بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی خاک‌شناسی
گرایش پیدایش و رده‌بندی خاک

اثر تراکم نمونه‌برداری بر دقت تخمین برخی از ویژگی‌های خاک در دشت شهرکرد

استاد راهنما :
دکترمحمدحسن صالحی

استاد مشاور:
دکترجهانگرد محمدی

پژوهشگر :
نرگس حسین‌زاده

مهرماه ۱۳۹۲

دانشکده کشاورزی
گروه خاک‌شناسی

پایان‌نامه خانم نرگس حسین‌زاده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته‌ی **خاک‌شناسی گرایش پیدایش و رده‌بندی خاک** با عنوان: اثر تراکم نمونه‌برداری بر دقت تخمین برخی از ویژگی‌های خاک در دشت شهرکرد در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۶ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۷۳ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. **استاد راهنمای پایان‌نامه**
دکتر محمدحسن صالحی (دانشیار) .....
۲. **استاد مشاور پایان‌نامه**
دکتر جهانگرد محمدی (دانشیار) .....
۳. **استادان داور پایان نامه**
دکترشجاع قربانی دشتکی (استادیار) .....
دکتر نبی‌اله یارعلی (استادیار) .....

دکتر سیدحسن طباطبائی
معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی
دانشکده کشاورزی

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه
متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

پس از مدتها پیمودن این راه با حضور شیرین اساتید عزیزم، با راهنماییها و دغدغه های فراوان استاد راهنمای گرامیم جناب آقای دکتر صالحی واستادمشاور محترمم جناب آقای دکتر محمدی، نگاههای پر شوق پدر و مادرم و حضور گرم خانواده ام، همراهی دوستان عزیزم و شیطنتهای زیبای آن دوران که خستگی های این راه را به امید و روشنی تبدیل کرده، امیدوارم بتوانم در آینده ای نزدیک جوابگوی این همه محبت آنها باشم...

باسپاس فراوان از تلاش این عزیزان برای موفقیت من...

باشد که قادر به درک زیباییهای وجودشان باشم...

ماحصل آموخته هایم راتقدیم می کنم

به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخشم در زمین است

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان گرم مادرم

به همراه ترین همراهانم، مهربانی خواهرانم

که هرآنچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم وهرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پرمهرتان

چکیده

خاک به عنوان جزئی از طبیعت هم دارای تغییرپذیری ذاتی است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر تراکم نمونه‌برداری بر دقت تخمین برخی از ویژگی‌های خاک توسط کریجینگ در دشت شهرکرد انجام شد. بدین منظور، ۲۴۰ نمونه سطحی خاک (افق A) به فاصله‌ی ۱۲۵ متری از یکدیگر برداشت و موقعیت آن ها توسط GPS ثبت گردید. نمونه‌ها پس از هواخشک شدن و کوبیده شدن از الک دو میلی متری عبور داده شدند. سپس، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی شامل جرم‌مخصوص ظاهری، اجزای بافت خاک، درصدحجمی سنگریزه، درصد کربنات‌کلسیم معادل، درصد ماده‌ی آلی، pH و قابلیت هدایت الکتریکی مطابق روش‌های استاندارد انجام شد. تراکم‌های نمونه‌برداری دوم (۱۲۰ نمونه) و سوم (۶۰ نمونه) به صورت تصادفی از نمونه‌های اولیه (۲۴۰ نمونه) انتخاب شد و در عین حال سعی گردید موقعیت و فاصله‌ی نمونه‌ها به گونه‌ای باشد که توزیع یکنواختی از کل منطقه را پوشش دهند. در نهایت، مطالعات آماری و زمین‌آماری بر روی داده‌ها صورت گرفت. مقایسه میانگین نشان داد تفاوت معنی‌داری بین هر یک از ویژگی‌های مورد مطالعه در تراکم‌های مختلف نمونه‌برداری وجود ندارد. بنابراین، اگر هدف از نقشه‌برداری در منطقه، برآورد میانگینی از این ویژگی‌های خاک باشد با هزینه و زمان بسیار کمتری می‌توان نتیجه قابل قبول را به‌دست آورد. با کاهش تعداد نمونه‌ها افزایش و یا کاهش منظمی در ضریب تغییرات (CV)، میانگین خطای تخمین (ME) و جذر میانگین مربع خطای محاسبه شده (RMSE) برای سه تراکم نمونه‌برداری مشاهده نشد و مقادیر کم ریشه میانگین مجذور خطا (RMSE) بیانگر دقت قابل قبول تخمین‌ها در تمامی حالات بود. مقایسه‌ی چشمی نقشه‌های کریجینگ ویژگی‌های مختلف خاک بین همه‌ی تراکم‌های نمونه‌برداری نشان داد که تمامی ویژگی‌ها در سه سطح تراکم نمونه‌برداری دارای الگوی تقریباً مشابهی هستند. در بررسی هم‌خوانی کمی نقشه‌های کریجینگ مربوط به سه تراکم نمونه‌برداری، برای اغلب ویژگی‌ها بالاترین میزان هم‌خوانی بر اساس مقادیر صحت عمومی و شاخص کاپا، بین دو تراکم نمونه‌برداری اول و دوم (به‌ترتیب با ۲۴۰ نمونه و ۱۲۰ نمونه) و کم‌ترین میزان هم‌خوانی بین دو تراکم نمونه‌برداری اول و سوم (به‌ترتیب با ۲۴۰ نمونه و ۶۰ نمونه) مشاهده شد. با این حال، مقادیر شاخص‌های مذکور در تمام تراکم‌های نمونه‌برداری، بالا و بسیار نزدیک به هم بود. بنابراین، می‌توان گفت هم آمار کلاسیک و هم آمار مکانی بیانگر مشابه بودن میزان تغییرات هر یک از ویژگی‌های خاک در سه سطح مورد مطالعه هستند و تهیه‌ی نقشه‌های اختصاصی و نیمه‌تفصیلی ویژگی‌های خاک می‌تواند جایگزین نقشه‌های تفصیلی‌تر شود و در هزینه و زمان صرفه‌جویی گردد. انجام چنین مطالعاتی در سطح وسیع‌تر و برای سایر ویژگی‌های خاک می‌تواند دیدگاه بهتری از تغییرپذیری خاک ایجاد نماید.

