مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی عناصر غذایی پر مصرف در خاک و برگ درختان باغ‌های پرتقال با استفاده از مدل گاوسی (مطالعه موردی شهرستان دزفول)

ابتسام نیسیان[1]، ابراهیم پناه‌پور[2]، کامران محسنی‌فر[2]* و تیمور بابایی‌نژاد[2]

۱) دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲) عضو هیات علمی گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
* نویسنده مسئول: mohsenifar.k@gmail.com

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره سه (۴۷)
بهار ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۹/۲۸

صفحات: ۷۹-۶۵

چکیده:

زمینه و هدف: تهیه نقشه حاصلخیزی اراضی دارای اهمیت ویژه‌ای از نظر، تعیین مناطقی که نیاز به مواد غذایی خاصی دارند، بهینه کردن مصرف کودهای کشاورزی و تسهیل در مدیریت بهینه تغذیه خاک و گیاه، دارد. تغییرات مکانی در عناصر غذایی خاک و گیاه امری معمول است، ولی شناخت این تغییرات به‌ویژه در اراضی کشاورزی جهت برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت، امری ضروری است. این تحقیق با هدف پهنه‌بندی الگوی توزیع مکانی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم در خاک و برگ درختان باغ‌های پرتقال دزفول با استفاده از مدل گاوسی و سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) انجام شد.

روش پژوهش: در محدوده باغ‌های پرتقال شهرستان دزفول با مساحت ۳۲۰۰ هکتار تعداد ۱۳۰ نقطه جهت نمونه‌برداری روی نقشه مشخص شدند. برای تعیین محل نمونه‌برداری، فاکتورهایی نظیر خاک، کشت و سیستم آبیاری، شیب، پستی و بلندی، نحوه رشد درختان پرتقال در نظر قرار گرفته شد. پس از نمونه‌برداری خاک (عمق ۰-۶۰ سانتی‌متری) و گیاه، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت و غلظت عناصر غذایی پرمصرف اندازه‌گیری شد. پس از آنالیزهای آماری اولیه روی داده‌ها، سطح همبستگی متغیرهای سنجش شده در خاک و برگ درختان پرتقال از طریق آزمون همبستگی پیرسون محاسبه شد. با استفاده از نرم افزار R موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری در مدل گاوسین شبیه‌سازی گردید. میان‌یابی با استفاده از روش‌های کریجینگ ساده و کرنل صورت گرفت. تحلیل حساسیت مدل به ازاء تغییرات اعمال شده در مقادیر مبنا برای اجرای الگوریتم نیز بر اساس جایگزینی مقادیر مورد نظر از توابع پسین صورت گرفت.

یافته‌ها: بررسی شاخص‌های پراکندگی نشان داد بیشترین ضریب تغییرات در خاک مربوط به عنصر فسفر و در نمونه‌های برگ مربوط به عنصر ازت است. نتایج نشان داد مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد در کریجینگ ساده در خاک به ترتیب ۰/۱۷۱، ۰/۱۵۲، ۰/۱۳۲ و ۰/۱۵۳ و در روش کرنل ۰/۲۱۲، ۰/۱۵۲، ۰/۲۲۹ و ۰/۱۶۶ و برای نمونه‌های برگ درختان پرتقال در کریجینگ ساده به ترتیب ۰/۱۲۱، ۰/۱۸۸، ۰/۱۱۶ و ۰/۱۳۱ و در روش کرنل ۰/۱۸۴، ۰/۲۰۶، ۰/۱۷۲ و ۰/۲۲۹ محاسبه گردید. نتایج الگوی توزیع مکانی هر کدام از عناصر اندازه‌گیری شده در خاک و برگ درختان پرتقال نشان داد کمترین مقدار ازت در جنوب منطقه است (۰/۴۲ تا ۱/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و الگوی توزیع آن شبیه توزیع در برگ درختان پرتقال (۱/۰۹ تا ۱/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. منیزیم در شمال و قسمتی از جنوب کمترین مقدار (۳/۱۱ تا ۴/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و گوگرد در بیشتر خاک منطقه بین ۲۱/۳۱ تا ۲۶/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است.

نتایج: در بررسی کارایی مدل آماری گاوسین در پراکنش عناصر غذایی در خاک و برگ درختان پرتقال باغ‌های شهرستان دزفول، نتایج نشان داد ضریب همبستگی خطی پیرسون محاسبه شده، بیشترین همبستگی بین کلسیم و پتاسیم همچنین منیزیم و کلسیم در خاک وجود دارد ولی در برگ درختان پرتقال همبستگی خطی بین هیچ کدام از عناصر غذایی وجود ندارد. در برآورد بهترین روش درون‌یابی عنصر کلسیم در خاک کمترین خطا در هر دو روش کرنل و کریجینگ ساده داشت درحالی که در برگ گیاه، منیزیم در روش کرنل و پتاسیم در روش کریجینگ ساده خطای کمتری دارد. بالاترین خطا برای خاک و گیاه به ترتیب مربوط به پتاسیم و کلسیم در روش کرنل است.

کلید واژه‌ها: تغییرات مکانی، زمین‌آمار،عناصر غذایی، نیم تغییرنما

10.30495/WSRCJ.2022.67055.11298

مقدمه

وجود تغییرات مکانی در عناصر غذایی خاک و گیاه امری معمول است، ولی شناخت این تغییرات به‌ویژه در اراضی کشاورزی جهت برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت، امری ضروری است. آگاهی از این مسئله برای افزایش سود و نیل به بهره‌برداری پایدار ضرورت دارد (Kazemi Poshtmasari et al., 2012; Salma et al., 2019). یک بخش بسیار مهم در تولیدات زراعی و باغی، مدیریت تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک است. برای مواردی از قبیل کوددهی، اطلاع از وضعیت مواد مغذی خاک بسیار مهم است (Khorassani, 2016; Zhao et al., 2011). در طول سال‌های متمادی و به دلایل گوناگون در مناطق مختلف، نمونه‌های متعددی از خاک‌های زراعی و غیرزراعی تهیه شده و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی روی آنها صورت گرفته است. این اطلاعات می‌توانند مربوط به مطالعات خاکشناسی، طرح‌های تحقیقاتی و یا تجزیه‌های موردی مربوط به اشخاص یا سازمان‌ها باشند (Calabi-Floody et al., 2018). داده‌ها با صرف هزینه و نیروی انسانی زیادی تهیه می‌شوند، عمدتا پس از یک بار استفاده به فراموشی سپرده می‌شوند، در حالی که امروزه با برخورداری از امکانات رایانه‌ای و نیز با به کارگیری علم سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی، می‌توان اطلاعات را به‌صورت برداشت‌های زمینی جمع‌آوری، طبقه‌بندی و به روز نموده و با انجام تحلیل‌های مکانی، اطلاعات سودمندی از وضعیت مکانی عوامل خاکی و روند تغییرات آنها دست یافت و وضعیت این عوامل را به صورت نقشه ارائه نمود (Aiobi et al., 2007; Lloyd & Atkinson, 2004). بر این اساس می‌توان عناصر غذایی خاک و گیاه مناسب برای مناطق مختلف تدارک دید و توصیه نمود. از طرفی، بخش اجرا نیز این امکان را پیدا می‌کند که سبدهای غذایی خاک و گیاه را به طور منطقه‌ای و به شکلی مناسب در اختیار کشاورزان قرار دهد. نقشه‌های حاصلخیزی خاک یک منطقه کشاورزی امکان توصیه مقدار کودهای شیمیایی مورد نیاز را بر پایه تغییرات ساختار مکانی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه برای آن منطقه فراهم می‌آورد (Farajnia, 2015). تهیه نقشه حاصلخیزی اراضی دارای اهمیت ویژه‌ای از نظر ملاحظات اقتصادی اجتماعی، از جمله تخمین بنیه غذایی خاک‌ها، تعیین مناطقی که نیاز به مواد غذایی خاصی دارند، تعیین نیاز کودی گیاهان در مزارع منفرد یا مجموعه‌ای از مزارع، تعیین منبع کودی متناسب با خصوصیات خاک و نیاز گیاه، بهینه کردن مصرف کودهای کشاورزی حاوی عناصر کم مصرف از طریق محدود کردن مصرف آن‌ها به مزارعی که خاک آن‌ها دچار کمبود هستند و یا فقط اعمال عنصری که کمبود آن برای گیاه ویژه‌ای مشخص باشد، تسهیل در مدیریت بهینه تغذیه خاک و گیاه به منظور کاهش پتانسیل آلودگی محیط زیست توسط کودهای شیمیایی و سایر مواد افزودنی به خاک، دارد (John et al., 2021).

