

## Distribution Pattern of Heavy Metals in Roadside Topsoils around the Rasht-Qazvin Freeway

Mohamadi M.G<sup>\*1</sup>, Naeimi M<sup>2</sup>, Ghasemi R<sup>3</sup>

1. Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

2. Ph.D. Student, Health and Environmental Research Center, Faculty of Health, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran

3. Master Student, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran

\* *Corresponding author*. Tel: +989122377012, Fax: +981344322102, E-mail: mohammadi2g@gmail.com

Received: Nov 2, 2017 Accepted: Feb 26, 2018

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Heavy metals are one of the main factors in pollution of soils around roads and highways. This pollution is a serious environmental problem worldwide. The metals are released by different ways, such as wear and corrosion of various parts of the vehicle and tires, as well as combustion. These products could contaminate roadside topsoil. Thus, the purpose of this research is to determine the contamination of roadside soil by heavy metals in the Rasht-Qazvin Freeway.

**Methods:** The 30 soil samples from 0-20 cm depth at three distances (0-5, 5-15 and 15-30 m) of roadsides were collected. Concentration of heavy metals in samples was measured using ICP-OES. The Ecological Risk Index was calculated for assessing the biological hazard level of metals in the soil.

**Results:** Mean concentration of Zn, V, Cr, Pb, Cu, Co and Ni were 48.89, 46.63, 23.76, 20.05, 18.47, 11.11 and 9.48 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The results of potential ecological risk index showed that study area were of low ecological and biological risk.

**Conclusion:** Agricultural activities, climate conditions and vehicles traffic changes in the study area are important factors influencing the accumulation of heavy metals in the roadside topsoil. In order to pay attention to public health and food safety, it is suggested to evaluate concentration of heavy metals in agricultural products and rivers water in the study area.

**Keywords:** Rasht-Qazvin Freeway; Soli Pollution; Heavy Metals

# الگوی پراکنش فلزات سنگین در خاک‌های سطحی کنارجاده ای در اطراف آزادراه رشت - قزوین

محسن محمدی گلنگش<sup>۱\*</sup>، رضوان قاسمی ذوالپیرانی<sup>۲</sup>، محمد نعیمی جوبینی<sup>۳</sup>

۱. استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا،

گیلان، ایران ۳. کارشناس ارشد مهندسی شیمی، مرکز تحقیقات بهداشت و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان،

رشت، ایران

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۲۳۷۷۰۱۲ فکس: ۰۱۳۴۴۳۲۲۱۰۲ ایمیل: mohammadi2g@gmail.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه، جاده ها به عنوان یکی از مکان‌های شناخته شده برای انتشار آلودگی به شمار می‌روند و خودروها عموماً یکی از منابع اصلی تولید آلاینده‌های فلزات سنگین در خاک‌های کنارجاده‌ای شناخته شده‌اند. از این رو، هدف از انجام این تحقیق، تعیین آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف آزادراه رشت - قزوین بود.

**روش بررسی:** تعداد ۳۰ نمونه از خاک سطحی از عمق ۰ الی ۲۰ سانتیمتر در سه فاصله (۵-، ۱۵-، ۳۰-۱۵ متر) جمع-آوری شدند. غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های آماده شده با استفاده از دستگاه ICP-OES قرائت گردید. شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی برای ارزیابی سطح خطر زیستی فلزات در خاک محاسبه شد.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت فلزات سنگین Zn، V، Cr، Pb، Cu، Co، Ni به ترتیب ۸۸/۸۹، ۴۶/۶۳، ۲۳/۷۶، ۲۰/۰۵، ۱۸/۴۷، ۱۱/۱۱ و ۹/۴۸ (mg/kg) بدست آمد. نتایج شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی نشان دهنده خطر کم اکولوژیکی و خطر کم زیستی بود.

**نتیجه گیری:** فعالیت‌های کشاورزی، شرایط اقلیمی و تغییرات عبور و مرور خودروها از عوامل مهم و تأثیر گذار بر تجمع غلظت فلزات سنگین در خاک‌های سطحی کنارجاده‌ای منطقه مورد مطالعه می‌باشند. به منظور توجه به سلامت غذایی و بهداشت عمومی، پیشنهاد می‌شود تا مطالعه فلزات سنگین در محصولات کشاورزی و کیفیت آب رودخانه‌های منطقه به طور جامع انجام شود.

**واژه های کلیدی:** آزادراه رشت- قزوین، آلودگی خاک، فلزات سنگین

پذیرش: ۹۶/۱۲/۷

دریافت: ۹۶/۸/۱۱

## مقدمه

اقليمی در طول زمان بر روی مواد معدنی قشر سطحی پوسته زمین است که اثرات آلاینده‌ها در هر بخش می‌توانند مطلوبیت زیستگاهی خاک را کاهش دهند (۱). در بین انواع آلاینده‌های خاک، فلزات سنگین به علت پایداری در خاک و قابلیت تجمع و انتقال به زنجیره‌های غذایی، بر اساس غلظت و میزان سمیت از اهمیت زیادی برخوردار هستند (۲). فلزات سنگین با قابلیت تجمع در بافت‌های سخت و نرم و با ایجاد اختلال در سیستم‌های عصبی، کلیه، قلب، سیستم