کلیدواژه‌ها: ویژگی‌های خاک، تراکم نمونه‌برداری، کریجینگ، صحت عمومی، شاخص کاپا

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه ۶

فصل دوم- پیشینه تحقیق ۸

۲-۱ تغییرپذیری خاک و اهمیت آن ۸

۲-۲ تغییرپذیری ویژگی‌های خاک ۹

۲-۲-۱ تغییرپذیری ویژگی‌های شیمیایی خاک ۹

۲-۲-۲ تغییرپذیری ویژگی‌های فیزیکی خاک ۱۴

۲-۲-۳ تغییرپذیری ویژگی‌های بیولوژیکی خاک ۱۷

۲-۳ تغییرپذیری خاک و واحدهای نقشه ۱۸

۲-۴ اثر مقیاس و تراکم نمونه‌برداری بر روی دقت مطالعات خاکشناسی ۲۰

فصل سوم- مواد و روش‌ها ۲۴

۳- ۱ معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه ۲۴

۳- ۲ مطالعه‌های صحرایی ۲۵

۳- ۳ آماده‌سازی و طراحی شبکه‌های نمونه‌برداری ۲۶

۳- ۴ مطالعه‌های آزمایشگاهی ۲۸

۳- ۴- ۱ آزمایش‌های فیزیکی ۲۸

۳- ۴- ۲ آزمایش‌های شیمیایی ۲۸

۳- ۵ تجزیه و تحلیل‌های آماری و زمین‌آماری ۲۹

فصل چهارم- نتایج و بحث ۳۱

۴- ۱ توصیف آماری داده‌ها ۳۱

۴- ۲ وضعیت توزیع داده‌ها ۳۴

۴- ۳ مقایسه‌ی میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه در تراکم‌های نمونه‌برداری مختلف ۵۳

۴- ۴ همبستگی بین ویژگی‌های خاک ۵۴

۴-۵ تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری ۵۶

۴- ۵- ۱ تعیین همسان‌گردی و ناهمسان‌گردی ۵۶

۴- ۵- ۲ محاسبه و برازش مدل به تغییرنما ۶۳

۴- ۵- ۲- ۱ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای جرم‌مخصوص‌ظاهری (Bd) ۷۱

عنوان **صفحه**

۴- ۵- ۲- ۲ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای pH ۷۱
۴- ۵- ۲- ۳ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای هدایت الکتریکی (EC) ۷۲
۴- ۵- ۲- ۴ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای درصدکربنات‌کلسیم‌معادل (%CCE) ۷۲
۴- ۵- ۲- ۵ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای درصد ماده‌آلی (%O.M) ۷۲
۴- ۵- ۲- ۶ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای درصدحجمی سنگریزه (%Gravel) ۷۲
۴- ۵- ۲- ۷ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای درصد شن (%Sand) ۷۳
۴- ۵- ۲- ۸ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای درصد سیلت (%Silt) ۷۳
۴- ۵- ۲- ۹ مقایسه‌ی پارامترهای تغییرنمای درصد رس (%Clay) ۷۳
۴- ۵- ۳ میزان وابستگی مکانی ۷۳
۴- ۵ – ۴ کنترل اعتبار پارامترهای کریجینگ ۷۴
۴- ۵- ۵ نقشه‌های کریجینگ ۷۵
۴- ۵- ۶ اعتبارسنجی با استفاده از نمونه‌های مستقل ۸۵
۴- ۵- ۷ هم‌خوانی نقشه‌ها ۸۶
۴- ۶ نتیجه‌گیری ۸۸
۴- ۷ پیشنهادها ۹۰
منابع **۹۱**

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

فصل چهارم- نتایج و بحث ۳۱

۴- ۱ خلاصه‌ی آماری ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۲۴۰ نمونه ۳۲

۴- ۲ خلاصه‌ی آماری ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۱۲۰ نمونه ۳۳

۴- ۳ خلاصه‌ی آماری ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۶۰ نمونه ۳۳

۴- ۴ ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۲۴۰ نمونه ۵۵

۴- ۵ ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۱۲۰ نمونه ۵۵

۴- ۶ ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۶۰ نمونه ۵۶

۴- ۷ پارامترهای تغییرنمای همه جهته ویژگی‌های خاک برای تراکم نمونه‌برداری با ۲۴۰ نمونه ۷۰

۴- ۸ پارامترهای تغییرنمای همه جهته ویژگی‌های خاک برای تراکم نمونه‌برداری با ۱۲۰ نمونه ۷۰

۴- ۹ پارامترهای تغییرنمای همه جهته ویژگی‌های خاک برای تراکم نمونه‌برداری با ۶۰ نمونه ۷۱

۴- ۱۰ معیارهای کنترل اعتبار کریجینگ برای ویژگی‌های خاک در سه تراکم نمونه‌برداری ۷۵

۴- ۱۱ معیارهای اعتبارسنجی برای ویژگی‌های خاک در سه تراکم نمونه‌برداری ۸۵

۴- ۱۲ مقادیر صحت عمومی ویژگی‌های خاک در تراکم‌های مختلف نمونه‌برداری ۸۷

۴- ۱۳ مقادیر شاخص کاپا ویژگی‌های خاک در تراکم‌های مختلف نمونه‌برداری ۸۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل سوم- مواد و روش‌ها..... ۲۴