اسماعیل و جونیوز[1] (۲۰۰۹) از جمله اولین کسانی بودند که کاربرد علم زمین آمار را برای تخمین ساختار مکانی خواص خاک و توسعه زراعی دقیق پیشنهاد کردند. زمین آمار به مفهوم اروپایی آن، شاخه‌ای از آمار است که در آن مختصات داده‌های مربوط به جامعه بررسی و ساختار مکانی آن‌ها، مورد مطالعه قرار می‌گیرد (Fabijańczyk & Zawadzki, 2019). برتری این شاخه از آمار نسبت به شاخه کلاسیک آن، فراشمولی بودن آن است، به‌طوری‌که می‌توان آمار کلاسیک را حالت خاصی از آن دانست. شبیه‌سازی‌های زمین‌آماری را می‌توان به روش‌های مختلف انجام داد. تفاوت این روش‌ها در نوع مدل تابع تصادفی (گاوسین چندگانه یا غیر پارامتری)، میزان و نوع اطلاعات استفاده شده و نیازهای کامپیوتری متفاوت است. شبیه‌سازی متوالی گاوسی یکی از الگوریتم‌های اصلی شبیه‌سازی متوالی است که در آن مجموعه توابع توزیع تجمعی شرطی به وسیلهٔ معادلات گاوسین چندگانه تعیین می‌شوند. مراحل شبیه‌سازی، پس از ایجاد شبکه‌ای منظم از نقاط در منطقهٔ مورد مطالعه و

[1] Ismail and Junusi

نرمال کردن داده‌ها است (Goovaerts, 1997). روش‌های مختلفی در علوم زمین‌آمار ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده، کریجینگ نشانگر، کریجینگ احتمالی، IDM و کرنل اشاره کرد. همچنین مدل‌های آماری نیم تغییرنما که در علوم زمین‌آمار مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل مدل کروی، گاوسی و نمایی هستند (Tadayon, 2017).

سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی نیز کاربرد فراوانی در علوم زمین آمار دارند. سامانه اطلاعات جغرافیایی یک سامانه اطلاعاتی است که به تولید، پردازش، تحلیل، و مدیریت اطلاعات جغرافیایی می‌پردازد. به عبارت دیگر (GIS) یک سامانه رایانه‌ای برای مدیریت و واکاوی اطلاعات جغرافیایی بوده که توانایی گردآوری، ذخیره، واکاوی و نمایش اطلاعات جغرافیایی را دارد. هدف نهایی یک سامانه اطلاعات جغرافیایی، پشتیبانی برای تصمیم‌گیری‌های پایه‌گذاری‌شده بر پایه داده‌های جغرافیایی می‌باشد و عملکرد اساسی آن بدست آوردن اطلاعاتی است که از ترکیب لایه‌های متفاوت داده‌ها با روش‌های مختلف و با دیدگاه‌های گوناگون بدست می‌آیند (Baz et al., 2009).

رضایی‌فرد و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی روش‌های درون‌یابی برای تعیین پراکنش مکانی کربن آلی و نیتروژن خاک در سطح ۵۰ هزار هکتار از اراضی منطقه لنجانات استان اصفهان به دقت خوب مقادیر تخمین‌زده شده به کمک کریجینگ معمولی اشاره کردند. (Bai et al., 2018) با استفاده از زمین‌آمار کیفیت آب‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که پارامترهای سختی کل، منیزیم، کلسیم و اسیدیته با استفاده از توابع شعاعی و پارامتر سدیم با استفاده از روش عکس فاصله کمترین خطا را دارد. لی[1] و همکاران (۲۰۲۰) در مقایسه روش‌های درون‌یابی برای بافت خاک در شرایط اقلیم خشک نتایج نشان داد دقت و کارآیی بستگی به انتخاب مناسب روش‌های درون‌یابی دارد به طوری که تابع SLR[2] نسبت به دیگر توابع لگاریتمی دقت بالاتری دارد. (Shahinzadeh et al., 2022) شاهین‌زاده (۲۰۲۲) در بررسی روش‌های زمین‌آماری در پهنه‌بندی تغییرات مکانی خصوصیات خاک شامل بافت خاک، آهک، هدایت الکتریکی و واکنش خاک، از روش‌های میان‌یابی کریجینگ معمولی، میانگین متحرک وزن‌دار و توابع شعاعی استفاده کرد و روش کریجینگ معمولی با مدل نمایی را بهترین و دقیق‌ترین روش معرفی کرد. هدف از تحقیق کنونی، شبیه سازی الگوی توزیع مکانی عناصر غذایی در خاک و برگ درختان باغ‌ها پرتقال دزفول با استفاده از مدل گاوسی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

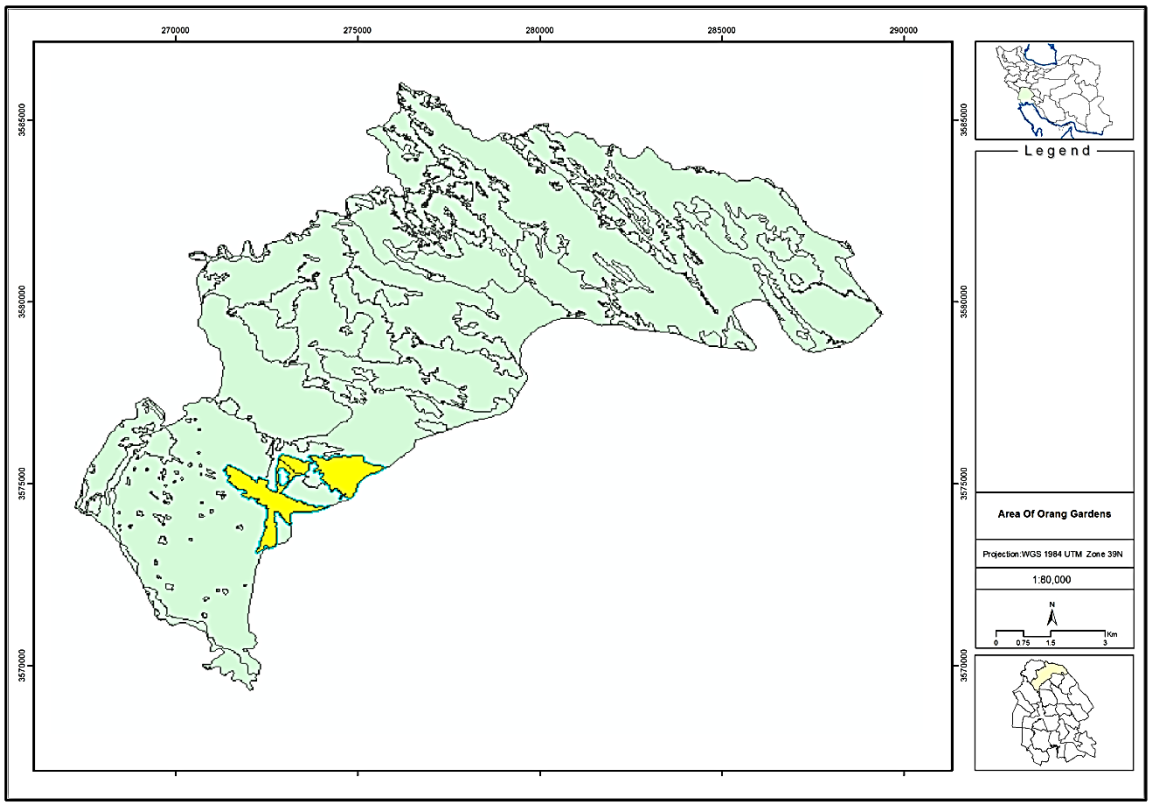
شهرستان دزفول با مساحت ۴۷۶۲ کیلومتر مربع شمالی‌ترین شهرستان استان خوزستان (شکل۱) با زمستان معتدل و تابستان گرم و مرطوب می‌باشد. جهت باد غالب در شهرستان دزفول از سمت جنوب غربی است. سردترین و گرمترین ماه سال به ترتیب دی و مرداد ماه به طوری که بارندگی آن در فصل سرد اتفاق می‌افتد و تابستان آن گرم و بدون بارش است.

نمونه‌برداری از خاک و درختان

با بررسی محدوده باغ‌های پرتقال شهرستان دزفول از مساحتی برابر با ۳۲ کیلومتر مربع (۳۲۰۰ هکتار) ۱۲۰ نقطه جهت نمونه‌برداری روی نقشه مشخص شد و از خاک و گیاه نمونه‌برداری انجام گرفت و پس از انتقال به آزمایشگاه غلظت عناصر غذایی پرمصرف N, P, K, S, Ca و Mg اندازه‌گیری شد.

[1] Li

[2] symmetry log-ratio



شکل ۱. موقعیت شهرستان دزفول و باغ های پرتقال

برای تعیین محل نمونه‌برداری، باغ‌های پرتقال فاکتورهایی نظیر خاک، کشت و سیستم آبیاری، شیب، پستی و بلندی، نحوه رشد درختان پرتقال در نظر قرار گرفت و از قطعات یک هکتاری تا سطوح همگن مزرعه از هر ۲۶ هکتار یک نمونه تهیه شد. به این منظور از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ محدوده زراعی شهرستان دزفول استفاده شد و ۱۳۰ نقطه مورد نظر روی نقشه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS رقومی[1] شدند و الگوی تغییرات مکانی عناصر در خاک و گیاه با ترسیم تغییرنمای تجربی و برازش مدل نظری نقشه‌های هر یک از عناصر بر اساس تغییرنمای منتخب و با استفاده از روش مناسب پهنه‌بندی (کریجینگ) در محیط Arc GIS تهیه شد. به‌منظور تعیین نوع توزیع داده‌ها، از ترسیم منحنی‌های Q-Q و آزمون کلموگروف–اسمیرنوف استفاده شد.

نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و در فصل بهار صورت گرفت. نحوه نمونه‌برداری بر اساس نقشه مورد نظر و تقسیم آن از هر قطعه بصورت مستطیل نمونه‌برداری انجام گرفت. با استفاده از بیلچه (و در مواردی اوگر) تا عمق مورد نظر نمونه برداشته شد. پس از آنکه همه نمونه‌ها جمع‌آوری شد، حدود ۱ تا ۱/۵ کیلوگرم در کیسه مخصوص ریخته و اتیکت نصب و به آزمایشگاه ارسال گردید. نمونه‌برداری برگ درختان پرتقال ۱۲–۸ هفته پس از شکوفایی کامل گل[2] انجام شد به طوری که به ازاء هر نمونه، ۷۰ تا ۱۰۰ عدد برگ درخت تهیه گردید. نمونه‌های برگی پس از برداشت بطور کامل با آب شستشو داده و در هوای آزاد و به‌دور از نور خورشید خشک کرده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

شبیه‌سازی الگوی تعیین مکانی بر اساس مدل گاوسی

به منظور شبیه‌سازی توزیع مکانی عناصر غذایی در خاک نیاز به تعیین مختصات و موقعیت نقاط نمونه‌برداری است که در تحقیق کنونی ۱۳۰ نقطه برداشت گردید. با بکارگیری بسته (GeoR) در محیط نرم افزار R از یک

[1] Digitizer

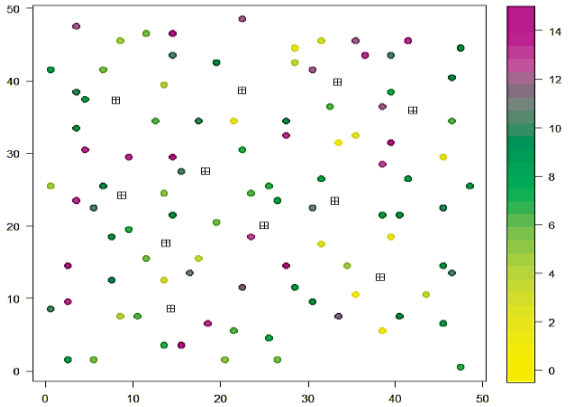
[2] Full bloom

میدان تصادفی گاوسی با ساختار وابستگی نمایی به عنوان حالت مورد نظر برای مدل شبیه سازی شده بهره جویی شد. مقادیر سنجش شده عناصر غذایی در خاک و برگ درختان پرتقال را با ساختار وابستگی فضایی و با تابع همبستگی نمایی با پارامتر θ=1.25 از مدل بر اساس مقادیر زیر تولید می‌شود: (معادله ۱)

$$Y(S_i) = \beta_0 + \beta_{1\mu}(S_i) + \delta\varepsilon(S_i) + \sigma\omega\rho(S_i) + \beta_1\sigma\tau\upsilon(S_i)$$

معادله ۱

که در آن: $Y(S_i)$: موقعیت فضایی نقطه مربوط به پارامتر (S_i)، ضرایب ثابت (β0=۰/۷۵)، (β1=۱/٦)، (σ=۰/۹)، و (ω2=۱/۱۵). نمونه‌ای از نقشه مدلسازی شده بر اساس توابع توزیع گاوسی در نرم افزار R در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲. موقعیت فضایی نقاط در فضای شبیه‌سازی شده نرم افزار

در شبیه‌سازی برآورد پارامترها تحت هر یک از مدل‌های ناپخته، خطای اندازه‌گیری محاسبه و با مقادیر واقعی مقایسه شد. (Tadayon & Khaledi, 2015). ارزیابی پیش‌گویی در این مطالعه به روش اعتبارسنجی متقابل انجام شد که در آن بجای این که در n موقعیت شبیه‌سازی صورت گیرد، در n+m موقعیت از میدان تصادفی مورد نظر شبیه‌سازی و با کنار گذاشتن m موقعیت اضافی، مدل برآزش شد. معیار ارزیابی مدل، کمترین توان دوم خطا در پیش بینی (شاخص r) می‌باشد. بر اساس معیار کمترین توان دوم‌های خطا، مقایسه دو مدل صورت گرفت. تحلیل حساسیت مدل به ازاء تغییرات اعمال شده در مقادیر مبنا برای اجرای الگوریتم نیز بر اساس جایگزینی مقادیر مورد نظر از توابع پسین صورت گرفت. تحلیل حساسیت از دیدگاه آماری به صورت بررسی چگونگی تخصیص عدم قطعیت خروجی یک مدل به منابع عدم قطعیت موجود در ورودی‌های مدل انجام شد.

نتایج و بحث

عناصر غذایی در خاک و درخت‌های پرتقال

نمونه‌برداری از خاک و برگ درختان پرتقال در ۱۳۰ ایستگاه مشخص شده، صورت گرفت به طوری که میانگین عناصر پرمصرف N, P, K, S, Ca, Mg به ترتیب در خاک ۱/۲۷، ۲۹/۴۸، ۷۴/۱۵، ۲۲/۵۵، ۱۱/۸۳ و ۴/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در درختان پرتقال ۱/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۰/۳۶، ۲/۴۶، ۰/۷۶، ۳/۰۶ و ۰/۳۱ درصد بدست آمد (جدول ۱). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های خاک، بافت خاک در سطح بیشتر از نوع لومی سیلتی و لومی رسی سیلتی می‌باشد که با افزایش عمق بافت خاک سنگین‌تر شده و بافت لوم رسی درصد بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. مقادیر ازت سنجش شده در خاک بین ۰/۴۲ تا ۴/۰۴ و در برگ درختان پرتقال بین ۱/۰۹ تا ۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر می‌باشد. با توجه به این‌که حد بهینه ازت در برگ درختان پرتقال بین ۲/۵ تا ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Asadi Kangarshahi et al., 2016)، لذا میزان ازت در برگ درختان پرتقال محدوده دزفول کمتر از حد مطلوب می‌باشد. میانگین میزان ازت در نمونه‌های خاک ۱/۲۷۴ و در نمونه‌های برگ گیاه ۱/۲۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید. با توجه به نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف، ضرایب چولگی و کشیدگی و منحنی Q-Q، این متغیر دارای توزیع نرمال نبود و از تبدیل لگاریتمی برای محاسبات آماری استفاده شد.

خلاصه برخی شاخص‌های تمرکز، پراکندگی و تقارن عناصر غذایی برای خاک و درختان پرتقال در جدول ۱

نشان داده شده است. به منظور تعیین نوع توزیع داده‌ها، از ترسیم منحنی‌های Q-Q و آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون‌های نرمال‌سنجی نشان داد که از بین ویژگی‌های خاک به‌غیر از منیزیم و فسفر دیگر ویژگی‌ها در سطح پنج درصد دارای توزیع نرمال نبودند. نتایج این آزمون برای عناصر گیاه حاکی از نرمال بودن توزیع داده‌ها به غیر از ازت و پتاسیم بود. برای نرمال نمودن توزیع داده‌ها از روش تبدیل لگاریتمی استفاده شد. هدایت الکتریکی خاک باغ‌های مورد مطالعه مناسب بوده و محدودیتی از این نظر وجود نداشت (جدول ۱). بررسی شاخص‌های پراکندگی نشان داد بیشترین ضریب تغییرات در خاک به عنصر فسفر و در نمونه‌های برگ به عنصر ازت تعلق دارد.