در بین محیط‌های مختلف آب، هوا و خاک، آلودگی‌های محیط زیست در بخش خاک کمتر مورد توجه بوده بطوری‌که بخش عمده غذای انسان و سلامت بسیاری از زیست‌مندان به سلامت کیفی خاک وابسته است. خاک، نتیجه اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و محیطی مانند درجه حرارت و رطوبت، ماکرو و میکروارگانیسم‌ها و توپوگرافی و شرایط

گردش خون و تأثیر بر ضریب هوشی بر اساس نوع عنصر دارای مسمومیت مزمن و حاد می‌باشند که این موضوع برای کودکان بطور خاص و سایر افراد بر اساس شرایط محیطی و نوع تغذیه‌ای همواره نگرانی‌های جدی را اول برای سلامت انسان و سپس برای محیط زیست به همراه داشته است (۳). امروزه با افزایش توسعه در بخش‌های مختلف همواره نیاز جوامع به جابجایی و استفاده از وسایل نقلیه از روند رو به رشدی برخوردار بوده است. در میان انواع وسایل حمل و نقل، خودروها بعنوان یکی از منابع اصلی تولید آلاینده‌های فلزات سنگین شناخته شده‌اند (۴). استفاده از وسایل نقلیه موتوری باعث شده است تا انواع آلاینده‌ها از بخش‌های مختلف خودرو وارد محیط زیست شوند که در این خصوص می‌توان به انتشار ذرات خروجی از اگزوز، ذرات پوشاننده تایر و ساییدگی و پارگی آنها، بدنه خودروها، کلاچ، اجزای موتور، ذرات ناشی از استهلاک لنت ترمز، نشت روغن موتور و سیستم هیدرولیک، خوردگی باتری و قطعات فلزی مانند رادیاتور و... اشاره کرد که به خاک‌های حاشیه جاده‌ها منتشر می‌شوند (۵). عناصر Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr از رایج‌ترین فلزات سنگینی هستند که در اثر حرکت وسایل نقلیه موتوری به حاشیه جاده‌ها راه می‌یابند (۶). بیش از ۶۰ سال است که آلودگی خاک‌های کنار جاده‌ای به فلزات سنگین، موضوع تحقیق بسیاری از پژوهشگران داخلی و خارجی می‌باشد (۷). نتایج مطالعه غلظت فلزات سنگین در خاک حاشیه جاده مرسین ترکیه نشان داد که فلزات Ni, Pb, Cu, Cd و Zn نسبت به غلظت‌های زمینه دارای مقادیر بیشتری می‌باشند و همبستگی معناداری بین تعداد وسیله نقلیه و غلظت فلزات درون خاک وجود داشت. این نتایج نشان داد که وسایل نقلیه یک منبع اصلی آلودگی خاک کناره جاده‌ها به فلزات سنگین هستند (۸). در مطالعه‌ای دیگر، اشکریک و همکاران (۹)، منابع آلودگی خاک مناطق شمال صربستان به Pb, Cu, Zn و Cd را حمل و نقل جاده‌ای، سایش تایر

اتومبیل‌ها و روان‌کننده‌ها معرفی نمودند و آلودگی خاک به Ni و Cr را ترکیب فعالیت‌های انسانی و کشاورزی دانستند. مسیر آزادراه رشت- قزوین در محدوده امامزاده‌هاشم تا رودبار دارای توپوگرافی کوهستانی، تنوع پوشش درختی شامل درختان پهن‌برگ، پهن‌برگ همراه با سوزنی‌برگ، سوزنی‌برگ، پوشش درختان زیتون و بخش قابل توجهی نیز فاقد پوشش درختی می‌باشد و در بخش‌هایی از اطراف آن مزارع برنج و کلزا نیز وجود دارد. تنوع شرایط محیطی از لحاظ توپوگرافی و پوشش و عدم پوشش گیاهی و بدنال آن، تغییرات جریانات هوایی در شبانه‌روز، مزارع کشاورزی، تمرکز جوامع انسانی و قرار گرفتن در حاشیه رودخانه سفیدرود بعنوان پرآب‌ترین رودخانه جنوب دریای خزر و تأمین کننده بخشی از آب شرب منطقه، باعث شده است تا مطالعه در این منطقه از ویژگی‌های متفاوتی برخوردار باشد و از لحاظ ارزش‌های بهداشتی، سلامت غذایی و اکولوژیک از اهمیت بسیار بالایی برخوردار باشد.

## روش کار

### منطقه مورد مطالعه

آزادراه رشت- قزوین از نظر حمل و نقل جاده‌ای یکی از مهمترین قطعات شبکه آزادراهی کشور است و استان گیلان و اردبیل را به پایتخت کشور متصل می‌نماید. طول آزادراه رشت- قزوین حدود ۱۳۸ کیلومتر است که حدود ۱۲۵ کیلومتر از آن شامل ۳۱/۵ کیلومتر از امامزاده‌هاشم تا شمال رودبار و ۹۱/۱ کیلومتر از جنوب منجیل تا قزوین قرار دارد. ساخت این آزادراه از سال ۱۳۷۷ آغاز شد و از اواخر سال ۱۳۸۸ در دست بهره‌برداری قرار دارد. محور امامزاده‌هاشم تا رودبار از این آزادراه به طول ۳۱/۵ کیلومتر که بخشی از آن در حاشیه جنگل‌های هیرکانی واقع شده که بعنوان فسیل‌های زنده جنگلی از جایگاه علمی و اکولوژیکی بین‌المللی برخوردارند،

