

## ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک کشاورزی جنوب بردسکن (استان خراسان رضوی)

محمد ابراهیم فاضل ولی پور

استادیار گروه زمین شناسی واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: Dr.ef.valipour@gmail.com

چکیده

همگام با رشد صنعت و فناوری، ورود آلاینده های زیست محیطی و در صدر آن فلزات سنگین به خاک، موجب افزایش نگرانی جامعه بشری در رابطه با امنیت غذایی شده است. این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک های سطحی زمین های کشاورزی جنوب بردسکن واقع در استان خراسان رضوی انجام شده است. برای این منظور نمونه های خاک از عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتی متری سطح خاک برداشت گردید. بافت خاک غالب گراول ماسه ای و PH خاک ۷.۳ و نیمه قلیایی است. میانگین غلظت کل کادمیوم، مس، منگنز و مولیبدن به ترتیب ۰.۶۶ و ۲۱۶۷، ۲۱۵ و ۶.۶۷ (بر حسب ppm) اندازه گیری شدند. بیشترین مقدار شاخص زمین انباشتگی، فاکتور غنی شدگی و شاخص آلودگی به ترتیب مربوط به مس (۰.۶)، مولیبدن (۶.۲۶) و مولیبدن (۴.۴۴) است. شاخص جامع آلودگی که از میانگین شاخص آلودگی کلیه فلزات محاسبه شد برابر با ۲.۳۶ است و در کلاس آلودگی متوسط قرار گرفت. بالا بودن غلظت فلزات سنگین مس، مولیبدن، منگنز و کادمیوم در جنوب بردسکن می تواند تهدیدی برای کشاورزی در این منطقه باشد. وجود رخساره های سنگی مختلف همراه با ساختارهای زمین شناسی مانند گسل ها و فعالیت های انسانی مانند معدن کاری، کشاورزی و صنعتی می تواند زمینه های لازم را برای آلودگی خاک به فلزات سنگین فراهم نماید و موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک های کشاورزی منطقه شده باشد. نظارت مستمر بر غلظت آلاینده ها در خاک و محصولات کشاورزی برای حفظ منابع تولید و دست یابی به امنیت غذایی ضروری است.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، جنوب بردسکن، آلودگی خاک، فاکتور غنی شدگی، شاخص زمین انباشت.

مقدمه

غلظت بالای فلزات سنگین در خاک می تواند برای اکوسیستم ها و انسان خطرات دراز مدت به همراه داشته باشد. گرچه فلزات سنگین در مقادیر متفاوت از مواد مادری خاک ها آزاد می شوند، آلودگی روبره افزایش محیط زیست به علت فعالیت بشر ایجاد می شود (Murciego, et al, 2007). از اثرات فلزات سنگین می توان به سر درد، فشار خون بالا و بیماریهای کلیوی اشاره کرد (Shah, et al, 2012).

این مقاله به ارزیابی آلودگی خاک با فلزات سنگین در جنوب بردسکن می پردازد. شهرستان بردسکن از جمله مناطق کوهستانی در استان خراسان رضوی است که از دیر باز در دامنه های آن کشاورزی صورت می گرفته است، بنابراین ضرورت بررسی غلظت فلزات سنگین در این منطقه آشکار است.

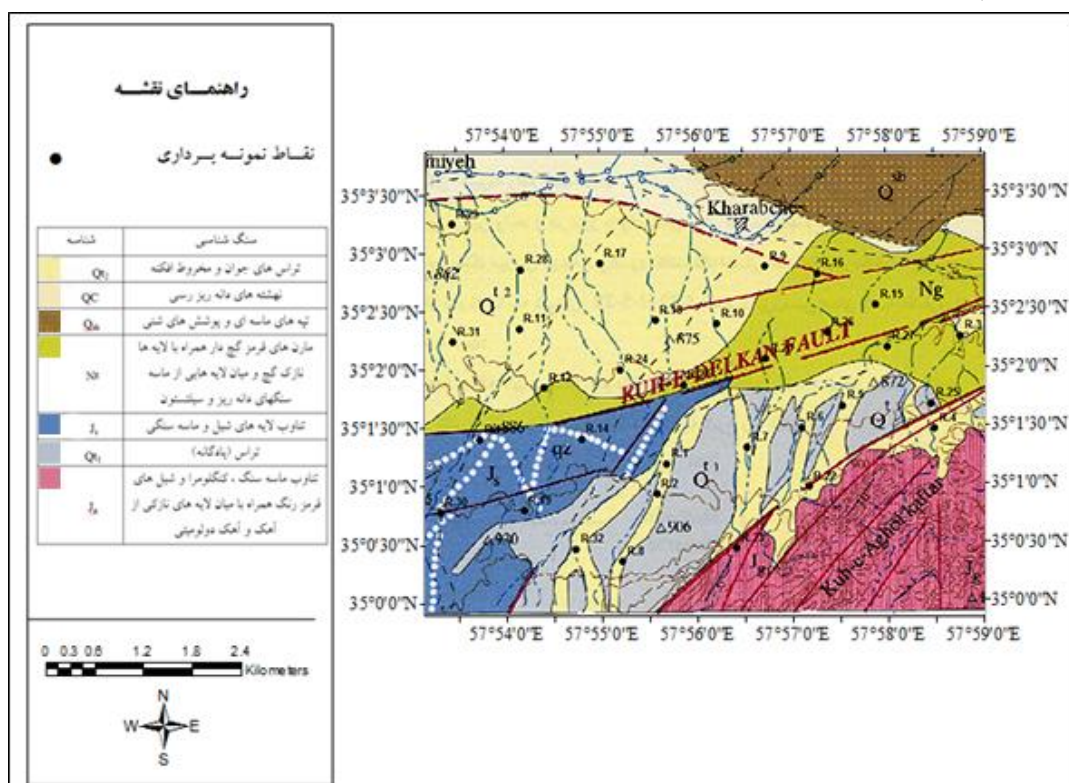
خاک به عنوان یکی از منابع دیر تجدید شونده نقش مهمی در چرخه عناصر آلی و معدنی ایفا میکند و به عنوان یک محیط پویا، حیات موجودات را میسر می سازد (Fowler, et al, 1991). در چند دهه اخیر یکی از مشکلات زیست محیطی که مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است، آلودگی های خاک ناشی از سازندهای زمین شناسی و فعالیت معدنکاری می باشد (Misra, et al, 2009). در میان آلاینده های شیمیایی، فلزات سنگین به لحاظ اثرات اکولوژیکی، بیولوژیکی و بهداشتی از اهمیت ویژه ای برخوردارند (شایسته فر، رضایی، ۱۳۹۲). فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجودات زنده در غلظت های کم حائز اهمیت می باشند (Elinder, et al, 1986).

## روش تحقیق:

### • نمونه برداری:

نمونه برداری صحیح یکی از مراحل اولیه و بسیار مهم در مطالعات محیط زیست است. پس از بررسی اولیه منطقه و انتخاب الگوی مناسب جهت نمونه برداری، برداشت نمونه ها در طی یک مرحله صورت گرفت که در آن ۳۲ نمونه خاک از عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر و از بخش های مختلف منطقه برداشته شد (شکل ۱). در هر محدوده ۸ نمونه (۷ نمونه از گوشه ها و یک نمونه از مرکز) برداشت گردید تا نمونه همگنی به وزن حدود ۲ کیلو گرم از هر محدوده به دست آید. نمونه ها از خاک های کشاورزی اطراف معدن برداشت گردید. پس از نمونه برداری،

نمونه ها به آزمایشگاه انتقال و پس از خشک شدن از الک عبور داده شد تا همگن سازی انجام شود. مقدار ۱۰ گرم از خاک منطقه (مواد عبوری از الک ۲۰۰) به آزمایشگاه زرازا ارسال گردید تا برای تعیین میزان فلزات سنگین به روش طیف سنجی جرمی پلاسمای القایی (ICP-MS) تجزیه شوند. بافت خاک غالب گراول ماسه ای و کمی قلیایی است. به منظور پردازش اطلاعات و ارزیابی آلودگی از ضریب غنی شدگی عناصر (EF)، ضریب آلودگی (CF)، شاخص زمین انباشت (Igeo)، درجه آلودگی اصلاح شده (Mcd) استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه برداری از خاک در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن (شهرابی، م، ۱۳۸۵)

