ارزیابی ریسک سلامت و منشأ عناصر بالقوه سمناک در خاک مکان‌های دفن زباله‌های غیرمهندسی استان کرمانشاه

عطا شاکری، فهیمه یوسفی؛ دانشگاه خوارزمی، دانشکدهٔ علوم زمین

تاریخ: دریافت ۹۴/۱۲/۰۱ **پذیرش** ۹۵/۰۶/۰۶

چکیده

در این پژوهش غلظت عناصر آرسنیک، کادمیم، کروم، نیکل، سرب، روی و مس در ۳۰ نمونهٔ خاک سطحی ۸ مکان دفن زباله در استان کرمانشاه تعیین شد. ارزیابی ریسک سلامت برای مشخص شدن عوارض سرطانزایی و غیرسرطان‌زایی در بزرگسالان و کودکان استفاده شد. علاوه بر این مسیرهای در معرض قرار گیری آلاینده‌های مهم (جذب پوستی، تنفس و مصرف) در خاک مکان‌های دفن زباله بررسی شد. ترتیب میانگین غلظت عناصر انتخابی نمونه‌های خاک به‌صورت روی > نیکل >سرب > کروم >مس > آرسنیک >کادمیم است. مقایسهٔ میانگین غلظت عناصر انتخابی در نمونه‌های خاک با مقدار میانگین خاک جهانی نشان می‌دهد که عناصر روی، سرب و نیکل در خاک محدودهٔ بررسی شده غلظت بیش‌تر دارند. نتایج عامل آلودگی(CF) نشان داد که عناصر کادمیم، مس، روی و سرب آلودگی بسیار زیاد دارند. ارزیابی نتایج عامل غنی‌شدگی (EF) مشابه با عامل آلودگی برای عناصر کادمیم، کروم، سرب، مس و روی نشان‌دهندهٔ غنی‌شدگی بیش‌تراین عناصر تحت تاثیر منشأهای انسان‌زاد است. مقادیر ضریب خطر در بزرگسالان برای عنصر کروم بیش‌تر از یک و برای عناصر کادمیم، سرب، مس، آرسنیک، نیکل و روی کم‌تر از یک در نمونه‌های خاک محل‌های دفن زباله‌های پاوه، جوان‌رود، اسلام‌آباد غرب، روانسر و کرمانشاه به‌دست آمد. نتایج ضریب خطر بر مبنای جذب پوستی و مصرف درکودکان به‌ترتیب برای عناصر آرسنیک و سرب در محل دفن زباله‌های پاوه، جوانرود، روانسر، کرمانشاه، سنقر و در محل دفن زباله‌های قصر شیرین و اسلام آباد غرب بیش‌تر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ پتانسیل ریسک در این مناطق است.

واژه‌های کلیدی: خاک، ریسک سلامت، منشأ، مکان دفن زباله، کرمانشاه، ایران

* **نویسنده مسئول** atashakeri@khu.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

به‌طورکلی سطوح ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی عناصر انتخابی محدودهٔ بررسی شده در محدوده قابل قبول یا نزدیک به آن قرار دارد، اما هنور نیاز است تا برخی اندازه‌گیری‌های ویژه برای کاهش ریسک در معرض قرارگیری عناصر خاک برای حفظ سلامت، به‌ویژه جمعیت آسیب‌پذیر مانند کودکان در نظر گرفته شود.

مقدمه

خاک به‌عنوان منبع طبیعی تجدیدناپذیر، سرمایهٔ ملی و بستر حیات در معرض تخریب قرار گرفته است. خاک، پالاینده طبیعت است که علاوه بر تأمین مواد غذایی، ویژگی تصفیه‌کنندگی نیز دارد [۲]، [۱]. فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، معدن‌کاری و استخراج فلزات، پسآب‌های شهری و نهشت‌های جوی موجب رها کردن فلزات سنگین و عناصر بالقوه سمناک به محیط می‌شوند. عناصر بالقوه سمناک به‌دلیل پایداری و تجزیه‌ناپذیری و هم‌چنین مشکلات زیست دسترس‌پذیری در گروه آلاینده‌های مهم و خطرناک قرار می‌گیرند [1]. این عناصر به‌دلیل تحرک کم به مرور در خاک انباشته می‌شوند. ورود عناصر بالقوه سمناک به محیط زیست و چرخه غذایی مشکلاتی را برای سلامت انسان و سایر موجودات به‌وجود می‌آورد [۳].