## روش‌های آماری

بمنظور انجام عملیات تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزار آماری SPSS 24 استفاده شد. در ابتدا، نرمال بودن داده‌ها در هر ایستگاه با آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۱</sup> مورد بررسی قرار گرفت. پس از تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال، بمنظور مقایسه غلظت فلزات در دو طرف جاده از آزمون تی مستقل<sup>۲</sup> و جهت تعیین ارتباط بین فلزات سنگین از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. به منظور بررسی و مقایسه اثر فاصله از کنار جاده بر غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌ها از آزمون اندازه‌گیری تکراری<sup>۳</sup> استفاده گردید. همچنین، به جهت تعیین منشأ فلزات مورد بررسی از تحلیل‌های آماری چند متغیره شامل تحلیل مولفه‌های اصلی<sup>۴</sup> و تحلیل خوشه‌ای<sup>۵</sup> (روش وارد<sup>۶</sup> و مجذور فاصله اقلیدسی) استفاده گردید.

## شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی

این شاخص در پژوهش‌های متنوعی از جمله جهت برآورد سمیت بیولوژیکی<sup>۷</sup> استفاده شده و می‌تواند برآورد جامعی از خطرات زیستی فلزات در محیط داشته باشد. شاخص خطر اکولوژیکی از طریق رابطه ۱، برآورد می‌شود (۱۰):

$$\text{رابطه ۱: } RI = \sum_{i=1}^n E_r^i; C_f^i = C_n^i / C_0^i; E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$

$C_f^i$  شاخص آلودگی یک فلز،  $C_n^i$  غلظت فلز در نمونه،  $C_0^i$  مقدار زمینه فلز و  $E_r^i$  ضریب پتانسیل خطر زیستی است.  $T_r^i$  ضریب واکنش سمیت فلز<sup>۸</sup> می‌باشد که برای Zn، V، Cr، Co، Ni، Cu، Pb به ترتیب ۵، ۵، ۵، ۲، ۲، ۱ است و  $RI$  پتانسیل کل خطر اکولوژیکی می‌باشد. هاکنسون برای  $E_r^i$  پنج کلاس بصورت  $E_r^i < 40$  (خطر کم)،  $40 \leq E_r^i < 80$  (خطر متوسط)،

قرارگرفتن در حاشیه رودخانه سفیدرود در کنار وجود زمین‌های کشاورزی متعدد در امتداد این آزادراه، بعنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد.

## نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی خاک

تعداد ۱۰ ایستگاه نمونه‌برداری به روش سیستماتیک تصادفی تعیین شد، بطوری‌که در هر طرف جاده، ۵ ایستگاه انتخاب و موقعیت آنها با استفاده از دستگاه GPS ثبت گردید (جدول ۱). در مجموع، تعداد ۳۰ نمونه خاک سطحی از عمق ۰-۲۰ سانتیمتر در سه فاصله ۵-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۳۰ متر از کنار جاده برداشت شد. همچنین، یک نمونه شاهد به منظور سنجش غلظت زمینه از زمین‌های دست نخورده و خارج از محدوده اثر آزادراه برداشت گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده به مدت ۷۲ ساعت در آزمایشگاه هوا خشک شدند. سپس با استفاده از الکترومیلیمتری جداسازی اولیه برای ذرات درشت انجام شد و در ادامه هر یک از نمونه‌ها از الکتروش ۱۰۰ عبور داده شدند. در ادامه، ۱ گرم از نمونه‌های خاک با استفاده از محلول  $HNO_3$  ۶۵ درصد و HCL ۳۷ درصد Merck (نسبت ۱ به ۳) هضم شدند (۷). در پایان، غلظت کل فلزات سنگین Co، V، Zn، Cr، Pb، Ni و Cu تمامی عصاره‌ها توسط دستگاه ICP-OES مدل Spectro Arcos قرائت گردید.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه	طول شرقی (E)	عرض شمالی (N)
۱	۳۷۴۱۱۶.۴۳	۴۰۹۶۳۶۶.۹۷
۲	۳۷۱۲۷۸.۶۴	۴۰۹۱۴۴۹.۹۰
۳	۳۶۷۹۴۷.۳۴	۴۰۸۲۷۷۵.۶۲
۴	۳۶۳۶۸۵.۵۷	۴۰۷۸۹۲۲.۱۶
۵	۳۶۰۹۵۹.۱۱	۴۰۷۷۶۲۱.۲۶
۶	۳۶۲۵۶۳.۸۶	۴۰۷۷۸۰۵.۲۹
۷	۳۶۵۹۳۶.۹۶	۴۰۸۰۸۱۲.۲۸
۸	۳۶۸۳۳۶.۰۴	۴۰۸۶۰۶۸.۱۷
۹	۳۷۱۲۲۰.۶۸	۴۰۹۰۹۸۷.۲۷
۱۰	۳۷۴۱۶۰.۷۲	۴۰۹۶۳۵۹.۴۳

<sup>1</sup> Shapiro-Wilk

<sup>2</sup> Independent Sample T-Test

<sup>3</sup> Repeated Measures

<sup>4</sup> Principal Component Analysis

<sup>5</sup> Cluster Analysis

<sup>6</sup> Ward

<sup>7</sup> Biological Toxicology

<sup>8</sup> Toxic-Response Factor

## یافته‌ها

نتایج مربوط به میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در ۱۰ ایستگاه از فواصل مختلف در آزادراه رشت- قزوین مطابق جدول ۲، نشان داده شده است.