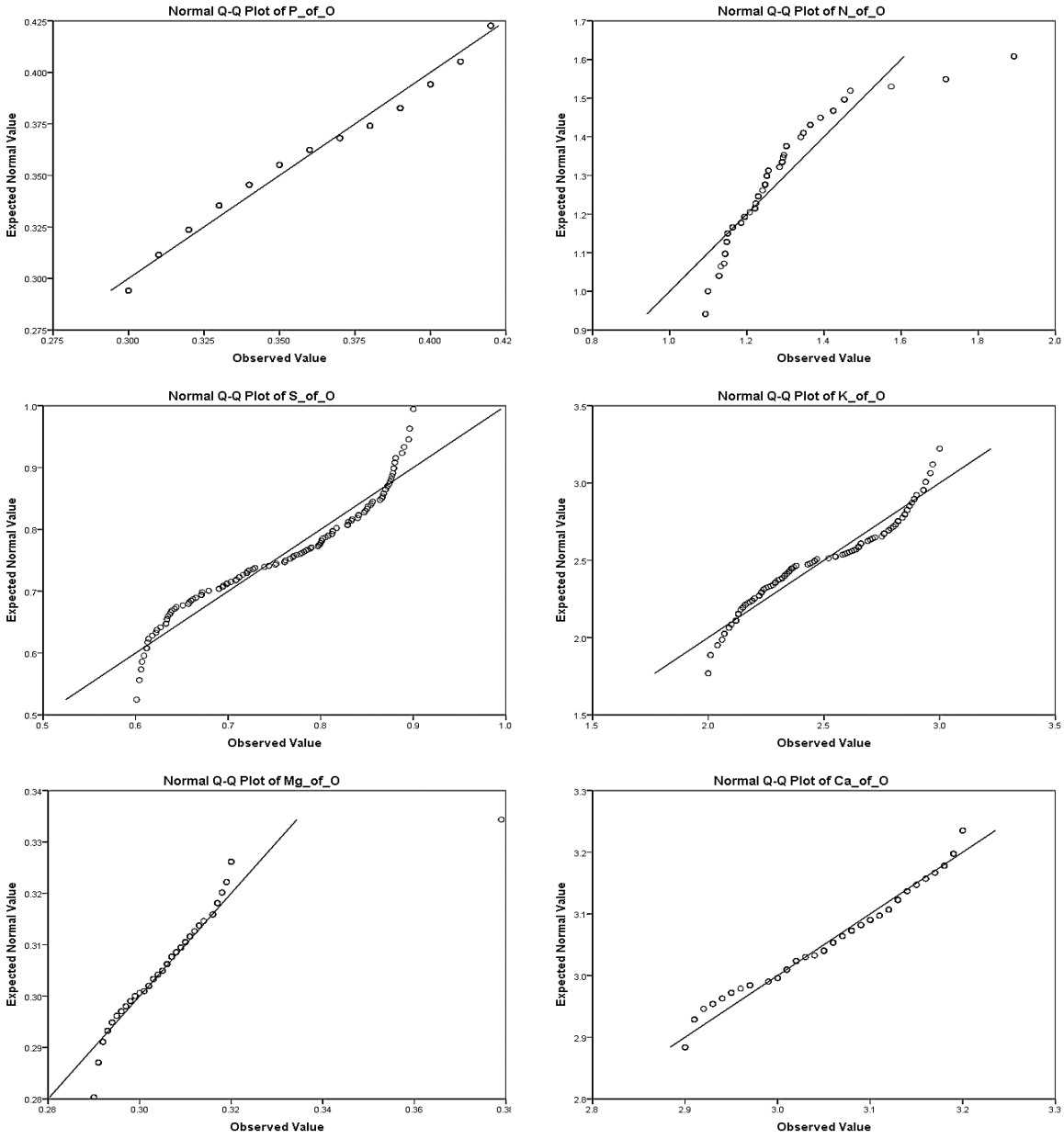
نتایج حاصل از آزمون نرمال‌سنجی با استفاده از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف نشان داد عناصر نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، کلسیم در نمونه‌های اندازه‌گیری شده در خاک و نیتروژن و پتاسیم در برگ درختان پرتقال از الگوی توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند ($p\leq0.05$) لذا پیش از انجام آزمون‌های آماری از روش تبدیل لگاریتمی برای نمونه‌های غیر نرمال استفاده شد. منحنی Q-Q برای متغیرها که از شاخص‌های پراکندگی می‌باشد در شکل ۳ نشان داده شده است.

نتایج ضریب همبستگی خطی پیرسون نشان داد که بیشترین همبستگی بین کلسیم و پتاسیم همچنین منیزیم و کلسیم در خاک وجود دارد ولی در برگ درختان پرتقال همبستگی خطی بین هیچ کدام از عناصر غذایی وجود ندارد (جدول ۲).

جدول ۱. مقادیر عناصر غذایی در خاک و برگ درختان پرتقال

	عناصر	دامنه	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات	چولگی	آزمون کلموگروف – اسمیرنف Kolmogorov–Smirnov	
	Elements	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance	CV	Skewness	منبع تغییر	Sig.
خاک Soil	EC (dS/m)	۵/۰۵	۰/۶۳	۵/۶۸	۳/۱۱	۱/۵۵	۲/۳۹	۰/۴۹	۰/۰۱		
	N (mg/kg)	۳/۶۲	۰/۴۲	۴/۰۴	۱/۲۷	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۵۹	۲/۲۶	۲/۴۳	۰/۰۰**
	P (mg/kg)	۹۹/۹	۳/۹۱	103/81	29/48	26/82	719/18	0/91	۰/۰۸	۰/۸۹	۰/۴۱
	K (mg/kg)	۵۳	۵۸/۰۰	۱۱۱/۰۰	74/15	14/16	200/58	0/19	۱/۱۱	۲/۳۳	۰/۰۰**
	S (mg/kg)	۱۹/۸	۱۱/۴	31/2	22/55	3/57	12/73	0/16	-۰/۳۷	۲/۱۰	۰/۰۰**
	Ca (mg/kg)	۱۰/۶	۸/۶	19/2	11/83	2/83	8/02	0/24	۱/۱۱	۲/۳۳	۰/۰۰**
	Mg (mg/kg)	۵/۸۴	۳/۱۱	8/95	4/78	1/29	1/66	0/27	۱/۰۲	۱/۵۱	۰/۰۲
برگ Leaf	N (mg/kg)	0/8	1/09	1/89	1/27	0/16	0/02	0/12	2/26	2/43	۰/۰۰**
	P (%)	0/12	0/3	0/42	0/36	0/04	0	0/1	0/13	1/25	0/09
	K (%)	1/۰۰	2/۰۰	3/۰۰	2/46	0/29	0/09	0/12	0/17	1/42	۰/۰۴*
	S (%)	0/3	0/6	0/9	0/76	0/09	0/01	0/12	-0/23	1/21	0/11
	Ca (%)	0/3	2/9	3/2	3/06	0/08	0/01	0/03	-0/31	0/93	0/35
	Mg (%)	0/09	0/29	0/38	0/31	0/01	0	0/04	2/15	1/۰۰	0/27

در سطح * ۰/۰۵ و ** ۰/۰۱ از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند



شکل ۳. منحنی Q-Q برای مقادیر ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم در برگ درختان پرتقال

جدول ۲. ضرایب همبستگی خطی پیرسون برای عناصر خاک و برگ درختان پرتقال

برگ درخت	Mg	Ca	S	K	P	N	خاک
N	0/005	-0/001	0/089	-0/017	-0/108	1	N
P	-0/159	0/036	0/17	0/006	1	-0/05	P
K	-0/144	-0/132	-0/041	1	0/039	-0/012	K
S	0	0/118	1	0/574**	-0/064	0/071	S
Ca	-0/053	1	0/574**	1/000**	0/039	-0/012	Ca
Mg	1	0/909**	0/541**	0/909**	0/091	0/001	Mg

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و **معنی‌داری درسطح ۰/۰۱

برازش مدل گاوسین

ارتباط بین گشتاور اینرسی، نمودار پراکندگی مقادیر سنجش شده عناصر غذایی در نمونه‌های خاک و گیاه و فاصله بین نقاط موسوم به نیم تغییرنما[1] است که یکی از مهم‌ترین روش‌های تحلیل و بررسی همبستگی مکانی داده‌ها به شمار می‌رود.

به منظور تعیین و محاسبه نیم تغییرنمای بدون جهت برای مدل تغییرات مکانی عناصر سنگین در خاک و برگ درختان پرتقال در محدوده مورد بررسی، از مدل آماری گاوسی استفاده شد. برای انجام کریجینگ در محیط نرم افزار ArcGis باید ابتدا نیم تغییرنما در یک مدل آماری محاسبه شود. نتایج محاسبه شده نیم تغییرنما برای عناصر غذایی در خاک و برگ گیاه در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آماره‌های مدل‌سازی شده گاوسی برای عنصر ازت در خاک، شعاع تاثیر را ۵/۴۱، حد آستانه را ۰/۲۲۹، مجذور میانگین مربعات خطا را ۶/۷۱ و میانگین خطا را ۶/۹۱ محاسبه کرد. با توجه به اینکه آماره‌های RMSE و میانگین خطا برای نشان دادن اختلاف بین مقادیر محاسباتی و مقادیر مشاهداتی بکار می‌روند، لذا هرچه این مقادیر به صفر نزدیک تر باشند، دقت مدل بیشتر است. بر اساس نتایج حاصل، دقت برآورد میان‌یابی برای عناصر غذایی سنجش شده در خاک، برای ازت کمتر از سایر موارد بود. شاخص آستانه نسبت به اثر قطعه‌ای محاسبه شده در شرایطی که بیشتر از ۰/۷۵ باشد پیوستگی مکانی ضعیف و اگر کمتر از ۰/۲۵ باشد ویژگی دارای پیوستگی مکانی بالایی است (Zawadzki & Fabijańczyk, 2008). با توجه به این‌که نسبت اثر قطعه‌ای در مدل‌سازی صورت گرفته در نمونه‌های خاک ۱/۲ و در نمونه‌های برگ درختان پرتقال ۱/۱۸ بود ، لذا دقت مدل در تعیین پیوستگی مکانی برای عنصر ازت مطلوب نیست. صحت‌سنجی برآورد میان‌یابی توسط روش کریجینگ و کرنل نشان داد که آماره‌های RMSE و MAE برای ازت در خاک به ترتیب ۰/۱۷۱ و ۰/۱۲۷ و برای نمونه‌های برگ درختان پرتقال به ترتیب ۰/۱۲۱ و ۰/۰۹۶ است. این مقادیر برای روش کرنل در خاک به ترتیب ۰/۲۱۲ و ۰/۱۳۲ و برای شبیه‌سازی ازت در برگ درختان پرتقال به ترتیب ۰/۱۸۴ و ۰/۱۱۰ است. این نتایج نشان داد که روش کریجینگ معمولی با آماره‌های گاوسین بهترین نتایج را برای مدل‌سازی توزیع مکانی ازت در خاک ارائه کرده است. نتایج مشابه صادقی‌خو و علی‌عباس‌پور (۲۰۱۸) است که تابع پایه شعاعی را به عنوان روش مطلوب برای میان‌یابی برآورد کردند.

