علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره دوازدهم، اسفند ماه ۹۸

# ارزیابی خاک فضای سبز پایانه مسافربری امام رضا (ع) مشهد، در راستای مدیریت محیط زیست پایدار

**صدیقه ملکی[۱]***

elymaleki@yahoo.com

**رضا پوزشی[۲]**

**علیرضا کریمی[۳]**

**محسن شریعتی[٤]**

**تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۱** **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۰۱**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** وجود تغییرات مکانی در خصوصیات خاک امری طبیعی می‌باشد و شناخت این تغییرات به ویژه در فضای سبز جهت برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت امری اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر، با افزایش نیاز جوامع به جابه‌جایی، ارتباطات و استفاده از وسایل نقلیه، روز به روز افزایش یافته است که خودروها عموما منابع اصلی تولید آلاینده‌های فلزات سنگین در شهرها هستند. هدف از این پژوهش، ارزیابی محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک فضای سبز و هم‌چنین تعیین میزان غلظت سرب و کادمیوم به‌عنوان شاخص‌های آلودگی ترافیکی پایانه مسافربری امام رضا (ع)، در بخش جنوب غرب شهر مشهد بود.

**روش بررسی:** نمونه‌برداری در ۱۲۹ نقطه از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری انجام شد. از طرفی برای تعیین ویژگی‌های عمقی خاک، سه خاک‌رخ تشریح و نمونه‌برداری شدند. نقشه‌های درون‌یابی عناصر با استفاده از روش‌های زمین‌آماری در نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین محدودیت این خاک‌ها عمق کم آن‌ها می‌باشد که عمدتا فاقد عمق کافی جهت رشد و توسعه درختان با سیستم ریشه‌ای عمیق می‌باشند. از سویی غلظت عناصر غذایی در خاک پایین‌تر از حد کفایت بود. نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شده نیز حاکی از آن است که این تغییرات به صورت لکه‌ای بوده و منطقه نیازمند مدیریت موضعی می‌باشد. غلظت آلوده‌کننده‌های کادمیوم نیز در منطقه بالای حد آستانه است ولی برای سرب در حال حاضر آلودگی خاک جدی نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی محدودیت، آلودگی خاک، خصوصیات خاک، پایانه مسافربری امام رضا (ع)

---

۱- مدرس گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه. * (مسوول مکاتبات)

۲- مدرس گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه.

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- دانشجوی دکتری علوم خاک، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد.

*J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.12, February, 2020*

# Evaluating of Soil of Green Space in Bus Terminal of Emam Reza, for Management of Sustainable Environmental

**Sedigheh Maleki[1*]**
*elymaleki@yahoo.com*
**Reza Poozeshi[2]**
**Alireza Karimi[3]**
**Mohsen Shariati[4]**

Accepted: 2017.11.22 Received: 2016.06.20

**Abstract**

**Background and Objective:** The presence of spatial changes in soil properties is normal, and it is inevitable to recognize these changes, especially in green spaces, for careful planning and management. On the other hand, with the increasing need of communities for transportation, communications and the use of vehicles, it has become increasingly common for cars to be the main source of heavy metal pollutants in cities. The aim of this study was to evaluate the physical and chemical limitations of green space soil and also to determine the concentration of lead and cadmium as indicators of traffic pollution of Imam Reza (AS) passenger terminal in the southwestern part of Mashhad.

**Analysis method**: Sampling was performed at 129 points at a depth of 20-0 cm. On the other hand, to determine the deep characteristics of the soil, three soil samples were described and sampled. Element mapping maps were prepared using statistical methods in ArcGIS software.

**Results and Discussion**: The results of this study showed that the most important limitation of these soils is their shallow depth, which mainly lacks sufficient depth for the growth and development of trees with deep root systems. On the other hand, the concentration of nutrients in the soil was lower than sufficient. The prepared zoning maps also indicate that these changes are spotty and that the area needs local management. The concentration of cadmium contaminants is also high in the threshold area, but for lead, soil contamination is not currently serious.

**Keywords:** Evaluating of limitation, Soil Pollutant, Soil Properties, Terminal Bus of Emam Reza

1- Lecturer, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Iran,* *Corresponding author*
2 - Lecturer, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Iran
3 - Professor, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4 - PhD Student of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad International Campus, Iran

**مقدمه**

توزیع جغرافیایی خاک‌ها براساس عوامل خاک‌سازی متفاوت است و در نتیجه خاک‌های مختلفی با خواص شناسایی و استعداد و امکانات متفاوت و گاهی نیز با انواع محدودیت‌ها به وجود می‌آید. در این راستا ابتدا باید منابع اراضی شناسایی شوند و قابلیت و استعداد آن‌ها برای انواع استفاده‌های ممکن بررسی شود. به عبارت دیگر، اولین و مهم‌ترین گام در اجرای طرح‌های توسعه، طبقه‌بندی و تعیین قابلیت و استعداد اراضی برای استفاده‌های مختلف کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و غیره می‌باشد تا از استفاده بی‌رویه و غیر اصولی که در نهایت منجر به تخریب و انهدام منابع می‌شود، جلوگیری به عمل آید (۱).

امروزه فضای سبز اهمیت به سزایی در بهبود شرایط محیط زیستی دارد و نقش مهمی در ایجاد مناظر زیبا و دلپذیر، کاهش آلودگی‌های گوناگون، ایجاد تغییرات مناسب در میکروکلیما، حفاظت از محیط طبیعی و منابع موجود در آن ایفاد می‌نماید. توجه به شرایط خاکی و تغذیه‌ای برای رشد گیاهان از اهمیت به سزایی برخوردار هستند؛ به طوری‌که اگر این امر تحقق نیابد نه تنها هزینه‌های مربوط به فضای سبز سرسام‌آور خواهد شد بلکه اهداف محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی آن نیز تحقق نخواهد یافت (۲). اذانی و همکاران (۳) در تحقیقی با عنوان برنامه‌ریزی فضای سبز شهری با تاکید بر مناطق گرم و خشک جنوب ایران بیان می‌کنند که استفاده از گونه‌های گیاهی بومی مناطق گرم و خشک، علاوه بر ایجاد تنوع و زیبایی، در کاهش آلودگی‌های هوا و آلودگی صوتی و نیز به دلیل نیازهای کم‌تر و سازگاری بیش‌تر از نظر هزینه نگه‌داری موثرند.

از سوی دیگر، با افزایش بی‌رویه جمعیت شهرها، افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی و حمل و نقل و تردد، شهرها و جوامع بشری در معرض آسیب‌های محیط زیستی جبران‌ناپذیری قرار می‌گیرند. از این‌رو، بسط و گسترش فضاهای سبز شهری در مناطق پرتردد به خصوص در پایانه‌های مسافربری دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. فلزات سنگین نیز از سوخت‌های فسیلی، فرسایش لاستیک و سایر اجزا، نشت مواد از خودروها و کامیون‌های حمل سوخت و دیگر فعالیت‌های ماشینی نیز به محیط‌های پیرامون جاده‌ها منتقل می‌شوند (۴ و ۵). با این که فلزات سنگین تنها بخش کوچکی از آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل را تشکیل می‌دهند، با توجه به مدت زمان زیاد ماندگاری آن‌ها در محیط زیست، در دراز مدت نقشی بالقوه‌ای در رابطه با کیفیت محیط زیست‌های پیرامون جاده‌ها بازی می‌کنند. بر پایه پژوهش‌ها، خاک‌های حاشیه بزرگ‌راه‌ها و مناطق پرتردد به شدت به فلزهای سنگین آلوده شده‌اند (۶).

عناصری همانند کادمیوم و سرب به طور خاصی نگران کننده هستند چون سلامت بشر را به خطر می‌اندازند به طوری‌که افزایش غلظت این فلزات منجر به اثرات منفی بر سلامتی همانند بیماری‌های سیستم عصبی، تغییر شکل سلول‌های خونی، سرطان و کاهش بهره هوشی می‌شود. فلزات نظیر سرب و کادمیوم نیز در غلظت‌های خیلی کم سمی هستند (۷). پژوهش‌ها نشان می‌دهد بسیاری از مناطق نزدیک نقاط پرترافیک مقادیر بالاتری از این فلزات را دارند (۸).