$80 \leq E_r^i < 160$  (خطر بالا)،  $160 \leq E_r^i < 320$  (خطر شدید)،  $E_r^i \geq 320$  (خطر خیلی شدید) و برای  $RI < 150$  (خطر کم)،  $150 \leq RI < 300$  (خطر متوسط)،  $300 \leq RI < 600$  (خطر خیلی شدید) و  $RI \geq 600$  (خطر خیلی شدید) تعریف کرده است (۱۱).

جدول ۲: آمار توصیفی داده‌های مربوط به غلظت فلزات سنگین ( $mg/kg dw$ ) در آزادراه رشت - قزوین در ۱۰ ایستگاه

فلز	فاصله ۵-۰ متر	فاصله ۱۵-۵ متر	فاصله ۳۰-۱۵ متر	میانگین سه فاصله		
				پوسته زمین	غلظت زمین	ضریب تغییرات
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD		
Co	۱۱/۴۵ $\pm$ ۱/۴۸	۱۰/۲۲ $\pm$ ۲/۴۹	۱۱/۶۷ $\pm$ ۱/۷۹	۱۱/۱۱ $\pm$ ۱/۳۸	۲۰	۱۰/۹۰
Cr	۲۴/۰۵ $\pm$ ۵/۴۷	۲۱/۲۰ $\pm$ ۴/۴۷	۲۶/۰۴ $\pm$ ۳/۴۷	۲۳/۷۶ $\pm$ ۲/۸۶	۱۰۰	۲۱/۴۲
Cu	۱۹/۲۰ $\pm$ ۳/۶۰	۱۶/۵۱ $\pm$ ۵	۱۹/۷۰ $\pm$ ۲/۷۰	۱۸/۴۷ $\pm$ ۲/۹۳	۵۰	۱۷/۳۷
Ni	۹/۴۶ $\pm$ ۳/۰۲	۸/۴۷ $\pm$ ۳/۳۵	۱۰/۵۴ $\pm$ ۲/۴۲	۹/۴۸ $\pm$ ۲/۵۴	۷۵	۱۲/۵۸
Pb	۲۰/۶۵ $\pm$ ۲/۸۳	۱۹/۷۵ $\pm$ ۵/۴۳	۱۹/۳۸ $\pm$ ۶/۲۴	۲۰/۰۵ $\pm$ ۳/۲۳	۱۲/۵	۱۷/۲۱
V	۴۹/۸۴ $\pm$ ۱۲/۲۰	۴۰/۸۸ $\pm$ ۱۲/۸۰	۴۹/۱۲ $\pm$ ۷/۰۹	۴۶/۶۳ $\pm$ ۸/۹۸	۱۱۰	۳۶/۲۵
Zn	۶۴/۸۲ $\pm$ ۵/۳۷	۳۸/۶۴ $\pm$ ۳/۵۸	۴۳/۲۱ $\pm$ ۴/۱۴	۴۸/۸۹ $\pm$ ۹/۰۴	۷۰	۴۵/۰۷

(جدول ۳) نشان داد فاصله از کنار جاده تأثیری بر میزان غلظت فلزات در ایستگاه‌های مورد مطالعه ندارد.

بررسی تفاوت غلظت فلزات در دو طرف آزادراه بیانگر عدم وجود اختلاف بین میانگین غلظت فلزات سنگین بود. بررسی و مقایسه اثر فاصله از کنار جاده بر غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۳: نتیجه آزمون Repeated Measures برای بررسی اثر فاصله بر غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌ها

فلز	مجموع مربعات ۳ نمونه	df	میانگین مربعات	F	P-value
Zn	۳۹۱۱/۳۵۳	۲	۱۹۵۵/۶۷۶	۲/۰۶۹	۰/۱۵
V	۴۹۵/۱۵۰	۱/۸۲۴	۲۷۱/۴۵۳	۲/۴۲۱	۰/۱۲
Pb	۸/۴۵۴	۱/۷۰۴	۴/۹۶۱	۰/۱۸۱	۰/۸۰
Ni	۲۱/۴۴۰	۱/۷۶۲	۱۲/۱۶۵	۲/۵۱۰	۰/۱۱
Cu	۵۸/۵۴۲	۱/۹۷۰	۲۹/۷۱۰	۲/۵۵۲	۰/۱۰
Cr	۱۱۸/۱۷۹	۱/۴۳۴	۸۲/۳۹۶	۲/۸۱۶	۰/۱۰
Co	۱۲/۰۹۷	۱/۵۷۹	۷/۶۶۲	۳/۱۰۲	۰/۰۸

Ni و Cr، Ni و Co، Cr و Co وجود دارد. همچنین در این سطح بین V و Pb، همبستگی منفی مشاهده می‌گردد.

