسی تغییرات پیوسته خاک و بر اساس ویژگی‌های محیطی که به سادگی قابل دست‌یابی یا محاسبه هستند؛ کلاس‌های خاک یا ویژگی‌های آن را پیش‌بینی می‌کند. در هر موقعیت مشاهده خاک، تعدادی از متغیرهای محیطی وجود دارند که ارتباط بالایی با کلاس‌ها یا ویژگی‌های خاک نشان می‌دهند که یافتن این ارتباط و پیش‌بینی کلاس و ویژگی‌های خاک در نقاط نمونه‌برداری‌نشده، پایه و اساس نقشه‌برداری رقومی خاک می‌باشد. در سال‌های اخیر، مطالعات گوناگونی توسط پژوهشگران مختلف با استفاده از این تکنیک انجام شده است (۳، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۵ و ١٦).

از سوی دیگر، کارایی مدل‌ها تا حد زیادی به پارامترهای محیطی به‌کار برده شده بستگی دارد و انتخاب پارامترهای محیطی جنبه مهمی از روش‌های نقشه‌برداری رقومی می‌باشد (۳ و ۲۰). گودمان و همکاران (۲۰۱۲) چالش اساسی برای جامعه خاکشناسی را تخمین صحیح ویژگی‌های خاک با استفاده از تعداد قابل‌قبول نمونه قلمداد می‌کنند (۷). در بسیاری از مناطق، تکنیک‌های نقشه‌برداری رقومی به‌دلیل محدود بودن داده قابل انجام نمی‌باشد. باتجی (۲۰۰۹) بیان می‌کند که پوشش ضعیف داده‌های خاک تنها مختص کشورهای در حال توسعه نمی‌باشد (۲). با توجه به مشکل وجود داده دقیق و کافی برای تمامی مناطق، انتظار می‌رود که مدل توسعه‌یافته برای یک منطقه قابل تعمیم به مناطق مشابه (مشابه از نظر فاکتورهای خاکسازی) باشد.

مالاوان و همکاران (۲۰۱۰) چارچوبی تحت عنوان "Homosoil" را تعریف نمودند که هدف آن یافتن مناطق مشابه از نظر فاکتورهای خاکسازی از طریق شاخص شباهت به‌منظور تخمین کلاس‌ها یا ویژگی‌های خاک می‌باشد (۱۱). میناسنی و مک‌براتنی (۲۰۱۰) بیان نمودند که چارچوب "Homosoil" برای تعمیم‌پذیری داده‌ها به مناطق مشابه بسیار کارآمد می‌باشد (١٤). مالون و همکاران (٢٠١٦) بیان نمودند که میزان عدم قطعیت در مناطق غیرمشابه نسبت به مناطق مشابه با منطقه نمونه بسیار بالا می‌باشد (۱۲).

با توجه به نیاز شدید و روزافزون به داده‌های دقیق در فواصل اندک برای مدیریت بهتر و صحیح خاک، نیاز به روش‌هایی که با صرف وقت و هزینه کم‌تر بتوانند پوشش کاملی از اطلاعات را در یک سطح فراهم کنند، بیش از پیش احساس می‌گردد. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی توانایی تعمیم نتایج حاصل از مطالعات رقومی به مناطق مشابه در چارچوب "Homosoil" برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک تا سطح گروه بزرگ در سامانه رده‌بندی آمریکایی و سطح گروه مرجع در سامانه جهانی در دشت استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد.