۳- ۱ تصویر ماهواره‌ای منطقه‌ی مورد مطالعه..... ۲۴

۳- ۲ کاربری‌های مختلف اراضی در منطقه‌ی مورد مطالعه..... ۲۵

۳- ۳ تصویر ماهواره‌ای شبکه‌ی نمونه‌برداری سیستمیک با ۲۴۰ نمونه..... ۲۶

۳- ۴ تصویر ماهواره‌ای شبکه‌ی نمونه‌برداری تصادفی با ۱۲۰ نمونه..... ۲۷

۳- ۵ تصویر ماهواره‌ای شبکه‌ی نمونه‌برداری تصادفی با ۱۲۰ نمونه..... ۲۷

۳- ۶ تصویر ماهواره‌ای شبکه‌ی نمونه‌برداری تصادفی جهت اعتبارسنجی نهائی..... ۲۸

فصل چهارم- نتایج و بحث..... ۳۱

۴- ۱ نمودارهای احتمال نرمال ویژگی‌های خاک در تراکم با ۲۴۰ نمونه..... ۳۷ - ۳۵

۴- ۲ نمودارهای احتمال نرمال ویژگی‌های خاک در تراکم با ۱۲۰ نمونه..... ۴۰- ۳۸

۴- ۳ نمودارهای احتمال نرمال ویژگی‌های خاک در تراکم با ۶۰ نمونه..... ۴۳- ۴۱

۴- ۴ هیستوگرام ستونی ویژگی‌های خاک در تراکم با ۲۴۰ نمونه..... ۴۶- ۴۴

۴-۵ هیستوگرام ستونی ویژگی‌های خاک در تراکم با ۱۲۰ نمونه..... ۴۹- ۴۷

۴-۶ هیستوگرام ستونی ویژگی‌های خاک در تراکم با ۶۰ نمونه..... ۵۲- ۵۰

۴-۷ مقایسه‌ی میانگین ویژگی‌های خاک در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۵۳

۴-۸ واریوگرام‌های سطحی ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۲۴۰ نمونه..... ۵۸- ۵۷

۴-۹ واریوگرام‌های سطحی ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۱۲۰ نمونه..... ۶۰- ۵۹

۴-۱۰ واریوگرام‌های سطحی ویژگی‌های خاک در تراکم نمونه‌برداری با ۶۰ نمونه..... ۶۲- ۶۱

۴-۱۱ واریوگرام‌های تجربی به همراه مدل نظری آن‌ها در تراکم نمونه‌برداری با ۲۴۰ نمونه..... ۶۵- ۶۴

۴-۱۲ واریوگرام‌های تجربی به همراه مدل نظری آن‌ها در تراکم نمونه‌برداری با ۱۲۰ نمونه..... ۶۷- ۶۶

۴-۱۳ واریوگرام‌های تجربی به همراه مدل نظری آن‌ها در تراکم نمونه‌برداری با ۶۰ نمونه..... ۶۹- ۶۸

۴-۱۴ نقشه‌های کریجینگ درصدحجمی سنگریزه در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۷۶

۴-۱۵ نقشه‌های کریجینگ درصد کربنات‌کلسیم‌معادل در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۷۷

۴-۱۶ نقشه‌های کریجینگ درصد EC در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۷۸

۴-۱۷ نقشه‌های کریجینگ درصد ماده‌آلی در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۷۹

۴-۱۸ نقشه‌های کریجینگ جرم مخصوص ظاهری در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۸۰

عنوان **صفحه**

۴-۱۹ نقشه‌های کریجینگ pH در سه تراکم نمونه‌برداری..... ۸۱
۴- ۲۰ نقشه‌های کریجینگ درصد شن در سه تراکم نمونه‌برداری ۸۲
۴- ۲۱ نقشه‌های کریجینگ درصد سیلت در سه تراکم نمونه‌برداری ۸۳
۴- ۲۲ نقشه‌های کریجینگ درصد رس در سه در تراکم نمونه‌برداری..... ۸۴

فصل اول

مقدمه

با آگاهی از تأثیر فاکتورهای خاک‌سازی و شناسایی خاک‌های مختلف، می‌توان نحوه‌ی پراکنش آن‌ها را بر روی یک نقشه نشان داد. فاکتورهای خاک‌سازی به دو دسته‌ی کلی بیرونی و درونی قابل تقسیم هستند. مطابق با فرمول ینی، پنج فاکتور آب و هوا، مواد مادری، زمان، موجودات زنده و پستی و بلندی به‌عنوان فاکتورهای بیرونی خاکساز معرفی شده‌اند. از طرفی فرآیندهایی در داخل خاک اتفاق می‌افتند که مطابق با نظر سیمونسون (۱۹۵۹)، می‌توانند جزء یکی از چهار فرآیند افزایش به خاک، انتقال در خاک، انتقال از خاک و تغییر و تبدیل در خاک محسوب شوند. در نهایت، تأثیر متقابل فاکتورها و فرآیندهای خاک‌سازی، خاک‌هایی با ویژگی‌های متفاوت ایجاد می‌کند که کاربری صحیح از آن‌ها مستلزم شناخت و تعیین موقعیت جغرافی‌شان است. بنابراین، علم نقشه‌برداری خاک با این هدف می‌کوشد تا حد امکان، خاک‌های متفاوت را از یکدیگر جدا نموده و بر روی نقشه نمایش دهد. در این رابطه، هر چه آگاهی، هنر و تجربه‌ی نقشه بردار در علم پدولوژی و مطالعات صحرایی بیشتر باشد و تأثیر فاکتورهای خاکسازی بر روی تشکیل خاک و نیز تعیین ارتباط نوع خاک‌ها و ویژگی‌های آن‌ها با سیمای اراضی بهتر شناخته شود، امکان تخمین موقعیت خاک‌های مختلف و در نتیجه، تهیه‌ی نقشه‌ای با دقت بیشتر وجود خواهد داشت (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷).