نتایج ضرایب همبستگی پیرسون بین فلزات سنگین مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد که همبستگی مثبتی بین فلزات Cu و Co، Cu و Cr، Ni و Cu در سطح ۱٪ وجود دارد. در سطح ۵٪، همبستگی مثبتی بین فلزات

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین فلزات سنگین در آزادراه رشت - قزوین

	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Co	۱						
Cr	۰/۶۷۰*	۱					
Cu	۰/۸۶۹**	۰/۸۳۳**	۱				
Ni	۰/۶۹۳*	۰/۷۶۲*	۰/۷۹۷**	۱			
Pb	۰/۱۷۲	۰/۰۴۱	۰/۰۰۷	۰/۴۰۵	۱		
V	۰/۵۳۴	۰/۳۱۰	۰/۵۰۵	-۰/۰۴۸	-۰/۶۳۲*	۱	
Zn	-۰/۰۹۷	۰/۳۰۶	۰/۳۱۵	۰/۰۷۶	-۰/۶۱۸	۰/۳۵۵	۱

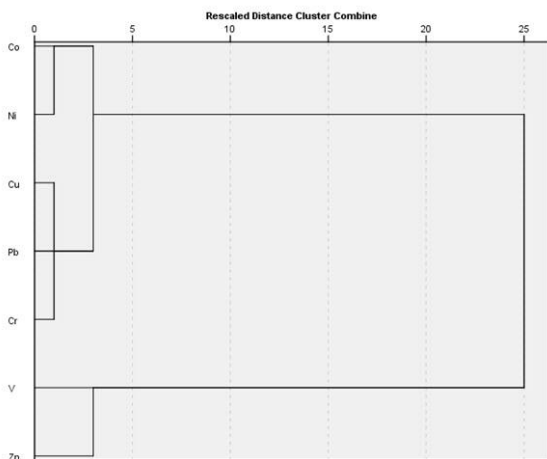
\*\* همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۱، \* همبستگی در سطح معناداری ۰/۰۵

اول، Co و Ni تشکیل یک خوشه مجزا و نیز با کمی فاصله نسبت به این خوشه فلزات Cu، Pb و Cr تشکیل خوشه‌ای دیگر را داده‌اند. فلزات V و Zn بصورت جدا از سایر فلزات تشکیل یک خوشه داده‌اند که در فاصله زیادی نسبت به دو خوشه قبلی قرار گرفته است.

بر اساس نتایج حاصل از آزمون مؤلفه‌های اصلی مطابق جدول ۵، دو مؤلفه اصلی از مجموعه داده‌های موجود استخراج شد که ۸۱/۰۷ درصد از واریانس متغیرها را به خود اختصاص داده که عامل اول، ۴۹/۵۳ درصد و عامل دوم، ۳۱/۵۴ درصد از کل واریانس را تشریح می‌کند بطوری‌که عامل اول به طور مثبت و معناداری با Cu، Ni، Co، Cr و عامل دوم با V و Zn مرتبط می‌باشد.

جدول ۵. واریانس کل تشریح داده شده برای فلزات سنگین در آزادراه رشت - قزوین

پارامتر	ماتریس عاملی چرخیده شده	
	عامل اول	عامل دوم
Cu	۰/۹۴	۰/۲۶
Co	۰/۹۰	۰/۰۴
Ni	۰/۸۹	-۰/۲۲
Cr	۰/۸۷	۰/۱۷
Pb	۰/۲۵	-۰/۹۲
V	۰/۳۲	۰/۷۷
Zn	۰/۰۹	۰/۷۷
مقدار ویژه	۳/۴۶	۲/۲۰
درصد واریانس	۴۹/۵۳	۳۱/۵۴
درصد تجمعی	۴۹/۵۳	۸۱/۰۷



شکل ۱. نمودار تحلیل خوشه‌ای بر اساس روش Ward برای بررسی ارتباط و تعیین منشأ فلزات در آزادراه رشت - قزوین

نتایج مربوط به ارزیابی میزان خطر اکولوژیکی ایستگاه‌های مورد مطالعه مطابق جدول ۶، نشان می‌دهد که در تمامی ایستگاه‌ها، خطر اکولوژیکی، پایین می‌باشد. همچنین، مقدار ضریب خطر زیستی برای فلزات در تمامی ایستگاه‌ها، نشان‌دهنده خطر کم این فلزات است.

نتایج حاصل از آزمون آنالیز خوشه‌ای بصورت یک دندروگرام مطابق شکل ۱، نشان داده شده است. همانگونه که از این شکل پیدا است، فلزات در سه خوشه اصلی گروه‌بندی شده‌اند بطوری‌که در گروه