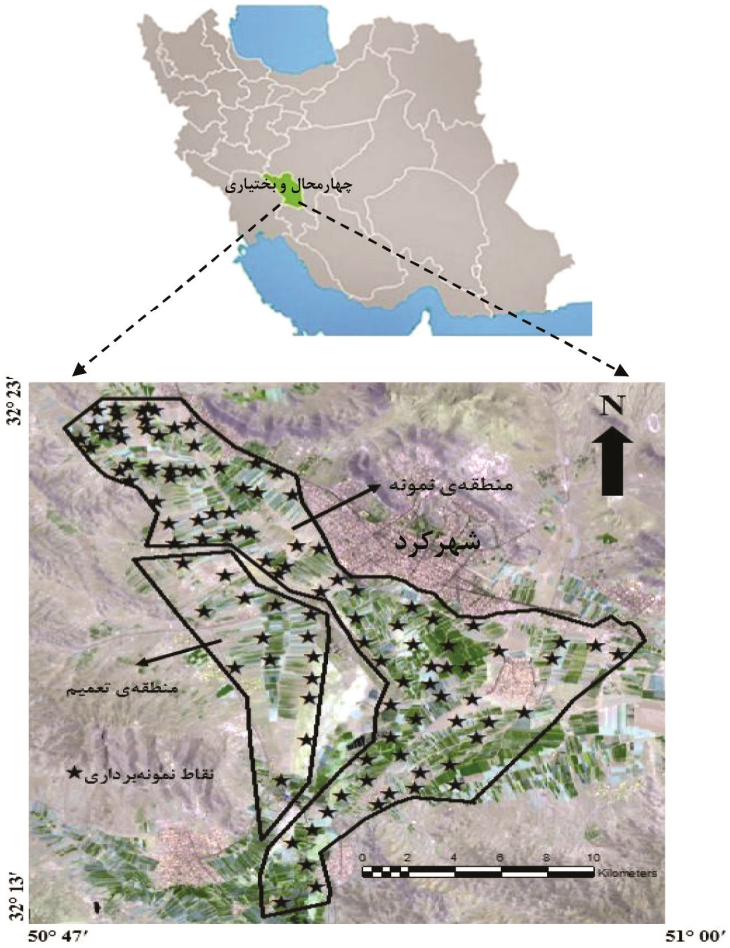
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: مناطق نمونه و تعمیم مورد مطالعه در این پژوهش در دشت شهرکرد استان چهارمحال و بختیاری قرار دارند (شکل ۱). میانگین بارندگی و دمای سالیانه منطقه در یک دوره آماری ٦٠ ساله (سال‌های ١٣٣٤ تا ١٣٩٣)، به‌ترتیب، ٣١٧ میلی‌متر و ٢٣ درجه سلسیوس می‌باشد. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های منطقه مطالعاتی، به‌ترتیب، زریک و مزیک می‌باشند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، خاک‌های این منطقه به‌طور عمده بر روی رسوبات رسی و سیلتی مربوط به دوران چهارم زمین‌شناسی (دوره کواترنری) تشکیل شده‌اند و عمدتاً شامل رسوبات سیلابی (ترکیبی از رس، سیلت و شن درشت) می‌باشند.

توصیف مطالعه انجام‌شده در منطقه نمونه: منطقه نمونه انتخاب‌شده برای پژوهش حاضر با مساحت ۱۰۵۰۰ هکتار، قبلاً توسط مصلح و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش نقشه‌برداری رقومی با استفاده از ۱۲۰ خاک‌رخ تا سطح فامیل (١٦) در سامانه آمریکایی (۱۹) و گروه مرجع در سامانه جهانی (۹) مطالعه شده است. بر اساس مدل رقومی ارتفاع با تفکیک مکانی ۳۰ متر که از وب‌سایت مدل رقومی ارتفاع جهانی استر تهیه گردید، ویژگی‌های اولیه و ثانویه مدل رقومی ارتفاع شامل درصد شیب، جهت شیب، انحنای خالص، انحنای نیم‌رخ، انحنای سطحی، جهت جریان، تجمع جریان، تابش مستقیم، مدت تابش، تابش پخشیده، شاخص قدرت جریان، شاخص خیسی و شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا با استفاده از نرم‌افزار SAGA تعیین گردیدند. شاخص‌های سنجش از دور (شامل شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده، شاخص گیاهی عمودی، شاخص رس و شاخص کربنات) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ (سال ٢٠١٤) با تفکیک مکانی ۳۰ متر به‌دست آمدند. نقشه ژئومورفولوژی تا سطح لندفرم، نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه خاک موجود با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ نیز استفاده شدند. مدل‌های رگرسیون درختی توسعه‌یافته، درختان تصمیم‌گیری تصادفی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک استفاده شدند.

مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در منطقه تعمیم: در این پژوهش، ۱۵ خاک‌رخ با فواصل تقریبی ۷۵۰ متر در منطقه تعمیم با مساحت ۲۰۰۰ هکتار حفر گردید. تمامی خاک‌رخ‌های حفرشده، بر اساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک‌ها در صحرا (۱۸) تشریح گردیدند و از تمامی افق‌های ژنتیکی آن‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت. سپس، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک، بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند و بر اساس اطلاعات حاصل از مشاهدات صحرایی و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، رده‌بندی خاک‌رخ‌ها بر مبنای سامانه‌های رده‌بندی آمریکایی تا سطح گروه بزرگ و سامانه جهانی تا سطح گروه مرجع نهایی گردید.

بررسی میزان مشابهت مناطق نمونه و تعمیم: در چارچوب Homosoil، برای تعیین میزان مشابهت باید کم‌ترین فاصله تاکسونومی فاکتورهای خاک‌سازی بین دو منطقه نمونه و تعمیم در نظر گرفته شود (۱۱). در این پژوهش، برای تعیین فاصله تاکسونومی بین فاکتورهای خاکسازی، فاصله ماهالانوبیس تعیین گردید. به‌منظور تعیین این فاصله، پیکسل‌های منطقه نمونه که هر کدام حاوی اطلاعاتی در مورد پارامترهای محیطی می‌باشند، با پیکسل‌های منطقه تعمیم مقایسه شدند. از نظر ریاضی، ماتریسی از پارامترهای محیطی (A) برای منطقه نمونه به‌صورت ۲۲×۲۹۰۹۵ تعریف شد. در این ماتریس، سطرها و ستون‌ها به‌ترتیب نشان‌دهنده موقعیت هر پیکسل و اطلاعات پارامترهای محیطی مربوط به آن می‌باشد. همانند ماتریس A، ماتریس B نیز به‌صورت ۲۲×۹۷۵۹ برای منطقه تعمیم تعریف گردید. سپس، فاصله ماهالانوبیس برای هر پیکسل تعیین شد و یک فاصله آستانه به‌عنوان مرز مشابهت یا عدم مشابهت پیکسل‌ها در نظر گرفته شد. این مقدار بر اساس میانگین مقادیر فاصله ماهالانوبیس در منطقه نمونه تعیین گردید. اگر فاصله ماهالانوبیس در منطقه تعمیم از فاصله آستانه در منطقه نمونه بیش‌تر باشد آن‌گاه دو منطقه مشابه نیستند و نمی‌توانند در چارچوب Homosoil بررسی شوند (۱۰). فاصله ماهالانوبیس با استفاده از نرم‌افزار SPSS تعیین گردید.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه (مناطق نمونه و تعمیم).

Figure 1. Location of the study areas (the reference and recipient sites).

نقشه‌برداری رقومی در منطقه تعمیم: به‌منظور ارزیابی کارایی تعمیم مدل‌ها به منطقه تعمیم، مدل‌های توسعه‌یافته در منطقه نمونه به‌همراه پارامترهای محیطی منطقه تعمیم استفاده شدند. پارامترهای محیطی بر مبنای مهم‌ترین پارامترهای محیطی که برای منطقه نمونه انتخاب‌شده بودند تهیه گردیدند. کلاس‌های خاک در سطوح مختلف بر اساس هر یک از سامانه‌های رده‌بندی به همراه پارامترهای محیطی برای مدل‌ها تعریف شدند و سپس، پیش‌بینی بر اساس ارتباط آن‌ها با پارامترهای محیطی انجام گردید. مدلسازی با استفاده از بسته نرم‌افزاری caret و در نرم‌افزار R انجام شد. سپس صحت پیش‌بینی بر اساس ماتریس خطا به‌دست آمد (٤).

جدول ۱- رده‌بندی برخی از خاک‌رخ‌های حفرشده در منطقه تعمیم بر مبنای سامانه‌های رده‌بندی آمریکایی و جهانی.