هر چند امروزه براساس استانداردهای منطقه‌ای و بین‌المللی مقدار سرب در بنزین بسیار کاهش یافته است، اما افزایش تعداد ماشین‌ها و دیگر وسایل نقلیه انتشار سرب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از سوی دیگر، پوشش تایر وسایل نقلیه نیز منجر به ورود سرب به خاک‌های پیرامون می‌شود (۴). بنابراین، با توجه به شهر بزرگی همانند مشهد و با داشتن رفت و آمد و ورود زایران زیاد به این شهر، انجام مطالعات پیرامون آلودگی فلزات سنگین آن بسیار مفید و ضروری به نظر می‌رسد. براساس نتایج مطالعات صورت گرفته در زمینه آلودگی هوای شهر مشهد، اصلی‌ترین عامل آلودگی هوا وسایط نقلیه موتوری و پایانه‌های مسافربری هستند (۹).

لازم به ذکر است کادمیوم به راحتی از طریق ریشه گیاهان جذب می‌گردد و سمیت آن برای گیاه تا ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین می‌باشد. کادمیوم به همراه گریس به بسیاری از قطعات خودرو افزوده می‌شود. گرچه آب‌کاری فلزها به ویژه روی،

ترکیبات گازوییلی، روغن موتور، نشت مواد سوختنی از وسایل نقلیه موتوری نیز منجر به ورود کادمیوم به خاک‌ها می‌شوند، اما سایش تایرها، منبع اصلی ورود کادمیوم به محیط پیرامون است، به طوری که مقدار کادمیوم در تایر خودروها ۲۰ تا ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۱۰).

خصوصیات خاک دارای تغییرات مکانی و زمانی در مقیاس‌های کوچک تا مقیاس‌های بزرگ می‌باشند که عوامل طبیعی (عوامل خاک‌سازی) و عوامل انسانی نظیر عملیات مدیریتی خاک، کوددهی و تناوب زراعی کنترل کننده این تغییرات هستند (۱۱ و ۱۲). به اعتقاد (۱۳) درک بهتر تاثیر عواملی مانند مدیریت و دست‌یابی به عملیات زراعی مناسب، مشخص کردن و کمی کردن غیریکنواختی و تغییرپذیری خصوصیات خاک لازم است. لذا تهیه نقشه‌ی پراکنش عناصر خاک می‌تواند بصیرت بهتری برای انجام مدیریت در منطقه به کاربران بدهد. ویژگی‌های خاک در نقاط مجاور هم، شباهت بیش‌تری دارند و با افزایش فاصله، این شباهت کم می‌شود که نشان‌دهنده وجود ارتباط مکانی می‌باشد. این واقعیت زیربنای روش‌های زمین‌آماری تعیین نقشه پراکنش ویژگی‌های خاک است. مزیت استفاده از زمین‌آمار این است که برخلاف آمار کلاسیک علاوه بر مقدار عنصر مورد بررسی موقعیت مکانی آن را نیز مورد تحلیل قرار داده و امکان محاسبه‌ی خطای تخمین را فراهم می‌آورد (۱۴).

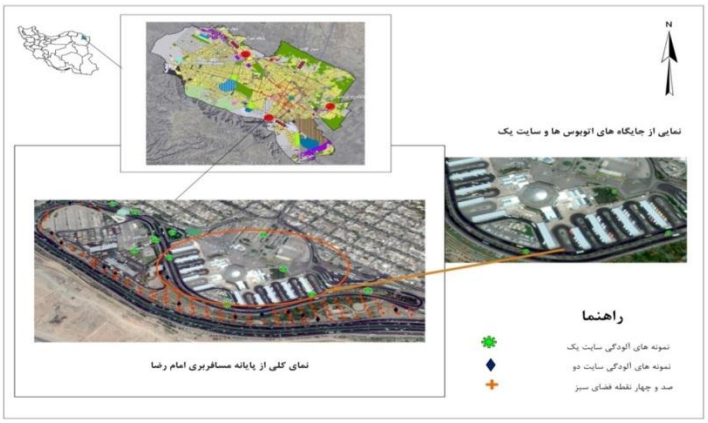
با توجه به جایگاه ویژه شهر مقدس مشهد به عنوان یک شهر زیارتی و تردد زیاد مسافران در آن، اراضی تحت کشت فضای سبز پایانه مسافربری امام رضا (ع) مشهد به دلیل تردد وسایل نقلیه، شکل منحصر به‌فرد اراضی، آلودگی شدید دارای اهمیت خاصی هستند. اکوسیستم بسیار شکننده این اراضی که شدیدا تحت تاثیر آلودگی وسایل نقلیه هستند، نقش اساسی در ذخیره عناصر غذایی و نگه‌داری گیاهان منطقه ایفا می‌نماید. با توجه به این‌که تاکنون در این پایانه، پژوهشی در زمینه تعیین غلظت عناصر غذایی جهت بررسی وضعیت عناصر خاک و به خصوص عناصر سنگین سرب و کادمیوم صورت نگرفته است، این پژوهش به منظور دسترسی به اهداف ۱- تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر غذایی به منظور شناسایی محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی، ۲- بررسی شرایط خاک و غلظت عناصر غذایی و پیشنهاد برای کاشت گیاه مناسب و اصلاح نحوه تصمیم‌گیری درکاشت فضای سبز منطقه، ۳- تخمین غلظت عناصر سنگین سرب و کادمیوم در خاک‌های فضای سبز مناطق مختلف پایانه و ۴- تعیین ارتباط بین تردد اتوبوس‌ها و انباشت فلزات سنگین در خاک‌های منطقه پایانه به منظور مدیریت و توسعه فضای سبز پایدار انجام شد.

## روش بررسی

### منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۴۷ هکتار در انتهای خیابان امام رضا (ع) در بخش جنوب‌غربی شهر مشهد واقع گردیده است (شکل۱). این منطقه در طول جغرافیایی□ ۴۳ ′۲۶ °۵۹ تا□ ۱۸ ′۲۳ °۶۰ شرقی و عرض جغرافیایی□ ۰۳ ′۵۶ °۳۶ تا □ ۱۰ ′۴۲ °۳۵ شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه در طی دوره آماری ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۲ در شهرستان مشهد ۲۵۹/۶۴ میلی‌متر، متوسط رطوبت ۵۶/۴، میانگین دمای سالانه ۱۴/۴ سانتی‌گراد و اختلاف میانگین درجه حرارت در سردترین ماه و گرمترین ماه سال ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۹).

پس از بازدید منطقه و شناسایی دقیق موقعیت فضای سبز، به طریق شبکه‌بندی از ۱۰۴ نقطه از خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) نمونه‌برداری شد. برای بررسی تاثیر ترافیک بر غلظت عناصر سنگین سرب و کادمیوم، ۲۵ نمونه سطحی از دو منطقه متفاوت فضای سبز، یکی نزدیک جایگاه‌های اتوبوس‌ها و محل تردد خودروها (نقاط پرترافیک، سایت ۱) و منطقه دیگر، دورتر از جایگاه‌های اتوبوس‌ها و محل تردد خودروها (نقاط کم ترافیک، سایت ۲) نمونه‌برداری شد. محل نمونه‌برداری توسط GPS ثبت گردید.



