

ارزیابی برخی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک با استفاده از سنجش از دور و زمین‌آمار در منطقه بافت کرمان

مطهره حبیبی^۱، * حسین شیرانی^۲، اردوان کمالی^۳ و عیسی اسفندیاریپور بروجنی^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، آدانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان،

^۲ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۱

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی برخی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک در منطقه بافت واقع در استان کرمان، که یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید محصولات کشاورزی در استان کرمان می‌باشد، انجام شد. بدین منظور، از ۱۸۳ نقطه براساس الگوی نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم (با فاصله ۲۵۰ متر) از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر نمونه‌های خاک برداشت شدند و شاخص‌های فیزیکی تخلخل تهویه‌ای، میزان آب قابل استفاده، گنجایش زراعی نسبی و پایداری ساختمان خاک اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل زمین‌آمار قرار گرفتند. در ادامه، نقشه کریجینگ هر یک در محیط نرم‌افزاری آرک.جی.آی.اس تهیه گردید. همچنین به منظور بررسی اثر کاربری اراضی بر روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده، نقشه کاربری اراضی منطقه از طریق طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ تهیه گردید. نتایج نشان داد که شاخص پایداری ساختمان خاک منطقه مورد مطالعه در محدوده تخریب می‌باشد. به‌طورکلی با توجه به نقشه‌های کریجینگ، کم‌تر بودن شاخص پایداری را می‌توان به درصد سیلت زیاد در قسمت مرکزی، مربوط دانست. در این مناطق، کشت متراکم نیز انجام می‌شود. دلیل دیگر می‌تواند مربوط به مقدار کم ماده آلی (کم‌تر از ۲ درصد) در بیش‌تر مناطق مورد مطالعه باشد. منطقه از نظر تخلخل تهویه‌ای در محدوده بهینه قرار داشت. خاک منطقه از توانایی خوبی برای ذخیره و فراهم کردن آب قابل استفاده گیاه و گنجایش زراعی نسبی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آب قابل استفاده گیاه، پایداری ساختمان خاک، تخلخل تهویه‌ای، ماهواره‌ی لندست ۸، گنجایش زراعی نسبی

مقدمه

به‌عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت کاربری‌های متفاوت به‌طوری‌که علاوه‌بر حفظ تولید بیولوژیک، بتواند کیفیت آب و هوا را بهبود بخشد و نیز تأمین‌کننده سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد، کیفیت خاک نامیده می‌شود (دوران و پارکین، ۱۹۹۴). کیفیت خاک که براساس این تعریف تمام فعالیت‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را در بر

هدف اصلی در مدیریت پایدار اراضی، اتخاذ تصمیم‌هایی است که علاوه‌بر ارتقاء کمی و کیفی عملکرد محصول، در طولانی‌مدت، از تخریب اراضی جلوگیری کنند. به‌عبارت دیگر، کیفیت خاک را حفظ نمایند. توانایی دایم خاک در انجام وظایف خود

* مسئول مکاتبه: shirani@vru.ac.ir

شیمیایی و سموم دفع آفات و بیماری‌های گیاهی از سوی دیگر، دو عامل اصلی تخریب اراضی و کاهش کیفیت خاک‌ها از قرن گذشته تاکنون عنوان شده‌اند (فائو، ۱۹۷۶؛ فائو، ۱۹۸۵؛ والاس و تری، ۱۹۹۸). به‌همین دلیل، امروزه ارزیابی کیفیت خاک و در نظر گرفتن تغییرات آن هنگام استفاده از زمین برای کاربری‌های تعیین شده، پیش از بهره‌برداری از زمین ضروری است (دنت و یانگ، ۱۹۸۱؛ سائز و همکاران، ۱۹۹۱؛ رزیتز، ۱۹۹۶؛ دلارزا و همکاران، ۲۰۰۴؛ کمالی و همکاران، ۲۰۱۲). در مناطق خشک و نیمه‌خشک که رطوبت عامل اصلی محدودکننده کشاورزی است، شاخص‌هایی مانند بافت خاک، درصد کربن آلی خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک و پایداری خاکدانه‌ها، از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک به‌منظور تشخیص محدودیت‌های فراهمی آب و رشد ریشه محسوب می‌گردند (شوکلا و همکاران، ۲۰۰۶؛ رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طوری‌که پهنه‌بندی تغییرات مکانی این ویژگی‌ها، نخستین گام منطقی در مدیریت آن‌ها به‌شمار می‌رود. دستیابی به این مهم در مقیاس وسیع، نیازمند صرف هزینه و وقت زیاد به‌منظور نمونه‌گیری و انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های خاک و در نهایت تهیه نقشه‌های دقیق می‌باشد. بنابراین در سالیان اخیر، استفاده از روش‌های زمین‌آمار برای درون‌یابی و تخمین دقیق خصوصیات خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده براساس اطلاعات به‌دست آمده از نقاط نمونه‌برداری شده، رونق فراوانی گرفته است (وبستر و الیور، ۲۰۰۷؛ محمدی، ۲۰۰۶). از سوی دیگر، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به‌منظور تلفیق نقشه‌های مکانی مختلف مربوط به یک منطقه خاص و استخراج اطلاعات مورد نیاز برای اتخاذ تصمیم‌های بهینه، به‌جزء جدایی‌ناپذیر مدیریت پایدار اراضی تبدیل شده‌اند (مخدوم، ۲۰۰۵؛