Table 1. Classification of some excavated pedons at recipient site based on Soil Taxonomy and World Reference Base for Soil Resources systems.

سامانه رده‌بندی Classification system	
رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱٤) Soil Taxonomy (2014)	رده‌بندی جهانی (۲۰۱۵) World Reference Base for Soil Resources (2015)
Fine, Carbonatic, Mesic, Shallow Petrocalcic Calcixerepts	Petric Calcisols (Clayic)
Fine-silty, Mixed, Active, Mesic Typic Haploxerepts	Haplic Calcisols (Aric, Loamic, Siltic)
Fine-silty, Mixed, Semiactive, Mesic Typic Haploxerepts	Calcaric Chromic Cambisols (Aric, Loamic, Siltic)
Fine, Mixed, Semiactive, Mesic Petrocalcic Palexeralfs	Luvic Petric Calcisols (Aric, Clayic, Loamic, Ochric)

جدول ۲- خلاصه آماری برخی از پارامترهای محیطی برای مناطق نمونه و تعمیم.

Table 2. Summary statistics some of the auxiliary information for reference and recipient sites.

پارامترهای محیطی Auxiliary information	میانگین Mean		حداکثر Maximum		حداقل Minimum	
	منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site	منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site	منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site
ارتفاع Elevation	2051	2053	2181	2114	1970	2014
شیب Slope	0.05	0.05	0.7	0.4	0.0	0.00003
شاخص خیسی Wetness index	12	11.7	23.5	22.1	6.8	2.6
شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده Normalized difference vegetation index	0.2	0.15	0.6	0.57	0.0	-0.03
شاخص کربنات Carbonate index	1.1	1.14	1.3	1.6	0.0	0.0

جدول ۳- کارایی مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک در مناطق نمونه و تعمیم بر مبنای سامانه رده‌بندی آمریکایی.

Table 3. Performance of different models to predict soil classes at reference and recipient sites using Soil Taxonomy system.

مدل Model	ارزیابی صحت Accuracy assessment	رده Order		زیررده Suborder		گروه بزرگ Great group	
		منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site	منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site	منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site
درختان تصمیم‌گیری تصادفی Random Forest	صحت عمومی Overall accuracy	0.94	0.85	0.78	0.65	0.52	0.4
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.88	0.7	0.56	0.3	0.04	-0.2
رگرسیون درختی توسعه‌یافته Boosted Regression Tree	صحت عمومی Overall accuracy	0.94	0.85	0.84	0.65	0.52	0.33
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.88	0.7	0.68	0.3	0.04	-0.34
شبکه‌های عصبی مصنوعی Artificial Neural Network	صحت عمومی Overall accuracy	0.94	0.85	0.82	0.68	0.5	0.25
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.88	0.7	0.68	0.36	0	-0.5
رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای Multinomial Logistic Regression	صحت عمومی Overall accuracy	0.94	0.85	0.73	0.55	0.68	0.37
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.88	0.7	0.46	0.1	0.36	-0.26

جدول ٤- کارایی مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک در مناطق نمونه و تعمیم در سطح گروه مرجع بر مبنای سامانه رده‌بندی جهانی.

Table 4. Performance of different models to predict soil classes at reference and recipient sites at Reference Soil Groups level based on World Reference Base for Soil Resources system.

مدل Model	ارزیابی صحت Accuracy assessment	منطقه نمونه Reference site	منطقه تعمیم Recipient site
درختان تصمیم‌گیری تصادفی Random Forest	صحت عمومی Overall accuracy	0.63	0.6
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.26	0.2
رگرسیون درختی توسعه‌یافته Boosted Regression Tree	صحت عمومی Overall accuracy	0.73	0.62
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.46	0.24
شبکه‌های عصبی مصنوعی Artificial Neural Network	صحت عمومی Overall accuracy	0.6	0.55
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.2	0.1
رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای Multinomial Logistic Regression	صحت عمومی Overall accuracy	0.75	0.68
	کاپای تعدیل‌یافته Adjusted kappa	0.5	0.36