جدول ۳. نتایج حاصل از نیم تغییر نمای گاوسین برای عناصر سنجش شده در خاک و برگ درختان پرتقال

	پارامتر	شعاع همبستگی	آستانه	نسبت اثر قطعه ای	RMSE	Mean of Error
خاک	N	۵/۴۱	۰/۲۲۹۸	۱/۲	٦/۷۱	٦/۹۱
	P	٦/۸۵	۱/۲۸٤۲۵	۱/۱۱۷	۲/۸۹	۲/۹۸
	K	۷/۹۲	۰/٤٦۱٤	۰/٤۰۱	٤/۰٤	٤/۱٦
	S	۵/۹۳	۱/۰۳۳۲۵	۰/۸۹۸	۵/۷۹	۵/۹٦
	Ca	۷/۲۵	۱/۰۷۷٤	۰/۹۳۷	٤/۳۱	٤/٤٤
	Mg	٦/٤۱	۱/۱۰۸	۰/۹٦۳	۳/۰۸	۳/۱۷
گیاه	N	۷/۹۷	۱/٤۱۰۷۵	۱/۱۸٦	٤/٦۳	٤/۷۷
	P	۵/٤۸	۱/٤۱۱٦	۱/۱۸٦	۵/۱٤	۵/۲۹
	K	۵/٤۹	۰/۸۹۲۳۵	۰/۷۵	٤/۱۲	٤/۲٤
	S	۷/۸٦	۰/٦۵٤۸۵	۰/۵۵	۲/۸۱	۲/۸۹
	Ca	۷/۲۱	۰/۸۲٦٤	۰/٦۹٤	۳/۷۷	۳/۸۸
	Mg	۷/٦۷	۱/۲۷۷٤۵	۱/۰۷۳	۵/۸	۵/۹۷

کریجینگ

انتخاب بهترین روش درون‌یابی در واقع نوعی آزمون هزینه منفعت[2] بین کارآیی و پیچیدگی مدل است. اکثر روش‌های درون‌یابی از معادله (۲) برای محاسبه نقاط مجهول استفاده می‌کنند:

معادله (۲)

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(X_i)$$

تفاوت‌های روش‌های مختلف درون‌یابی در وزن

[1] Semivariogram

[2] cost-benefit test

اختصاص داده شده (λ) به هر ایستگاه است. در این تحقیق از روش‌های کریجینگ ساده و کرنل برای میان‌یابی استفاده شد. کمترین خطا، هم در روش کرنل و هم کریجینگ مربوط به کلسیم در خاک است و در گیاه، گوگرد به روش کرنل و پتاسیم کمترین خطا بدست آمد که نتایج آن در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول ٤. مقایسه دقت برآورد میان‌یابی روش کریجینگ ساده و کرنل برای نمونه‌های خاک و گیاه

		نیم تغییر نما			
	عنصر	کرنل		کریجینگ	
		RMSE	Mean of Error	RMSE	Mean of Error
خاک	N	۰/۲۱۲	۰/۱۳۲	۰/۱۷۱	۰/۱۲۷
	P	۰/۱۵۲	۰/۱۲۱	۰/۱۵۲	۰/۱۰۵
	K	۰/۲۲۹	۰/۱۹۷	۰/۱۳۲	۰/۰۹۷
	S	۰/۲۳۲	۰/۱۹۱	۰/۱۹۹	۰/۱۵۱
	Ca	۰/۱۳۱	۰/۰۵	۰/۱۲٦	۰/۰٤۷
	Mg	۰/۱٦	۰/۱۱۹	۰/۱۷۷	۰/۱۱۲
گیاه	N	۰/۱۸٤	۰/۱۱	۰/۱۲۱	۰/۰۹٦
	P	۰/۲۰٦	۰/۱۳۲	۰/۱۸۸	۰/۱۳۷
	K	۰/۱۷۲	۰/۱۲۱	۰/۱۱٦	۰/۰۵۷
	S	۰/۱٦۵	۰/۱۲۵	۰/۱۳۳	۰/۱۰٦
	Ca	۰/۱۹۸	۰/۱٤٦	۰/۱۲۹	۰/۰۹۸
	Mg	۰/۱۷٦	۰/۰۸۸	۰/۱۸۱	۰/۱٤۱

نیتروژن: مقادیر نیتروژن سنجش شده در خاک بین ۰/۴۲ تا ۴/۰۴ و در برگ درختان پرتقال بین ۱/۰۹ تا ۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود. با توجه به این‌که حد بهینه نیتروژن در برگ درختان پرتقال بین ۲/۵ تا ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Asadi Kangarshahi et al., 2016)، لذا میزان نیتروژن در برگ درختان پرتقال محدوده دزفول کمتر از حد مطلوب می‌باشد. میانگین میزان نیتروژن در نمونه‌های خاک ۱/۲۷۴ و در نمونه‌های برگ گیاه ۱/۲۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه گردید.

نتایج آزمون همبستگی نشان داد که بین متغیر نیتروژن در خاک و گیاه همبستگی معنادار وجود ندارد. نتایج حاصل از آماره‌های مدل‌سازی شده گاوسی برای عنصر نیتروژن در خاک، شعاع همبستگی را ۵/۴۱ کیلومتر، حد آستانه را ۰/۲۲۹، مجذور میانگین مربعات خطا را ۶/۷۱ و میانگین خطا را ۶/۹۱ محاسبه کرد. با توجه به اینکه آماره‌های RMSE و میانگین خطا برای نشان دادن اختلاف بین مقادیر محاسباتی و مقادیر مشاهداتی بکار می‌روند، لذا هرچه این مقادیر به صفر نزدیک تر باشند، دقت مدل بیشتر است. بر اساس نتایج حاصل، دقت برآورد میانیابی برای عناصر غذایی سنجش شده در خاک، برای نیتروژن کمتر از سایر موارد بوده است. شاخص آستانه نسبت به اثر قطعه‌ای محاسبه شده در شرایطی که بیشتر از ۰/۷۵ باشد پیوستگی مکانی ضعیف و اگر کمتر از ۰/۲۵ باشد ویژگی دارای پیوستگی مکانی بالایی است (Salma et al., 2019). با توجه به این نکته نسبت اثر قطعه‌ای در مدل‌سازی صورت گرفته در نمونه‌های خاک ۱/۲ و در نمونه‌های برگ درختان پرتقال ۱/۱۸ است، لذا دقت مدل در تعیین پیوستگی مکانی برای عنصر نیتروژن مطلوب نیست. صحت‌سنجی برآورد میان‌یابی توسط روش کریجینگ و کرنل نشان داد که آماره‌های RMSE و MAE برای نیتروژن در خاک به ترتیب ۰/۱۷۱ و ۰/۱۲۷ و برای نمونه‌های برگ درختان پرتقال به ترتیب ۰/۱۲۱ و ۰/۰۹۶ است. این مقادیر برای روش کرنل در خاک به ترتیب ۰/۲۱۲ و ۰/۱۳۲ و برای شبیه‌سازی نیتروژن در برگ درختان پرتقال به ترتیب ۰/۱۸۴ و ۰/۱۱۰ است. این نتایج نشان داد که روش کریجینگ معمولی با آماره‌های گاوسین بهترین نتایج را برای مدل‌سازی توزیع مکانی نیتروژن در خاک ارائه کرده است.