اثرات زیست‌محیطی و ریسک سلامت عناصر بالقوه سمناک و فلزات سنگین در خاک مورد پژوهش بسیاری از محققان در دنیا بوده است [٤]، [٥]، [٧]. در ایران نیز تحقیقات پراکنده‌ای در ارتباط با آلودگی خاک در دو دههٔ گذشته صورت گرفته است [٦،٥]. بررسی آلودگی خاک در اطراف مکان‌های محل دفن زباله‌های شهری غیرمهندسی شده از موضوعاتی است که کم‌تر در کشور به آن پرداخته شده است. شهرهای استان کرمانشاه در غرب کشور نیز دارای مکان‌های دفن زباله هستند. به‌دلیل این‌که بیش‌تر مکان‌های دفن زباله‌های شهری غیرمهندسی هستند و تفکیک زباله نیز در آن‌جا صورت نمی‌گیرد، انواع پسماندها می‌توانند باعث رهاسازی عناصر بالقوه سمناک به خاک و افزایش غلظت آن‌ها شود. در این تحقیق منشأ، آلودگی و ارزیابی ریسک سلامت عناصر بالقوه سمناک کادمیم، آرسنیک، کروم، نیکل، مس، روی و سرب برای نمونه‌های خاک مکان‌های دفن زباله‌های شهری قصرشیرین، گیلانغرب، جوانرود، اسلام‌آباد غرب، پاوه، روانسر، کرمانشاه و سنقر بررسی می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

بحث و روش تحقیق

مواد و روش‌ها

منطقهٔ بررسی شده

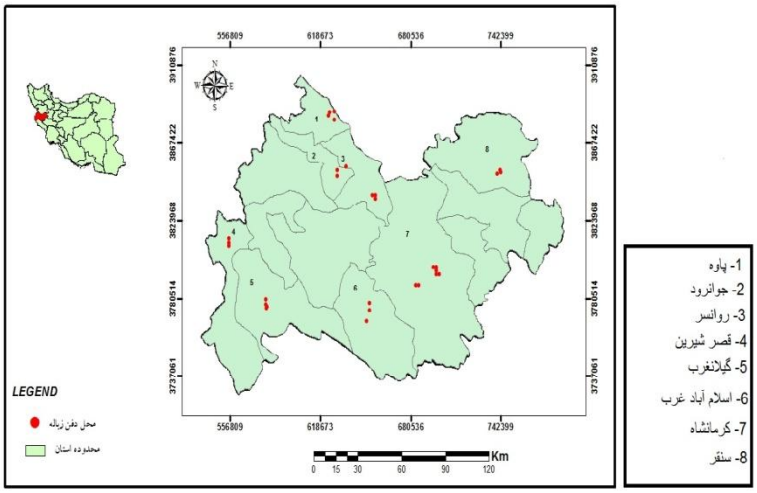
استان کرمانشاه با وسعت ٢٤٥٨٦ کیلومترمربع (معادل ١/٥١ درصد مساحت کشور)، در غرب کشور قرار گرفته است (شکل١). میانگین بارش در سطح استان بین ٤٠٠ تا ٥٠٠ میلی‌متر است. نواحی شمالی و شرقی استان (شهرستان‌های سنقر و کنگاور) با متوسط دمای سالانه ١٣ و ١٤ درجه سانتی‌گراد جزء نواحی سردسیر استان محسوب می‌شوند. در استان کرمانشاه از قدیمی‌ترین سازندهای زمین‌شناسی متعلق به دورهٔ تریاس تا جوان‌ترین رسوبات کواترنر مانند سازند کرمانشاه، امیران، تله زنگ، شهبازان، آسماری و کنگلومرای بختیاری مشاهده می‌شود. این تشکیلات، از نظر سنگ‌شناختی بیش‌تر از شیل، مارن، نمک، نهشته‌های تبخیری، آهک، ماسه سنگ و کنگلومرا تشکیل شده‌اند.