جدول ۶. خطر اکولوژیکی ایستگاه‌های مورد مطالعه در آزادراه رشت - قزوین

ایستگاه	میانگین Er							RI	
	Ni	Cu	Co	V	Pb	Cr	Zn		
۱	۰/۸۶	۲/۲۹	۴/۸۴	۲/۶۸	۵/۰۶	۵/۲۵	۳/۶۷	۲۴/۶۷	خطر کم
۲	۲/۲۶	۲/۴۴	۴/۰۷	۲/۹۸	۴/۸۱	۵/۹۹	۳/۹۳	۲۶/۵۲	خطر کم
۳	۰/۹۱	۲/۶۳	۷/۶۰	۱/۸۲	۵/۴۷	۵/۹۹	۵/۴۹	۲۹/۹۴	خطر کم
۴	۱/۰۹	۲/۲۱	۵/۵۹	۳/۱۶	۵/۵۵	۵/۴۲	۳/۱۹	۲۶/۲۶	خطر کم
۵	۰/۹۱	۱/۶۴	۵/۹۶	۱/۶۵	۳/۴۳	۳/۰۳	۱/۸۶	۱۸/۵۰	خطر کم
۶	۰/۸۵	۱/۹۹	۵/۷۹	۲/۷۰	۵/۲۶	۵/۳۹	۳/۰۹	۲۵/۱۰	خطر کم
۷	۱/۰۰	۲/۱۵	۶/۰۰	۲/۴۷	۵/۶۱	۵/۶۹	۴/۹۶	۲۷/۹۲	خطر کم
۸	۱/۰۱	۲/۱۳	۶/۶۲	۲/۴۳	۵/۱۱	۵/۵۹	۴/۲۴	۲۷/۱۷	خطر کم
۹	۰/۹۶	۲/۳۳	۵/۴۷	۲/۹۵	۵/۲۷	۵/۲۹	۳/۴۴	۲۵/۷۴	خطر کم
۱۰	۰/۹۴	۲/۳۱	۵/۹۰	۲/۸۳	۵/۳۵	۵/۴۸	۳/۸۱	۲۶/۶۴	خطر کم

### بحث

نتایج بدست آمده از میانگین غلظت فلزات مطابق جدول ۲، نشان می‌دهد که پراکنش از الگوی  $Zn > V > Cr > Pb > Cu > Co > Ni$  برخوردار می‌باشند. قرار گرفتن فلز Zn در بالاترین غلظت در منطقه نشان می‌دهد که گستردگی استفاده از این فلز در صنایعی نظیر خودروسازی، باتری‌سازی، ریخته‌گری، ذوب فلزات، قارچ‌کش‌ها، تولید گالوانیزه، ترموپلاستیک‌ها و ساخت آلیاژها در کنار منبع طبیعی این فلز باعث شده است تا بیشترین میانگین غلظت را در بین فلزات مورد مطالعه به خود اختصاص دهد. اگرچه فلز Zn به عنوان یکی از عناصر ضروری به مقدار کم برای فعالیت‌های متابولیسم بدن انسان لازم است، اما مطالعات نشان داده است که غلظت‌های بالای آن می‌تواند منجر به مسمومیت، سرطانی، جهش‌های ژنتیکی و بروز اختلالات جنینی گردد (۱۲). با توجه به اینکه بررسی ضریب تغییرات بعنوان یک پارامتر آماری در تغییر بار آلاینده‌ها در محیط زیست همواره مورد توجه می‌باشد، این پارامتر با تغییرات کمتر از ۲۰ درصد تغییرپذیری کم، بین ۲۰ تا ۵۰ درصد تغییرپذیری متوسط، بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد تغییرپذیری بالا و بیشتر از ۱۰۰ درصد تغییرپذیری بی‌نهایت بالا را نشان می‌دهد (۱۳). شاخص ضریب تغییرات در فلزات مورد مطالعه مطابق جدول ۲،

نشان می‌دهد تمامی فلزات سنگین مورد بررسی دارای ضریب تغییرات کمتر از ۲۰ درصد بودند که نشان‌دهنده توزیع یکنواخت، پراکندگی کم و تغییرات اندک این فلزات در خاک‌های سطحی اطراف آزادراه رشت - قزوین است. نتایج نشان داد که بین میانگین غلظت فلزات در دو طرف جاده در آزادراه از نظر آماری اختلاف معناداری وجود ندارد که این موضوع می‌تواند به شرایط نسبتاً یکسان بار ترافیکی در مسیر رفت و برگشت و شرایط محیطی و اقلیمی یکسان در منطقه وابسته باشد و در مواردی که این شرایط چه به دلیل بار ترافیکی و یا از لحاظ تغییرات آب و هوایی متفاوت یا ویژه باشد، می‌تواند بر الگوی پراکنش در دو طرف جاده مؤثر باشد (۱۴). نتایج بررسی اثر فاصله از کنار جاده بر تغییرات غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از آزمون اندازه گیری تکراری، بیانگر روند کاهشی نامنظم غلظت این فلزات با افزایش فاصله بود بطوری که پس از یک کاهش در فاصله ۱۵-۵ متر، مقدار فلزات سنگین در فاصله ۳۰-۱۵ متر دوباره افزایش داشت که این الگوی انتشار فلزات در فاصله نزدیک به جاده، به مقدار و شکل ذرات وابسته است و رهاسازی آنها در محیط از مسیر آگروز دارای حرارت و سرعت اولیه بوده و با فاصله گرفتن از منبع خروجی و اثر شرایط محیطی بالاخص سرما و رطوبت محیط، مکان