علیرغم اینکه یکی از اهداف اصلی نقشه‌برداران خاک، دقت بیشتر در مطالعات است ولی توجه به کاربرد نقشه، مقیاس، هزینه و زمان نقشه‌برداری و نوع ویژگی مورد مطالعه نیز از عوامل مهم در تعیین میزان دقت مورد انتظار از نقشه محسوب می‌شوند. برخی از کاربران به اطلاعات خاص و تفصیلی‌تر خاک در مساحت‌های کوچک و برخی دیگر به اطلاعات کلی و اجمالی در سطح وسیع‌تر نیازمندند. به همین دلیل، سطوح مختلفی برای نقشه‌برداری تعریف شده است. بدیهی است برای تعیین این سطوح، بایستی هماهنگی بین هدف از تهیه و نیاز کاربر نقشه، بودجه و زمان موجود، مقیاس نقشه، تراکم نمونه‌برداری، نوع واحد نقشه، نحوه‌ی تعیین مرز

واحدها و سطح رده‌بندی وجود داشته باشد. از اسامی مطالعات خیلی تفصیلی، مطالعات تفصیلی، مطالعات نیمه تفصیلی، مطالعات اجمالی و مطالعات اکتشافی برای بیان نوع مطالعات خاک‌شناسی استفاده می‌شود (صالحی و خادمی، ۱۳۸۷). تراکم نمونه‌برداری به معنی تعداد مشاهدات صحرائی برای شناسائی خاک‌هاست. بدیهی است در مطالعاتی که دقت بیشتری مورد انتظار است و نیز در مناطقی که خاک از پیچیدگی بیشتری برخوردار است مشاهدات بیشتری باید صورت گیرد (محمدی، ۱۳۸۵).

خاک به عنوان جزئی از طبیعت هم دارای تغییرپذیری ذاتی است که در نتیجه‌ی بر هم‌کنش فاکتورهای تشکیل‌دهنده آن است و هم دارای تغییرپذیری غیر ذاتی است که حاصل مدیریت کشت و کار، استفاده از اراضی و فرسایش است (ویرا و گنزالز، ۲۰۰۳). استفاده از علم زمین‌آمار در راستای نقشه‌برداری ویژگی‌های خاک، می‌تواند تضمین کننده‌ی اهداف کشاورزی دقیق باشد. دامنه‌ی تأثیر در واریوگرام فاصله‌ای است که در ماورای آن نمونه‌ها بر هم تأثیری نداشته و آن‌ها را می‌توان مستقل از یکدیگر محسوب نمود. چنین فاصله‌ای حد همبستگی ویژگی موردنظر را مشخص نموده و اطلاعاتی در رابطه با حداقل فاصله‌ی نمونه‌برداری ارائه می‌کند (افشار، ۱۳۸۷). دامنه‌ی تأثیر ویژگی‌های مختلف خاک، تابعی از مقیاس و فاصله نمونه‌برداری و موقعیت سیمای اراضی می‌باشد (کامباردلاو همکاران، ۱۹۹۴). تغییرات مکانی ویژگی‌های مختلف خاک از جمله بافت، رطوبت، شوری و قلیائیت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی نقش مهمی در فرایندهایی هم‌چون نفوذ و رواناب، فرسایش خاک و سیلاب، حاصلخیزی خاک و جذب عناصر غذایی و غیره ایفاء می‌کنند (دلباری و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به مطالب فوق، فرضیه‌های زیر در این مطالعه مورد آزمون قرار می‌گیرند:

فرضیه‌ها :

- ✓ دقت تخمین ویژگی‌های مختلف خاک شامل بافت و اجزای آن، شوری و قلیائیت، درصد کربنات‌کلسیم، درصد سنگریزه و درصد موادآلی در تراکم‌های مختلف نمونه‌برداری تفاوتی ندارند.
- ✓ الگوی مکانی نقشه‌های کریجینگ ویژگی‌های مختلف خاک در تراکم‌های مختلف نمونه‌برداری با یکدیگر هم‌خوانی ندارند.

بر اساس این فرضیه‌ها اهداف زیر قابل تعریف هستند:

اهداف اصلی تحقیق:

- ✓ تهیه‌ی نقشه‌های پیوسته و بررسی دقت تخمین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت و اجزای آن، درصد حجمی سنگریزه، جرم‌مخصوص ظاهری، شوری، pH، درصد کربنات‌کلسیم معادل و درصد ماده‌ی آلی در تراکم‌های نمونه‌برداری مختلف با تعداد ۲۴۰، ۱۲۰ و ۶۰ نمونه
- ✓ بررسی میزان هم‌خوانی نقشه‌های کریجینگ هر یک از ویژگی‌های خاک در تراکم‌های نمونه‌برداری مختلف

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲-۱ تغییرپذیری خاک و اهمیت آن

یکی از ویژگی‌های کلیدی خاک تغییرپذیری زمانی و مکانی آن است (محمدی، ۱۳۸۵). خاک نتیجه‌ی برهم‌کنش پیچیده‌ای میان فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که با شدت‌های متفاوت و در مقیاس‌های مختلف بر یکدیگر اثر می‌کنند (سانترا و همکاران، ۲۰۰۸). اثرات تلفیقی این فرآیندها تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های مختلف خاک را رقم می‌زنند (بارو، ۱۹۹۳). در فرایند تشکیل خاک، عوامل و فرایندهای مختلفی دخیل هستند که در طول زمان و مکان متغیرند و خواص خاک تحت تأثیر آن‌ها شکل می‌گیرد، به همین دلیل ویژگی‌های خاک در زمان و مکان تغییر می‌کند. بعلاوه تغییرات آن پیچیده است زیرا از برهمکنش فرآیندهای زیادی که در مقیاس‌های متفاوت مکانی عمل می‌کنند، حاصل می‌آید (ویرا و پازگنزالز، ۲۰۰۳). به طور کلی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک به این مفهوم است که دو نمونه‌ی نزدیک به هم بسیار شبیه‌تر از دو نمونه‌ای هستند که با فاصله‌ی زیادی از یکدیگر قرار گرفته‌اند (محمدی، ۱۳۸۵؛ کمبردلا، ۱۹۹۴). ویژگی‌های خاک دارای تغییرات زمانی و مکانی از مقیاس‌های کوچک تا مقیاس‌های بزرگ می باشند که تحت تأثیر ویژگی‌های ذاتی (فاکتورهای تشکیل خاک مانند موادمادری خاک) و ویژگی‌های غیرذاتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی، تناوب زراعی و فرسایش) قرار دارند (کوئن و زانگ، ۲۰۰۲؛ یمفاک و همکاران، ۲۰۰۵). بـرای تأثیر بهتر بـرنامه‌های مدیریتی، باید تغییرپـذیری خاک و ویژگی‌های خاکی محـدودکننده‌ی تولید را مدنظر قرار داد (یمفاک و همکاران، ۲۰۰۵). میائو و همکاران (۲۰۰۶) و سانترا و همکاران (۲۰۰۸) بر این باورند که اطلاع از الگوی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک می‌تواند راه‌گشای بشر در انجام مدیریت صحیح و پیشرفته‌ی اراضی در راستای بهره‌برداری اصولی از خاک به‌عنوان یکی از منابع مهم انرژی باشد.