تعمیم مدل‌های به‌دست آمده از منطقه نمونه به منطقه تعمیم، نتایج مشابهی زیر را به‌همراه داشت. (۱) تفاوتی بین مدل‌های مختلف برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک وجود ندارد (۲) برای تمامی مدل‌های مورد مطالعه، با افزایش سطح رده‌بندی، مقادیر صحت عمومی کاهش می‌یابد (جدول‌های ۳ و ٤) و (۳) مدل رگرسیون لاجیستیک چندجمله‌ای بیش‌ترین توانایی را برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک در سطح گروه مرجع بر مبنای سامانه رده‌بندی جهانی داشته است. بنابراین، این نتایج گویای آن است که روش نقشه‌برداری رقومی می‌تواند به‌صورت کارآمد برای مناطق مشابه نیز استفاده شود و انتظار می‌رود که اگر مشابهت دو منطقه از نظر فاکتورهای خاک‌سازی زیاد باشد تخمین صحیحی صورت گیرد. مالون و همکاران (۲۰۱٦) بیان نمودند که اگرچه چارچوب Homosoil بیش‌تر برای نقشه‌برداری در سطح جهان طراحی شده است اما برای مطالعات منطقه‌ای نیز نتایج قابل‌قبولی را ارایه می‌دهد (۱۲). از سوی دیگر، نتایج گویای آن است که علی‌رغم مشابهت بسیار بالای دو منطقه نمونه و تعمیم، مدل‌های تعمیم‌یافته برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک در سطح گروه بزرگ ناکارآمد می‌باشند. اسفندیارپور بروجنی و همکاران (۲۰۰۹) اعتبار نتایج تعمیم روش ژئوپدولوژی به لندفرم‌های مشابه را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که اگرچه روش ژئوپدولوژی تلاش می‌کند تا واحدهای خاک همگن را تشخیص دهد اما هنوز قادر نیست که تغییرات خاک را به‌طور کامل بیان نماید (۵). در مطالعه‌ای دیگر، اسفندیارپور بروجنی و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که در تعمیم‌پذیری نتایج روش ژئوپدولوژی، به نظر کارشناس در تعیین موقعیت منطقه نمونه نیز بسیار وابسته است (٦). باقری بداغ‌آبادی و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند که با استفاده از مدل استنباطی

خاک- سرزمین برای برآورد کلاس‌های خاک تا سطح گروه بزرگ در منطقه بروجن استان چهارمحال و بختیاری دقت درون‌یابی‌ها (تعمیم نتایج حاصل از خاک‌رخ‌های واقع در یک منطقه به دیگر خاک‌رخ‌های موجود در همان منطقه) تقریباً دو برابر برون‌یابی‌ها (تعمیم نتایج حاصل از یک منطقه به منطقه دیگر) می‌باشد (۱). صالحی و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور برآورد برخی از ویژگی‌های خاک در محدوده‌هایی از یک نقشه خاک تفصیلی، از تعمیم‌پذیری مدل‌های پیوسته تغییرات مکانی استفاده نمودند. نتایج نشان داد در مواردی که هدف از تهیه نقشه‌های کریجینگ، به‌دست آوردن روند تغییرات ویژگی‌های خاک است؛ لازم نیست که زمان زیادی صرف یافتن بهترین مدل برای هر محدوده نقشه خاک گردد و تعمیم مدل یک محدوده به اطلاعات محدوده دیگر، می‌تواند اطلاعات کافی را فراهم نماید و در اهداف مدیریتی خاک استفاده شود اما زمانی که صحت بالایی از اطلاعات خاک مورد نیاز است (مانند کشاورزی دقیق)؛ تعمیم مدل نمی‌تواند نتایج قابل‌قبولی ارایه دهد (۱۷).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که مشابهت بالای مناطق نمونه و تعمیم موجب می‌شود تا تخمین صحیحی در سطوح رده و زیررده بر مبنای سامانه رده‌بندی آمریکایی و سطح گروه مرجع سامانه رده‌بندی جهانی حاصل گردد. بنابراین، نتایج گویای آن است که روش نقشه‌برداری رقومی از توانایی خوبی برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک در مناطق مشابه برخوردار است اگرچه، برای سطوح پایین رده‌بندی در پیش‌بینی و تعمیم‌پذیری نتایج، ممکن است از صحت کافی برخوردار نباشد. به‌نظر می‌رسد سطح و سامانه رده‌بندی مورد نظر، توزیع مکانی خاک‌ها، تراکم نمونه‌برداری و نوع پارامترهای محیطی مورد استفاده از مهم‌ترین عواملی می‌باشند که می‌توانند صحت پیش‌بینی کلاس‌های خاک در مناطق تعمیم را تحت‌تأثیر قرار دهند. بررسی سایر مدل‌های تخمین و نیز مطالعه امکان تعمیم‌پذیری آن‌ها در سایر لندفرم‌ها می‌تواند دیدگاه بهتری از توانایی روش‌های رقومی در پیش‌بینی خاک‌ها را در مناطق مشابه، بیان نماید.