فرونشست ذرات متفاوت خواهد بود، بطوریکه منطقه مورد مطالعه از رودبار به امامزاده‌هاشم از روند افزایش رطوبت برخوردار است. در مقابل تغییرات جریان هوا در منطقه خشک رودبار در محدوده رودخانه سفیدرود در شبانه‌روز نیز از عوامل مهم در توزیع غیریکنواخت بار آلودگی در اطراف آزادراه می‌باشد. این روند با نتایج تحقیق کلاگ و همکاران (۱۵)، که نمایش نامنظم غلظت فلزات سنگین در خاک‌های کنارجاده‌ای آزادراه AVUS آلمان را گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد. اگرچه در بسیاری از مطالعات مانند یان و همکاران (۱۶) و ورکنتین و همکاران (۱۷)، الگوی پراکنش میانگین غلظت فلزات در خاک با افزایش فاصله از جاده روند کاهشی را بیان می‌کند، اما فرادداشتن ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این مطالعه در بین دو منطقه کاملاً خشک و کاملاً مرطوب با شرایط آب و هوایی متفاوت ایجاب می‌کند الگوی پراکنش بار آلاینده‌ها در محیط نیز متفاوت باشد. بنظر می‌رسد عواملی مانند سرعت خودروها، دست خوردگی خاک‌های کنارجاده‌ای، شدت و سرعت و جهت باد غالب منطقه، وزن و اندازه نسبی آلاینده‌ها در منطقه مورد مطالعه نیز می‌توانند بر الگوی پراکنش فلزات سنگین در خاک‌های اطراف جاده‌ها مؤثر باشند (۱۸). مطالعه همبستگی فلزات مطابق جدول ۸، نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری بین Cu با Cr و Cu با Ni در سطح اطمینان ۱٪ وجود دارد که نشان می‌دهد با افزایش مقدار Cu در خاک‌های منطقه مقدار Cr، Ni و Co افزایش و با کاهش مقدار Cu، غلظت آنها کاهش می‌یابد. همبستگی بین Cr با Ni، Co با Ni و Co با Ni در سطح اطمینان ۵٪، نشان می‌دهد فلزات مورد مطالعه از نظر منبع با همدیگر در ارتباط هستند. به منظور تعیین منشأ فلزات سنگین در نمونه‌های خاک از آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و معمولاً فلزاتی که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند به احتمال زیاد از لحاظ منابع، یکسان می‌باشند (۱۹). Cu،

Ni، Co به ترتیب با توجه به میزان بار عاملی چرخیده شده با همدیگر بیشترین بار مؤلفه اول را تشکیل دادند که با نتایج بدست آمده از همبستگی پیرسون، مطابقت داشت. از طرفی، نتایج تحلیل خوشه‌ای تأییدکننده نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی و همبستگی پیرسون بود که بر این اساس می‌توان همبستگی بین عناصر Ni، Co، Cr و Cu را ناشی از انتقال آنها از فعالیت‌های انسانی در منطقه از جمله؛ فعالیت‌های کشاورزی، احتراق سوخت‌های فسیلی و انتشارات ناشی از حمل و نقل شامل فرسودگی و خوردگی قطعات آّبکاری شده بدنه خودروها، فرسودگی تایرها و فرسایش لنت ترمز و نشست روغن‌های روان کننده دانست که سبب انتشار این فلزات به خاک‌های پیرامون جاده‌ها می‌گردند، البته همانطور که اشاره شد، بخش قابل توجهی از این عناصر می‌توانند از منابع طبیعی طی فرآیندهای ژئوشیمیایی وارد خاک شوند (۲۰)، اما با توجه به عدم گزارش منابع طبیعی فلزات مورد مطالعه در منطقه و وجود این گروه از عناصر در صنایع فلزی و بطور خاص همگونی بیشتر این فلزات در صنایع خودرو و بخش‌های وابسته، نقش منابع مصنوعی بیشتر مورد توجه می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از مجموعه تحلیل‌های آماری و گروه بندی‌ها و همبستگی بالا در برخی از فلزات مانند V، Pb و Zn بخش‌های مختلفی از خودرو در انتشار این فلزات نقش دارند بطوری‌که برای انتشار فلزات Pb و Zn می‌توان به پارگی و ساییدگی رزین تایرها، فرسودگی گاردریل حفاظ جاده‌ها و تابلوهای راهنمایی و رانندگی، بنزین سربدار و وزنه‌های سربی بالانس چرخ خودروها اشاره نمود (۲۱). V نیز عمدتاً در نتیجه احتراق سوخت‌های فسیلی، پوشش تایرها و پارگی آنها و نشست روغن موتور به محیط اطراف منتشر می‌شود (۲۲). اگرچه در برخی از نتایج اثر عوامل انسانی کمتر خود را نشان می‌دهد اما توجه به اینکه در بخش‌هایی از منطقه که دارای مزارع



داشته باشد زیرا با وجود مزارع کشاورزی در منطقه هر ساله بخش قابل توجهی از فلزات توسط محصولات زراعی طی فرآیند جذب زیستی از محیط خارج می‌شوند. با در نظر گرفتن مجموع شرایط بیان شده در منطقه مطالعاتی و قبول جایگاه فعلی کیفیت خاک‌های سطحی، این احتمال همواره وجود دارد که در آینده‌ای نزدیک غلظت این فلزات با توجه به روند روبه رشد فعالیت‌های توسعه‌ای در اطراف آزادراه افزایش یابد. بر اساس نتایج این تحقیق فعالیت‌های کشاورزی، شرایط توپوگرافی، میزان و نوع پوشش گیاهی و شرایط محیطی بالاخص تغییرات رطوبت در محدوده آزادراه و همچنین، تغییرات کمی عبور و مرور خودروها از عوامل مهم و تأثیرگذار بر تجمع غلظت فلزات سنگین در خاک‌های سطحی کنارجاده‌ای می‌باشند. در این راستا، پیشنهاد می‌شود به منظور توجه به سلامت غذایی و بهداشت عمومی، مطالعه فلزات سنگین در محصولات کشاورزی و کیفیت آب رودخانه‌های منطقه بطور جامع انجام شود.