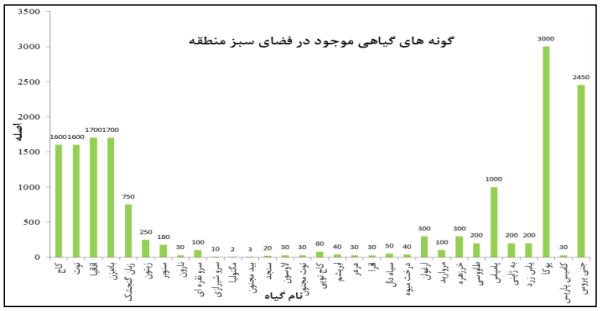

**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و شهر مشهد**

**Figure 1- Geographic location of the studied area in Khorasan razavi province and Mashhad city**

### آنالیزهای آزمایشگاهی

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایش‌گاه و هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند تا جهت آنالیزهای آزمایش‌گاهی مورد استفاده قرار گیرند. بافت خاک پس از اکسیداسیون مواد آلی، با روش هیدرومتری (۱۵)، اسیدیته خاک در حالت گل اشباع با استفاده از دستگاه pHمتر، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصاره اشباع (۱۶)، کربن آلی خاک با اکسیداسیون توسط دی کرومات پتاسیم (۱۷)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (۱۶)، نیتروژن کل خاک با استفاده از روش کجلدال (۱۸)، پتاسیم کل به روش شعله‌سنجی (۱۹)، فسفر قابل دسترس به روش اولسن (۲۰) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن (۲۱) تعیین گردیدند. برای تعیین غلظت شبه کل عناصر سرب و کادمیوم، نمونه‌ها توسط تیزاب سلطانی عصاره‌گیری شدند (۲۲) و غلظت آن‌ها توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید.

هم‌چنین، با توجه به هدف تحقیق که بررسی وضعیت خاک منطقه و محدودیت‌های آن می‌باشد و نظر به این‌که هیچ گونه مطالعات خاک‌شناسی دقیقی در فضای سبز این منطقه صورت نگرفته است جهت بهبود نگرش و دید جامع نسبت به این محیط، تعداد سه خاک‌رخ حفر، سپس تشریح و نمونه‌برداری آن‌ها صورت گرفت. شکل (۲) نیز گیاهان کاشته شده در فضای سبز منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد (اقتباس از مکتوبات و گزارشات موجود در واحد مطالعات سازمان پایانه مسافربری امام رضا (ع)) (۹).




**شکل ۲- مشخصات درختان و درختچه‌های کشت شده در فضای سبز پایانه مسافربری امام رضا (ع)**

**Figure 2- Specification of implanting trees and shrubs in green space of Terminal Bus of Emam Reza**

**آنالیزهای آماری و زمین‌آماری**

به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دست‌یابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری هر خصوصیت، توزیع فراوانی با کمک ویژگی‌های آن شامل میانگین، میانه، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی توسط نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها از آزمون کولموگروف -اسمیرنوف استفاده شد.

آنالیز هم‌بستگی مکانی و ابزار تحقیق در شرایط صدق فرضیات پایایی، تغییرنما[1] است. سمی واریانس در یک فاصله تفکیک مشخص به وسیله تابع زیر تخمین زده می‌شود (۲۳).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \qquad (۱)$$

که در این معادله، عبارت $\gamma(h)$ را تغییرنما می‌گویند. تغییرنما یک تابع برداری است که در آن فاصله و جهت نقش دارند. بنابراین تغییرنما ابزاری است که تغییرات فاصله‌ای یک متغیر خاص را نشان می‌دهد. تداوم و پیوستگی متغیر مورد مطالعه در آهنگ افزایش $\gamma(x)$ نسبت به مقادیر مختلف h منعکس می‌شود. بنابراین دامنه هم‌بستگی مکانی متغیر با کمک تغییرنما مشخص می‌شود. هر چه‌قدر متغیر مورد مطالعه دارای تغییرپذیری بیش‌تری باشد دامنه همبستگی مکانی آن کاهش خواهد یافت (۱۲). هر تغییرنما با پارامترهای آن یعنی اثر قطعه‌ای[2]، دامنه تاثیر[3] و سقف[4] تغییرنما مشخص می‌شود. جهت محاسبه و ترسیم تغییرنما نرم‌افزارArcGIS 9.3 مورد استفاده قرار گرفت و برای تشخیص ناهمسان‌گردی در این تحقیق از تغییرنمای سطحی[5] استفاده شد.

در این پژوهش از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ، کوکریجینگ و معین وزن‌دهی معکوس فاصله[6] جهت پهنه‌بندی عناصرغذایی استفاده گردید. به منظور مقایسه روش‌های مورد استفاده و انتخاب مناسب‌ترین روش زمین‌آمار، از روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شد. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شد و با استفاده از بقیه نقاط، آن نقطه برآورد گردید. این کار برای همه نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به طوری که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت. در این مطالعه از پارامترهای میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده شد. هر چه معیار ME به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بیش‌تر روش می‌باشد. برای انتخاب یک روش درون‌یابی از بین روش‌های مختلف لازم است روشی انتخاب گردد که خطای کم‌تری داشته باشد.

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{n} [Z^*(Xi) - Z(Xi)]}{n} \qquad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Z^*(Xi) - Z(Xi))2}{n}} \qquad (۳)$$

که در این دو معادله Z*(xi) مقدار برآوردی در نقطه iام و Z (xi) مقدار مشاهده‌ای برای نقطه‌ی iام می‌باشد. پس از تعیین بهترین مدل، از نرم افزار ArcGIS 9.3 جهت ترسیم نقشه استفاده گردید.

**یافته‌های تحقیق**

**ویژگی‌های خاک مورد مطالعه**

برای هرگونه مطالعه یا محاسبه آماری لازم است که داده‌های آزمایشی و مزرعه‌ای که به صورت توده‌ای از اعداد خام هستند به شکل خاصی منظم گردند. وضعیت توزیع داده‌ها برای کارهای آماری و از جمله زمین آمار از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. در صورت نرمال بودن یا نزدیک به نرمال بودن توزیع داده‌ها، روش‌های تخمین مورد استفاده در زمین آمار از دقت بالایی برخوردار خواهند بود. همان‌طور که در جدول (۱) دیده می‌شود برخی خصوصیات از قبیل کربن آلی،

1- Variogram
2- Nugget effect
3- Range
4- Sill
5- Variogram Surface
6- IDW

فسفر کل، فسفر قابل دسترس خاک و نیتروژن کل از توزیع نرمال برخوردار نبودند که ابتدا به کمک لگاریتم‌گیری نرمال شدند و سپس تجزیه و تحلیل واریوگرافی و واریوگرام متقابل پارامترها محاسبه شد. هم‌چنین با توجه به جدول (۱)، با وجود کوچک بودن منطقه مورد مطالعه، دامنه تغییرات ویژگی‌های خاک نسبتا زیاد می‌باشد که با توجه به سطح کم محدوده مورد مطالعه و ثابت بودن مواد مادری و اقلیم، می‌توان گفت که دلیل انتقال خاک از مناطق مختلف و نوع گیاه کاشت شده و عملیات مدیریتی از عوامل اصلی تغییرات ویژگی‌های خاک در فضای سبز این منطقه هستند.

**جدول ۱- توصیف آماری ویژگی‌های خاک**

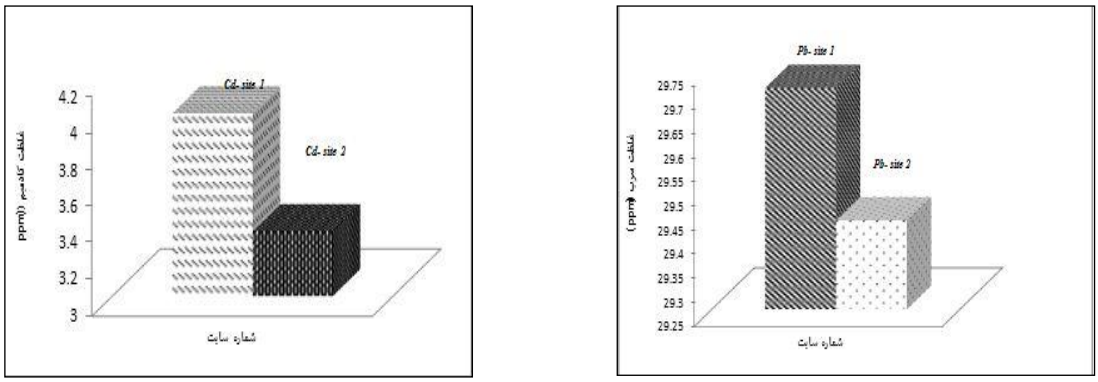
**Table 1- Statistics description of soil** properties