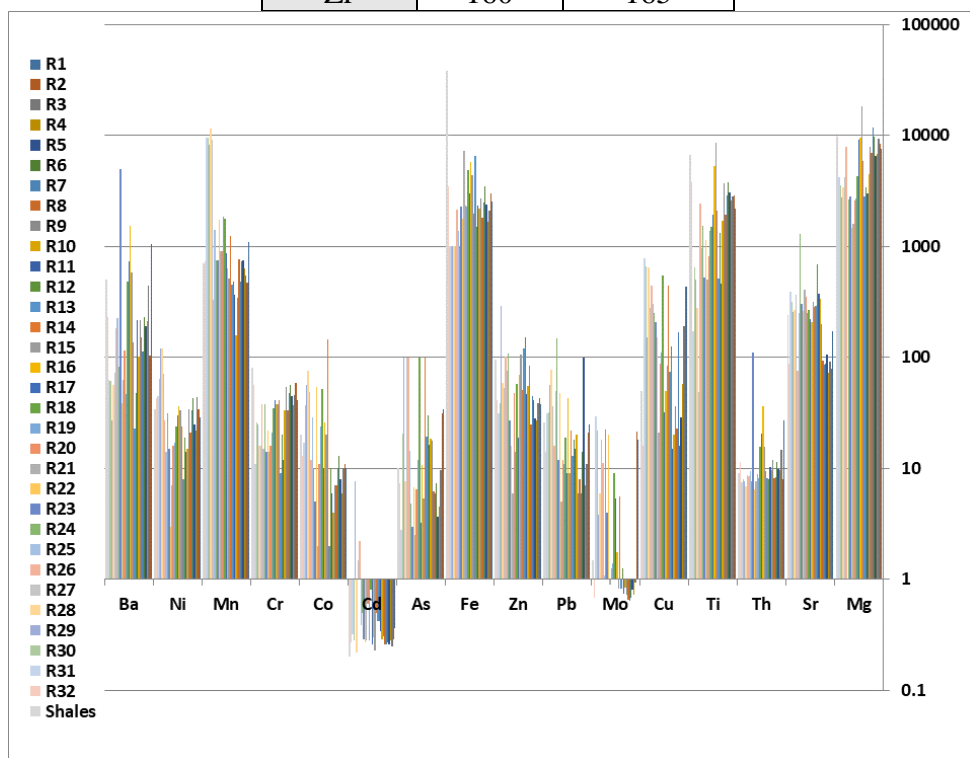
### بحث و نتیجه گیری:

به منظور تعیین میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین، معمولاً از مقایسه میزان عناصر در منطقه با استاندارد های بین المللی بهره می گیرند (جدول ۱). در این راستا روش ها و عوامل مختلفی در ارزیابی آلودگی ها ارائه شده است. از آن جمله می توان به ضریب غنی شدگی، ضریب آلودگی،

درجه آلودگی، ضریب بار آلودگی و شاخص زمین انباشت اشاره نمود. مقایسه غلظت عناصر مس، مولیبدن، سرب، آرسنیک، کادمیوم، کبالت، منگنز، استرانسیم و توریم دارای میانگینی بالاتر از شیل جهانی بوده و غلظت عناصری مانند روی، آهن، کروم، نیکل، منیزیم، باریم و تیتانیوم کمتر از شیل جهانی است (شکل ۲).

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین با شیل جهانی

SAMPLE	شیل جهانی	پوسته زمین
Zn	95	70
Pb	20	12/5
Cr	100	102
Ni	68	50
Cu	45	55
As	13	1/8
Sb	1/5	0/2
Co	19	25
Ba	580	425
V	130	120
Sr	300	375
Ba	3	10
Li	66	20
Zr	160	165



شکل ۲- مقایسه غلظت فلزات سنگین در خاک منطقه با شیل جهانی

ضریب غنی شدگی از رابطه ابدست می آید (Loska, et al, 1995).

$$EF = \frac{\frac{CX_1}{Cref_1}}{\frac{CX_2}{Cref_2}}$$

در این رابطه EF ضریب غنی شدگی،  $CX_1$  غلظت عنصر بررسی شده،  $Cref_1$  غلظت عنصر مبنا،  $CX_2$  غلظت عنصر در محیط مبنا (پوسته زمین)،  $Cref_2$  غلظت عنصر مبنا در

• ضریب غنی شدگی (EF)

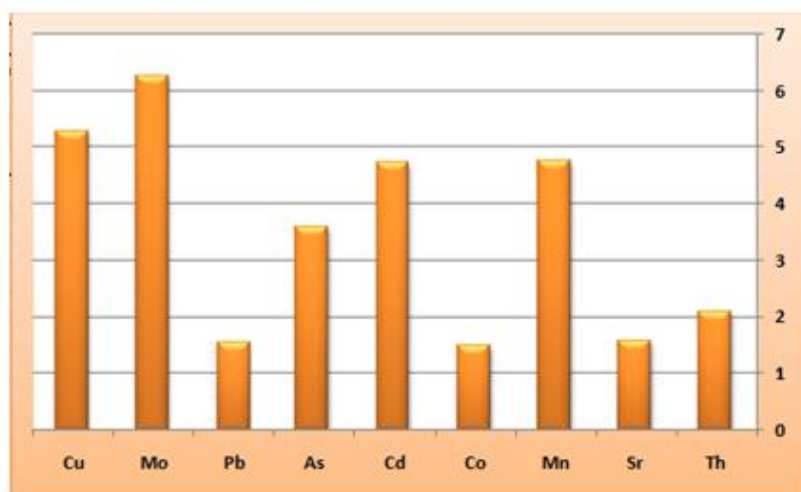
ضریب غنی شدگی عناصر بیانگر میزان تاثیر عامل خارجی بر رسوبات (Zhang, et al, 2009) و روش مناسبی در تعیین تاثیر منشاء سنگ زاد و انسان زاد آلودگی هاست (Adamo, et al, 2005). در این ضریب غلظت عنصر نمونه را با غلظت آن عنصر در زمینه مقایسه می کنند.

نقشه پهنه بندی رسم شده منطقه افزایش غنی شدگی عناصر مس، مولیبدن و منگنز را در سمت غرب منطقه و افزایش غنی شدگی کادمیوم را در مناطق شمالی و مرکزی نشان می دهد. این امر می تواند به دلیل وجود حرکت محلول های مس دار توسط ساختار های خطی و گسلی و نیز فعالیت های انسانی باشد (شکل ۴).

پوسته زمین است. ضریب غنی شدگی برای نمونه های خاک منطقه محاسبه و مقادیر ضریب غنی شدگی میانگین عناصر مورد بررسی در شکل ۳ و جدول ۳ نشان داده شده اند. بر اساس طبقه بندی (Chen, et al, 2007) (جدول ۲)، در خاک های منطقه مس و مولیبدن دارای غنی شدگی متوسط تا شدید، آرسنیک، کادمیوم، منگنز و توریم غنی شدگی متوسط و مابقی عناصر بدون غنی شدگی یا غنی شدگی کم دارند.

جدول ۲- رده بندی ضریب غنی شدگی

ضریب غنی شدگی EF	شدت غنی شدگی
EF<1	غنی شدگی وجود ندارد
EF<3	غنی شدگی کم
3_5	غنی شدگی متوسط
5_10	غنی شدگی متوسط تا شدید
10_25	غنی شدگی شدید
25_50	غنی شدگی خیلی شدید
EF>50	غنی شدگی بی نهایت شدید

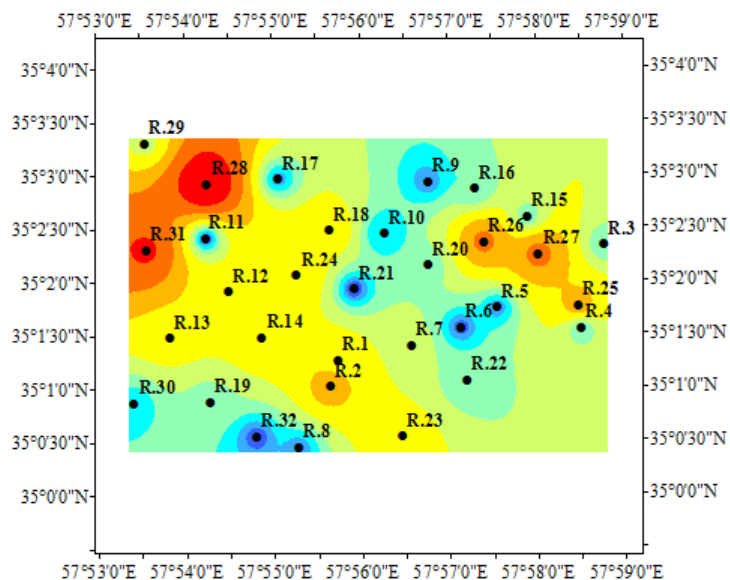
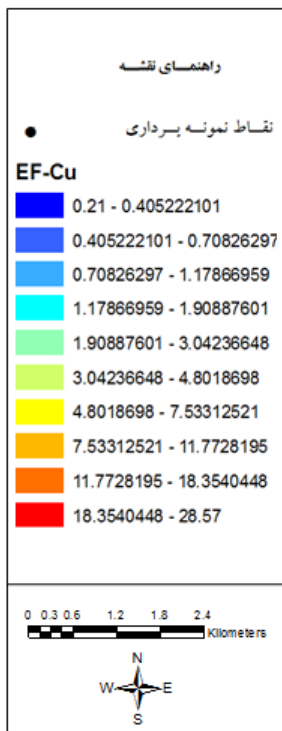