منابع

1. Bagheri Bodaghabadi, M., Salehi, M.H., Esfandiarpoor Borujeni, I., Mohammadi, J., Karimi Karouyeh, A., and Toomanian, N. 2012. Evaluation and Generalization of SoLIM for Digital Soil Mapping Using Digital Elevation Model and its Attributes. Isfahan, J. Sci. Tech. Agric. Natur. Res. Water and Soil Science. 16: 155-166. (In Persian)
2. Batjes, N.H. 2009. Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database. Soil. Use. Manage. 25: 124-127.
3. Brungard, C.W., Boettinger, J.L., Duniway, M.C., Wills, S.A., and Edwards Jr, T.C. 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. Geoderma. 239-240: 68-83.
4. Congalton, R. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Rem. Sen. Environ. 37: 35-46.
5. Esfandiarpoor Borujeni, I., Salehi, M.H., Toomanian, N., Mohammadi, J., and Poch, R.M. 2009. The effect of survey density on the results of geopedological approach in soil mapping: A case study in the Borujen region, Central Iran. Catena. 79: 18-26.
6. Esfandiarpoor Borujeni, I., Salehi, M.H., Toomanian, N., Mohammadi, J. 2009. The effect of location of sample area and expert knowledge on the results of geopedological approach in soil mapping, a case study: Borujen area, Chaharmahal-Va-Bakhtiari province. Isfahan, J. Sci Tech. Agric. Natur. Res. Water and Soil Science. 13: 113-127. (In Persian)

7.Goodman, J.M., and Owens, P.R. 2012. Predicting soil organic carbon using mixed conceptual and geostatistical models. P 155-159. In: B. Minasny *et al.* (eds.) Digital Soil Assessments and Beyond. CRC Press. London.
8.Grunwald, S. 2009. Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. Geoderma. 152: 195-207.
9.IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
10.Jafari A., Ayoubi, S., Khademi, H., Finke, P.A., and Toomanian, N. 2013. Selection of a taxonomic level for soil mapping using diversity and map purity indices: a case study from an Iranian arid region. Geomorphology. 201: 86-97.
11.Mallavan B.P., Minasny, B., and McBratney, A.B. 2010. Homosoil, a methodology for quantitative extrapolation of soil information across the globe. P 137-149. In: Digital soil mapping: Bridging research, environmental application and operation. J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink, and S. Kienast-Brown (eds). Springer, Berlin.
12.Malone B.P., Jha, S.K., Minasny, B., and McBratney, A.B. 2016. Comparing regression-based digital soil mapping and multiple-point geostatistics for the spatial extrapolation of soil data. Geoderma. 262: 243-253.
13.McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L., and Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma. 117: 3-52.
14.Minasny, B., and McBratney, A.B. 2010. Methodologies for global soilmapping. P 429-436. In: Digital Soil Mapping: Bridging Research, Environmental Application and Operation. J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. More, A.E. Hartemink and S. Kienast-Brown. Springer, London.
15.Mosleh, Z., Salehi, M.H., Jafari, A., Esfandiarpoor Borujeni, I., and Mehnatkesh, A. 2016. The effectiveness of digital soil mapping to predict soil properties over low-relief areas. Environ. Monitor. Assess. 188: 1-13.
16.Mosleh, Z., Salehi, M.H., Jafari, A., Esfandiarpoor Borujeni, I., and Mehnatkesh, A. 2017. Identifying sources of soil classes variations with digital soil mapping approaches in the Shahrekord plain, Iran. Environ. Earth. Sci. 76: 748.
17.Salehi, M.H., Safaei, Z., Esfandiarpour Borujeni, I., and Mohammadi, J. 2013. Generalisation of continuous models to estimate soil characteristics into similar delineations of a detailed soil map. Soil. Res. 51: 350-361.
18.Schoeneberger P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils. 3nd Version. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center. Lincoln, NE. 300p.
19.Soil Survey Staff. 2014. Soil Taxonomy: A basic systems of soil classification for making and interpreting soil surveys. Twelfth Edition. NRCS. USDA.
20.Vasques, G.M., Grunwald, S., and Sickman, J.O. 2009. Modeling of soil organic carbon fractions using visible/ near-infrared spectroscopy. Soil. Sci. Soc. Am. J. 73: 176-184.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(3), 2018
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Generalization of digital soil mapping results for prediction of soil classes (A Case Study: Shahrekord Plain, Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province)