در شیوه‌ی اعمال مدیریت یکنواخت، عدم توازن بین ویژگی‌های خاک و نیاز گیاه علاوه بر اینکه باعث کاهش بهره‌وری کشاورزی می‌شود تخریب محیط زیست و ناپایداری استفاده از منابع تولید کشاورزی به‌ویژه منابع خاک و آب را نیز به دنبال خواهد داشت. لذا بررسی تغییرپذیری خاک به منظور درک بهتر تأثیر مدیریت نهاده‌ها و دستیابی به عملیات زراعی مناسب ضروری است (بوسان و کیگو، ۲۰۰۳). این بررسی‌ها برای بهبود مدیریت عناصر غذائی و آب، کاهش هزینه‌های کوددهی (لاکتیکن و همکاران، ۱۹۹۷)، کاهش آلودگی خاک و سفره‌آب‌زیرزمینی (رفیع‌الحسینی و محمدی، ۱۳۸۰) و به حداقل رساندن فرسایش (میلر و همکاران، ۱۹۸۸) حائز اهمیت است و در نهایت گامی به سوی کشاورزی دقیق و پایدار خواهد بود. بوما و فینک (۱۹۹۳) گزارش کردند که کاربرد کودها بدون در نظر گرفتن الگوی پراکنش آن‌ها می‌تواند تغییرات مکانی عناصرغذایی را افزایش دهد.

اوانز و همکاران (۱۹۹۶) پس از بررسی تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در جنوب واشنگتن به دو روش آمار کلاسیک و زمین‌آمار و تهیه‌ی نقشه‌های توزیع بافت خاک و عناصرغذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ به این نتیجه رسیدند که تغییرپذیری بافت و عناصرغذایی خاک در درون مزارع زیاد است و در نتیجه تغییرپذیری ویژگی‌های خاک، عملکرد گیاه نیز تغییر می‌کند و این تغییرات در سطح یک مزرعه‌ی کوچک نیز قابل توجه است. آن‌ها عقیده دارند با ترکیب نقشه‌های عملکرد و توپوگرافی می‌توان برای شناسایی مناطق با مدیریت مختلف در درون مزرعه و برای اعمال مدیریت دقیق عناصرغذایی و آب اقدام کرد.

پینگ و همکاران (۲۰۰۴) ارتباط بین عملکرد و کیفیت پنبه و ویژگی‌های خاک را شناسایی کردند. نتایج نشان داد که در میان ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، میزان شن و رس، کلسیم و منیزیم تبادلی، نیترات، فسفر، pH، ارتفاع نسبی و شیب فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت پنبه بودند. معمولاً عملکردهای بالاتر کیفیت فیبر بالاتری داشتند. به هر حال مقدار تأثیر ویژگی‌های مختلف روی عملکرد و کیفیت پنبه در هر سه سال متغیر بود.

جیانگ و تلن (۲۰۰۴) تأثیر ویژگی‌های خاک و توپوگرافی را بر روی تولید ذرت در مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی در شناسایی متغیرهای مهم خاک مفید است. شیب و شن خیلی ریز دو فاکتور مهم محدودکننده‌ی تولید در طول دوره‌ی مطالعه بودند. دیگر ویژگی‌های خاک مثل درصد اشباع بازی، pH، مقدار رس و ارتفاع نیز در توجیه تغییرپذیری تولید دخیل بودند.

کاکس و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه‌ی تغییرپذیری برخی از ویژگی‌های خاک و ارتباط آن‌ها با عملکرد در سه مزرعه می‌سی‌سی‌پی به این نتیجه رسیدند که pH کم‌ترین و فسفر بیش‌ترین ضرایب تغییر را دارند.

۲-۲ تغییرپذیری ویژگی‌های خاک

۲-۲-۱ تغییرپذیری ویژگی‌های شیمیایی خاک

محمدی (۱۳۷۷) با مطالعه‌ی تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه‌ی رامهرمز (خوزستان) در سه عمق ۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰ و ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متری با استفاده از رسم واریوگرام و تهیه‌ی نقشه‌های شوری در اعماق مختلف به روش آماری کریجینگ و مقایسه‌ی آن با روش مساحی آزاد، به این نتیجه رسید که دامنه‌ی تأثیر

واریوگرام‌های محاسبه شده در هر سه عمق تقریباً یکسان بـوده، که چگـونگی الگوی پراکنش جغرافیایی موادمادری و واحدهای فیزیوگرافی در منطقه را نشان می‌دهد.

آتیا و دوبوئیس (۱۹۹۴) جهت تعیین پراکنش مکانی عناصر سنگین در سوئیس از تکنیک زمین‌آمار استفاده کردند و نتیجه گرفتند که منشأ اصلی کبالت و نیکل از موادمادری و سرب از کودهای شیمیایی و کادمیوم از فعالیت واحدهای صنعتی به خاک اضافه شده‌اند.