| پارامتر | واحد | حداقل | حداکثر | دامنه تغییرات | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات | چولگی | کشیدگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OC | (%) | ۰/۰۷۸ | ۱/۲۰ | ۱/۱۲ | ۰/۵۶۷ | ۰/۳۹۷ | ۰/۷۰ | ۳/۲۵۹ | ۰/۳۷۸ |
| CCE | (%) | ۰/۵ | ۴۷/۵ | ۴۷ | ۱۳/۴۸۰ | ۱۲/۱۱۶ | ۰/۸۹ | ۱/۰۳۴ | ۱۸/۹۱ |
| Clay | (%) | ۱۹ | ۵۳ | ۳۴ | ۳۱/۱۳۵ | ۵/۶۴ | ۰/۱۸ | ۰/۵۱ | ۱/۷۴۰ |
| Silt | (%) | ۳/۳۳ | ۵۰ | ۴۶/۶۶ | ۲۱/۸۴ | ۹/۲۶ | ۰/۴۲ | ۰/۵۱۱ | -۰/۱۲۴ |
| Sand | (%) | ۲۰/۸۳ | ۷۰ | ۴۹/۱۶ | ۴۷/۱۰ | ۱۲/۰۹۷ | ۰/۲۵ | -۰/۳۷ | -۰/۸۸ |
| pH | -Log $(H^+)$ | ۷/۰۷ | ۸/۹۰ | ۱/۸۳ | ۷/۷۳ | ۰/۳۶ | ۰/۰۴۶ | ۰/۵۱۸ | ۰/۸۷ |
| EC | $(dS.m^{-1})$ | ۱/۳ | ۱۴/۷۵ | ۱۳/۴۵۰ | ۶/۳۹ | ۲/۸۲ | ۰/۴۴ | ۰/۶۳۷ | -۰/۵۳ |
| Total N | (%) | ۰/۰۰۷ | ۱/۹۱۳ | ۱/۹۰۶ | ۰/۶۵ | ۰/۱۸۵ | ۰/۲۸ | ۹/۷۲ | ۹۷/۶۰ |
| Total K | $mg\ kg^{-1}$ | ۱۰/۵۶ | ۲۰/۳۴ | ۹/۷۷ | ۱۴/۹۲۸ | ۲/۱۵۱ | ۰/۱۴ | ۰/۶۲۴ | ۰/۰۶۸ |
| Total P | $mg\ kg^{-1}$ | ۰/۱۱۳ | ۰/۸۶۹ | ۰/۷۵۶ | ۰/۳۸۰ | ۰/۱۲۴ | ۰/۳۲ | ۲/۵۰۶ | ۷/۵۹۴ |
| Ava P | $mg\ kg^{-1}$ | ۰/۰۱۰ | ۱/۳۲۹ | ۱/۳۱۸ | ۰/۱۵۱ | ۰/۱۴۶ | ۰/۹۶ | ۳/۳۷۰ | ۱۱/۲۰ |
| Pb | $mg\ kg^{-1}$ | ۱۸/۰۸ | ۳۹/۲۳ | ۲۱/۱۵ | ۲۹/۵۸ | ۴/۳۱ | ۰/۱۴ | -۰/۲۲ | ۱/۵ |
| Cd | $mg\ kg^{-1}$ | ۲ | ۵/۹۳ | ۳/۹۳ | ۳/۶۵ | ۱/۰۵ | ۰/۲۸ | ۰/۷۲ | -۰/۱۴ |

**EC= هدایت الکتریکی، pH= اسیدیته خاک، Total N= نیتروژن کل، Total K= پتاسیم کل، Total P= فسفر کل، Ava P = فسفر قابل دسترس، OC= کربن آلی خاک، CCE= کربنات کلسیم معادل، Clay= رس، Silt= سیلت، Sand= شن، Cd= کادمیوم، Pb= سرب**

نتایج آزمایش‌گاهی عناصر فلزات سنگین در منطقه نیز بعد از مرتب‌سازی توسط طرح آماری کاملا تصادفی نامتعادل و آزمون LSD مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد به لحاظ آماری بین میزان سرب و کادمیوم موجود در ۲ سایت نمونه‌برداری تفاوت آماری مشاهده نمی‌گردد. اما مقادیر سرب و بخصوص کادمیوم در سایت ۱ بیش‌تر از سایت ۲ می‌باشد

(شکل ۳). (۲۴) نیز به این نتیجه رسیدند با وجودی که استفاده از سرب در فرآورده‌های نفتی از جمله بنزین از سال ۲۰۰۵ ممنوع شد، لیکن بالاترین غلظت سرب در مکان‌هایی با بار ترافیکی بالاست. با توجه به این‌که غلظت سرب در خاک‌ها بین ۱ تا ۲۰۰ میلی‌گرم برکیلوگرم و به طور متوسط ۱۵ میلی‌گرم برکیلوگرم و حد بحرانی آن ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (۲۵)، میانگین سرب موجود در خاک نیز با توجه به جدول (۱) کم‌تر از میزان بحرانی است. از این‌رو، در منطقه مورد مطالعه در حال حاضر مشکلی وجود ندارد، اما با توجه به بیش‌تر بودن سرب در محل تردد اتوبوس‌ها، انتظار می‌رود که در سالیان آینده مقدار سرب در خاک افزایش پیدا کند. در مورد کادمیوم، به طور کلی اکثر خاک‌های غیر آلوده غلظت‌های کمتر از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارند و غلظت بحرانی آن در خاک ۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۲۶). بنابراین میانگین غلظت کادمیوم در جدول (۱) نشان می‌دهد که میزان این عنصر بیشتر از حد بحرانی می‌باشد. هم‌چنین، میزان این عنصر در سایت شماره ۱ (نزدیک به جایگاه اتوبوس‌ها و محل سوار شدن مسافران) بیش‌تر از سایت شماره ۲ می‌باشد. اگرچه در نتایج (۲۷) پارامتر حجم ترافیک، به عنوان عاملی اثرگذار بر روند توزیع عناصر سنگین ذکر شده است، اما در این تحقیق ارتباط مناسبی بین غلظت سرب کل و این پارامتر نیز دیده نشد.




**شکل ۳- نمایش غلظت سرب و کادمیوم در دو سایت نمونه‌برداری در منطقه (سایت ۱: نزدیک جایگاه‌های اتوبوس‌ها و محل تردد خودروها و سایت ۲: مناطق دورتر از جایگاه‌های اتوبوس و محل تردد خودروها)**

**Figure 3- Display of pb and cd concentration in two sampling site of the studied area (site 1: near to buses stations and cars traffic and site 2: away areas of stations and cars traffic**

### ویژگی‌های خاک‌رخ‌ها

نتایج بررسی‌های آزمایش‌گاهی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در جدول (۲) ارایه شده است. هم‌چنین کلیه خاک‌رخ‌ها براساس سیستم جامع آمریکایی (کارکنان نقشه‌برداری خاک، ۲۰۱۴) طبقه‌بندی شده‌اند که نتایج طبقه‌بندی در جدول (۳) ارایه شده است. با توجه به نتایج رده‌بندی، تمامی خاک‌رخ‌ها دارای عمق کمی هستند که دلیل آن، وجود سنگ بستر یا تخته سنگ‌های بزرگ انتقالی می‌باشد (شکل ۴). در سراسر خاک‌رخ و نیز در اعماق بسیار کمی مواد دست‌ریز و انتقالی مشاهده شد و به همین دلیل، خاک‌ها فاقد افق‌های پدوژنیک هستند.