فسفر: میزان عنصر فسفر سنجش شده در خاک بین ۴/۲ تا ۶/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ درختان پرتقال بین ۰/۳ تا ۰/۴۲ درصد متغیر بود. حد بهینه فسفر در برگ درختان پرتقال ۰/۱ تا ۰/۲ درصد است (Asadi Kangarshahi et al., 2016)، بنابراین میزان فسفر در برگ درختان پرتقال محدوده دزفول بالاتر از میانگین مطلوب می‌باشد. میانگین میزان فسفر در نمونه‌های خاک ۵/۲۲

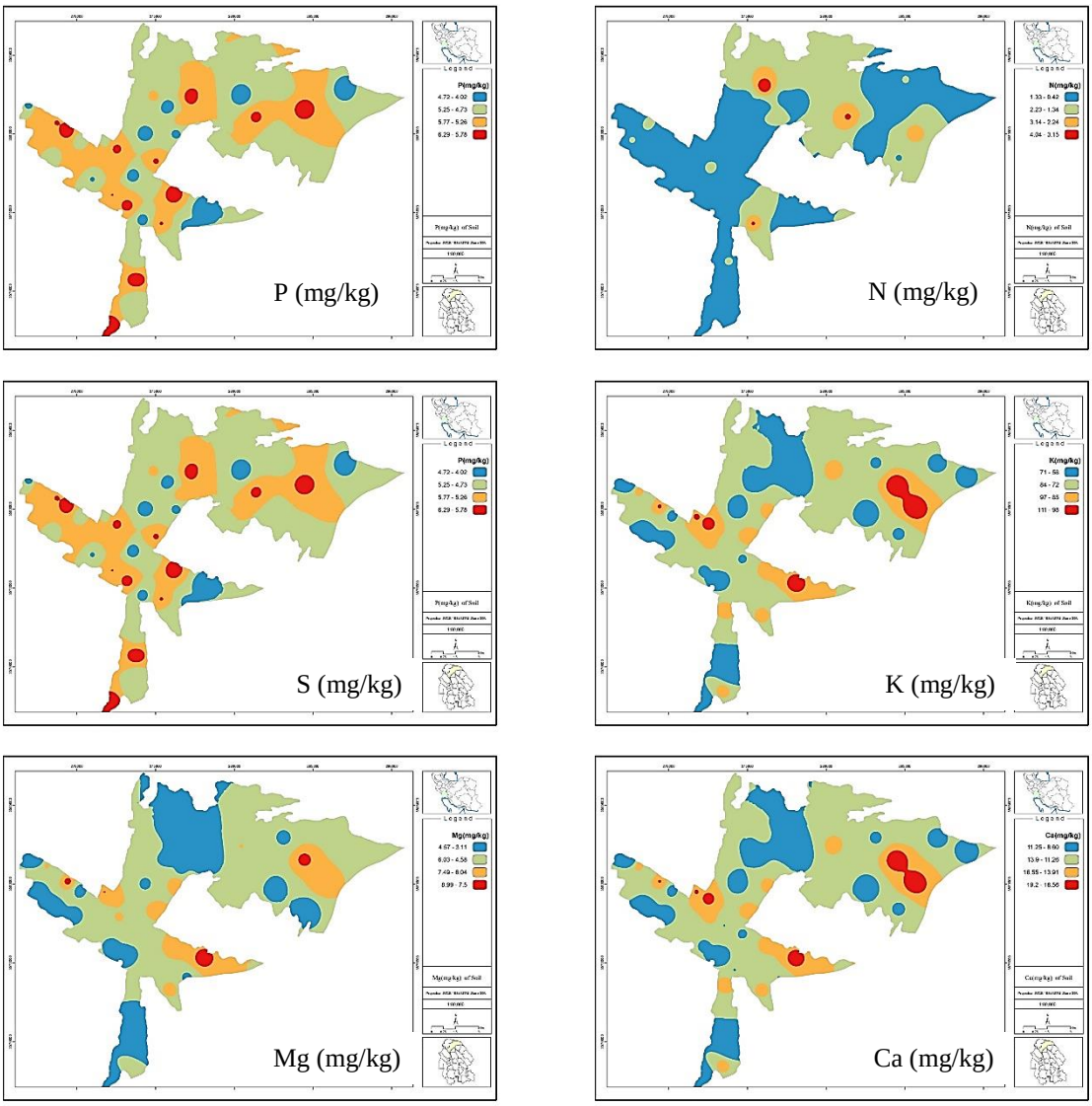
میلی‌گرم بر کیلوگرم و در نمونه‌های برگ گیاه ۰/۳۵۷ درصد محاسبه گردید. نتایج آزمون همبستگی نشان داد که متغیر فسفر در خاک با متغیر منگنز دارای همبستگی معنادار مثبت است ($p\leq0.05$). آماره‌های مدل‌سازی شده گاوسی برای عنصر فسفر، شعاع همبستگی در خاک را ۶/۸۵ و در برگ گیاه ۵/۴۸ کیلومتر، حد آستانه در خاک را ۱/۲۸۴ و در برگ گیاه ۱/۴۱، مجذور میانگین مربعات خطا در خاک را ۲/۸۹ و در گیاه ۵/۱۴ و میانگین خطا در خاک را ۲/۹۸ و در برگ گیاه ۵/۲۹ محاسبه کرد. این نتایج نشان می‌دهد کارآیی مدل برای متغیر فسفر در خاک نتایج مطلوب‌تری دارد. دقت برآورد میان‌یابی بر اساس کریجینگ ساده برای فسفر سنجش شده در خاک بیشتر از برگ درختان پرتقال است. شاخص RMSE برای خاک ۰/۱۵۲ و برای برگ درختان پرتقال ۰/۱۸۸ را نشان می‌دهد. این مقادیر در روش کرنل برای خاک ۰/۱۵۲ و برای برگ درختان پرتقال ۰/۲۰۶ است، لذا در روش کرنل نیز دقت میان‌یابی در خاک بیش از برگ درختان پرتقال است. نسبت اثر قطعه‌ای در مدل گاوسین ۱/۱۱۷ برآورد گردید که چون بیش از ۰/۷۵ است، بطور کلی برآورد مدل برای آماره‌های متغیر در سطح مطلوبی قرار ندارد. بطور کلی برآورد مدل نشان داد که برای متغیر فسفر نیز روش کریجینگ معمولی نتایج بهتری را برای مدلسازی توزیع مکانی فسفر در خاک و برگ درختان پرتقال ارائه کرده است.

پتاسیم: میزان پتاسیم سنجش شده در خاک بین ۵۸ تا ۱۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در برگ درختان پرتقال بین ۲ تا ۲ درصد بود. حد بهینه پتاسیم در برگ درختان پرتقال ۲/۲ تا ۳ درصد است (Asadi Kangarshahi et al., 2016)، بنابراین میزان پتاسیم در برگ درختان پرتقال محدوده دزفول در سطح مطلوب است. میانگین میزان پتاسیم در نمونه‌های خاک ۷۴/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در نمونه‌های برگ گیاه ۲/۴۶ درصد محاسبه گردید. نتایج آزمون همبستگی نشان داد که متغیر پتاسیم همبستگی معناداری با سایر متغیرهای سنجش شده در خاک ندارد. اما در نمونه‌های مربوط به برگ درختان پرتقال، با عناصر کلسیم و منیزیم در سطح ۰/۰۱ همبستگی معنی‌دار از نوع مثبت را دارد. آماره‌های مدل‌سازی شده گاوسی برای عنصر پتاسیم، شعاع همبستگی در خاک را ۷/۹۲ و در برگ گیاه ۵/۴۹ کیلومتر، حد آستانه در خاک را ۰/۰۴۶ و در برگ گیاه ۰/۸۹ مجذور میانگین مربعات خطا در خاک را ۱/۰۴ و در گیاه ۱/۱۲ و میانگین خطا در خاک را ۱/۱۶ و در برگ گیاه ۲/۲۴ محاسبه کرد. این نتایج نشان می‌دهد کارایی مدل گاوسین برای متغیر پتاسیم در خاک نتایج مطلوبی داشته است. دقت برآورد میان‌یابی بر اساس کریجینگ ساده برای پتاسیم سنجش شده در خاک بیشتر از برگ درختان پرتقال است. شاخص RMSE برای خاک ۰/۱۳۲ و برای برگ درختان پرتقال ۰/۱۱۶ را نشان می‌دهد. این مقادیر در روش کرنل برای خاک ۰/۲۲۹ و برای برگ درختان پرتقال ۰/۱۷۲ است، لذا در روش کرنل نیز دقت میان‌یابی در خاک بیش از برگ درختان پرتقال است. نسبت اثر قطعه‌ای در مدل گاوسین برای خاک ۰/۴۰۱ و برای برگ درختان پرتقال ۰/۷۵ برآورد گردید این آماره‌ها سطح مطلوبی از برآورد میان‌یابی را نشان می‌دهند. نتایج مشابه زاوادزکی و فابیانچیک[1] (۲۰۱۸) است که مدل کریجینگ ساده و شبیه‌ساز متوالی گاوسی را برای ارزیابی زمین آماری خاک آلوده به عنصر سرب در محدوده شهری ایده‌آل توصیف کردند.