شکل ۳- ضریب غنی شدگی فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه

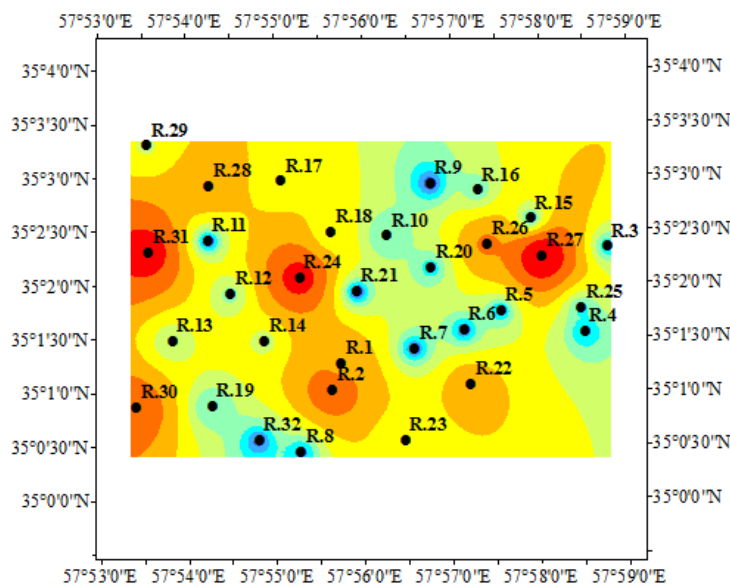
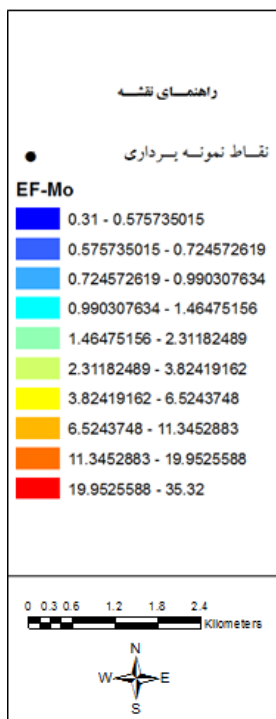
جدول ۳- مقادیر محاسبه شده فاکتور غنی شدگی در نمونه های برداشت شده از منطقه

<b>EF</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>	<b>Pb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Mn</b>	<b>Sr</b>	<b>Th</b>
<b>R.1</b>	6.72	10.05	0.6	2.6	1.38	0.38	1.2	0.55	2.29
<b>R.2</b>	9.53	17.14	0.72	3.4	1.61	0.61	0.75	0.36	0.98
<b>R.3</b>	1.9	0.95	0.6	1.38	1.78	0.71	1.1	0.54	0.25
<b>R.4</b>	1.75	0.79	0.41	0.69	2.15	0.46	1.39	0.46	1.65
<b>R.5</b>	0.68	0.67	4.47	0.43	1.52	0.47	1.25	0.52	1.29
<b>R.6</b>	0.4	0.6	0.67	0.91	1.68	0.81	1.3	0.45	1.58
<b>R.7</b>	3.95	0.53	0.27	0.7	1.52	0.58	0.81	1.01	1.09
<b>R.8</b>	0.76	0.78	0.51	1.03	2.16	0.58	1.83	0.65	1.51
<b>R.9</b>	0.75	0.54	0.24	1.88	1.63	0.36	0.51	0.86	1.4
<b>R.10</b>	0.5	0.75	0.96	2.3	1.81	0.25	0.28	1.75	1.33
<b>R.11</b>	0.29	0.4	0.44	1.26	1.3	0.23	0.4	1.2	0.87
<b>R.12</b>	5	1.78	1.38	6.02	4.2	1	1.36	5.74	1.77
<b>R.13</b>	5.92	2.37	2	7.68	8.4	0.4	2.58	4.8	3.64
<b>R.14</b>	6.86	3.07	0.65	7.69	1.92	5.57	1.36	0.91	0.8
<b>R.15</b>	1.97	0.68	0.4	0.62	1.35	1.17	0.85	0.17	2.06
<b>R.16</b>	1.25	1.55	2.06	1.33	1.87	1.62	1.11	1.07	5.04
<b>R.17</b>	0.8	4.73	0.43	0.4	1.62	0.62	1.56	1.15	2.83
<b>R.18</b>	7.47	4.48	0.5	6.89	2.75	1.79	1.74	0.76	1.21
<b>R.19</b>	2.22	1	0.42	1.18	1.4	1.2	2.65	1.04	0.9
<b>R.20</b>	2.07	1.05	0.54	0.75	3.52	0.64	1.52	1.71	1.16
<b>R.21</b>	0.21	0.31	0.09	0.12	0.7	0.05	0.64	0.84	0.42
<b>R.22</b>	2.11	9.95	1.27	0.46	0.91	1.86	1.7	0.07	0.49
<b>R.23</b>	6.43	4.39	0.71	0.46	2.23	0.38	1.63	0.19	19.02
<b>R.24</b>	7.81	26.54	9.48	0.8	4.16	0.83	1.79	9.03	1.42
<b>R.25</b>	9.38	1.19	2.59	2.2	3	2.23	3.06	1.6	1.62
<b>R.26</b>	13.66	12.57	0.94	15.38	16.92	0.92	0.71	0.48	1.45
<b>R.27</b>	14.05	35.32	3.46	25	18.75	6.12	32.31	3.79	2.38
<b>R.28</b>	28.57	9.36	6.66	1.68	2.44	8.44	36.48	2.47	1.7
<b>R.29</b>	4.02	3.61	2.87	13.33	51.33	3.73	15.76	1.42	1.14
<b>R.30</b>	1.36	16.54	1.29	5.31	1.47	1.94	14.45	1.37	0.93
<b>R.31</b>	19.7	26.25	1.49	0.35	2	1.06	17.05	3.04	1.04
<b>R.32</b>	0.4	0.6	0.67	0.91	1.68	0.81	1.3	0.45	1.58
<b>Mean</b>	5.26	6.26	1.55	3.59	4.72	1.49	4.76	1.57	2.08