کان و همکاران (۱۹۹۴) پس از آنالیز مکانی پارامترهای حاصلخیزی خاک برای مدیریت ویژه‌ی مکانی محصول گزارش کردند که دامنه‌ی همبستگی‌های مکانی بین پارامترهای حاصلخیزی متغیر بوده و کوتاه‌ترین دامنه‌ی تأثیر (کمتر از ۵ متر) برای نیترات و بیش‌ترین دامنه‌ی تأثیر (بیشتر از ۱۸۰ متر) برای کربن‌آلی بود و دامنه‌ی تأثیر مربوط به مقدار آب خاک، فسفر و پتاسیم متوسط بود. همچنین مشخص شد که کربن‌آلی و مقدار آب خاک تغییرات مکانی در مقیاس متوسط داشتند. الگوی مکانی نیترات در طول زمان تغییر کرد. توزیع داده‌های موادآلی و مقدار آب خاک از توزیع نرمال تبعیت داشته در حالی‌که داده‌های نیترات، فسفر و پتاسیم چولگی داشتند. نتایج نشان داد که کاهش فواصل نمونه‌برداری از ۵۰ متر به یک متر، واریانس متغیرها را کاهش داد.

بوسین و اسوداس (۱۹۹۷) مطالعه‌ای به منظور بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های شیمیایی خاک و تولید محصول در لیتوانی انجام دادند. در این مطالعه، pH خاک در لایه‌ی فوقانی بطور متوسط از ۵/۹ تا ۷/۷ به‌ترتیب دارای کم‌ترین و بیش‌ترین تغییرات بودند. مقدار هوموس از ۲/۱ تا ۶/۵ درصد، مقدار ازت کل از ۰/۴۱ تا ۰/۷۳، مقدار فسفر قابل دسترس از ۵۷ تا ۳۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار پتاسیم قابل‌دسترس از ۴۷ تا ۲۲۵ میلی‌گـرم بر کیلوگـرم تغییر یافتند. در مرتفع‌ترین نواحـی لیتوانی تغییرپذیری بیش‌تر مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تغییرپذیری تولید محصول بطور معنی‌داری به تغییرپذیری ویژگی‌های شیمیایی خاک در مقیاس مزرعه وابسته است.

هانکلوس و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی تغییرپذیری خاک و پارامترهای حاصلخیزی محصول شامل پتاسیم، فسفر و منیزیم و عملکردها در چند زمین‌نما در شمال آلمان به این نتیجه رسیدند که تغییرپذیری عملکرد محصول تقریباً با تغییرپذیری پارامترهای ثابت خاک مثل ماده‌آلی و رس خاک مشابه است.

وارد و همکاران (۱۹۷۷) در آکلند زلاندنو غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب را در خاک سطحی حاشیه‌ی خیابان‌ها و در ۱۷ سایت اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها حاکی از کاهش تدریجی غلظت فلزات سنگین خاک با افزایش فاصله از خیابان بود و مقدار سرب خاک به طور کاملاً مشخصی با ترافیک ارتباط داشت ولی این ارتباط در مورد کادمیوم، ضعیف مشاهده شد.

کارلوسنا و همکاران (۱۹۹۸) در لاکرونا اسپانیا به مطالعه‌ی اثر ترافیک خودرویی بر روی محتوای فلزی خاک حاشیه‌ی چند خیابان اقدام کردند و نتیجه گرفتند که سرب، کادمیوم، مس و روی از یک رفتار مشابه تحت اثر انتشارات ترافیکی پیروی می‌کنند.

گارسیا و میلان (۱۹۹۸) غلظت فلزات کادمیوم، مس، آهن، منگنز، سرب و روی را در هشت موقعیت مختلف در خاک حاشیه‌ی بزرگراه‌های شهری با جریان ترافیکی متفاوت در گیپوزکوا اسپانیا اندازه‌گیری کردند که نتایج آن‌ها حاکی از تغییرپذیری غلظت سرب، روی و کادمیوم با فاصله از بزرگراه بود.

نوربخش (۱۳۷۲) برای تعیین فاصله‌ی بهینه‌ی نمونه‌برداری در دو سری از خاک‌های استان اصفهان از روش‌های زمین‌آماری استفاده کرد. در این تحقیق با توجه به دامنه‌ی تأثیر واریوگرام رسم شده، فواصل ۵۰ تا ۶۰ متری به عنوان فواصل بهینه‌ی نمونه‌برداری برای بررسی تغییرات شوری خاک پیشنهاد شده است.

امینی (۱۳۷۸)، مطالعه‌ای جهت بررسی تغییرپذیری شوری و قلیائیت، غلظت کلر، ازت نیتراتی و بور محلول در سطح ۶۰۰ هکتار از اراضی منطقه‌ی رودشت واقع در جنوب‌غربی انجام داد. الگوی کروی به جز برای غلظت بور محلول و pH که ساختار تصادفی داشته‌اند، بعنوان بهترین مدل برازش داده شد. اکثر متغیرها در جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی بیش‌ترین و در جهت شمال‌شرقی- جنوب‌غربی کم‌ترین دامنه‌ی همبستگی را از خود نشان دادند. استفاده از تخمین‌گر کوکریجینگ، با توجه به همبستگی مکانی بالای غلظت کلر و ECe، تخمین‌های بهتری را نشان داد در حالی که مورد ازت نیتراتی بدلیل عدم وجود همبستگی مکانی مناسب، کوکریجینگ تخمین مناسب را ارائه نداد. از روش کریجینگ- رگرسیون به دلیل هزینه کم و ساده بودن به غیر از مطالعاتی که به دقت زیاد دارد، به عنوان روش مناسبی توصیه شد.