**جدول ۲- نتایج آنالیزهای آزمایش‌گاهی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در منطقه**

**Tabel 2- Results of laboratory analysis of soil pedons in the studied area**

| شماره خاک‌رخ | افق | ضخامت (سانتی‌متر) | رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | اسیدیته خاک | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | کربن آلی (درصد) | کربنات کلسیم معادل (درصد) | ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول برکیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | Ap | ۰-۲۵ | ۳۶/۲۵ | ۲۷/۶۷ | ۳۶/۰۸ | ۷/۱۲ | ۶/۹۷ | ۰/۵ | ۴۲/۵ | ۱۵/۵۴ |
| | $C_k$ | ۲۵-۶۰ | ۳۹/۳۸ | ۲۰/۶۲ | ۴۰ | ۷/۴۰ | ۵/۹۳ | ۰/۳۹ | ۴۷ | ۱۴/۲ |
| ۲ | Ap | ۰-۲۵ | ۳۳/۳۳ | ۶/۶۷ | ۶۰ | ۸/۶۳ | ۴/۴۵ | ۰/۴۲ | ۸ | ۱۳/۹۸ |
| | C | ۲۵-۴۵ | ۱۶ | ۱۸ | ۶۶ | ۸/۷ | ۴/۵ | ۰/۳۴ | ۱۱ | ۱۲/۶۰ |
| ۳ | Ap | ۰-۳۰ | ۳۱ | ۹/۳۰ | ۵۹/۷۰ | ۷/۹۳ | ۹/۱۷ | ۰/۸۹ | ۲ | ۱۷/۱ |
| | C | ۳۰-۷۰ | ۳۸/۳۳ | ۷/۶۷ | ۵۴ | ۷/۹۸ | ۱۰/۲۰ | ۰/۷ | ۴ | ۱۶/۲ |

**جدول۳- رده‌بندی خاک‌های مورد مطالعه در سیستم جامع آمریکایی**

**Tabel 3- Soil classification of studied soil pedons in keys to soil taxonomy**

| خاک‌رخ | سیستم آمریکایی (۲۰۱۴) |
|---|---|
| (۱) | Clayey- skeletal, Carbonatic, mesic , Typic Torriorthents |
| (۲) | Sandy- skeletal, Mixed, mesic , Typic Torriorthents |
| (۳) | Clayey- skeletal, Mixed, Active, mesic , Typic Torriorthents |

الف

ب

**شکل۴- بیرون زدگی سنگی (الف) عمق کم خاک (ب)**

**Figure 4- Rock outcrop (a) shallow depth of soil**

**تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک**

در شکل (۵) تغییرنمای سطحی کربن آلی خاک و فسفر قابل دسترس آورده به عنوان نمونه آورده شده است. نظر به تقارن تغییرنمای سطحی، متغیرها همسان‌گرد هستند. این نتیجه موید آن است که تغییرپذیری این متغیرها در جهات مختلف یکسان است و می‌توان از تغییرنمای همه جهته[1] برای محاسبات بعدی استفاده نمود بررسی تغییرنما تجربی نشان داد که عناصر خاک و سایر خصوصیات خاک مورد مطالعه در

1-Omni directional

منطقه دارای هم‌بستگی مکانی می‌باشند. پس از به دست آوردن تغییرنماهای تجربی، مدل تئوری بر تغییرنما به کمک نرم‌افزار ArcGIS برازش داده شد و تغییرنمای مناسب به داده‌های خصوصیات خاک از بین مدل‌های پایدار، دایره‌ای، کروی، نمایی و گوسی برازش گردید. پارامترهای تغییرنمای ویژگی‌های خاکی و مدل‌های برازش شده به آن‌ها در جدول (۴) خلاصه شده است. قابل توجه است که از میان متغیرهای مورد مطالعه ، به جز pH که از مدل کروی تبعیت می‌کرد، بقیه متغیرها اغلب از مدل نمایی و سپس گوسی تبعیت می‌نمودند.

الف ب

**شکل ۵- تغییرنمای سطحی کربن آلی خاک (الف) و فسفر قابل دسترس (ب)**

**Figure 5- Variogram Surface of soil organic carbon (a) and available P**

**جدول ۴- پارامترهای تغییرنما و شاخص‌های انتخاب مدل برای ویژگی‌های خاکی در کل منطقه**

**Tabel 4- Variogram parameters and indices of model selection for soil properties in total area**

| پارامتر | مدل | اثر قطعه‌ای | سقف | حداکثر دامنه تاثیر (m) | نسبت هم‌بستگی (٪) | کلاس هم‌بستگی* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کربن آلی خاک | نمایی | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۳۴ | ۴۴ | ۵۶/۹ | M |
| کربنات کلسیم معادل | نمایی | ۰/۳۱۴۷ | ۲/۰۵ | ۹۰ | ۱۳ | S |
| نیتروژن کل | گوسی | ۰/۰۰۹۸ | ۰/۰۷۲۶ | ۱۷ | ۱۱ | S |
| فسفر کل | نمایی | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۰۳۸ | ۱۵ | ۹۶ | W |
| پتاسیم کل | نمایی | ۴/۳۲۵ | ۰/۴۳۷ | ۵۹ | ۹۰ | W |
| فسفر قابل دسترس | نمایی | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۹۵ | ۵۲ | M |
| هدایت الکتریکی | نمایی | ۴/۳۸۸ | ۶/۴۱ | ۸۰ | ۴۰/۶ | M |
| اسیدیته خاک | کروی | ۰/۱۲ | ۰/۰۱۱۹ | ۳۰ | ۹۰ | W |
| شن | نمایی | ۸۶/۹۵ | ۹۷/۲۵ | ۶۹ | ۴۷/۲ | M |
| سیلت | گوسی | ۶۸/۱۳ | ۲۴/۸۵ | ۲۹ | ۷۳/۲ | M |
| رس | نمایی | ۲۱/۳۸ | ۱۳/۷۸ | ۵۷ | ۶۰ | M |

* کلاس هم‌بستگی: S (قوی)، M (متوسط) و W (ضعیف)

***Correlation class: S (strong), M (moderate), W (weak)**

براساس ارتباط بین خصوصیات خاک با یک‌دیگر (جدول ۵) پارامتر با ضریب هم‌بستگی بالاتر به عنوان متغیر کمکی برای روش کوکریجینگ در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است تعداد نمونه‌های سرب و کادمیوم ۲۵ عدد می‌باشد. از این رو به دلیل یکسان نبودن، تعداد این نمونه‌ها با سایر ویژگی‌های خاک در جدول بالا آورده نشده است.

**جدول ۵- ضرایب هم‌بستگی بین ویژگی‌های خاک**

**Tabel 5- Correlation coefficient between soil** properties

| | CCE | OC | N | pH | EC | Sand | Clay | Silt | Total K | Total P | Ava P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CCE** | ۱ | | | | | | | | | | |
| **OC** | ۰/۰۱۷ | ۱ | | | | | | | | | |
| **N** | -۰/۰۸۳ | ۰/۲۰۵* | ۱ | | | | | | | | |
| **pH** | ۰/۳۹۱* | -۰/۰۰۵ | ۰/۰۸۳ | ۱ | | | | | | | |
| **EC** | -۰/۱۱۰ | ۰/۱۱۰ | ۰/۲۰۱* | ۰/۱۴۶ | ۱ | | | | | | |
| **Sand** | -۰/۱۶۷ | -۰/۱۱۱ | -۰/۰۰۹ | -۰/۰۲۳ | -۰/۰۵۴ | ۱ | | | | | |
| **Clay** | ۰/۱۲۶ | ۰/۹۳ | ۰/۱۲۵ | -۰/۰۳۰ | -۰/۰۹۹ | -۰/۶۴۸** | ۱ | | | | |
| **Silt** | ۰/۱۲۷ | ۰/۰۰۷ | -۰/۰۸۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۰۸ | -۰/۸۶۹** | ۰/۲۲۲* | ۱ | | | |
| **Total K** | -۰/۱۲۵ | -۰/۰۹۵ | ۰/۰۰۳ | -۰/۱۴۷ | -۰/۱۷۹ | -۰/۱۱۳ | ۰/۱۵۵ | ۰/۰۸۹ | ۱ | | |
| **Total P** | -۰/۲۱۹* | ۰/۲۳۶* | ۰/۱۳۵ | -۰/۰۴۰ | -۰/۰۱۱ | -۰/۰۵۳ | ۰/۱۶۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۵۲۷** | ۱ | |
| **Ava P** | -۰/۱۴۹ | ۰/۱۳۵ | ۰/۰۲۶ | -۰/۱۱۶ | -۰/۰۸۳ | -۰/۰۲۵ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۳۷ | ۰/۵۰۳** | ۰/۹۱۱** | ۱ |