الف

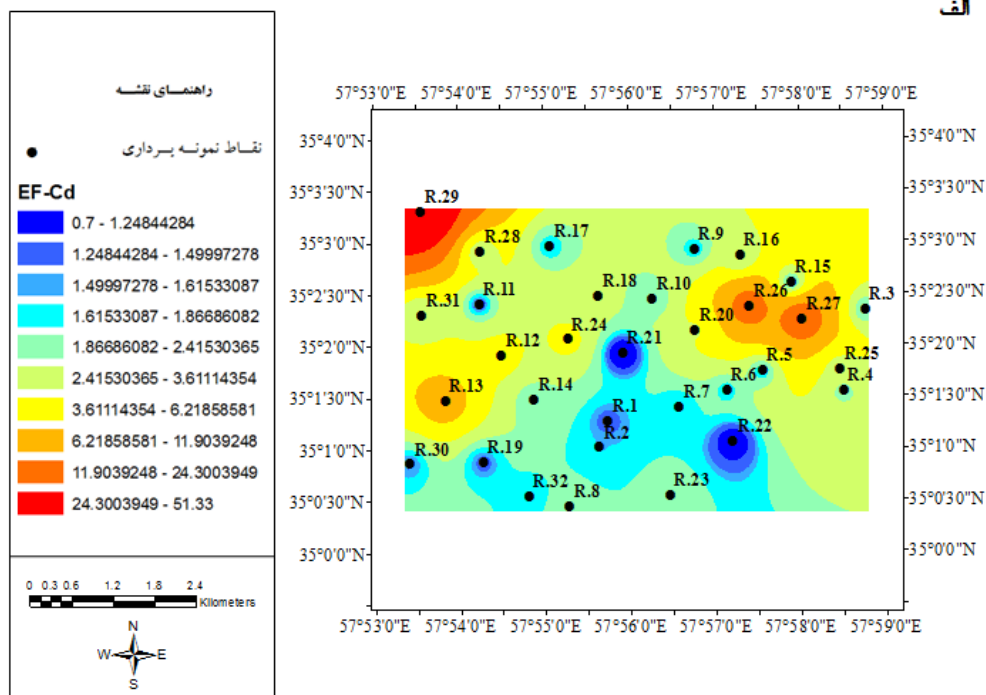


ب

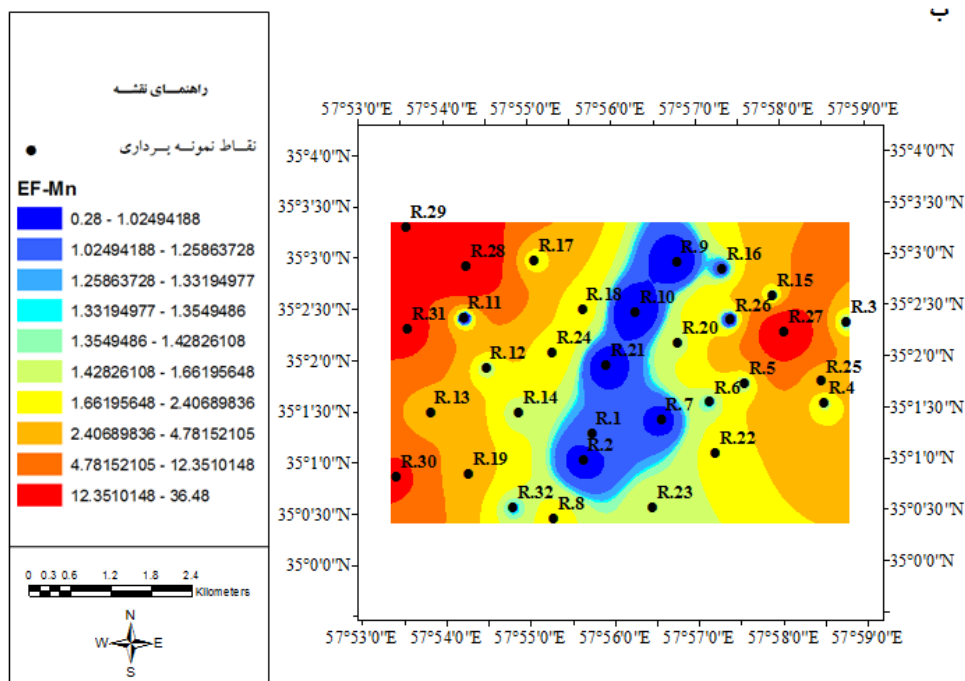


شکل ۴-۱ نقشه پهنه بندی ضریب غنی شدگی فلزات سنگین مس و مولیبدن در خاک منطقه مورد مطالعه

الف



ب



شکل ۴-۲ نقشه پهنه بندی ضریب غنی شدگی فلزات سنگین منگنز و کادمیوم در خاک منطقه مورد مطالعه

• ضریب آلودگی (CF)

$$CF = \frac{C_n}{B_n}$$

رابطه (2)

ضریب آلودگی محاسبه شده برای نمونه های خاک در شکل ۵ و جدول ۵ نشان داده شده است. بر اساس رده بندی (Hakanson, 1980)

ضریب آلودگی بیانگر میزان آلودگی رسوبات به فلزات سنگین است و از رابطه ۲ بدست می آید (Abraham, et al, 2008). در این رابطه CF ضریب آلودگی Cn غلظت عنصر مورد بررسی و Bn غلظت عنصر در شیل جهانی است.

R31 بیشترین آلودگی را نسبت به مس و مولیبدن نشان میدهد. نقشه پهنه بندی رسم شده در منطقه نشان دهنده افزایش آلودگی خاک به عناصر مس، مولیبدن، منگنز و کادمیوم می باشد (شکل ۶).

(جدول ۴)، عناصر مس و مولیبدن آلودگی قوی، منگنز و کادمیوم آلودگی متوسط تا قوی را دارا هستند. مابقی عناصر فاقد آلودگی بوده و یا آلودگی کمی دارند. بالاترین ضریب آلودگی در خاک R29 نسبت به عنصر کادمیوم بوده که نزدیک جاده اصلی و مناطق مسکونی برداشت شده و خاک

جدول ۴- رده بندی ضریب آلودگی

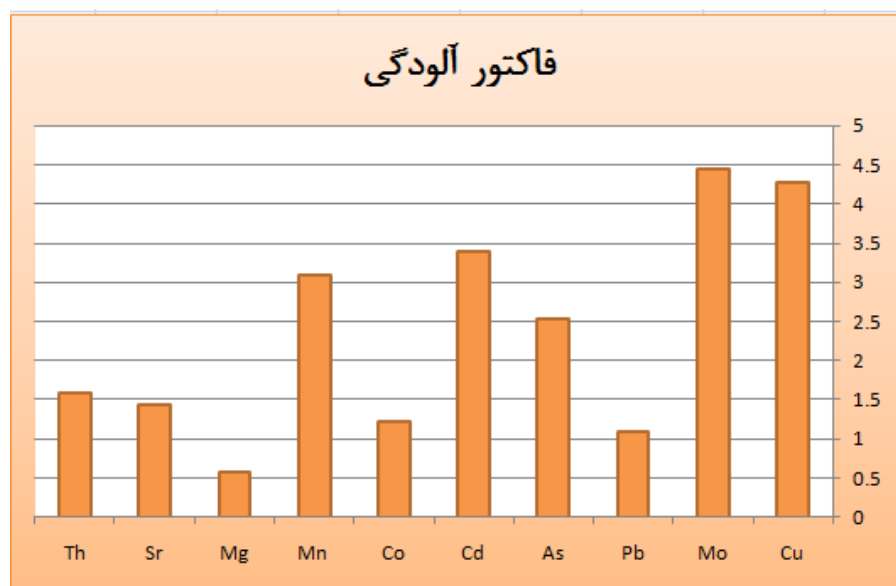
مقدار فاکتور آلودگی CF	درجه آلودگی (Degree of pollution)
۰	بدون آلودگی (Clean)
۱	بدون آلودگی تا آلودگی متوسط (Clean to Medium pollution)
۲	آلودگی متوسط (Medium pollution)
۳	آلودگی متوسط تا قوی (pollution to High Medium)
۴	آلودگی قوی (High pollution)
۵	آلودگی قوی تا خیلی قوی (High to Very High pollution)
۶	آلودگی خیلی قوی (Very High pollution)

جدول ۵- مقادیر ضریب آلودگی محاسبه شده برای نقاط نمونه برداری به تفکیک عناصر مورد بحث در منطقه مورد مطالعه

CF	Th	Sr	Mg	Mn	Co	Cd	As	Pb	Mo	Cu
R.1	2.98	0.72	0.75	1.57	0.5	1.8	3.39	0.96	12.2	8.47
R.2	0.88	0.32	0.83	0.68	0.55	1.45	3.11	0.8	14.4	8.58
R.3	1.62	0.37	0.92	0.77	0.5	1.25	0.97	0.42	0.62	3.8
R.4	1.07	0.3	0.68	0.9	0.3	1.4	0.45	0.26	0.48	1.14
R.5	1.1	0.44	0.65	1.06	0.4	1.3	0.37	3.8	0.53	0.58
R.6	1.26	0.36	0.97	1.04	0.65	1.32	0.73	0.53	0.45	0.32
R.7	0.93	0.35	1.17	0.69	0.5	1.3	0.6	0.23	0.42	3.36
R.8	0.91	0.39	0.7	1.09	0.35	1.3	0.62	0.3	0.44	0.46
R.9	1.33	0.82	0.78	0.49	0.35	1.55	1.79	0.23	0.48	0.72
R.10	1.06	1.4	0.44	0.22	0.2	1.45	1.84	0.76	0.56	0.4
R.11	1.13	1.56	0.3	0.52	0.3	1.7	1.64	0.57	0.49	0.3
R.12	0.88	2.87	0.33	0.68	0.5	2.1	3.01	0.69	0.83	2.5
R.13	0.91	1.2	0.27	0.64	2	2.1	1.92	0.5	0.55	1.48
R.14	1.04	1.18	0.58	1.77	7.25	2.5	10	0.84	3.73	8.92
R.15	1.75	1.31	1.81	0.73	1	1.15	0.53	0.34	0.54	1.68
R.16	4.03	0.85	0.94	0.89	1.3	1.5	1.07	1.65	1.16	1
R.17	2.26	0.92	0.92	1.24	0.5	4	0.32	0.34	3.53	0.64