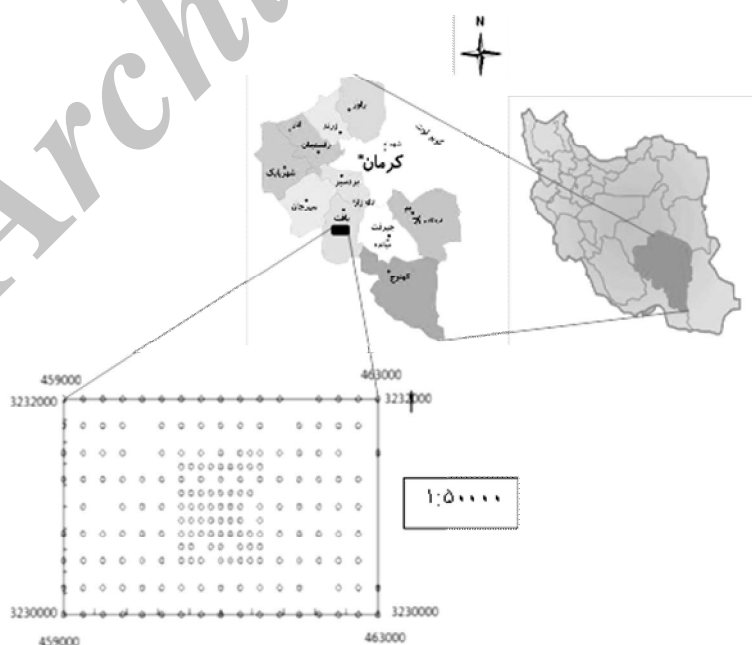
می‌گیرد، در سالیان اخیر در زمره مهم‌ترین معیارهای ارزیابی منابع خاک قرار گرفته است (کارلن و همکاران، ۱۹۹۷). با این حال، از آن‌جا که کیفیت خاک به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست، معمولاً از طریق اندازه‌گیری شاخص‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، بیان می‌گردد (لارسن و پیرسی، ۱۹۹۱؛ مویس و همکاران، ۲۰۰۷). در این میان، شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک با توجه به تأثیر مستقیم بر روی رشد گیاه و ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک، از اهمیت به‌سزایی در برآورد کیفیت خاک برخوردارند (آزادگان، ۲۰۰۹؛ سیلوا و کی، ۱۹۹۶) که به‌شدت و خیلی سریع تحت تأثیر مدیریت نادرست اراضی قرار می‌گیرند. در ایران جنگل‌زدایی، چرای بیش از حد و تبدیل مراتع و جنگل‌ها به اراضی کشاورزی به‌طور چشم‌گیری کیفیت فیزیکی خاک را کاهش می‌دهند (حاج‌عباسی و همکاران، ۱۹۹۷). خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که جنگل‌تراشی و عملیات زراعی، باعث کاهش ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، پایداری خاکدانه، میزان تنفس میکروبی خاک و در نتیجه کاهش شدید کیفیت خاک می‌شود. شالیکار و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر تناوب‌های زراعی را بر روی شاخص‌های مختلف کیفیت خاک از جمله واکنش خاک، چگالی ظاهری، ظرفیت تبادل کاتیونی، میانگین وزنی قطر خاکدانه و قابلیت هدایت الکتریکی در سه قطعه زمین تحت کشت برنج آبی در مدیریت‌های یکسان و در منطقه دشت سر آمل، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که تناوب زراعی طولانی مدت برنج با محصولاتی از خانواده بقولات (شبدر و باقلا)، باعث بهبود کیفیت خاک در مقایسه با تناوب زراعی برنج-آیش می‌شود. زیر کشت بردن اراضی دارای محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی و استفاده بیش از حد توان از این اراضی از یک سو، کشت متراکم همراه با مصرف بی‌رویه کودهای

این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۹/۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (سازمان هواشناسی کشور، ۲۰۱۱). بر این اساس، رژیم رطوبتی خاک در منطقه مورد مطالعه، اریدیک ضعیف و رژیم حرارتی آن ترمیک تعیین گردید (کارگروه مطالعات خاک آمریکا، ۲۰۱۰). قسمت عمده منطقه مورد مطالعه، زیر پوشش گیاهان زراعی یک‌ساله مانند گندم، جو، ذرت و یونجه می‌باشد که هنگام نمونه‌برداری برخی از اراضی نام‌برده زیر آیش بودند. نحوه مدیریت اراضی در این منطقه با وجود مکانیزه بودن، سستی است و خاک‌ورزی، کوددهی و تمام عملیات کاشت، داشت و برداشت بدون توجه به توصیه‌های مدیریتی ضروری انجام می‌شود. نمونه‌برداری از خاک منطقه به روش شبکه‌ای منظم و با فواصل ۲۵۰ متر در مناطق آیش (حاشیه‌های محدوده مورد مطالعه) و ۱۲۵ متر در نواحی تحت کشت (مرکز منطقه مطالعاتی) انجام شد که به این ترتیب از ۱۸۳ نقطه تا عمق ۲۰ سانتی‌متری نمونه‌های خاک دست‌خورده و دست‌نخورده تهیه شد (شکل ۱).

کمالی و همکاران، ۲۰۱۲). شهرستان بافت به دلیل تنوع آب و هوایی ناشی از وجود انواع مختلف پستی و بلندی و در نتیجه، گوناگونی محصولات زراعی و باغی در زمره قطب‌های مهم کشاورزی استان کرمان قرار دارد. به همین سبب، توجه به اصول کشاورزی پایدار و به‌ویژه ارزیابی کیفیت منابع خاک آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی شاخص‌های پایداری ساختمان، تخلخل تهویه‌ای، میزان آب قابل استفاده و گنجایش زراعی نسبی با استفاده از زمین‌آمار، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخشی از اراضی شهرستان نام‌برده و در زیر کاربری‌های اراضی مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه بافت در جنوب‌غربی استان کرمان که در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی قرار گرفته است، برای این پژوهش انتخاب گردید.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه به همراه نقاط نمونه‌برداری.

که در آن‌ها، AC : شاخص ظرفیت هوایی، θ_S : درصد رطوبت حجمی اشباع، θ_{FC} : درصد رطوبت ظرفیت زراعی، $PAWC$: درصد آب قابل استفاده گیاه، θ_{PWP} : درصد رطوبت در نقطه پژمردگی دائم، RFC : رطوبت گنجایش زراعی نسبی، SI : شاخص پایداری ساختمان خاک، OM : درصد ماده آلی خاک و $Silt$ و $Clay$ نیز به ترتیب درصد سیلت و رس خاک را نشان می‌دهند.