*** هم‌بستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **هم‌بستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد**

***significantly different (P < 0.05), ** significantly different (P < 0.01)**

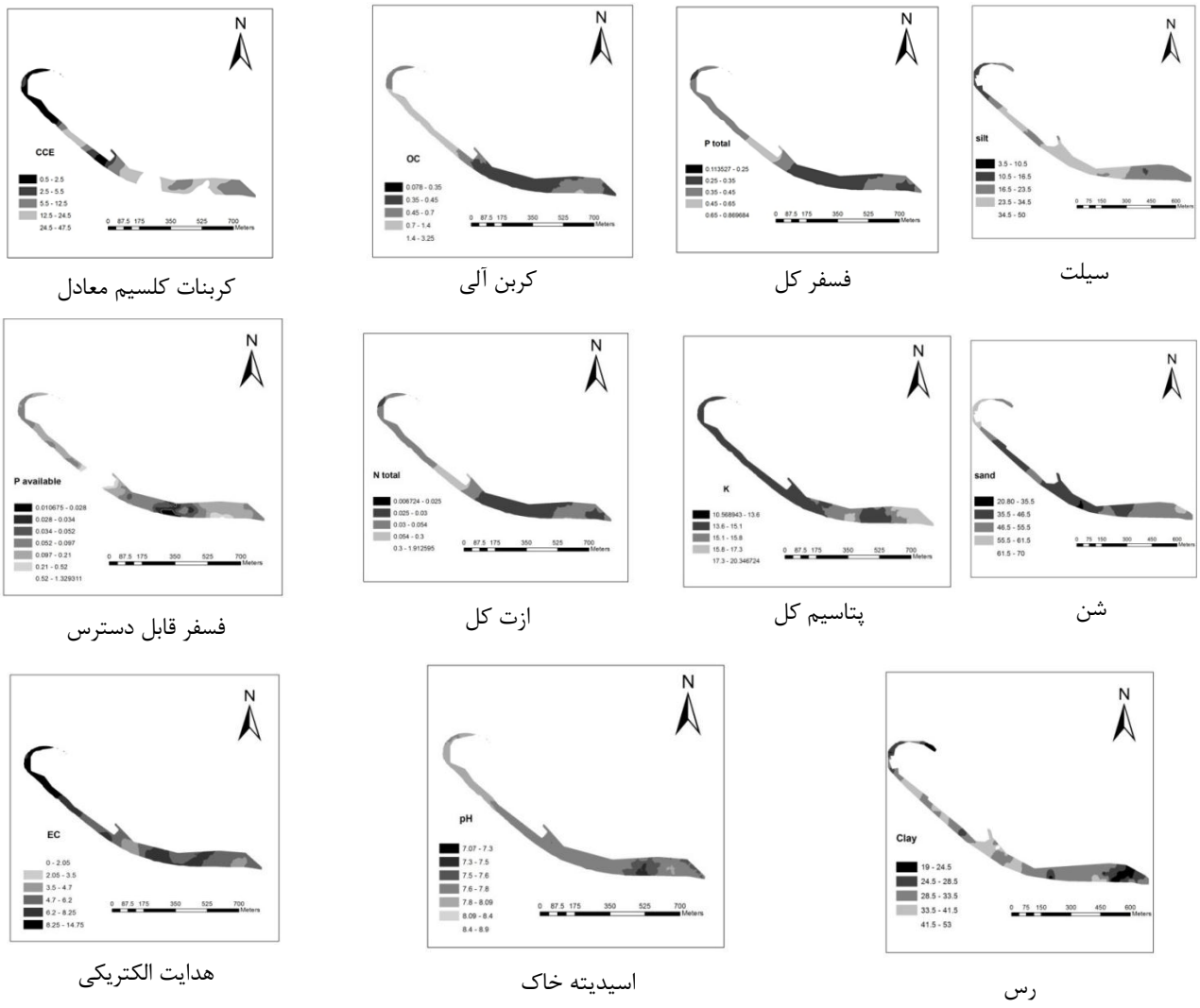
در ادامه درون‌یابی داده‌ها به کمک نرم افزار ArcGIS 9.3 به وسیله روش‌های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ و IDW انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۶) آورده شده است. مقادیر ME و RMSE مقدار اریبی را نشان می‌دهند که در حالت ایده‌آل باید صفر باشند. مقادیر مثبت یا منفی قابل توجه آن‌ها به ترتیب نشان دهنده‌ی برآورد بیش‌تر یا کم‌تر از مقدار واقعی هستند باتوجه به نتایج جدول (۴)، مقادیر مثبت ME در روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ به همراه روش معین IDW نشان دهنده این است که این روش‌های تخمین مقادیری بیش‌تر از مقدار واقعی را پیش‌بینی کرده‌اند.

**جدول ۶- نتایج اعتبارسنجی روش‌های گوناگون درون‌یابی برای ویژگی‌های خاکی در منطقه**

**Tabel 6- Cross validation of different methods of interpolation for soil properties in the area**

| پارامتر | تخمین‌گر | روش تخمین | متغیر کمکی | ME | RMSE |
|---|---|---|---|---|---|
| کربن آلی خاک | کریجینگ | معمولی | - | ۰./۰۰۱۴ | ۰/۲۲۶ |
| | IDW | توان ۲ | - | ۰/۰۰۳۶ | ۰/۲۲۸ |
| کربنات کلسیم معادل | کریجینگ | معمولی | - | ۰./۹۴ | ۷/۶۳ |
| | کوکریجینگ | معمولی | pH | -۰./۰۹ | ۷/۰۷ |
| | IDW | توان ۲ | - | -.۰/۱۹ | ۷/۹۷ |
| هدایت الکتریکی | کریجینگ | معمولی | - | ۰./۰۱۳ | ۲/۲۷۴ |
| | IDW | توان ۲ | - | -۰./۰۹ | ۲/۱۹۷ |
| اسیدیته خاک | کریجینگ | معمولی | - | -۰/۰۰۰۱۸ | ۰/۲۸۱ |
| | IDW | توان ۲ | - | ۰/۰۰۳۸۹ | ۰/۲۸۴۵ |
| ازت کل | کریجینگ | معمولی | - | ۰./۰۰۱۴ | ۰/۲۲۶ |
| | کوکریجینگ | معمولی | کربن آلی | -۰./۰۰۰۳۷ | ۰/۲۷ |
| | IDW | توان ۲ | - | ۰/۰۰۳۶ | ۰/۲۲۸ |
| فسفر کل | کریجینگ | معمولی | - | -۰/۰۰۰۹۶ | ۰/۱۱۰ |
| | کوکریجینگ | معمولی | کربن آلی | -۰./۰۰۰۱۳ | ۰/۱۰ |
| | IDW | توان ۲ | - | -۰/۰۰۳۹۲ | ۰/۱۰۸ |
| فسفر قابل دسترس | کریجینگ | معمولی | - | -۰/۰۰۰۶۵ | ۰/۴۲۰۶ |
| | IDW | توان ۲ | - | -۰/۰۱۲۲ | ۰/۴۲۰۶ |
| پتاسیم کل | کریجینگ | معمولی | - | ۰/۰۲۱ | ۲/۰۸۷ |
| | کوکریجینگ | معمولی | فسفر کل | ۰/۰۱۰۹۶ | -۰/۰۰۱۳ |
| | IDW | توان ۲ | - | -۰/۰۵۸ | ۲/۳۱۷ |
| شن کل | کریجینگ | معمولی | - | ۰/۱۱۷ | ۹/۹۹ |
| | IDW | توان ۲ | - | ۰/۳۳ | ۹/۳۸ |
| سیلت کل | کریجینگ | معمولی | - | -۰/۰۲۶ | ۸/۰۲۲ |
| | IDW | توان ۲ | - | -۰/۲۹ | ۷/۴۶ |
| رس کل | کریجینگ | معمولی | - | -۰/۰۷۹ | ۵/۱۰ |
| | IDW | توان ۲ | - | -۰/۰۰۸ | ۵/۱۵ |

در شکل (۶) نقشه درون‌یابی شده عناصر خاکی در کل فضای سبز منطقه براساس بهترین روش که دارای دقت بالاتری می‌باشند ترسیم شده است. مقایسه بین سه روش مورد نظر نشان می‌دهد که روش کوکریجینگ نسبت به دو روش دیگر برای پارامترهایی که از این روش استفاده شده، دارای دقت بالاتر می‌باشند و برای سایر پارامترها روش کریجینگ روش مناسب و با دقت بالاتری نسبت به روش IDW می‌باشد.