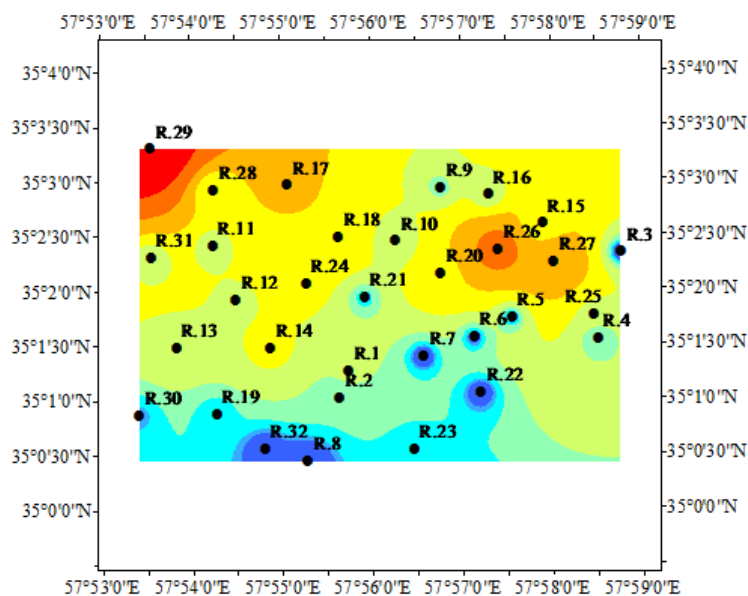
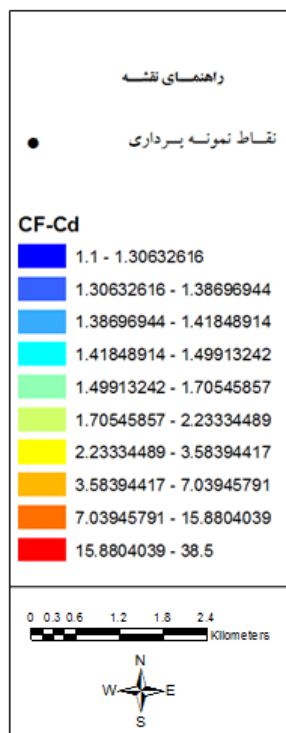


CF	Th	Sr	Mg	Mn	Co	Cd	As	Pb	Mo	Cu
R.18	1.75	1.11	0.42	2.53	2.6	4	10	0.73	6.06	10.84
R.19	0.9	1.04	0.27	2.65	1.2	1.4	1.18	0.42	0.93	2.22
R.20	0.98	1.45	0.25	1.3	0.55	3	0.64	0.46	0.84	1.76
R.21	0.84	1.69	0.15	1.28	0.01	1.4	0.25	0.19	0.59	0.42
R.22	0.72	1.08	0.14	2.47	2.7	1.32	0.67	1.84	13.46	3.06
R.23	12.36	1.25	0.28	1.06	0.25	1.45	0.3	0.46	2.66	4.18
R.24	0.85	5.42	0.26	1.07	0.5	2.5	0.48	5.69	14.86	5.04
R.25	1.05	1.04	0	1.99	1.45	1.95	1.43	1.92	0.72	6.1
R.26	0.94	0.31	0.79	0.46	0.6	11	10	0.61	7.46	8.88
R.27	0.95	1.51	0.41	12.92	2.45	7.5	10	1.38	12.06	5.62
R.28	0.76	1.11	0.33	16.42	3.8	1.1	0.76	3	3.93	12.56
R.29	0.85	10.6	0.27	11.82	2.8	38.5	10	2.12	2.53	3.02
R.30	0.88	1.03	0.35	13.73	1.85	1.4	2.05	1.23	14.66	13.1
R.31	0.83	1.63	0.42	13.64	0.85	1.6	0.28	1.19	19.6	15.76
R.32	1.26	0.36	0.97	1.04	0.65	1.32	0.73	0.53	0.45	0.32
Mean	1.59	1.43	0.57	3.10	1.23	3.39	2.53	1.09	4.44	4.28

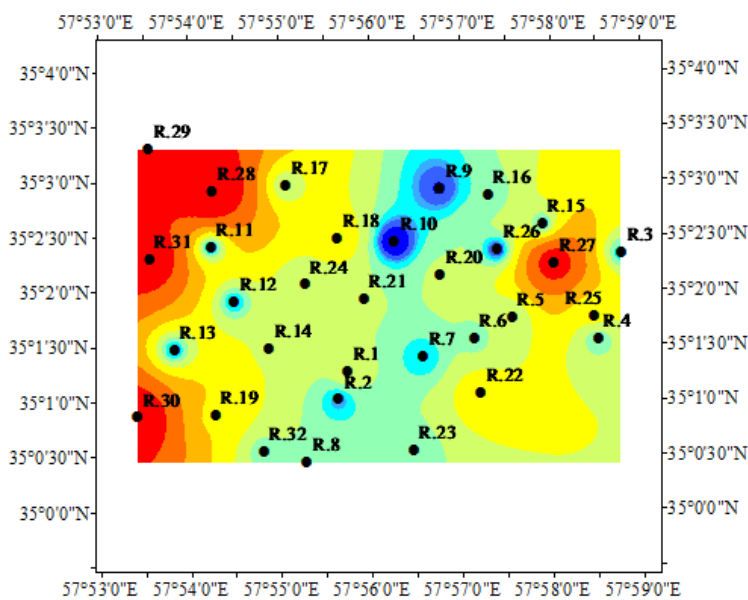
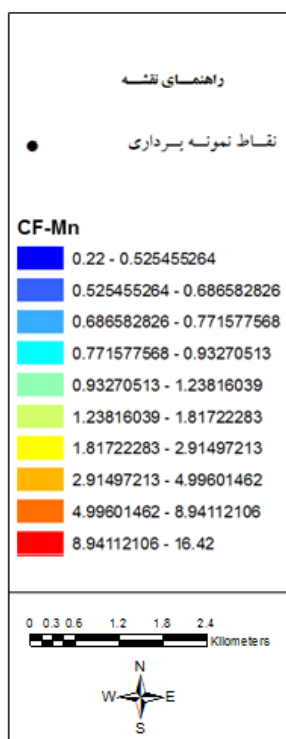


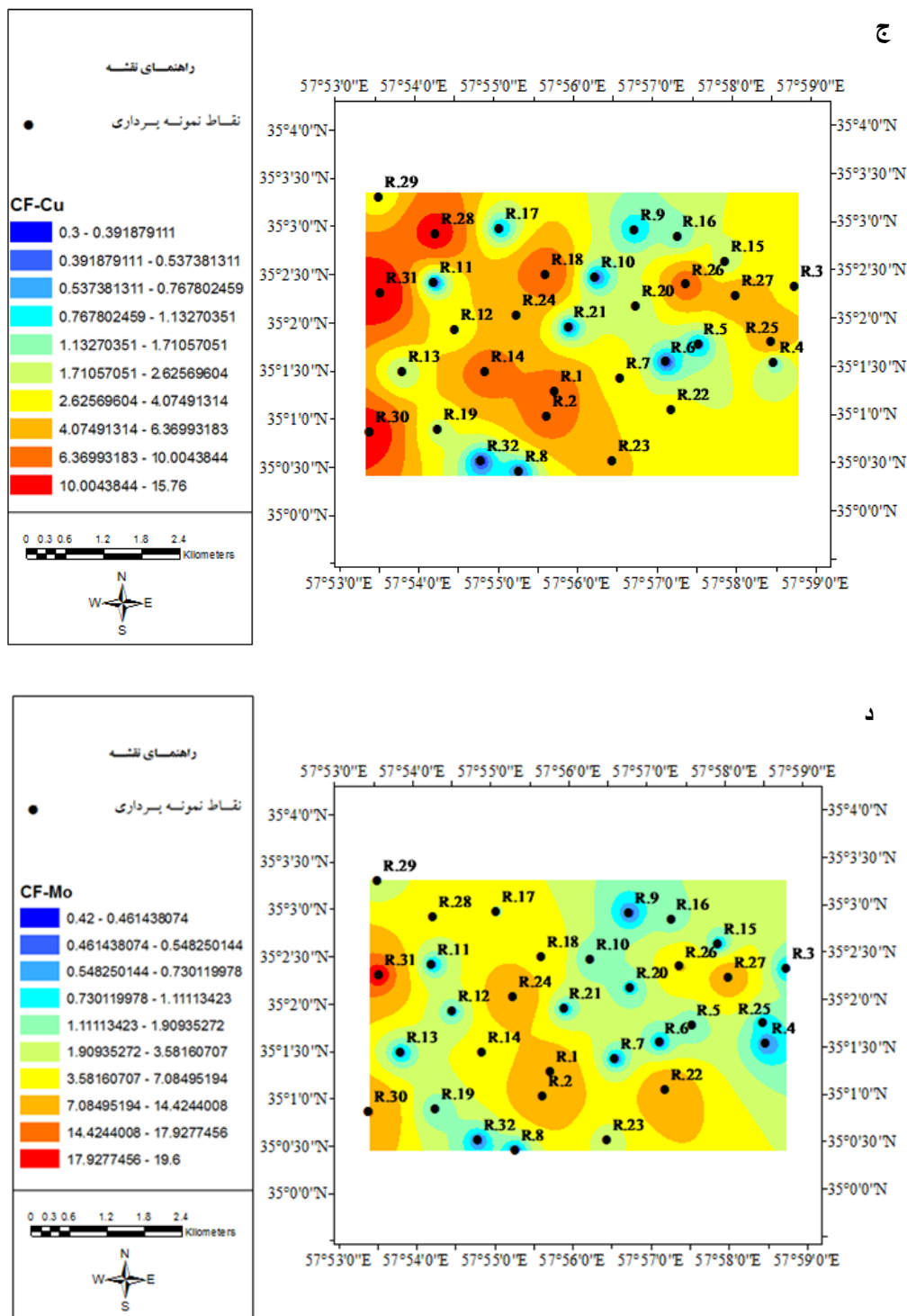
شکل ۵- ضریب آلودگی فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه

الف



ب





شکل ۶- نقشه توزیع فاکتور آلودگی عناصر: الف) کادمیم (ب) منگنز (ج) مس (د) مولیبدن در خاک منطقه مورد مطالعه

• شاخص زمین انباشت (Igeo)  
این شاخص برای نخستین بار توسط مولر یان و به عنوان شاخص مولر شناسایی شد (Muller, 1979). این شاخص رابطه ۳ محاسبه می شود.

$$Igeo = \text{Log}_2[Cn/1.5Bn] \quad \text{رابطه (3)}$$

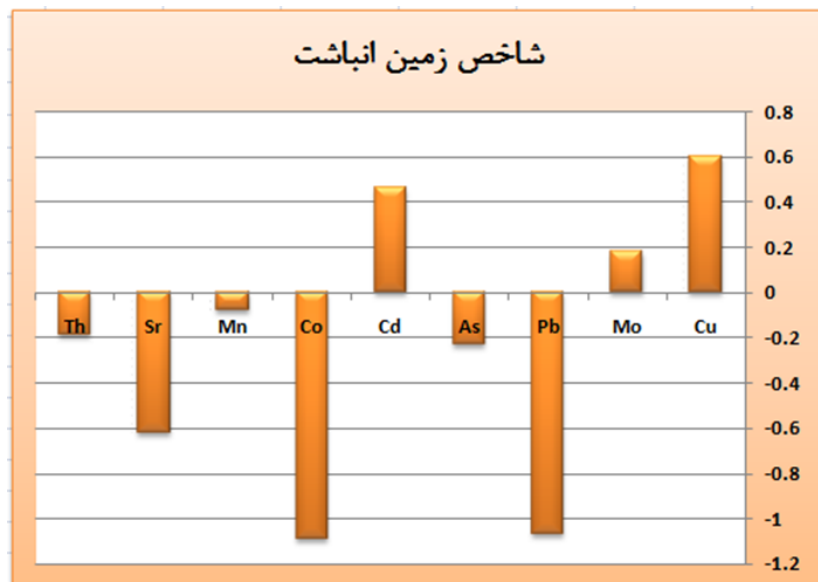
جدول ۶- طبقه بندی شاخص زمین انباشت

درجه آلودگی	شاخص زمین انباشت Igeo	شدت آلودگی
۱	$\leq 0$	غیر آلوده
۲	۰-۱	غیر آلوده تا متوسط آلوده
۳	۱-۲	متوسط آلوده
۴	۲-۳	متوسط آلوده تا بالا آلوده
۵	۳-۴	بالا آلوده
۶	۴-۵	بالا آلوده تا به شدت آلوده
۷	$> 5$	به شدت آلوده

در این رابطه Cn غلظت عنصر مورد نظر در نمونه ، Bn غلظت همان عنصر در نمونه زمينه است. در این رابطه ضریب ۱/۵ برای حذف احتمالی زمينه به علت تاثیرات زمین شناختی اعمال می شود (Gonzales, A., et al, 2000). این شاخص دارای هفت گروه است که از غیر آلوده تا به شدت آلوده طبقه بندی شده است (Luoping Zhang, et al, 2007). (جدول ۶). همان گونه که ملاحظه می گردد و فقط عناصر مس، مولیبدن و کادمیوم کمی آلودگی نشان می دهند و مابقی عناصر فاقد آلودگی هستند (شکل ۷ و جدول ۷).

جدول ۷ - شاخص زمین انباشت عناصر در نمونه های خاک برداشت شده در منطقه مورد مطالعه

Igeo	Cu	Mo	Pb	As	Cd	Co	Mn	Sr	Th
R.1	2.65	3.02	-0.64	1.17	0.26	-1.58	0.06	-1.05	0.99
R.2	2.51	3.26	-0.89	1.05	-0.04	-1.44	-1.14	-2.18	-0.75
R.3	1.34	-1.25	-1.82	-0.62	-0.26	-1.58	-0.95	-1.98	0.11
R.4	-0.39	-1.64	-2.47	-1.73	-0.09	-2.32	-0.72	-2.3	-0.47
R.5	-1.37	-1.49	-0.34	-2.01	-0.2	-1.9	-0.49	-1.75	-0.44
R.6	-2.22	-1.72	-1.47	-1.05	0.15	-1.2	-0.51	-2.03	-0.24
R.7	1.16	-1.81	-2.7	-1.32	-0.2	-1.58	-1.11	-2.08	-0.68
R.8	-1.7	-1.76	-2.28	-1.27	-0.2	-2.09	-0.39	-1.93	-0.71
R.9	-1.05	-1.62	-2.7	0.25	0.04	-2.09	-1.6	-0.86	-0.16
R.10	-1.9	-1.4	-0.87	0.29	-0.04	-2.9	-2.74	-0.09	-0.49
R.11	-2.32	-1.66	-1.37	0.12	0.18	-2.32	-1.52	0.06	-0.4
R.12	0.73	-0.84	-1.11	1	0.48	-1.58	-1.13	0.93	-0.75
R.13	-0.01	-1.43	-1.45	0.35	0.48	-3.9	-1.21	-0.32	-0.71
R.14	2.57	-1.31	-0.82	2.73	0.73	2.27	0.23	-0.33	-0.52
R.15	0.16	-1.41	-2.11	-1.5	-0.38	-0.58	-1.03	-0.18	0.22
R.16	-0.58	-0.37	0.14	-0.48	0	-0.2	-0.74	-0.8	1.42
R.17	-1.22	1.23	-2.11	-2.22	1.14	-1.58	-0.26	-0.7	0.59
R.18	2.85	2.01	-1.03	2.73	1.41	0.79	0.75	-0.43	0.22
R.19	0.56	-0.68	-1.82	-0.34	-0.09	-0.32	0.82	-0.52	0.73
R.20	0.23	-0.83	-1.84	-1.22	1	-1.44	-0.2	-0.04	-0.6
R.21	-1.83	-1.33	-4.5	-2.55	-0.09	-3.9	-0.22	0.17	-0.82
R.22	1.02	3.16	0.29	-1.16	-0.15	0.84	0.72	-0.46	-1.05
R.23	1.47	0.83	-1.84	-2.32	-0.04	-2.58	-0.49	-0.25	3.04
R.24	1.74	3.3	1.92	-1.64	0.73	-1.58	-0.48	1.85	-0.81
R.25	2.02	-1.04	0.35	-0.06	0.37	-0.04	0.4	-0.52	-0.5
R.26	2.56	2.31	-0.35	2.73	2.87	-1.32	-1.68	-2.24	-0.66
R.27	1.9	3	-0.11	2.73	2.32	0.7	3.1	0.01	-0.7
R.28	3.09	1.39	1	-0.98	-0.44	1.34	3.1	-0.43	-0.96
R.29	1	0.75	0.52	2.73	4.68	0.9	2.97	-0.49	-0.81
R.30	3.12	3.28	-0.28	0.45	-0.09	0.3	3.19	-0.2	0.75
R.31	3.39	3.7	-0.26	-2.42	0.09	-0.81	3.18	0.12	-0.84
R.32	-2.22	-1.72	-1.35	-1.03	-0.15	-1.2	0.51	-2.03	-0.24