به منظور تشریح پیوستگی مکانی هریک از خصوصیات مذکور، نقشه پهنه‌بندی با روش درون‌یابی کریجینگ در محیط نرم‌افزاری آرک.جی.آی.اس (نسخه ۱۰/۱) انجام شد. همچنین، به منظور بررسی اثر کاربری اراضی بر روی شاخص‌های مورد بررسی، تصویر ماهواره لندست ۸ منطقه مورد مطالعه مربوط به آگوست ۲۰۱۳ و مطابق با زمان نمونه‌برداری، تهیه شد و نمونه‌برداری و تعیین نقاط کنترل زمینی در هفت نقطه انجام شد. پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتری از طریق الگوریتم حداکثر احتمال، مورد طبقه‌بندی نظارت شده قرار گرفت و در نهایت نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه گردید. در پایان نقشه‌های به دست آمده بر طبق جدول ۱ کلاس‌بندی مجدد شدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

پس از هواخشک نمودن نمونه‌های برداشت‌شده و عبور آن‌ها از الک ۲ میلی‌متری، تجزیه‌های آزمایشگاهی لازم بر روی آن‌ها انجام شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (با یوکاس، ۱۹۵۱) تعیین شد. درصد کربن آلی به روش واکلی و بلاک (۱۹۳۴) و چگالی ظاهری خاک به روش سیلندر (بلاک، ۱۹۶۵) اندازه‌گیری شدند. همچنین اندازه‌گیری ظرفیت زراعی مزرعه و نقطه پژمردگی دائم توسط دستگاه صفحه فشاری انجام شد. به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دست‌یابی به خلاصه آماری هر خصوصیت، قبل از انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری، توصیف آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های کیفیت فیزیکی مورد بررسی در این پژوهش براساس رابطه‌های ۱ تا ۴ تعیین شدند (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹):

$$(1) \text{ ظرفیت هوایی } AC = \theta_S - \theta_{FC}$$

$$(2) \text{ آب قابل استفاده } PAWC = \theta_{FC} - \theta_{PWP}$$

$$(3) \text{ گنجایش زراعی نسبی } RFC = \left(\frac{\theta_{FC}}{\theta_S} \right)$$

$$(4) \text{ پایداری ساختمان خاک } SI = \frac{OM}{(Silt + Clay)} \times 100$$

جدول ۱- حدود بهینه، بحرانی و نامناسب شاخص‌های فیزیکی مورد بررسی (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹).

شاخص	حد بهینه	حد بحرانی	حد نامناسب
پایداری ساختمان	$SI > 9$	$7 < SI \leq 5$	$SI \leq 5$
تخلخل تهویه‌ای	$AC \geq 0.14$	$AC \geq 0.10$	-
گنجایش زراعی نسبی	$0.07 > RFC < 0.06$	-	-
آب قابل استفاده	$0.15 \leq PAWC < 0.12$	-	-

دارای توزیع نرمال نبودند بنابراین برای نرمال کردن آن‌ها از تبدیل لگاریتمی استفاده شد. طبق نتایج به دست آمده از جدول ۲ زیاد بودن ضریب تغییرپذیری بیش‌تر از ۳۵ درصد در سطح خاک برای

نتایج و بحث

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف متغیرهای مورد نظر و همچنین نتایج چولگی (جدول ۲) نشان می‌دهد درصد رس و شاخص پایداری ساختمان

یکنواختی سطح خاک می شود (ویلدینگ، ۱۹۸۵). این موضوع همچنین می تواند نشان دهنده تأثیرپذیری بیش تر این دو ویژگی از عوامل خارجی باشد.

برای دو شاخص ماده آلی و پایداری ساختمان خاک، احتمالاً به دلیل عوامل انسانی مانند عملیات خاک ورزی و کوددهی می باشد که باعث تغییر در

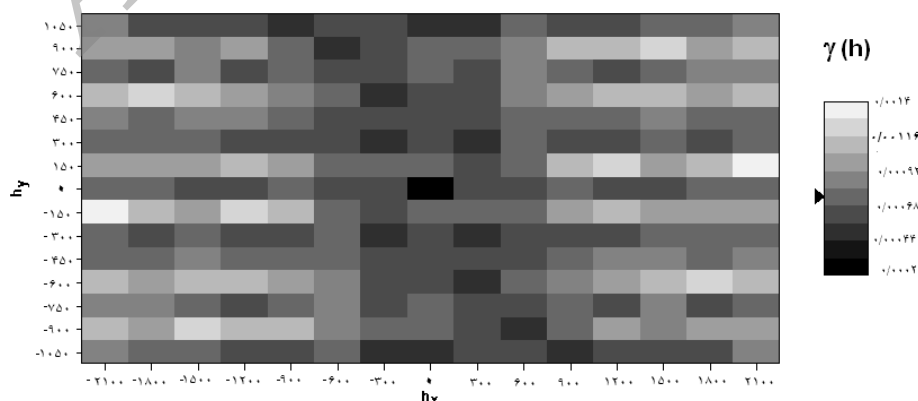
جدول ۲- خلاصه آماری برخی شاخص های کیفیت فیزیکی خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری.

شاخص	میانگین	میانه	واریانس	حد اقل	حد اکثر	چولگی	ضریب تغییرپذیری (درصد)	سطح معنی دار ^۱
ماده آلی	۱/۱۷۲	۱/۱۵۰	۰/۲۹۲	۰/۰۶	۳/۹۳	۱/۴۹	۴۶/۱۰	۰/۰۵۳
پایداری ساختمان	۲/۴۲۱	۲/۳۲۰	۱/۱۳	۰/۱۴	۶/۸۷	۱/۱۶	۴۴/۰۴	۰/۰۰۸*
تخلخل تهویه ای	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۴۵	۱/۶	۳۱/۷	۰/۰۵
چگالی ظاهری	۱/۳۵	۱/۳۶	۰/۰۰۵	۱/۱۹	۱/۴۹	-۰/۳	۵/۱	۰/۲۵
رس	۱۱/۵۹	۱۰/۵۰	۱۷/۷۵	۴	۲۴/۵	۰/۵۷	۳۶/۳۵	۰/۰۰۲*
سیلت	۳۷/۴۳	۳۸	۵۵/۴۵	۵/۵	۵۶	-۰/۷۶	۱۹/۸۹	۰/۳
گنجایش زراعی نسبی	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۰۰۳	۰/۴	۰/۸	-۰/۲۲	۸/۵۷	۰/۰۶
آب قابل استفاده	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۰۰۱	۰/۱	۰/۲۹	۰/۸۹	۲۰/۶	۰/۴۱