کشاورزی می‌باشند، آلاینده‌ها می‌توانند هر ساله طی فرآیند جذب زیستی در بخش‌های مختلف محصول تجمع و از محیط طی فرآیند گیاه پالایی حذف گردند و در مناطق دیگری که عاری از پوشش درختی و گیاهی می‌باشند، تغییرات درجه حرارت شبانه‌روزی و ایجاد جریان هوا در کنار جریان‌ات تند غالب در منطقه باعث شوند تا منطقه مورد مطالعه از الگوی پراکنش خاص برای فلزات برخوردار باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که خاک‌های کنارجاده‌ای آزادراه رشت - قزوین با وجود عناصر سنگین  $Pb, Ni, Cr, Zn, V, Co$  و  $Cu$  بر اساس میانگین غلظت این فلزات در پوسته زمین از آلودگی کمی برخوردار می‌باشند.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق خاک‌های سطحی منطقه مورد مطالعه از نظر فلزات مورد بررسی از آلودگی کمی برخوردار می‌باشند اما بررسی‌های شرایط محیطی نشان می‌دهند که علیرغم نتایج بدست آمده، نگرانی‌های مربوط به انتشار بار آلودگی در خاک‌های اطراف آزادراه همواره وجود

### References

- 1- Modrzewska B, Wyszowski M. Trace metals content in soils along the state road 51 (northeastern Poland). *Environmental monitoring and assessment*. 2014;186 (4):2589-97.
- 2- Wei B, Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*. 2010;94 (2):99-107.
- 3- Elik A. Heavy metal accumulation in street dust samples in Sivas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2003;34 (1-2):145-56.
- 4- Bai J, Cui B, Wang Q, Gao H, Ding Q. Assessment of heavy metal contamination of roadside soils in Southwest China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2009;23 (3):341-47.
- 5- Khan MN, Wasim AA, Sarwar A, Rasheed MF. Assessment of heavy metal toxicants in the roadside soil along the N-5, National Highway, Pakistan. *Environmental monitoring and assessment*. 2011;182 (1):587-95.
- 6- Faiz Y, Tufail M, Javed MT, Chaudhry M. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan. *Microchemical Journal*. 2009;92 (2):186-92.
- 7- De Silva S, Ball AS, Huynh T, Reichman SM. Metal accumulation in roadside soil in Melbourne, Australia: Effect of road age, traffic density and vehicular speed. *Environmental Pollution*. 2016;208:102-09.
- 8- Arslan H, Gizir AM. Heavy-metal content of roadside soil in Mersin, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2006;15 (1):15-20.
- 9- Škrbić B, Đurišić-Mladenović N. Chemometric interpretation of heavy metal patterns in soils worldwide. *Chemosphere*. 2010;80 (11):1360-69.

- 10- Tepanosyan G, Sahakyan L, Belyaeva O, Saghatelian A. Origin identification and potential ecological risk assessment of potentially toxic inorganic elements in the topsoil of the city of Yerevan, Armenia. *Journal of Geochemical Exploration*. 2016;167:1-11.
- 11- Mazloomi S, Esmaili-Sari A, Bahramifar N, Moeinaddini M. Assessment of the metals and metalloids level in street dust of the east and west of Tehran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2017;10 (2):281-92.
- 12- Botsou F, Sungur A, Kelepertzis E, Soylak M. Insights into the chemical partitioning of trace metals in roadside and off-road agricultural soils along two major highways in Attica's region, Greece. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2016;132:101-10.
- 13- Sistani N, Moeinaddini M, Khorasani N, Hamidian A, Ali-Taleshi M, Azimi Yancheshmeh R. Heavy metal pollution in soils nearby Kerman steel industry: metal richness and degree of contamination assessment. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2017;10 (1):75-86.
- 14- Masoudi SN, Sepanlou MG, Bahmanyar M. Distribution of lead, cadmium, copper and zinc in roadside soil of Sari-Ghaemshahr road, Iran. *African Journal of Agricultural Research*. 2012;7 (2):198-204.
- 15- Kluge B, Wessolek G. Heavy metal pattern and solute concentration in soils along the oldest highway of the world—the AVUS Autobahn. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012;184 (11):6469-81.
- 16- Yan X, Gao D, Zhang F, Zeng C, Xiang W, Zhang M. Relationships between heavy metal concentrations in roadside topsoil and distance to road edge based on field observations in the Qinghai-Tibet Plateau, China. *International journal of environmental research and public health*. 2013;10 (3):762-75.
- 17- Werkenthin M, Kluge B, Wessolek G. Metals in European roadside soils and soil solution—a review. *Environmental Pollution*. 2014;189:98-110.
- 18- Christoforidis A, Stamatis N. Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national road in Kavala's region, Greece. *Geoderma*. 2009;151 (3):257-63.
- 19- Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. Evaluation of Geoaccumulation Index, Contamination Factor, and Principal Component Analysis for Estimating Soil Contamination. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2015;8 (3):345-56.
- 20- Johansson C, Norman M, Burman L. Road traffic emission factors for heavy metals. *Atmospheric Environment*. 2009;43 (31):4681-88.
- 21- Duong TT, Lee B-K. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Journal of Environmental Management*. 2011;92 (3):554-62.
- 22- Lu X, Wang L, Li LY, Lei K, Huang L, Kang D. Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China. *Journal of hazardous materials*. 2010;173 (1):744-49.