نمونه‌برداری و روش‌های آزمایشگاهی

در این تحقیق محل دفن زباله‌های ٨ شهر استان شامل: قصرشیرین، گیلانغرب، پاوه، جوانرود، اسلام‌آباد غرب، روانسر، کرمانشاه و سنقر برای نمونه‌برداری خاک انتخاب شدند (شکل١). با توجه به مساحت محدودهٔ محل دفن زباله‌ها در مجموع ٣٠ ایستگاه انتخاب و نمونه‌برداری خاک به‌صورت مرکب و از عمق٠ الی٢٠ سانتی‌متری انجام شد. هم‌چنین برای تعیین غلظت زمینهٔ عناصر انتخابی در هر محل دفن زباله، نمونه‌برداری از عمق٤٠ الی٦٠ سانتی‌متری به‌صورت مرکب برای ٨ نمونه خاک انجام شد (شکل ١ و جدول ١).

نمونه‌های خاک در آزمایشگاه در دمای اتاق خشک شدند و پس از عبور از غربال با اندازهٔ کم‌تر از ٢ میلی‌متر، برای تجزیه آماده شدند. بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس)، به‌روش هیدرومتری و درصد مواد آلی به‌روش تیتراسیون با استفاده از فروسولفات آمونیوم و دی‌کرومات پتاسیم و اسیدسولفوریک غلیظ و pH نمونه‌ها در گل اشباع خاک با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شدند [٤]. عصاره‌گیری برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین و عناصر بالقوه سمناک با استفاده از HCl و HNO_3 صورت گرفت [٥]. غلظت کل عناصر انتخابی مس، سرب، روی، نیکل، کادمیم، کروم، آرسنیک و اسکاندیم موجود در جدول با استفاده از دستگاه ICP-OES و ICP-MS در شرکت زرآزما اندازه‌گیری شدند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه‌برداری خاک مناطق محل دفن زباله (LC)

جدول۱. نتایج تجزیه نمونه‌های خاک محل‌های دفن پسماند

Landfills	Sample	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb	pH	OC (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
Ghasre shirin	LAN-1	5.71	6.66	85.00	148.30	88.30	6710.20	2783.10	7.01	1.42	46	48	6
	LAN-2	5.30	0.13	79.00	13.70	71.90	54.70	8.10	7.35	0.06	52	42	6
	LAN-3	5.51	3.40	82.00	81.00	80.10	3382.45	1395.60	7.29	0.89	24	20	56
Gilane gharb	LAN-4	6.98	0.34	68.00	21.60	54.40	183.40	15.40	7.09	0.74	38	54	8
	LAN-5	5.05	0.87	62.50	29.20	52.10	318.85	22.80	7.18	2.83	30	30	40
	LAN-6	3.11	1.40	57.00	36.80	49.80	454.30	30.20	7.27	4.91	34	36	30
Paveh	LAN-7	5.50	0.35	89.00	15.80	82.80	52.80	8.70	7.52	0.45	48	36	16
	LAN-8	5.55	1.28	85.50	28.15	83.35	127.55	19.05	7.60	2.66	30	56	14
	LAN-9	9.21	3.13	130.00	155.80	130.60	574.90	145.00	7.67	4.86	66	28	6
	LAN-10	13.48	1.05	185.00	33.00	184.80	151.00	23.30	7.35	0.74	10	30	60
Javan rood	LAN-11	9.45	0.33	97.00	24.50	84.50	86.70	19.50	7.11	1.62	18	38	44
	LAN-12	11.12	1.37	160.00	27.95	160.65	125.35	21.28	7.78	2.71	42	34	24
	LAN-13	10.38	1.34	148.00	26.40	153.20	114.90	20.55	7.66	0.55	34	36	30
Eslamabad	LAN-14	3.43	0.20	417.00	15.40	681.40	48.50	5.00	8.06	0.25	28	30	42
	LAN-15	7.67	1.81	132.00	255.80	147.30	908.10	306.60	7.67	1.75	58	36	6
Ravansar	LAN-16	8.02	0.43	108.50	30.55	121.65	120.35	53.00	7.21	2.74	40	28	32
	LAN-17	6.54	0.42	102.00	37.30	104.60	144.70	21.90	7.40	2.50	34	34	32
	LAN-18	8.36	2.74	131.00	27.70	124.70	114.70	88.10	7.56	0.64	56	30	14
	LAN-19	5.70	1.92	76.00	27.20	79.70	282.60	20.00	7.23	0.84	32	40	28
	LAN-20	6.73	0.74	68.00	38.50	87.20	91.20	15.90	7.89	0.16	42	24	34
Kermanshah	LAN-21	8.36	1.57	91.00	71.80	116.90	378.70	46.60	7.96	0.94	30	42	28
	LAN-22	5.16	0.65	118.00	71.50	129.80	265.40	51.90	7.75	4.91	64	26	10
	LAN-23	7.34	0.42	89.00	16.00	111.00	53.80	10.10	7.69	0.25	10	60	30
	LAN-24	6.25	0.54	103.50	43.75	120.40	159.60	31.00	7.75	0.35	14	32	54
	LAN-25	7.79	0.47	91.00	17.35	117.45	70.65	11.80	7.73	0.40	28	42	30
Songhor	LAN-26	9.43	0.22	68.50	16.20	75.55	58.65	10.95	7.70	0.34	42	24	34
	LAN-27	9.26	1.14	90.00	70.60	61.80	329.00	46.30	7.40	2.50	50	43	7
Gilane gharb	LAN-28	6.85	0.61	66.50	26.40	53.50	251.25	18.10	7.03	2.50	30	32	38
Eslamshahr	LAN-29	6.65	1.30	295.00	235.50	464.00	525.40	278.60	7.7	1.80	36	40	24
Songhor	LAN-30	8.95	1.36	98.00	79.00	71.00	478.00	64.50	7.74	0.50	34	24	42
Mean		7.29	1.27	115.77	57.43	131.48	553.92	186.43	7.51	1.593	36.66667	35.83333	27.50
Max		13.48	6.66	417.00	255.80	681.40	6710.20	2783.10	8.06	4.91	66	60	60
Min		3.11	0.13	57.00	13.70	49.80	48.50	5.00	7.01	0.06	10	20	6
W.M.S		72000	7.7	72000	7.7	52	95	19	*	*	*	*	*
Average shale		80000	13	80000	13	68	95	20	*	*	*	*	*
Uper crust		82000	1.5	82000	1.5	20	70	15	*	*	*	*	*