^۱ اعداد مربوط، بیانگر نتیجه آزمون کولموگروف-اسمیرنوف می باشند و علامت ستاره *، بیانگر معنی دار بودن آن ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

هنگام نمونه برداری برخی از اراضی نام برده زیر آیش بودند. از مقایسه نقشه های کاربری اراضی و تغییرات مکانی درصد ماده آلی (شکل های ۲ و ۳) می توان مقادیر زیاد ماده آلی را احتمالاً ناشی از پوشش زراعی و استفاده از مقادیر زیاد کودهای دامی در مدیریت این کاربری ها دانست. به همین دلیل، انتظار می رود که منطقه مورد پژوهش از نظر شاخص های کیفیت فیزیکی در وضعیت مناسبی قرار داشته باشد.

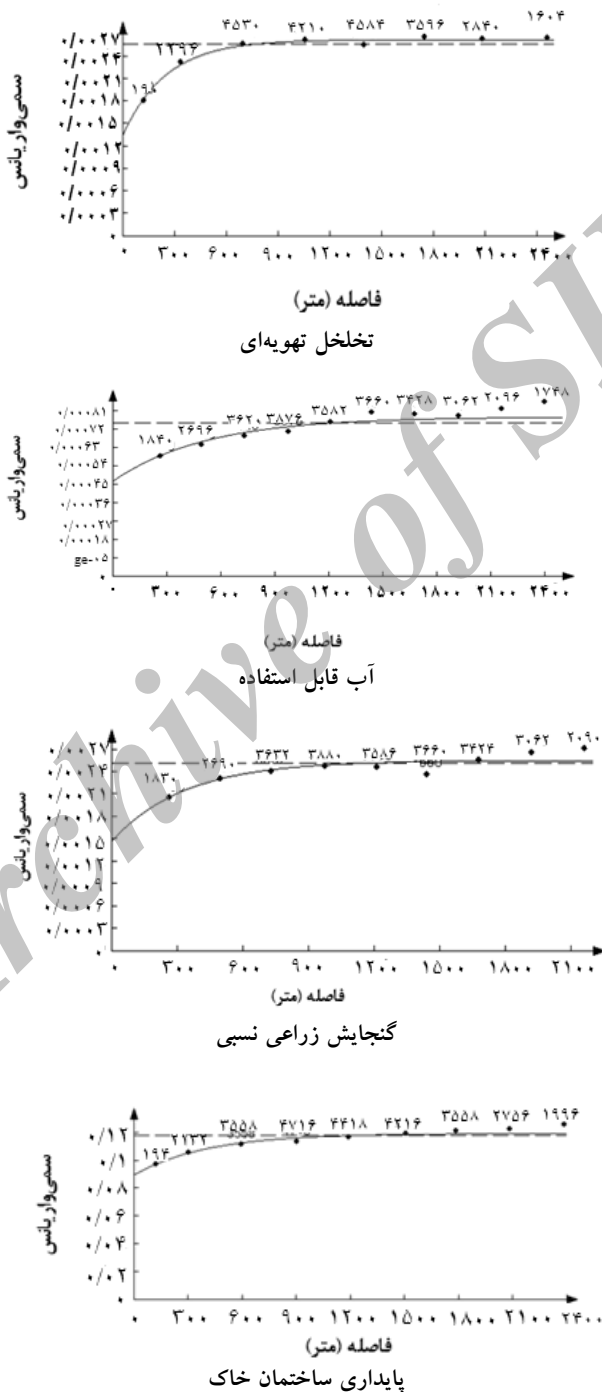
شاخص های کیفیت فیزیکی مورد بررسی در این پژوهش (جدول ۲)، نشان می دهند با وجودی که منطقه مورد مطالعه در اقلیم نیمه خشک قرار گرفته است، اما خاک آن از مقدار به نسبت بالای درصد ماده آلی برخوردار است. به طوری که در نقشه کاربری اراضی منطقه (شکل ۲) قابل ملاحظه است، قسمت عمده منطقه مورد مطالعه زیر پوشش گیاهان زراعی یک ساله مانند گندم، جو، ذرت و یونجه می باشد که



شکل ۲- واریوگرام سطحی آب قابل استفاده در عمق صفر تا ۲۰ سانتی متر.

مطلب از ارایه آن‌ها خودداری شد. در نتیجه، واریوگرام‌های همه‌جهته شاخص‌های مورد بررسی ترسیم شدند (شکل ۳).

همان‌طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تغییرپذیری شاخص مورد بررسی، وابسته به جهت جغرافیایی خاص نبود که در مورد تمامی شاخص‌های مورد بررسی نتیجه یکسان بود و به دلیل طولانی شدن



شکل ۳- واریوگرام‌های شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر.

ویژگی‌های مورد نظر، نمایی بود. همچنین پارامترهای واریوگرام شاخص‌های مورد نظر (دامنه، حد آستانه و اثر قطعه‌ای) نیز در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

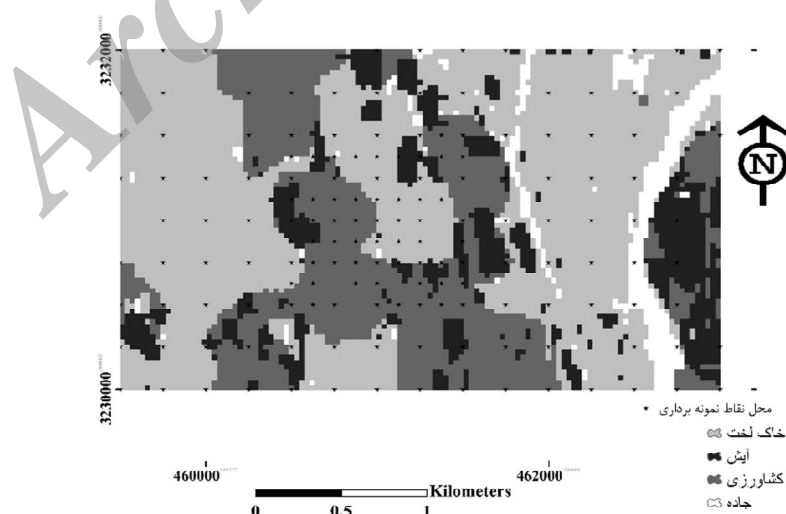
پس از ترسیم واریوگرام و برازش مدل مناسب بر روی آن‌ها، پارامترهای مربوطه مطابق جدول ۳ به دست آمد. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، مدل برازش یافته بر تمامی واریوگرام‌های