**شکل ۶- نقشه‌های میان‌یابی شده ویژگی‌های خاک در منطقه**

**Figure 6- Interpolation maps of soil properties in the area**

## بحث و نتیجه گیری

کاشت گیاهان مناسب و توسعه فضای سبز در مناطق آلوده یکی از اقدامات اولیه و موثر برای کاهش آلودگی محیط زیست می‌باشد. پوشش گیاهی از طریق جذب فلزات سنگین و جلوگیری از نفوذ آن‌ها در پروفیل خاک موجب کاهش آلودگی به فلزات سنگین می‌شود (۱۴). به منظور اصلاح، به‌سازی و جلوگیری از افزایش میزان آلودگی فلزات سنگین در خاک منطقه به خصوص میزان کادمیوم می‌توان از روش‌های بیولوژیک استفاده نمود به نحوی که در این روش از گونه‌های گیاهی با توان بسیار بالای جذب و انباشت عناصر کمیاب استفاده می‌گردد. این گیاهان که موسوم به ابرانباشتگر هستند، در مناطق آلوده به فلزات سنگین رشد کرده و مقادیر متنابهی از این فلزات نظیر سرب، روی، مس، کروم، نیکل و کادمیوم را جذب می‌نمایند (۲۸).

در یک تحقیق که توسط محققان لهستانی صورت گرفت، از گیاهان مختلفی از جمله گیاه ذرت و تاج‌خروس وحشی جهت پاک‌سازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در شرایط گلدانی و شرایط مزرعه استفاده گردید، نتایج نشان داد که میانگین میزان جذب فلز سرب در گیاه تاج

خروس وحشی از سایر گیاهان بیش‌تر بود (۲۹). هم‌چنین رحیمی و همکاران (۳۰) در مطالعه خود بیان داشتند که افزودن کودهای فسفاته باعث کاهش سرب زیست فراهم (قابل دسترس)، سرب محلول و تبادلی و سرب جذب شده به وسیله اندام هوایی گیاه گلایول گردیدند. هم‌چنین این کودها باعث کم شدن بخش محلول و تبادلی کادمیوم و نیز غلظت کادمیوم در اندام هوایی گیاه شدند ولی تاثیر معنی‌داری روی کادمیوم زیست فراهم نداشتند.

از طرفی در خصوص تعیین نوع گونه گیاهی، با توجه به نتایج خاک‌رخ‌ها، مهم‌ترین محدودیت این خاک‌ها عمق کم آن‌ها می‌باشد و خاک منطقه عمدتا فاقد عمق کافی جهت رشد و توسعه درختان با سیستم ریشه‌ای عمیق می‌باشد. همان‌گونه که در شکل (۴ الف) مشخص می‌باشد، یک بیرون زدگی سنگی که حاکی از وجود نزدیک بودن سنگ بستر به سطح است، مشاهده می‌گردد. از طرفی در شکل (۴ ب) مشاهده می‌گردد که گاهی در اعماق کم شاهد سنگ‌های بزرگ بودیم. بنابراین توصیه می‌گردد درختان و یا گیاهانی مدنظر قرار گیرند که از این حیث کم‌تر دچار مشکل گردند و برای این منظور گیاهان درختچه‌ای بر درختان با ریشه‌های عمیق ارجح می‌باشند. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود در محل کاشت درخت چاله‌های با عمق ۲ متر و عرض ۱/۵ متر حفر شود و با خاک پر شوند.

نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی و خاک‌رخ‌های خاک نشان می‌دهد که خاک‌های منطقه از بعضی لحاظ دارای محدودیت‌ها و مشکلاتی می‌باشند. همان‌گونه که در نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر غذایی مشاهده می‌شود، سطح غلظت عناصر مختلف در منطقه یکسان نیست و از تغییرات لکه‌ای برخوردار می‌باشد. اما در مورد عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز مواد آلی غلظت این عناصر پایین‌تر از حد کفایت می‌باشند (۳۱) و خاک منطقه مورد مطالعه از نظر این عناصر فقیر می‌باشد. از آن‌جایی که وجود شرایط نامناسب خاک و استفاده از خاک‌های فقیر از نظر عناصر غذایی در فضای سبز منطقه می‌تواند باعث بروز مشکلات تغذیه‌ای بارز در گیاهان شود و اغلب امکان تعویض بستر خاک هم در منطقه وجود ندارد، بنابراین به کارگیری روش‌های کوددهی مناسب جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک و رفع محدویت‌های خاک منطقه ریشه گیاه، حایز اهمیت می‌باشد. از سوی دیگر، با توجه به تغییرات لکه‌ای، برای رفع کمبود این عناصر، صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌های کود مصرفی و کوددهی و جلوگیری از اتلاف کود و آلودگی محیط زیست توصیه می‌گردد که با شناسایی نقاط مختلف و مناطق متفاوت برحسب شدت و غلظت موجود در خاک کوددهی انجام گیرد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج عناصر غذایی، شوری نسبتا بالا در برخی مناطق و pH که حالت خنثی تا قلیایی دارد، توصیه می‌شود از کودهای دو منظوره همانند سولفات پتاسیم، دی فسفات آمونیوم، نیترات پتاسیم و فسفات کلسیم استفاده گردد. زیرا به عنوان مثال با استفاده از دادن کود سولفات پتاسیم، علاوه بر رفع نیاز کودی خاک به پتاسیم در اصلاح pH قلیایی خاک نیز تا حدی مفید واقع خواهد شد. ضمنا با توجه به مقادیر پایین فسفر در منطقه و نیاز کودی از این حیث پیشنهاد می‌گردد از سوپر فسفات تریپل، به دلیل بالاتر بودن میزان فسفر کودی آن استفاده گردد. از طرفی چون میزان محلول بودن و حرکت کود فسفره در خاک بسیار محدود است اغلب کودهای فسفاته باید قبل از کاشت یا هم‌زمان با آن در محدوده رشد ریشه به خاک موجود در فضای سبز پایانه اضافه شوند.

تغییرات کلاس بافتی نیز در این منطقه از لوم، لوم رسی، لوم رسی شنی، لوم رسی و رس شنی متغیر می‌باشد؛ در خصوص بافت خاک نکته قابل تامل این‌که در بعضی از مناطق نزدیک ی‌کدیگر، گاها ۲ کلاس بافتی کاملا متفاوت مشاهده شده است. با توجه به این‌که نقشه‌های تهیه شده حاکی از این است که تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در یک منطقه تحت یک نوع کشت و در موقعیت‌های نزدیک به هم دارای تغییرات بارزی در این پارامترها می‌باشد، این امر نشان از متفاوت بودن خاک‌های فضای سبز و انتقالی بودن آن‌ها در منطقه می‌باشد.

پیشنهاد می‌گردد از مصرف کمپوست (کود آلی به دست آمده از زباله شهری) حاوی مقادیر بالای فلزات سنگین (سرب) در فضای سبز منطقه که در سال‌های اخیر در پارک‌ها و زمین‌های

کشاورزی رواج یافته است، جلوگیری گردد. زیرا متداول‌ترین فلزات در کمپوست شامل کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب است که غلظت آن‌ها از چند میکروگرم تا چند میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است (۳۲). از این‌رو توصیه می‌گردد، چنان‌چه از کمپوست نیز استفاده گردید، به وضعیت خاک مورد استفاده و میزان فلزات موجود در کمپوست توجه کافی شود تا از آلودگی‌های احتمالی و صدمات جبران‌ناپذیر آن جلوگیری گردد.