رفیع‌الحسینی و محمدی (۱۳۸۰) با تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول برای مدیریت دقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهرکرد به این نتیجه رسیدند که توزیع تمای متغیرها پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی مشاهدات می‌باشد. همچنین، توزیع مکانی عملکرد گندم دارای الگوی مشابه پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس در خاک است و از میان متغیرهای مورد مطالعه، قابلیت دسترسی فسفر از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت دقیق بیان گردید.

گونزالو (۲۰۰۱) تغییرات زمین‌آماری عناصر سنگین را در یک قطعه‌ی یک هکتاری تحت کشت بر روی موادمادری سرپانتین مورد تحلیل قرار داد. مقدار عناصر سنگین کل و قابل جذب عناصر سرب، کادمیم، کروم و نیکل بر روی ۵۳ نمونه از خاک سطحی مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر کروم و نیکل بیش از حد بحرانی گزارش شد. تغییرنماهای دو متغیر، عناصر سنگین کل و قابل جذب رسم گردید و مقدار پارامترهای بدست آمده برای واریوگرام‌های دو متغیر تفاوت زیادی را با وایوگرام مستقل هر متغیر نشان نداد. نقشه‌های کریجینگ و کوکریجینگ تهیه شده دقت بالایی را نشان داد و کوکریجینگ همسان‌گرد تخمین بهتری را نسبت به نقشه‌های کریجینگ نشان داد.

لوپزگرانادرز و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک زراعی در اسپانیای جنوبی پرداختند. پراکنش مکانی و میزان همبستگی مکانی ویژگی‌های در بین و درون مزارع متفاوت بود. برخی ویژگی‌های خاک شامل رس، موادآلی و آمونیوم در مرزعه مونکوا و رس و آمونیوم در مزرعه کاراکل در هر دو عمق مورد مطالعه هیچ‌گونه پیوستگی مکانی نداشتند. فسفر و پتاسیم قابل تعویض، در هر دو مزرعه و هر دو عمق همبستگی مکانی قوی نشان دادند. ایشان اظهار داشتند که می‌توان از ویژگی‌هایی که همبستگی مکانی قوی دارند برای اعمال مدیریت کودی براساس نرخ متغیره مصرف کود درکشاورزی دقیق استفاده نمود.

فاک‌چینلی و همکاران (۲۰۰۱) ضمن انجام آنالیز زمین‌آمار چندمتغیره پی بردند که مقادیر کروم، نیکل و کبالت در خاک با هم ارتباط دارند و از یک منشأ تحت تأثیر قرارگرفته‌اند. آن‌ها با انطباق نقشه‌ی مؤلفه‌ی اول روی نقشه‌ی زمین‌شناسی دریافتند که توزیع مکانی این سه عنصر توسط سازندهای زمین‌شناسی منطقه کنترل می‌شود. مک‌برتنی و همکـاران (۲۰۰۲) توزیع مکانی سرب را در استرالیـا بررسی کردند. آن‌ها از روش‌های زمین‌آمار برای این منظور استفاده نمودند. این تحقیق در واقع مقایسه‌ای بین کریجینگ با تابع

توزیع تجمعی و کریجینگ چندگانه با واریوگرام‌های محلی و عمومی از نظر توانائی توضیح توزیع مکانی سرب در خاک سطحی نواحی شهری بود. نتایج نشان داد که روش کریجینگ چندگانه با واریوگرام محلی روش مناسبی برای جدا کردن خاک آلوده از خاک غیرآلوده است.

کاکس و همکاران (۲۰۰۳) تغییرپذیری ویژگی‌های انتخابی خاک و رابطه‌ی آن‌ها با تولید سویا را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که تغییرپذیری خاک به غیر از pH در مزرعه شمالی از همه بیشتر بود. پتاسیم در این مزرعه تغییرپذیری مکانی و زمانی در مقیاس کوچک نشان داد که در ۲ مکان از مزرعه مورد مطالعه، مقادیر متوسط تا زیاد فسفر و پتاسیم ولی با تولید کم دیده شد. در حالی‌که مزرعه‌ی سوم مقدار فسفر و پتاسیم کمتر و تولید بیشتری داشت که مبین آن است که فاکتورهای دیگری به غیر از فسفر و پتاسیم تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در هر سه مزرعه pH کم‌ترین تغییرپذیری را داشت، حال آنکه تغییرات ویژگی‌های حاصلخیزی خاک از سالی به سال دیگر و از مزرعه‌ای به مزرعه‌ی دیگر تغییر می‌کند. روابط توپوگرافی از مزرعه‌ای به مزرعه‌ی دیگر تغییر کرد. نواحی با مقدار بالاتر رس در هر سه مزرعه تولید بالاتری داشتند و نشان داد رس می‌تواند به عنوان مبنایی برا ی مدیریت ویژه‌ی مکانی خاک استفاده شود.

سکوتی‌اسکوئی (۱۳۸۶) به ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک به عنوان یکی از جنبه‌های تخریب خاک، مقایسه‌ی روش‌های مختلف زمین‌آماری در برآورد آن و تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش مکانی شوری خاک پرداخت. برای برآورد شوری خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده، از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط GIS استفاده شده است. در این رابطه برای ارزیابی روش‌ها، روش ارزیابی تقاطعی با کمک دو پارامتر آماری MAE و MBE استفاده شد. نتایج نشان داد که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و نیم تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. خطای برآورد این روش ۱/۳۱ و انحراف آن ۰/۳۴- دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمده است.