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]

[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

شاخص‌های آلودگی خاک

برای ارزیابی کمی و کیفی آلودگی خاک و تعیین منشأ عناصر بالقوه سمناک و اثرهای انسان‌زاد در این پژوهش از عامل غنی‌شدگی[1]، عامل آلودگی[2] و درجهٔ آلودگی اصلاح شده[3] استفاده شده است. عامل غنی‌شدگی به‌هنجار شده (EF) برای غلظت‌های بیش‌تر از حد زمینهٔ فلزات، از روش‌های رایج برای ارزیابی اثرهای انسان‌زاد روی خاک‌ها و رسوبات است.

روش EF مقدار فلز اندازه‌گیری شده را با توجه به فلز مرجع به‌هنجار می‌کند. پژوهشگران مختلف از عناصر مرجع متفاوتی مانند آهن، آلومینیم، اسکاندیم، کبالت و تیتانیم برای تعیین میزان غنی‌شدگی عناصر استفاده کرده‌اند [٦]، [٢٧]، [٢٨]. در این پژوهش عنصر اسکاندیم به‌عنوان عنصر مرجع استفاده شد، زیرا برای ترکیب شیمیایی به‌صورت خنثی‌کننده عمل می‌کند. عامل غنی‌شدگی برای عناصر مرجع مختلف بر اساس این رابطه محاسبه می‌شود:

$$\text{Enrichment Factor} = (M/Sc)_{sample}/(M/Sc)_{Background}$$

در این رابطه $M_{نمونه}$: غلظت فلز هدف در نمونه خاک و $M_{زمینه}$: غلظت فلز هدف در ترکیب زمینه است. بر اساس نظر هرناندز و همکاران در سال ٢٠٠٣ مقدار عامل غنی‌شدگی بین ٠/٥ تا ٢ به‌عنوان زمین‌زاد و مقدار بیش از ٢ به‌عنوان تأثیر فعالیت‌های انسان زاد است [٧]. ساترلند (٢٠٠٠) و لوسکا و همکاران (٢٠٠٣) بر پایهٔ عامل غنی‌شدگی، درجهٔ آلودگی فلزات سنگین با فعالیت‌های انسان‌زاد را در پنج رده از غنی‌شدگی کم (EF<٢) تا بسیار شدید (EF>٤٠) تقسیم‌بندی کردند [٨].