هم‌چنین استفاده از گیاهانی با نیاز آبی کم، مقاوم به خشکی، مقاوم به آلودگی‌های موجود در منطقه و با ریشه کم عمق مانند گونه‌های غیردرختی و پرچینی مانند زرشک زینتی، رزماری، ختمی، به ژاپنی و خرزهره و گل‌های فصلی مانند گل جعفری، بنفشه، شب‌بو، تاج خروس، میمون، داوودی، قدومه و همیشه بهار که مجموع این گیاهان تا حدودی پارامترهای لازم را دارا می‌باشند و استفاده حداقلی از گیاهان پوششی مانند چمن و کاهش سطح گل‌کاری‌های مکرر فصلی و نیز استفاده از گل‌های با نیاز آبی پایین برای جلوگیری از هدر رفت آب و ایجاد پوشش مقاوم در منطقه از مواردی هستند که می‌توان به آن‌ها اشاره نمود. البته هر یک از گونه‌های نامبرده می‌تواند بسته به شرایط و چگونگی ترکیب‌بندی با دیگر گیاهان در روش‌های مختلف کاشت مورد استفاده قرار بگیرند. از آن‌جایی که این گونه‌های گیاهی برای فضای سبز و ایجاد زیبایی منطقه به کار گرفته می‌شوند، باید به نحوه قرارگیری گیاهان نسبت به یک‌دیگر و نیز نسبت به محیط فراگیرنده آن‌ها، شکل کلی، رنگ و بافت گیاهان دارای توجه زیادی شود.

علاوه بر راه‌کارهای پیشنهاد شده در فوق به جهت کاهش تجمع و غلظت عناصر سنگین در خاک‌های پایانه مسافربری امام رضا (ع) و مناطق با کارکرد مشابه آن می‌توان به راه‌کارهای مدیریتی و پیش‌گیرانه اشاره کرد. به عنوان مثال کاهش مدت زمان روشن ماندن خودروها در زیر جایگاه‌ها قبل و بعد از سوار کردن مسافر، انجام دقیق و لحاظ کردن عوامل محیط زیستی بیش‌تر در معاینات فنی خودروها، استفاده از سوخت‌های استاندارد و جایگزین کردن سیستم‌های هوشمند با سیستم‌های قدیمی تولید انرژی که همگی منجر به کاهش سوخت‌های فسیلی و آلوده کننده‌های شیمیایی می‌گردند.

**تشکر و قدردانی**

بدین وسیله از مدیران و کارشناسان مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد، مدیر عامل و کارشناسان محترم سازمان پایانه‌های مسافربری شهرداری مشهد به ویژه واحد توسعه و برنامه‌ریزی سازمان که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند مراتب سپاس و قدردانی خود را ابراز می‌نماییم.

**منابع**

1. Ayoubi Sh, and Jalalian A. Land evaluation (agricultural and natural resource land uses. Isfahan University of Technology press, 2014; p. 386. (In Persian)
2. Balram Sh, and Dragicevic S. Attitudes Toward urban green space: integrating guestionnaire survey and collaborative GIS techniques to improve attitude measurements. landscape and urban planning. 2005; NO 71: pp. 147-162.
3. Azani M, Abdianrad M, Maleki M. Urban green space planning with the focus on warm and dry regions of southern Iran. Geographic Space. 2010. Vol 10(31): pp. 1-26. (In Persian)
4. .Sharma S, and Prasad, F.M. Accumulation of Lead and Cadmium in soil and vegetable crops along major highways in Agra (India). Electronic Journal Chem. 2010; Vol 7(4): pp. 1174-1183.
5. We B, and Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils

from China. Microchem Journal. 2010; NO 94: pp. 99–107.
6. Grigalaviciene I, Rutkoviene V, and Marozas V. The accumulation of heavy metals Pb, Cu. 2005.
7. Khairy M, barakat A, mostafa A, and wade T. Multielement determination by flame atomic absorption of road dust samples in delta region Egypt. Microchemical journal. 2011; No 97: pp. 234- 242.
8. Fontanetti C, Nogarol L, de Souza R, Perez D, and Maziviero G. Bioindicators and Biomarkers in the Assessment of Soil Toxicity. In soil Contamination (chapter 8), MSc Simone Pascucci (Ed.); 2011. ISBN: 978-953-307-647-8, In Tech.
9. Consulting engineers Farhanad Azar. Mashhad city development plan, safety and security. 2012, p. 131. (In Persian)
10. Rashid Shomali A, and Khodaverdiloo H. Contamination of soils and plants along Urmia-Salmas highway (Iran) to some heavy metals. Water and Soil science. 2012; Vol 22(3): pp. 157-172. (In Persian)
11. Godwin R.J, and. Miller P.C.H. A review of the technologies for mapping within- field variability. Biosyststems Engineering. 2003; No 84: pp. 393-407.
12. Quine T.A and Zhang Y. An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, U.K. Journal of soil and water conservation. 2002; No 57: pp. 50-60.
13. Bosun S.Z, and Qiguo Z. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical, china. Geoderma. 2003; NO 115: pp. 85-99.
14. Mohammadi Sani M, Astaraei A, Fotovat A, Lakziyan A, and Taheri M. The effect of Zeolite and TSP on speciation of Pb, Zn and Cd in mine waste. Journal of Water and Soil. 2011; Vol 25(1): p. 42-50. (In Persian)
15. Bouyouco G.J. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron Journal. 1962; NO 54: pp. 464-465.
16. Page A.L, Miller R.H, and Keeney D.R. Methods of Soil Analysis. 2th Ed, Part 2: Chemical and biological properties, Soil Sci Soc Am Inc. publisher; 1982.
17. Walkley A, and Black I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 1934; NO 37: PP. 29-38.
18. Bremmer J.M, and Mulvaney C.S. Total nitrogen. Methods of Soil Analysis. Agron Journal. 1982; No 9: Part 2, Chemical and Microbiological properties.
19. Richards L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. USDA Hand book; 1954. No 60: Office Washington. DC.
20. Olsen S.R, and Summer L.E. Phosphorus. In: A. L. Page (ed.), Methods of Soil Analysis, Agron Journal. 1982; No 9: Part 2: Chemical and microbiological properties. 2nd ed., p. 403-430. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
21. Chapman H.D. Cation exchange capacity. In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Black, C.A. (Ed.).

American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA; 1965.
22. ISO/CD 11466. Soil Quality- Extraction of Trace Elements Soluble in Aqua-Regia, Switzerland. the international organization for standardization. 1995; p.12.
23. Burgess T.M; and Webster R. Optimal interpolation and isarthmic mapping of soil properties: I the semi-variogram and punctual kriging. Journal of Soil Science. 1980; No 31: pp. 315- 331.
24. Faiz y, Tufail m, Tayyeb j, Chadhurry m, and Siddigu n. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway Pakistan. Microchemical Journal. 2009; No 92, pp. 186–192.
25. SahehQadam Lotfi A. Lead metabolism and its toxicities. Tarbiat Modares University Press. 1988. (In Persian)
26. .Bolan N.S, Adriano B.C, and Mani, P.A. Immobilization and phytoavailibility of cadmium in variable chargesoilsII. Effect of lime addition. Plant and Soil. 2003; NO 251: pp.187-198.
27. Wang X. Integrating GIS, simulation models and visualization in traffic impact analysis. Computers, Environment and Urban Systems. 2005; NO 29: pp. 471–496.
28. Afyouni M, Erfanmanesh M. Environmental pollution: water, soil and air. Arkan press, Isfahan. 2011; p. 318. (In Persian)
29. Gorska M. Phytoremediation in Poland. 2011; Available at: www.ics.triest.it, Access time: 25/6/2011.
30. Rahimi Gh, Dodangeh H, Marofi S, and Gholami M The effects of chemical and organic manures on stabilization of Lead and Cadmium in polluted soils. J. of Water and Soil Conservation. 2015; Vol 21(5): pp. 71-92. (In Persian)
31. Salardini A.A. Soil fertility. Tehran University Press. 2005; p. 434. (In Persian)
32. Mohammad M.J, Athamneh B.M, Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. Journal of Agronomy. 2004; Vol 3(3): pp. 229-36.