شکل ۷- شاخص زمین انباشت فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه

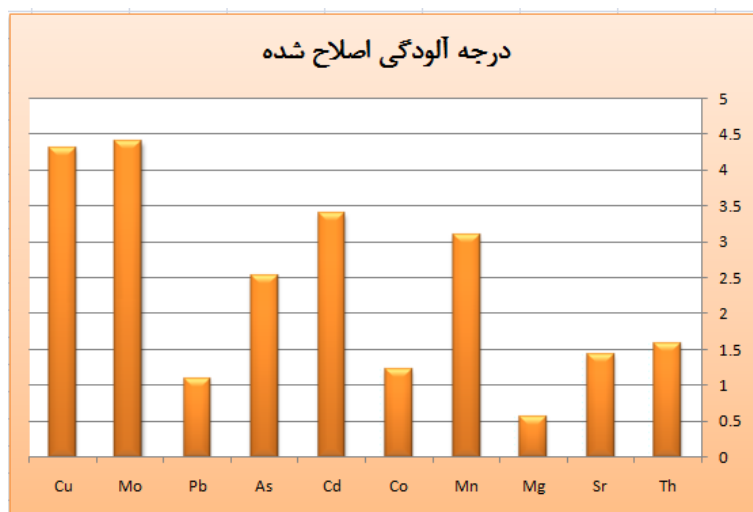
#### • درجه آلودگی اصلاح شده

منگنز آلودگی زیاد و مابقی عناصر آلودگی کم را نشان می دهند (شکل ۸). (Abrahim, 2005)

$$\text{MCF} = \frac{\sum_{i=0}^n c}{n} \quad \text{رابطه (4)}$$

در این رابطه MCF درجه آلودگی اصلاح شده، C ضریب آلودگی عنصر و تعداد عناصر است.

برای ارزیابی میزان آلودگی در رسوبات منطقه مورد مطالعه از درجه آلودگی اصلاح شده استفاده شد. ارزیابی درجه آلودگی اصلاح شده که از رابطه ۴ بدست می آید، اگر نمونه ای از ضریب ۱/۵ بیشتر باشد بر اساس رده بندی آلودگی به شمار می رود بنابراین مس، مولیبدن، آرسنیک، کادمیوم،



شکل ۸- درجه آلودگی اصلاح شده فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه

#### • شاخص بار آلودگی (PLI)

$$PLI = \sqrt[n]{CF1 \times CF2 \times \dots \times CFn} \quad (5) \text{ رابطه}$$

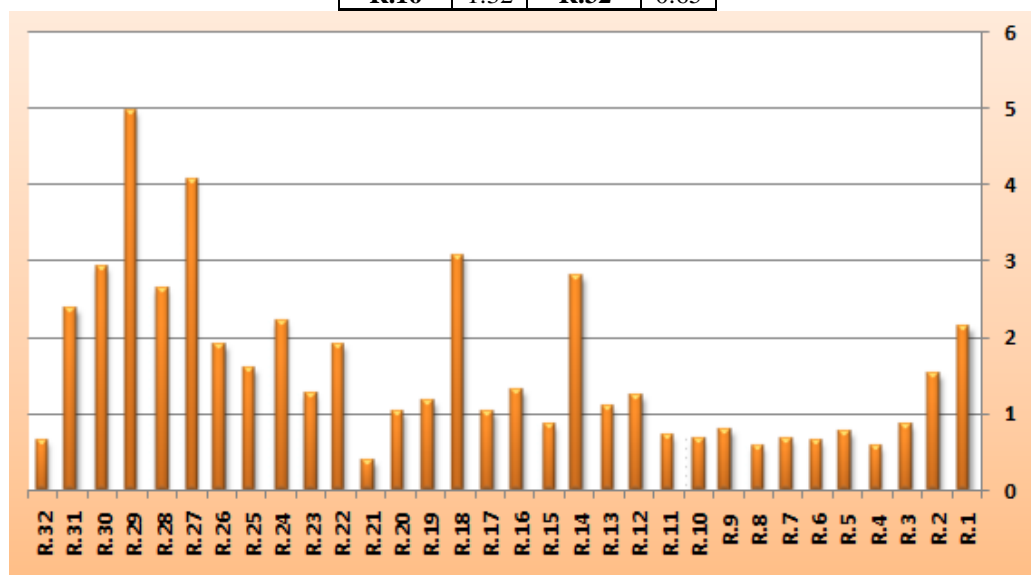
در این رابطه CF شاخص آلودگی هر عنصر و n تعداد عناصر آلاینده است. با توجه به شکل ۹ و جدول ۸ میزان شاخص بار آلودگی در همه نمونه ها بیشتر از یک و غلظت زمینه بوده و نشان دهنده آلوده بودن خاک در منطقه است. نقشه پهنه بندی ضریب بار آلودگی نشان دهنده افزایش آلودگی خاک به فلزات سنگین در مناطق غرب و شمال غربی است (شکل ۱۰).

برای ارزیابی و تحقیق شدت آلودگی خاک معمولاً از شاخص بار آلودگی (pollution load index) استفاده می شود. این شاخص از رابطه ۵ محاسبه می شود. شاخص بار آلودگی برای مجموعه ای از فلزات آلاینده به صورت میانگین هندسی غلظت همه فلزات مورد نظر محاسبه می شود. اگر شاخص بار آلودگی به عدد یک نزدیک باشد نشان دهنده نزدیک بودن غلظت به مقدار زمینه است و اگر این شاخص بیشتر از یک باشد، آلودگی خاک را نشان می دهد.

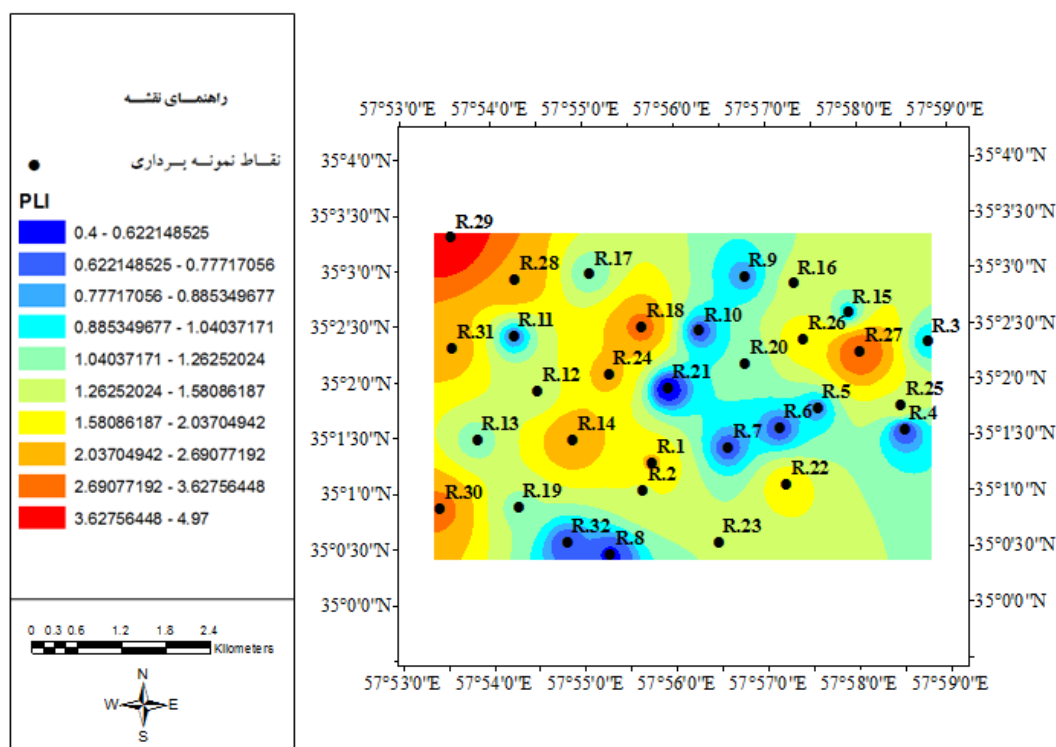
(Qishlag, et al,2007)