یکی از روش‌های ارزیابی آلودگی خاک استفاده از عامل آلودگی است، که در این پژوهش بررسی شده است. هاکانسون[4] در سال ١٩٨٠، روشی را برای محاسبه عامل آلودگی ٧ فلز سنگین خاص به‌کار برد که در آن برای محاسبهٔ ضریب آلودگی، میانگین حداقل ٥ نمونه رسوب یا خاک سطحی برای ایجاد غلظت متوسط آلاینده به‌دست می‌آید. سپس عدد محاسبه شده با سطح مرجع اولیه مقایسه می‌شود [٩]. ضریب آلودگی بر اساس فرمول: $C_f = M_x/M_b$ محاسبه می‌شود که M_x و M_b به‌ترتیب به میانگین غلظت آلاینده در خاک‌های آلوده و خاک

1. Enrichment Factor
2. Contamination Factor
3. Modified Degree of Contamination
4. Hakanson

مرجع باز می‌گردد. در پژوهش هاکانسون هفت فلز و یک آلایندهٔ آلی آزمایش شد و بنا براین هشت مقیاس از آلودگی احتمالی وجود داشت. در توصیف عامل آلودگی چهار رده از آلودگی کم تا بسیار زیاد ۶ > C_f > ۱ وجود دارد.

$$C_d = \sum_{i=1}^{n} Cfi$$

که C_d در آن درجهٔ آلودگی است.

آبراهام[1] در سال ۲۰۰۵ معادلهٔ هاکانسون را اصلاح کرد و معادلهٔ زیر را برای محاسبه درجه آلودگی ارائه کرد:

$$\mathrm{mCd} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Cfi}{n}$$

که در آن:

mC_d= درجهٔ آلودگی اصلاح شده

n= تعداد عناصر در نظر گرفته شده

i= i امین عنصر یا آلاینده

Cf= عامل آلودگی

آبراهام درجهٔ آلودگی اصلاح شده را از ردهٔ آلودگی کم تا آلودگی شدید ۳۲ > mC_d > ۱/۵ تقسیم‌بندی کرد [۱۰]، [۱۱].

ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک سلامت از خاک سطحی مناطق شهری و صنعتی به‌طور گسترده‌ای برای تعیین کمیت خطرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی عناصر بالقوه سمناک در خاک سطحی مناطق شهری و صنعتی برای انسان از طریق سه مسیر در معرض قرار گرفتن: بلع، تماس پوستی و استنشاق استفاده می‌شود [۱۳]، [۱۴]، [۱۵].

بلع خاک و گرد و غبار یک مسیر بالقوه در معرض قرار گرفتن مواد شیمیایی زیست‌محیطی برای بزرگسالان و کودکان است. کودکان، به‌ویژه، ممکن است مقادیر چشم‌گیری از خاک را به‌دلیل تمایل آن‌ها به بازی روی زمین و فروبردن اشیاء به دهان و یا دست، مصرف کنند.

1. Abrahim

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

بزرگسالان نیز ممکن است ذرات خاک یا گرد و غبار را که به مواد غذایی، سیگار، و یا دست خود چسبیده‌اند، بلع یا هضم کنند. بنابراین، درک الگوهای در معرض قرارگیری خاک و گرد و غبار بخش مهمی از برآورد کلی در معرض بودن به مواد شیمیایی زیست‌محیطی است [۱۶]، [۲۹].

محیط و هوای داخل، منابع بالقوه در معرض قرار گرفتن مواد سمی هستند. بزرگسالان و کودکان هنگام استنشاق می‌توانند در معرض هوای آلوده در طول انواع فعالیت‌ها در محیط‌های مختلف قرار گیرند. تماس پوستی نیز می‌تواند در طول انواع فعالیت در محیط‌های مختلف زیست‌محیطی رخ دهد که شامل خاک، آب، رسوب، بخارات و مواد جامد است [۱۶]، [۱۷]، [۱۸]، [۱۹].

به‌منظور تخمین خطر سلامتی بلع، جذب پوستی و تنفس ذرات خاک برای انسان از ضریب خطر (HQ) استفاده می‌شود. ضریب خطر از تقسیم میانگین دوز مصرف روزانه (ADD[۴]) بر دوز مرجع (RfD[۵]) از رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود [۱۹]، [۲۰]، [۲۱].