***M.H. Salehi[1] and Z. Mosleh[2]**
[1]Professor, Dept. of Soil Science, Shahrekord University,
[2]Ph.D. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahrekord University
Received: 01.03.2018; Accepted: 06.24.2018

Abstract

Background and Objectives: Digital soil mapping (DSM) predicts soil variability based on the relationship between soil classes and auxiliary information. Therefore, it is expected that if two regions have similar auxiliary information, the model developed to estimate soil variability for one of these regions could be generalized to the other. The aim of this study was to predict soil classes up to great group level of Soil Taxonomy (ST) and Reference Soil Group (RSG) level of World Reference Base for Soil Resources (WRB) across the area with little soil data (recipient site) on the basis of constructed model in area that has sufficient soil data (reference site) using DSM approaches in the Shahrekord plain of Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province.

Materials and Methods: The reference and recipient sites are located in the Shahrekord region of Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province. The Mahalanobis distance is used to determine the distance between the mean of the reference's soil forming factors and the recipient's soil forming factors (Mallavan et al. 2010). The reference site for this study was surveyed using digital soil mapping approaches at semi-detailed scale (i.e., raster maps with pixel size 50×50 m) up to family level by Mosleh (2016). Different machine learning algorithms consisting of artificial neural networks (ANNs), boosted regression tree (BRT), random forest (RF) and multinomial logistic regression (MLR) were considered for each soil taxonomic level to identify the relationship between soil classes and auxiliary information. Fifteen pedons were excavated at the recipient site with 750 m intervals. All the pedons were described and the soil samples were taken from different genetic horizons, air dried, crashed and passed through a 2 mm sieve. The soil samples were classified the soils according to the Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2014) and WRB (IUSS Working Group WRB 2015) up to great group and Reference Soil Group levels, respectively.

Results: The results showed that the Mahalanobis distance at the reference and recipient sites is equal. Therefore, the two studied sites are entirely similar and can be considered as Homosoil. Summary statistics of auxiliary information for the reference and recipient sites indicated that the difference between the mean of the reference's soil forming factors and the recipient's soil forming factors is negligible. Extrapolated models across the recipient site lead to similar results with the reference site. These results include: (i) no significant differences were observed between different models to predict soil classes based on the ST system; (ii) OA values showed a decreasing trend with increasing the taxonomic levels for all the studied models (Figure 3); (iii) the MLR model has the highest performance to predict the RSG.

Conclusion: The results indicated that DSM could be used for prediction of soil classes in the Homosoil framework (both sites have similar auxiliary information or soil forming factors). It is expected that the accuracy of predictions is accrued if there is a high agreement between the reference and recipient sites in terms of the auxiliary information.

Keywords: Auxiliary information, Mahalanobis distance, Recipient and reference sites

* Corresponding Author; Email: mehsalehi@yahoo.com