الگوی توزیع مکانی

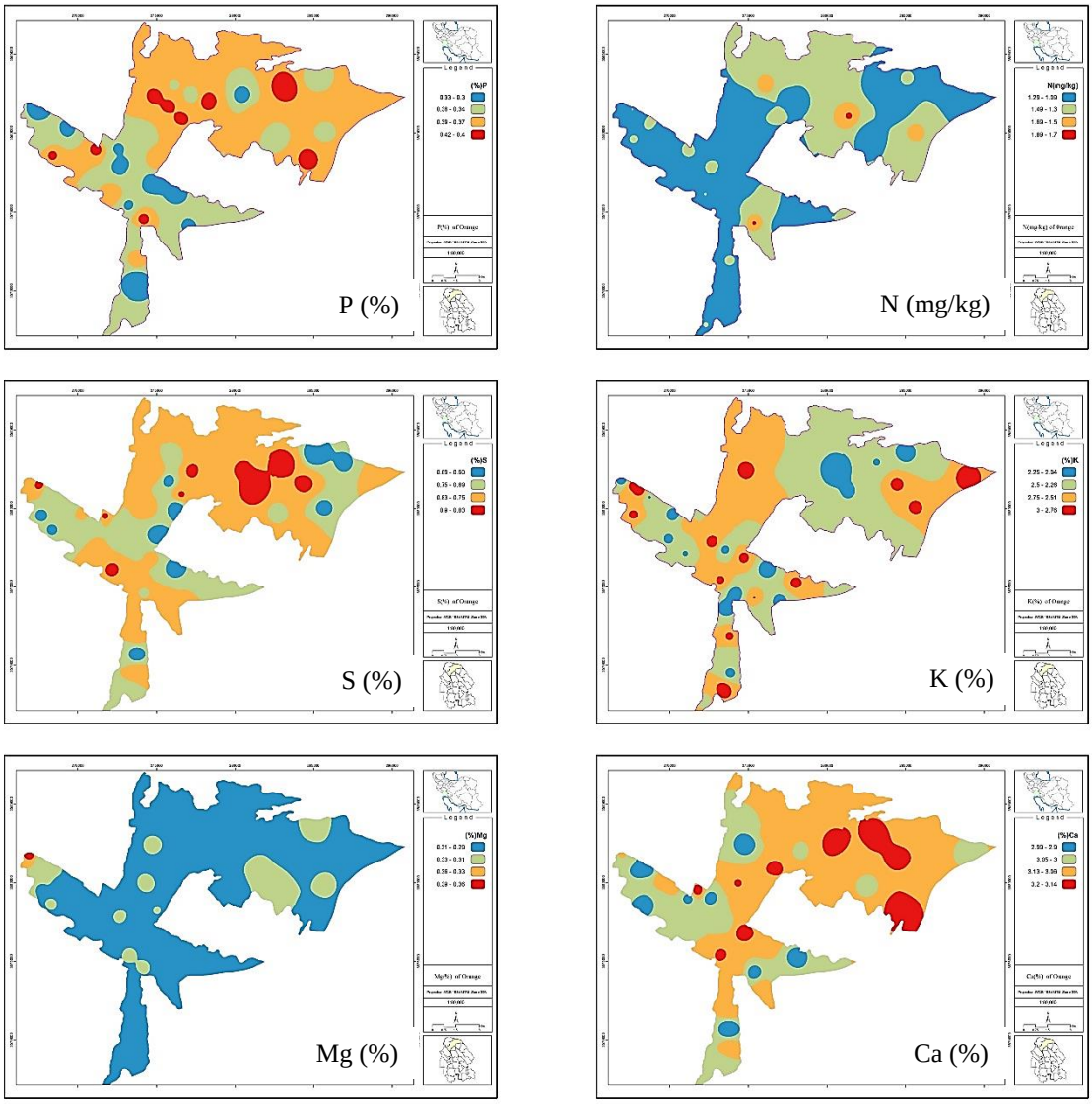
آخرین مرحله از مدل‌سازی، پیاده‌سازی مقادیر شبیه‌سازی شده روی نقشه در محیط نرم افزار GIS است. لازم به ذکر است که مساحت باغ‌ها پرتقال مورد بررسی در این تحقیق ۳۲ هکتار می‌باشد. موقعیت جغرافیایی باغ‌ها پرتقال در شهرستان دزفول و توزیع مکانی عناصر غذایی در خاک و گیاه به ترتیب در شکل ۴ و ۵ آمده است.

[1] Zawadzki and Fabijanczyk



شکل ٤. الگوی توزیع مکانی (N, P, K, S, Ca, Mg) در نمونه‌های خاک باغ‌های شهرستان دزفول

الگوی توزیع مکانی هر کدام از عناصر اندازه‌گیری شده در خاک (شکل ۴) و برگ درختان پرتقال (شکل ۵) ملاحظه می‌شود. بر این اساس می‌توان مشاهده کرد در خاک جنوب باغ‌های پرتقال ازت کمترین مقدار را دارد (۰/۴۲ تا ۱/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و الگوی توزیع آن شبیه توزیع در برگ درختان پرتقال (۱/۰۹ تا ۱/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. منیزیم در شمال و قسمتی از جنوب کمترین مقدار (۳/۱۱ تا ۴/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و گوگرد در بیشتر خاک منطقه بین (۲۱/۳۱ تا ۲۶/۲۵) میلی‌گرم بر کیلوگرم است. بیش از نیمی از مساحت منطقه فسفر، پتاسیم و کلسیم به ترتیب کمتر از ۵/۲۵، ۸۴ و ۱۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که در کل خاک باغ‌ها ملاحظه می‌شود. کمترین مقدار فسفر موجود در برگ درختان در مناطق جنوبی (کمتر از ۰/۳۶ درصد) و منیزیم در اکثر برگ درختان کمتر از ۰/۳۱ درصد است. از نقشه‌های تهیه شده به وضوح می‌توان عدم یکنواختی کوددهی‌ها را مشاهده نمود.



شکل ۵. الگوی توزیع مکانی (N, P, K, S, Ca, Mg) در درختان پرتقال شهرستان دزفول

نتیجه‌گیری

در بررسی توزیع و پراکنش عناصر غذایی در باغ‌های پرتقال، این امکان را به وجود می‌آورد که با دیدی جامع نگرانه‌تر، کمبود و یا پیش بود عناصر غذایی مورد نیاز منطقه مورد نظر بررسی شود. این اطلاعات همچنین می‌تواند در توصیه میزان کود مورد استفاده برای بخش‌های مختلف منطقه کاربرد داشته باشد. نتایج مدل‌سازی صورت گرفته می‌تواند با کاهش دامنه نمونه‌برداری، صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه و زمان ایجاد کند. در بررسی کارایی مدل آماری گاوسین در پراکنش عناصر غذایی در خاک و برگ درختان پرتقال باغ‌های شهرستان دزفول، نتایج نشان داد ضریب همبستگی خطی پیرسون محاسبه شده، بیشترین همبستگی بین کلسیم و پتاسیم همچنین منیزیم و کلسیم در خاک وجود دارد ولی در برگ درختان پرتقال همبستگی خطی بین هیچ کدام از عناصر غذایی وجود ندارد. نتایج برازش مدل گاوسین دقت برآورد میان‌یابی با توجه به اثر قطعه‌ای برای عناصر غذایی سنجش شده در خاک و برگ درختان پرتقال نشان داد عنصر ازت کمترین دقت را داشت و بالاترین دقت در خاک و گیاه به ترتیب مربوط به پتاسیم و گوگرد است. در برآورد بهترین روش درون‌یابی عنصر کلسیم در خاک کمترین خطا در هر دو روش کرنل و

کریجینگ ساده داشت درحالی که در برگ گیاه، منیزیم در روش کرنل و پتاسیم در روش کریجینگ ساده خطای کمتری دارد. بالاترین خطا برای خاک و گیاه به ترتیب مربوط به پتاسیم و کلسیم در روش کرنل است. نتایج الگوی توزیع مکانی عناصر اندازه‌گیری شده در خاک و برگ درختان پرتقال نشان داد عنصر ازت موجود در خاک در جنوب منطقه مورد مطالعه کمترین مقدار را دارد و الگوی توزیع آن شبیه توزیع در برگ درختان پرتقال است.

تهیه نقشه‌های الگوی توزیع عناصر گوناگون در خاک و همچنین باغ‌ها یکی از مهمترین روش‌های مدیریت کلان اراضی است. به همین جهت هرچه دقت تهیه این‌گونه نقشه‌ها بیشتر باشد، نتایج تصمیم‌گیری‌ها دقیق‌تر خواهد بود. مطالعات زمین‌آماری کمک شایانی به تهیه نقشه‌های با دقت مشخص می‌کند و می‌تواند روشی بسیار مهم در مدیریت کلان اراضی تلقی گردد.