محمدزمانی و همکاران (۱۳۸۶) تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنکلاته، استان گلستان را بررسی کردند. در این تحقیق pH با ۰/۹۵ درصد کم‌ترین و عملکرد دانه با ۲۰/۴ درصد بیش‌ترین ضریب تغییرات را از خود نشان دادند. دامنه‌ی تأثیر تغییرنما از ۲۳/۹۹ متر برای ازت کل تا ۳۹ متر برای پتاسیم قابل دسترس در نوسان بود. در بین کلیه پارامترهای مورد بررسی، ازت کل و سدیم قابل تبادل وابستگی مکانی قوی‌تر و فسفر قابل دسترس نسبت به سایر متغیرها وابستگی مکانی ضعیف‌تری نشان دادند. هم‌چنین توزیع مکانی ازت کل دارای الگوی مشابه پراکنش مکانی موادآلی بوده و توزیع مکانی ضریب برداشت نیز با پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس مشابهت داشت. نتایج حاکی از آن است که الگو و وابستگی مکانی متغیرهای خاک و محصول حتی در یک مزرعه که تحت مدیریت یک زارع قرار دارد می‌تواند بین این متغیرها و در مقیاس‌های مختلف، متفاوت باشد.

بقائی (۱۳۸۶) وضعیت آلودگی خاک‌های اطراف دو کارخانه‌ی مجتمع فولاد مبارکه و ذوب‌آهن اصفهان به فلزات سنگین روی، نیکل و سرب را در دو فرم کل و قابل جذب مورد بررسی قرار داد و نقشه‌ی آلودگی این فلزات در خاک این منطقه را تهیه نمود. نمونه‌های خاک بر روی یک شبکه منظم با فواصل ۴ کیلومتر برداشت شد و با نزدیک شدن به دو کارخانه فواصل نمونه‌برداری تا حدود ۵۰۰ متر کاهش یافت. نتایج حاصل بیانگر عدم ساختار مناسب برای مقادیر کل عناصر سرب، روی و نیکل و ساختار قوی برای فرم قابل جذب این عناصر بود. الگوی کروی بهترین مدل برازش شده برای این متغیرها بود. به منظور تعیین دقت تخمین‌های

انجام شده از میانگین خطای تخمین، میانگین مجذور خطای تخمین و ضریب همبستگی پیرسون استفاده کردند.

ایوبی (۱۳۸۷) به‌منظور تعیین عوامل کنترل کننده‌ی تغییرات مکانی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف از تلفیق آنالیز مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان یک روش کلاسیک و روش زمین‌آمار در مزارع روستای آپاپیولی ایالت آندراپرادش هند استفاده کرده است. در مطالعات صحرایی در ۱۱۰ نقطه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد و نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم، منیزیوم، سولفات، بور، منگنز، روی و آهن قابل‌استفاده اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل‌های آمار کلاسیک و زمین‌آمار روی داده‌ها صورت گرفت. نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه‌ی اول دارای ارزش ویژه بیش از یک بوده‌اند و جمعاً ۷۱/۶۴ درصد کل تغییرات را توجیه کرده‌اند. مقدار دامنه‌ی تأثیر برای مؤلفه‌های اول و سوم نزدیک به هم بود و به ترتیب معادل ۲۸۸ و ۳۹۳ متر بود. مهم‌ترین عناصر غذایی در این مؤلفه‌ها دارای دامنه‌ی تأثیر ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر بودند. مؤلفه‌ی دوم با دامنه‌ی تأثیر حدود ۸۷۷ متر مربوط به عناصر غذایی مانند آهن، منگنز و روی به دست آمد که مشابه بودن دامنه‌ی تأثیر نشان‌دهنده‌ی آن است که تغییرپذیری عناصر عمدتاً تحت مدیریت زارعین قرار گرفته است.

سکوتی‌اسکوئی (۱۳۸۹) تحقیقی را با هدف بررسی تغییرات مکانی عناصر حاصلخیزی خاک شامل ازت، فسفر و پتاسیم، مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آماری در برآورد آن‌ها و تهیه‌ی نقشه‌های پراکنش مکانی این مواد حاصلخیز کننده به منظور مدیریت کودی صحیح در دشت ارومیه واقع در استان آذربایجان غربی انجام داد. برای برآورد مقادیر این عناصر در نقاط نمونه‌برداری نشده، از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط GIS استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۹ و نیم تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر عناصر حاصلخیزی در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. خطای برآورد این روش برای عناصر مورد بررسی بین ۰/۱۸ تا ۰/۷۵ و انحراف آن بین ۰۰۲/- ۰/۱۲ - بدست آمده است.

شکوری‌کتیگری (۱۳۹۰) به منظور ارزیابی کارایی تخمین‌گرهای مکانی عکس فاصله و کریجینگ در برآورد کربن‌آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک در اراضی شالیزاری موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت، پژوهشی انجام داد. بهترین مدل نیم تغییرنما برای مدل برازش داده شده بر کربن آلی و جرم‌مخصوص ظاهری مدل کروی بود. برای مقایسه‌ی دقت تخمین‌گرها از آماره‌های ارزشیابی میانگین خطا، جذر میانگین مربعات خطای تخمین، واریانس تعدیل شده یا نسبت میانگین مربعات خطا و درصد خطا استفاده شد که هر ۴ آماره ارزیابی نشان دادند که تخمین به روش کریجینگ نسبت به تخمین عکس فاصله از دقت بالاتری برخوردار است. از سوی دیگر کریجینگ معمولی برای کربن آلی و لوگ‌کریجینگ برای جرم‌مخصوص ظاهری بهترین تخمین‌گر می‌باشد.

پرویزی (۱۳۹۱) کارآیی روش‌های مختلف درون‌یابی کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف یک حوزه‌ی نیمه‌خشک در غرب کشور را مقایسه کرد. نتایج نشان داد که روش‌های کریجینگ معمولی و کوکریجینگ با متغیر کمکی درصد آهک و روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی RBF با تابع اسپلین، به ترتیب دارای بیش‌ترین تا کم‌ترین کارآیی در درون‌یابی بودند. با تفکیک کاربری‌ها و درون‌یابی مجزا در آن‌ها، روش مناسب درون‌یابی عبارت بود از کوکریجینگ معمولی با متغیر کمکی درصد سنگریزه‌ی سطحی، درصد آهک و کلاس فرسایش،