جدول ۳- مدل‌های واریوگرامی، ویژگی‌های میان‌بایی و آماری اعتبارسنجی ویژگی‌های مطالعاتی.

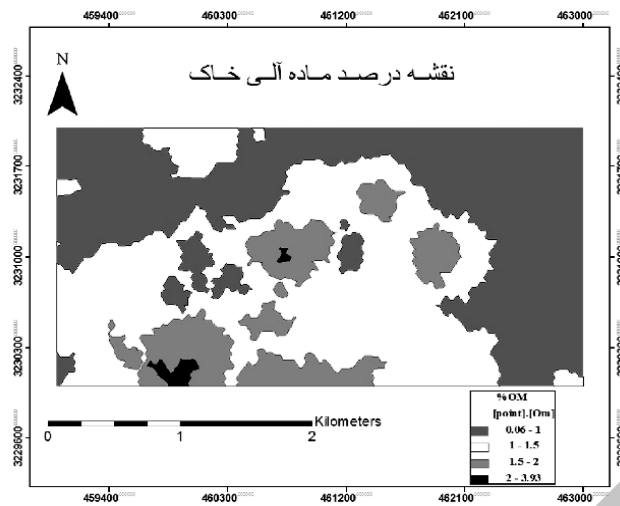
متغیر	مدل	حد آستانه	اثر قطعه‌ای	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای نسبی (درصد)	RMSE (%)	کلاس همبستگی مکانی
ظرفیت هوایی	نمایی	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۳	۷۵۰	۵۲	۳۱/۵۷	متوسط
آب قابل استفاده	نمایی	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۱۵۵۰	۶۲/۵	۱۸/۲۳	متوسط
گنجایش زراعی نسبی	نمایی	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۸	۱۷۰۰	۶۶/۶	۸/۵۷	متوسط
پایداری ساختمان	نمایی	۰/۰۳	۰/۰۹	۱۲۰۰	۷۵	۲۲/۳۶	متوسط

ارایه می‌دهد (محمدی، ۲۰۰۶). فاصله نمونه‌برداری که برای این پژوهش تعیین شد، ۲۵۰ متر بوده است، اما با توجه به میانگین دامنه‌ای محاسبه شده (۱۳۰۰ متر)، می‌توان به منظور تعیین فاصله بهینه نمونه‌برداری در منطقه مطالعاتی تا ۱۳۰۰ متر این فاصله را افزایش داد، بدون آن‌که در دقت مطالعه خللی ایجاد شود و با این کار در زمان و هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود.

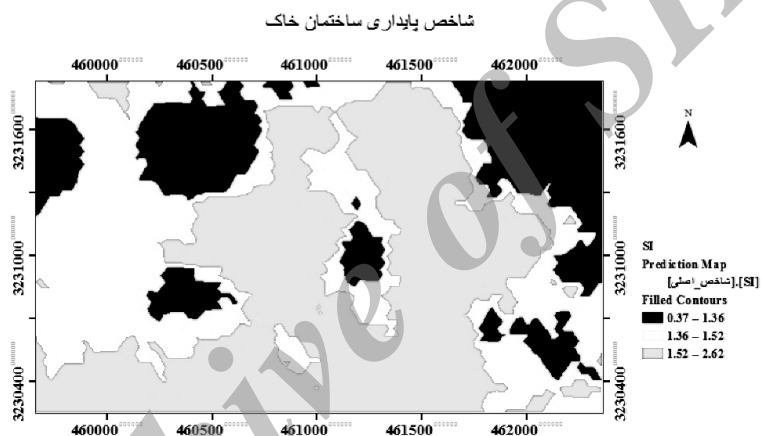
بیش‌ترین دامنه، مربوط به گنجایش زراعی نسبی و برابر ۱۷۰۰ متر می‌باشد. این در حالی است که کم‌ترین دامنه برای ظرفیت هوایی و برابر ۷۵۰ متر مشاهده گردید. دامنه، فاصله‌ای است که در بیش از آن، نمونه‌ها بر هم تأثیری ندارند و می‌توان آن‌ها را مستقل از هم فرض نمود. چنین فاصله‌ای حد همبستگی ویژگی مورد نظر را مشخص می‌کند و اطلاعاتی در رابطه با حد مجاز فاصله نمونه‌برداری



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی به همراه موقعیت نقاط نمونه‌برداری.

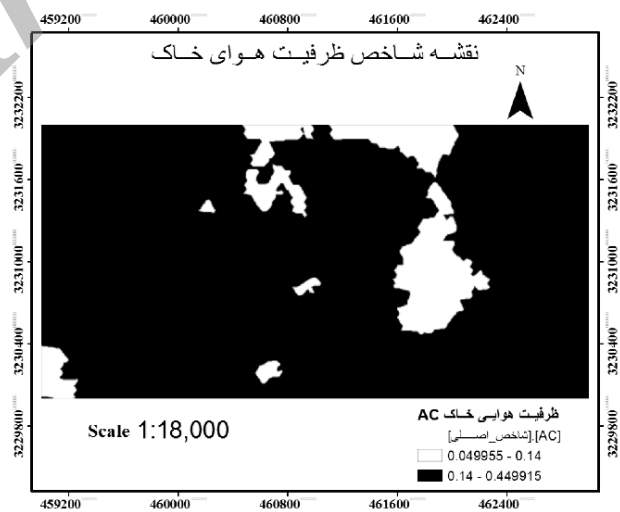


شکل ۵- نقشه کریجینگ ماده آلی در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر.