Reference:

Aiobi, S., Mohamad Zamani, S., and Khormali, F. 2007. Estimation of total soil nitrogen using the amount of organic matter by kriging, cokriging and kriging methods - regression in a part of reddish arable lands of Golestan province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14. (4). (in Persian with English abstract)

Asadi Kangarshahi, A., Basirat, M., Akhlaghi, N., Haghighatnia, H., Sheikh Ashouri, A., and Sabbah, A. 2016. Instructions for optimal use of fertilizer in fruit trees (Vol. 1). Ministry of Jihad Agriculture. (in Persian)

Bai ,M., Haghizade, A., and Tahmasebipour, N. 2018. Spatial Variations of quality Groundwater use Geostatistical Method. Geographical Space, 18(63), 147-164. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-2308-en.html

Baz, I., Geymen, A., and Er, S. N. 2009. Development and application of GIS-based analysis/synthesis modeling techniques for urban planning of Istanbul Metropolitan Area. Advances in Engineering Software, 40(2), 128-140. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2008.03.016

Calabi-Floody, M., Medina, J., Rumpel, C., Condron, L. M., Hernandez, M., Dumont, M., and Mora, M. d. l. L. 2018. Chapter Three - Smart Fertilizers as a Strategy for Sustainable Agriculture. In D. L. Sparks (Ed.), Advances in Agronomy (Vol. 147, pp. 119-157) .Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.003

Fabijańczyk, P., and Zawadzki, J. 2019. Using Geostatistical Gaussian Simulation for Designing and Interpreting Soil Surface Magnetic Susceptibility Measurements. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(18), 3497. https://www.mdpi.com/1660-4601/16/18/3497

Farajnia, A. 2015. Investigation of spatial distribution of soil fertility elements in the Miyaneh wheat farms. Agroecology Journal, 11(1), 3.5-45. https://doi.org/10.22034/aej.2015.514346

Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for Natural Resource Evaluation. In (Vol. 42) .

Ismail, M. H., and Junusi, R. 2009. Determining and Mapping Soil Nutrient Content Using Geostatistical Technique in a Durian Orchard in Malaysia. Journal of Agricultural Science, 1. https://doi.org/10.5539/jas.v1n1p86

John, K., Afu, S. M., Isong, I. A., Aki, E. E., Kebonye, N. M., Ayito, E. O., Chapman, P. A., Eyong, M. O., and Penížek, V. 2021. Mapping soil properties with soil-environmental covariates using geostatistics and multivariate statistics. International Journal of Environmental Science and Technology, 18(11), 3327-3342. https://doi.org/10.1007/s13762-020-03089-x

Kazemi Poshtmasari, H., Tahmasebi Sarvestani, Z ,.Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2012. Evaluation of Geostatistical Methods for Estimating and Zoning of Macronutrients in Agricultural Lands of Golestan Province. Water and Soil Science, 22(1), 201. https://www.magiran.com/paper/1034000

Khorassani, R. 2016. Determination of norms and limitation of Nutrients for Orange by the Compositional Nutrient Diagnosis (CND) method. Soil Management and Sustainable Production, 6(3), 161-172. in persian. https://www.magiran.com/paper/1648206

Li, J., Wan, H ,.and Shang, S. 2020. Comparison of interpolation methods for mapping layered soil particle-size fractions and texture in an arid oasis. CATENA, 190, 104514. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104514

Lloyd, C. D., and Atkinson, P. M. 2004. Increased accuracy of geostatistical prediction of nitrogen dioxide in the United Kingdom with secondary data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 5(4), 293-305. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.07.00۴

Rezaeifard, M., Shariatmadari, H., and Toomanian, N. 2019. Investigation of Interpolation Methods for Determination of Organic Carbon and Nitrogen Spatial Distribution in Lanjanat Region in Isfahan Province. Iranian Journal of Soil Research, 33(3), 349 .۳۶۱-https://doi.org/10.22092/ijsr.2019.125196.431

Sadeghikhoo, S. R., and Aliabbaspour, R. 2018. Evaluation of Interpolation Models in Zoning of Heavy Metals in Soil (Case Study: Herris Area). Journal of Environmental Studies, 44(1), 17-32. in persian. https://doi.org/10.22059/jes.2018.242785.1007513

Salma, D., Munaswamy, V., Giridhara Krishna, T., Sumathi, V., and Reddy, B. 2019. GPS and GIS based Soil Fertility Maps and Identification of Soil Related Constraints for Chickpea Growing Soils of Owk Mandal ,Kurnool District (A.P), India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8, 1241-1247. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.806.151

Shahinzadeh, N., Babaeinejad, T., Mohsenifar, K., and Ghanavati, N. 2022. Spatial variability of soil properties determined by the interpolation methods in the agricultural lands. Modeling Earth Systems and Environment. https://doi.org/10.1007/s40808-022-01402-w

Tadayon, V. 2017. Bayesian Analysis of Censored Spatial Data Based on a Non-Gaussian Model. Journal of Statistical Research of Iran, 13, 155-180. https://doi.org/10.18869/acadpub.jsri.13.2.155

Tadayon, V., and Khaledi, M. J. 2015. Bayesian Analysis of Skew Gaussian Spatial Models Based on Censored Data. Communications in Statistics - Simulation and Computation, 44(9), 2431-2441. https://doi.org/10.1080/03610918.2013.839036

Zawadzki, J., and Fabijanczyk, P. 2018. The geostatistical reassessment of soil contamination with lead in metropolitan Warsaw and its vicinity. International Journal of Environment and Pollution, 6. (1).

Zawadzki, J., and Fabijańczyk, P. 2008. The geostatistical reassessment of soil contamination with lead in metropolitan Warsaw and its vicinity. International Journal of Environment and Pollution - INT J ENVIRON POLLUTION, 35. https://doi.org/10.1504/IJEP.2008.021127

Zhao, Y., Han, H., Cao, L., and Chen, G. 2011. Study on Soil Nutrients Spatial Variability in Yushu City (Vol. 369). https://doi.org/10.1007/978-3-642-27278-3_1

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 3 (47)
Spring 2023

Received:
2022-04-22

Accepted:
2022-12-19

Pages: 65-79

Nutrient's Elements Maps for Soil and Leaves of Orange Trees Using Gaussian Model (Case Study of Dezful City)

Ebtesam Neisian[1], Ebrahim Panahpour[1], Kamran Mohsenifar[1*] and Teimor Babainejad[1]

1) Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
*Corresponding author email: mohsenifar.k@gmail.com

Abstract:
Background and Aim: Constructing land fertility maps is especially important in terms of determining the areas that need special nutrients, optimizing the use of agricultural fertilizers, and facilitating the optimal management of soil and plant nutrition. Spatial changes in soil and plant nutrients are common, but knowing these changes is essential for accurate planning and management particularly regarding agricultural lands. This research aims at zoning the spatial distribution pattern of nutrients aka nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur, calcium and magnesium in the soil and leaves of Dezful orange orchards trees using Gaussian model and geographic information system (GIS).
Method:A total number of 130 sampling points were set on the map in the vicinity of orange orchards of Dezful City with an area of 3200 hectares. Factors such as soil, cultivation and irrigation system, slope, elevation, and the manner of orange trees growth were considered to determine sampling locations. Following sampling the soil (0-60 cm depth) and plants, the samples were transferred to the laboratory and the concentration of the most consumed nutrients was measured. After preliminary statistical analyzes on the data, the correlation level of the variables that were measured in the soil and leaves of orange trees, were calculated through the Pearson correlation test. The location of sampling points was simulated via Gaussian model by using the R software. The interpolation was calculated using simple kriging and kernel methods. The model sensitivity analysis for the changes applied in the base values for implementing the algorithm, was done based on the replacement of the desired values from the posterior functions as well.
Results: Analysis of dispersion indices showed that the highest coefficient of variation is related to phosphorus element in soil and nitrogen element in leaf samples. The results showed that the mean square error values for elements of nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur were calculated respectively as 0.171, 0.152, 0.132 and 0.153 in simple kriging in soil, and as 0.212, 0.152, 0.229, and 0.166 in kernel method in soil; and respectively as 0.121, 0.188, 0.116 and 0.131 in simple kriging in samples of orange tree leaves, and as 0.184, 0.206, 0.172 and 0.229 in kernel method in the leaves samples as well. The results of the spatial distribution pattern of each of the measured elements in the soil and leaves of orange trees showed that the lowest amount of nitrogen is in the south of the region (0.42 to 1.33 mg/kg) and its distribution pattern is similar to the distribution in the leaves of orange trees (0.9 1 to 1.29 mg/kg). Magnesium is the lowest in the north and part of the south (3.11 to 4.57 mg/kg) and sulfur in most of the soil is between 21.31 and 26.25 mg/kg.
Conclusion: In examining the effectiveness of the Gaussian statistical model in the distribution of nutrients in the soil and leaves of orange trees in the gardens of Dezful city, the results showed that the Pearson linear correlation coefficient was calculated, the highest correlation between calcium and potassium, as well as magnesium and calcium in the soil, but there is a correlation in the leaves of orange trees There is no line between any of the food elements. In estimating the best interpolation method of calcium element in soil, it had the least error in both kernel and simple kriging methods, while in plant leaves, magnesium in kernel method and potassium in simple kriging method have less error. The highest error for soil and plant is related to potassium and calcium respectively in the Cornell method.
Keywords: Geo-statistical, nutrients, Semi-variogram, Spatial variation

10.30495/WSRCJ.2022.67055.11298