جدول ۸- میانگین شاخص بار آلودگی در منطقه مورد مطالعه

Sample	PLI	Sample	PLI
R.1	2.15	R.17	1.02
R.2	1.53	R.18	3.07
R.3	0.86	R.19	1.17
R.4	0.58	R.20	1.03
R.5	0.78	R.21	0.4
R.6	0.65	R.22	1.91
R.7	0.67	R.23	1.27
R.8	0.57	R.24	2.21
R.9	0.79	R.25	1.61
R.10	0.67	R.26	1.92
R.11	0.73	R.27	4.08
R.12	1.25	R.28	2.65
R.13	1.09	R.29	4.97
R.14	2.81	R.30	2.92
R.15	0.87	R.31	2.38
R.16	1.32	R.32	0.65



شکل ۹- شاخص بار آلودگی فلزات سنگین در خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۰- نقشه پهنه بندی ضریب بار آلودگی فلزات سنگین مس، مولیبدن، منگنز و کادمیوم در خاک منطقه مورد مطالعه

### نتیجه گیری

با توجه به اهمیت سلامت خاک از دیدگاه زیست محیطی، میزان حضور و نحوه پراکنش فلزات سنگین در خاکهای منطقه مورد مطالعه با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی ۳۲ نمونه خاک مورد بررسی قرار گرفت. غلظت فلزات مس، مولیبدن، منگنز و کادمیوم بالاتر از شیل جهانی است. نتایج شاخص های آلودگی مختلف نشان می دهد که فلزات مس، مولیبدن و منگنز در بخش غرب منطقه و کادمیوم در بخش شمالی و مرکز منطقه آلودگی بیشتری نشان می دهند. منشا ورود آلودگی و انباشت فلزات سنگین به خاک یکسان نبوده و عوامل مختلفی در آلودگی خاک منطقه به فلزات سنگین وجود دارد. با توجه به شاخص آلودگی این فلزات، فعالیت های انسانی از قبیل معدن کاری و کشاورزی و نیز عوامل طبیعی مانند حرکت محلولهای حاوی فلزات سنگین توسط گسل ها، موجب افزایش غلظت فلزات سنگین شده است. شایسته است این موضوع مورد توجه کارشناسان ذریبط و ساکنین منطقه قرار گیرد تا

در آینده شاهد ورود این فلزات به چرخه زیستی و پیامدهای احتمالی آن در منطقه نباشیم. علاوه بر توجه به کاربری خاک در این منطقه، میزان نفوذ فلزات سنگین در آب های سطحی و زیرزمینی نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

### منابع

- شایسته فر، م.، رضایی، ع.، (۱۳۹۲)، بررسی رفتارهای زیست محیطی و مطالعه توزیع عناصر سنگین در خاک های محدوده معدن مس سرچشمه - کرمان، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی معدن، دوره ۹ شماره ۱۸\_صفحات ۱۳-۲۱.
- شهرابی، م.، حسینی، م.، شعبانی، ک. (۱۳۸۵)، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن، انتشارات سازمان زمین شناسی ایران.
- **Abraham, G. M. S., Parker, R. J. (2008)** Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree contamination in marine sediments from Tamaki. Estuary, Auckland, New Zealand, Environmental Monitoring and Assessment 136, P. 227-238.

- Use of environment and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland, *Water, Air and Soil Pollution*, 93, P. 347-365.
- Luoping Zhang, X, Y., HuanFeng, Y, J., Tong Ouyang, X, Y., Rongyuan Liang, C, G., Weiqi, C., (2007)**, Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China, *Mar Pollut Bull* 54, P. 974-982.
- Misra, S. G., Dinesh Mani, (2009)**, *Soil Pollution*, Published by S.B., Nangia, New Delhi.
- Muller, G., 1979, Schwermetalle in den sedimenten des RheinsVeränderungenseit 1971, *Umschau* Vol. 79, No. 24, P. 778-783.
- Murciego Murciego a, A. Garcí a Sa´nchez b, M.A. Rodrí guez Gonza´lez a, E. Pinilla Gil c, C. Toro Gordillo c, J. Cabezas Ferná ndez d, T. Buyolo Triguero, (2007)**, Antimony distribution and mobility in topsoils and plants (*Cytisus striatus*, *Cistus ladanifer* and *Dittrichia viscosa*) from polluted Sb-mining areas in Extremadura (Spain), *Environmental Pollution* 145, P.15e21.
- Qishlag, A., Moore, F., Forghani, G., (2007)**, Impact of untreated wastewater irrigation on soils and crops in Shiraz suburban area, SW Iran, *Environmental Monitoring Assessment* 149, P.254.
- Shah, M.T., Ara, J., Khan, S., Tariq, S., (2012)**, Health risk assessment via surface water and sub-surface water consumption in the mafic and ultramafic terrain, *Geochemical Exploration*, V:8, P. 120-134.ic
- Zhang, W., Feng, H., Chang, J., Qu, J., Xie, H. and Yu, L., (2009)**, Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: An assessment from different indexes, *Environmental Pollution* Vol.1-11, P. 1533-15.
- Abraham, G.M.S, (2005)**, Holocene sediments of Tamaki Estuary. Characterisation and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand, ph.D. thesis, University of Auckland, New Zealand, 361p.
- Adamo, P., Arenzo, M., Imperato, M., Naimo, D., Nardi, G., Stanzione, D., (2005)**, Distribution and partition of heavy metal in surface and sub-surface sediments of Naples city Port, *Chemosphere*, v. 61, P. 800-809.
- Audry, S., Schafer, J., Blanc, G., Jouanneau, JM, (2004)**, Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River reservoirs (France), *Environmental Pollution* Vol.132, No. 3, P. 413-426.
- Chen, C.W., Kao, C.M., Chen, C.F., & Dong, C.D.; (2007)**, Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan, *Chemosphere* Vol. 66, No. 8, P. 1431-1440.
- Elinder, C.G., Friberg, L., (1986)**, Antimony. In: Friberg, L., Nordberg, G.S., Vouk, L. (Eds.), *Handbook on the Toxicology of Metals*, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, P. 26e42
- Fowler, B.A., Goering, P.L., (1991)**, Antimony. In: Merian, E. (Ed.), *Metals and their Compounds in the Environment*. VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge., P. 743-750. Gebel, T.,
- Gonzales, A., Rodriguez, M., Sanchez, J.C., Espinosa, A.J. and La Rosa, F.J.; (2000)**, Assessment of metals in sediments in a tributary of GUADALQUIVIR river (Spain). Heavy metal partitioning and relation between the water and sediment system water, *Air and soil pollution* 121, P. 11-29.
- Hakanson L. (1980)**, An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach, *Water Research*, 14:P.975-1001
- Loska, K., Chebuał, J., Pleczar, J., Wiechla, D., Kwapuliniski, J., (1995)**,



## Assessing of heavymetals pollution in the agriculture soil south of Bardaskan (Khorasan Razavi province)

Mohammadebrahim Fazelvalipour

Associate Professor, Department of Geology, Branch Mashhad, Islamic Azad University, Mashhad, Iran  
Email: Dr.ef.valipour@gmail.com

### Abstract

Considering the development of industry and technology, the accumulation of environmental contaminants, especially heavy metals in the soil led to increasing concern about food security. The aim of this study was to investigate the concentration of heavy metals in the surface soils of agricultural lands south of Bardaskan located in Khorasan Razavi. The soil samples were taken from depth of 10 to 30 cm soil by field assessment. The dominant soil texture is gravel sandy and PH 7.3 and subalkaline. Mean total concentration of Cd, Cu, Mn and Mo were 0.66, 251, 2176, 6.67 (ppm). The highest values of Igeo, EF and CF indicators were found for Cu (0.6), Mo (6.26), Mo (4.44). Pollution index calculated using the average of total CF was 2.36, indicating the medium contamination class in the area. High concentration of heavy metals Cu, Mo, Mn and Cd in the south of Bardaskan can be a threat to agricultural land in this area. Geological structures such as faults, and human activities such as mining, agriculture, and industry can provide the necessary grounds for soil contamination with heavy metals and increase the concentration of heavy metals in the agricultural soil of the region. Monitoring the pollutants concentration in the agricultural soils as well as in agricultural products is essential to conserve natural resources and ensure the food security.

**Keywords:** Heavymetals, South Bardaskan, Soil pollution, Enrichment Factor, Geoaccumulation Index.