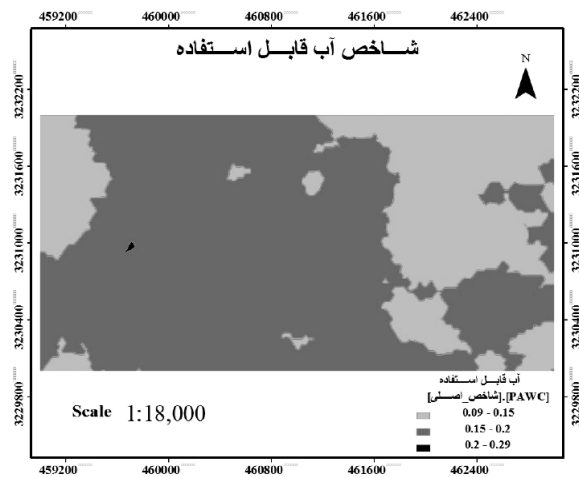


1:18,000

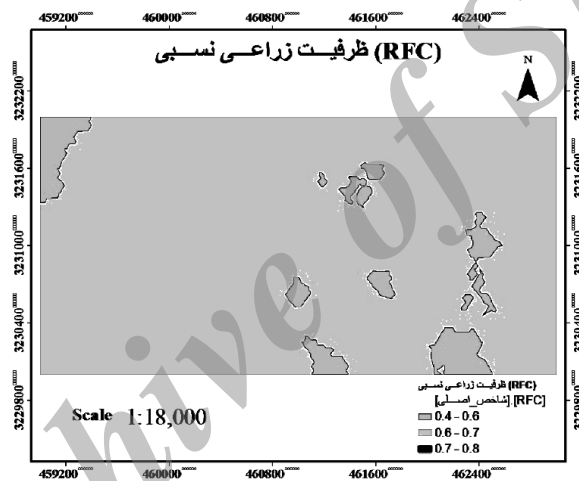
شکل ۶- نقشه کریجینگ پایداری ساختمان در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر.



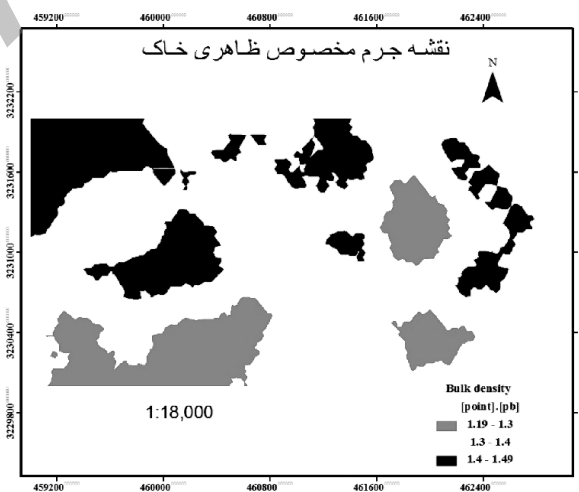
شکل ۷- نقشه کریجینگ ظرفیت هوایی خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر.



شکل ۸- نقشه کریجینگ آب قابل استفاده خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی متر.



شکل ۹- نقشه کریجینگ گنجایش زراعی نسبی خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی متر.



شکل ۱۰- نقشه کریجینگ چگالی ظاهری خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی متر.

چگالی ظاهری (شکل ۱۰)، مشخص می‌گردد که هم‌چنان عبور و مرور زیاد ماشین‌آلات و عدم افزودن کافی کودهای آلی به خاک در مناطقی که شخم نخورده‌اند عامل اصلی بیش‌تر بودن چگالی ظاهری نسبت به سایر نواحی است. نتایج نشان می‌دهد که بیش‌تر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه دارای تخلخل تهویه‌ای بیش‌تر از ۰/۱۴ می‌باشد (شکل ۷). ظرفیت هوای خاک‌های کشاورزی توسط وایت (۲۰۰۶) تعریف شده است، به‌طوری‌که تخلخل هوایی بیش‌تر از ۰/۱۰ به‌طور معمول برای حداقل خسارت محصول یا عملکرد توصیه شده که در واقع کم‌تر از این مقدار باعث کمبود تهویه در منطقه ریشه می‌شود؛ هر چند پژوهش‌های اخیر انجام شده نشان می‌دهند که ظرفیت هوایی بیش‌تر از ۰/۱۴ در خاک‌های لوم شنی تا لوم رسی ضروری است. با توجه به این‌که خاک‌های مورد مطالعه اغلب دارای بافت لوم شنی می‌باشند، می‌توان گفت منطقه از نظر این شاخص در محدوده بهینه قرار دارد. شاخص ظرفیت هوایی به‌طور مستقیم با تخلخل خاک و منحنی رطوبتی خاک ارتباط دارد و با توجه به بالا بودن میزان شبنم در منطقه، شاخص تهویه در وضعیت مناسبی می‌باشد. نقشه کریجینگ آب قابل استفاده (شکل ۸)، بیانگر این است که بیش‌تر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده ۰/۱۵-۰/۲ قرار گرفته‌اند. در واقع در محدوده خوب واقع شده‌اند. در نتیجه، شرایط برای رشد ریشه مناسب می‌باشد و به‌طورکلی خاک منطقه از توانایی خوبی برای ذخیره و فراهم کردن آب قابل استفاده گیاه برخوردار است (وایت، ۲۰۰۶). در این وضعیت، پتانسیل آب افزایش یافته و جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه گیاه آسان‌تر شده؛ در نتیجه گیاه دچار کمبود عناصر غذایی و تنش آبی نمی‌شود. با توجه به این‌که اغلب خاک‌های منطقه دارای بافت متوسط هستند، این نکته را می‌توان عامل مؤثر در مناسب بودن شاخص آب قابل استفاده دانست. در

با توجه به رابطه شاخص پایداری، افزایش ماده آلی، شاخص پایداری ساختمان خاک را افزایش می‌دهد. با این‌حال، نقشه تغییرات مکانی شاخص پایداری ساختمان خاک، خلاف این مطلب را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، حد بهینه شاخص پایداری ساختمان خاک بیش از ۵ درصد می‌باشد، ولی در منطقه مورد بررسی، شاخص نام‌برده از ۳ کم‌تر می‌باشد. با توجه به این‌که نقش میزان رس در پایداری ساختمان خاک توسط بسیاری از پژوهشگران تأیید شده است (کی، ۱۹۸۸)؛ با بررسی درصد رس خاک در این ناحیه (جدول ۲) مشاهده می‌شود که درصد رس در خاک‌های مورد بررسی کم می‌باشد (میانگین حدود ۱۱ درصد). این مقدار رس در بسیاری از منابع، پایین‌تر از حد تأثیر رس در پایداری ساختمان خاک عنوان شده است و کم‌تر از درصد است که رس در خاک بتواند نقش اساسی خود را در ویژگی‌های شکل‌پذیری، چسبندگی و پایداری ساختمان خاک ایفا نماید (کارگروه مطالعات خاک آمریکا، ۲۰۱۰). همچنین، مقدار سیلت در این محدوده به‌نسبت زیاد می‌باشد (بین ۳۰-۶۵ درصد) که طبق رابطه ۴ اثر معکوس بر روی شاخص پایداری ساختمان خاک دارد. به هر حال نقشه پهنه‌بندی شاخص پایداری ساختمان خاک (شکل ۶)، چنین نشان می‌دهد که با وجود نامطلوب بودن این شاخص در کل منطقه، هم‌چنان در مناطقی که درصد ماده آلی و به‌واسطه پوشش گیاهی بیش‌تر، زیاد است، این شاخص نسبت به سایر نواحی از مقدار بیش‌تری برخوردار بوده است. نقشه تغییرات مکانی چگالی ظاهری خاک حاکی از دامنه به‌نسبت مناسب این شاخص در کل منطقه می‌باشد. با این وجود، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و عملیات خاک‌ورزی فشرده و سنگین سبب شده تا در مناطق کشاورزی، مقدار این شاخص در حد مطلوب نباشد. از مقایسه نقشه کاربری اراضی (شکل ۴) با نقشه پهنه‌بندی

محدوده، توازن مناسبی بین آب و هوا در خاک به وجود می‌آید که در این شرایط فعالیت میکروبی برای تولید نیترات مناسب است. با توجه به بالا بودن میزان شن، به نظر می‌رسد افزایش شن نقش منفی بر این شاخص نداشته است.

نتیجه‌گیری کلی

منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص پایداری ساختمان در محدوده خطر قرار دارد که می‌توان آن را به درصد سیلت زیاد در بخش مرکزی که کاربری اراضی محصولات زراعی می‌باشد، مربوط دانست. در حالی که وضعیت منطقه از نظر شاخص‌های تخلخل تهویه‌ای، مقدار آب قابل استفاده و گنجایش زراعی نسبی مناسب می‌باشد، بهتر است به مدیریت مواد آلی در خاک توجه بیشتری شود و از خاک‌ورزی‌های حفاظتی استفاده گردد. برای تمامی شاخص‌ها نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه در محدوده ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ قرار گرفته است، در نتیجه تمامی پارامترهای مورد مطالعه در این پژوهش، دارای کلاس همبستگی مکانی متوسط در منطقه می‌باشند. در صورت وجود ساختار مکانی، طبیعی است که وابستگی مقدار متغیر در نقاط نزدیک به هم، بیش‌تر از نقاط دور از هم باشد. متوسط بودن ساختار مکانی شاخص‌ها نشان‌دهنده این است که تخمین‌گر کریجینگ معمولی تغییرپذیری شاخص‌های مورد مطالعه را در حد متوسط (نه خیلی با دقت) تخمین زده است.

واقع با این که مقدار رس منطقه کم است، اما این شاخص در محدوده مناسبی قرار دارد. بافت خاک تأثیر بسیار زیادی بر آب قابل استفاده دارد. به طوری که هوکمان و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که مقدار آب قابل دسترس گیاه با افزایش مقدار رس با عمق، برای ورته‌سول‌ها افزایش می‌یابد. اگرچه افزایش مقدار رس در خاک می‌تواند موجب افزایش آب قابل استفاده در خاک شود، ولی این موضوع همیشه صادق نیست؛ زیرا با افزایش رس، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی دایم، هر دو زیاد می‌شوند. از طرف دیگر، آب قابل استفاده بستگی زیادی به ماده آلی خاک و ساختمان خاک دارد. اقبال و همکاران (۲۰۰۵) مقدار بالای ظرفیت آب قابل استفاده را در مکان‌هایی که درصد رس آن‌ها بالا بود گزارش دادند. راتلیف و همکاران (۱۹۸۳) گزارش دادند که هیچ افزایشی در میزان آب قابل استفاده با افزایش میزان رس رخ نداد (راتلیف و همکاران، ۱۹۸۳). مطالعات هادسون (۱۹۹۴) بیان داشت که افزایش مقدار ماده آلی خاک از ۰/۵ تا ۳ درصد در همه کلاس‌های بافتی خاک، موجب افزایش ظرفیت آب قابل استفاده بیش‌تر از ۲ برابر می‌شود؛ البته قابل ذکر است که برای قسمت‌های آیش و همچنین کاربری‌های جاده مقدار این شاخص در محدوده ۰/۱۰ تا ۰/۱۵ قرار دارد که دارای محدودیت می‌باشد. نقشه کریجینگ ظرفیت نسبی زراعی در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر (شکل ۹) نشان می‌دهد که توانایی خاک‌ها برای ذخیره آب و هوا که مرتبط با حجم کل منافذ است، در منطقه مورد مطالعه بین ۰/۶ تا ۰/۷ قرار دارد. به طوری که در این

منابع

1. Azadegan, B. 2009. Effects of compaction in the cultivated soils on permeability and water use efficiency in Pakdasht region. Iran. J. Irrig. Drain. 3: 60-70. (In Persian)
2. Blake, G.R. 1965. Bulk density. Methods of Soil Analysis. Part 1, Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
3. Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy. 43: 434-438.

4. De la Rosa, D., Mayol, F., Diaz-Pereira, E., Fernandez, M., and De la Rosa Jr, D. 2004. A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to the Mediterranean region. *Environmental Modelling and Software*. 19: 929-942.
5. Dent, D., and Young, A. 1981. *Soil Survey and Land Evaluation*. Allen and Unwin, London, England.
6. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality, P 88-105. In: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek and B.A. Stewart (Eds.), *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America, Special Publication, No. 35.
7. FAO. 1976. *A Framework for Land Evaluation*. Soils Bulletin 32. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
8. FAO. 1985. *Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture*. Soils Bulletin 55. Food and Agricultural organization of the United Nations, Rome, Italy.
9. Hajabbasi, M.A., Jalalian, A., and Karimzadeh, H.R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. *Plant and Soil*. 190: 301-308.
10. Hochman, Z., Dalglish, N.P., and Bell, K.L. 2001. Contribution of soil and crop factors to plant available soil water capacity of annual crops on Black and Grey Vertosols. *Austr. J. Soil Res.* 52: 955-961.
11. Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil Water Cons.* 49: 189-194.
12. I.R. of Iran meteorological organization, 2011. www.weather.ir.
13. Iqbal, J., Read, J.J., Thomasson, A.J., and Jenkins, J.N. 2005. Relationships between soil-landscape and dryland cotton lint yield. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 69: 872-882.
14. Kamali, A., Sarmadian, F., and Mahmoudi, S. 2012. Land suitability mobility for sustainable agriculture using MicroLEISDSS and remote sensing in an arid region of Iran. *Elixir Agriculture*. 42: 6516-6519.
15. Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.T., Harris, R.F., and Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 90: 644-650.
16. Kay, B.D. 1998. Soil structure and organic carbon: a review, P 169-197. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (Eds.), *Soil Processes and the Carbon Cycle*, CRC Press, Boca Raton.
17. Khorrali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, Ch., and Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hill slope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 134: 178-189.
18. Larson, W.E., and Pierce, F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. *Proceeding of Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*, International Board for Soil Research.
19. Makhdoom, M. 2005. *Foundation of Land Use Planning*. 13th ed., University of Tehran, 285p. (In Persian)
20. Moebius, B.N., Van Es, H.M., Schindelbeck, R.R., Idowu, O.J., Clune, D.J., and Thies, J.E. 2007. Evaluation of laboratory-measured soil physical properties and indicators of soil physical quality. *Soil Science*. 172: 895-912.
21. Mohammadi, J. 2006. *Pedometrics: Spatial statistics (Geostatistics)*. Pelk Publication, Tehran, 453p. (In Persian)
22. Ratliff, L.F., Ritchie, J.T., and Cassel, D.K.A. 1983. Survey of field-measured limits of soil water availability and related to laboratory-measured properties. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 47: 770-775.
23. Reynolds, W.D., and Topp, G.C. 2008. Soil water desorption and imbibition: tension and pressure techniques, P 981-997. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Canadian Society of Science. Taylor and Francis, LLC, Boca Raton, FL.

24. Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, C.S., Fox, C.A., and Yang, X.M. 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*. 152: 252-263.
25. Rossiter, D.G. 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*. 12: 165-190.
26. Shalika, A., Ayubi, Sh., Khormali, F., and Ghorbani Nasrabadi, R. 2008. Evaluation of different soil quality indicators in crop rotations with rice in Dashtsar region. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 15: 6. 8-20. (In Persian)
27. Shukla, M.K., Lal, R., and Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Tillage Research*. 87: 194-204.
28. Silva, A.P., and Kay, B.D. 1996. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant and Soil*. 184: 323-329.
29. Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. 11th edition, USDA-NRCS, USA.
30. Sys, C., van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991. Land evaluation, Part I. Principles in land evaluation and crop production calculation. International training center for post graduate soil scientists, Ghent University, Ghent. 274p.
31. Walky, A., and Black, T.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for exterminating organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Sciences*. 37: 29-38.
32. Wallace, A., and Terry, R.E. 1998. Soil conditioners soil quality and soil sustainability. In: A. Wallace, and R.E. Terry, (Eds.), *Handbook of Soil Conditioners*, Marcel Dekker, New York, Pp: 1-41.
33. Webster, R., and Oliver, M.A. 2007. *Geostatistics for Environmental Scientists*. 2nd edition, Wiley Publication, Chichester.
34. White, R.E. 2006. *Principles and Practice of Soil Science*. 4th edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
35. Wilding, L.P. 1985. *Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil survey*. Soil Spatial Variability, the Netherlands.



Assessment of soil physical quality indicators using remote sensing and geostatistics in Baft area

M. Habibi¹, *H. Shirani², A. Kamali³ and I. Esfandiarpour Borujeni²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

³Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Received: 03/01/2014; Accepted: 07/02/2014

Abstract

The aim of this research was to evaluate some soil physical quality indicators using remotely sensed data, GIS and geostatistical methods in Baft area that is one of the most important centers of agricultural production in Kerman province. Therefore, soil samples were collected from 0 to 20 cm depth of 183 points based on regular sampling pattern (every 250 meters) and soil physical indicators including air capacity, plant-available water, relative field capacity and soil structural stability indices were determined. Afterward, data were geostatistically analyzed. Subsequently, related kriging maps of each index were prepared in ArcGIS. To investigate the impact of land use on determined indices, the land use map of the area were generated using Landsat 8 images. The results showed that the soil structural stability index is within the inappropriate ranges in the studied area. Generally, regarding to kriging maps the low ranges of this index can be contributed to higher amounts of silt particles in the central parts of the area. In the regions, high density planting has occurred. Another reason affecting the low soil structural index could be related to the low organic matter content (lower than %2) in most parts of the area. The studied area was considered suitable regarding air capacity. The soil of region had a good capacity for saving and preparing of plant accessible water and proper relative field capacity.

Keywords: Plant-available water capacity, Soil structural stability, Air capacity, Landsat 8, Relative field capacity

* Corresponding Authors; Email: shirani@vru.ac.ir