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \qquad (۱)$$

میانگین دوز روزانه از طریق بلع[۱]، جذب پوستی[۲] و تنفس[۳] به‌ترتیب از روابط ۲، ۳، ٤ استفاده می‌شود.

$$ADD_{ing} = C \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \qquad (۲)$$

$$ADD_{dermal} = C \times \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \qquad (۳)$$

$$ADD_{inh} = C \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW \times AT \times PEF} \qquad (٤)$$

که

RFD= دوز مرجع (mg/kg-d)

ADD= میانگین دوز روزانه (بلع، جذب پوستی و تنفس) (mg/kg-d)

BW[6]= وزن بدن مصرف‌کننده

C= غلظت فلز اندازه گیری شده

IR[7]= نرخ مصرف خاک، جذب و استنشاق

1. Ingestion
2. Dermal
3. Inhalation

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

EF[8]= فرکانس در معرض قرار گرفتن (day/year)
ED[9]= مدت زمان در معرض قرار گرفتن
ABS[10]= عامل جذب پوستی
AT[11]= مدت زمان به‌طور متوسط (day)
SA[12]= سطح پوست در معرض قرار گرفته (cm^2)
AF[13]= عامل چسبندگی (kg/cm^2-day)
PEF[14]= عامل انتشار (m^3/kg)[1]

برای تعیین شاخص خطر از پارامتر HI[16] (Hazard Index) از رابطهٔ ۵ استفاده می‌شود. خطر سرطان‌زایی به‌عنوان احتمال پیشرفت یک فرد در هر نوع سرطان در تمام طول عمر به‌علت در معرض قرار گرفتن خطرات سرطان‌زا در نظر گرفته می‌شود [۲۲]، [۲۳]، [۲٤]. برای تعیین ریسک سرطان‌زایی (Cancer Risk) از رابطهٔ ٦ استفاده می‌شود.

$$\mathrm{HI} = \sum_{i=1}^{n} HQ = \sum_{i=1}^{n} \frac{ADD}{RfD} \qquad (۵)$$

$$\mathrm{Risk}(CR) = \sum_{i=1}^{n} ADI \times SF \qquad (٦)$$

اگر برای هر یک از آلاینده‌ها مقدار HQ کم‌تر از یک شود به‌این معنی است که خطر قابل‌توجهی از نظر سمی بودن ندارد. نسبت‌های بیش‌تر از یک برای HQ می‌تواند نشان‌دهندهٔ احتمال وجود پتانسیل خطر باشد [۲٤]، [۲٦].

شاخص خطر (HI) مجموع HQ است و به معنی مجموع خطر عنصر غیرسرطان‌زا از طریق سه مسیر در معرض قرار گرفتن عنصر است. اگر مقدار HI <۱ باشد، اثرات خطر غیرسرطان‌زا رخ نمی‌دهد، مقدار HI>۱ نشان‌دهندهٔ احتمال اثرات سوء بر سلامت است. احتمالا با افزایش مقادیر HI احتمال خطر سرطان‌زایی یک فرد برای هر نوع سرطان در تمام طول عمر افزایش می‌یابد [۲۳]، [۲٤]، [۲٦].

شیب سرطان‌زایی (SF) احتمال پیشرفت سرطان در هر سطح در معرض قرار گرفتن است و با واحد mg/kg day بیان می‌شود. اگر مقدار $1\times10^{-6} > CR$ باشد خطر سرطان‌زایی

4. Average Daily Doses(from soil ingestion, dermal absorption and inhalation) 5 Reference Doses 6 body weight 7 ingestion and inhalation rate of soil 8 exposure frequency 9 exposure duration 10 Dermal absorption factor 11 Average time 12 exposed skin surface area 13adherence factor14 emission factor 15 hazard quotient 16 hazard index.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

برای سلامت از خاک می‌تواند قابل چشم‌پوشی و در صورتی که مقدار $CR > 1\times10^{-4}$ باشد نشان‌دهندهٔ احتمال خطر زیاد و پیشرفت در ابتلا به سرطان در انسان است. مقادیر CR در محدوده بین $1\times10^{-6} < CR < 1\times10^{-4}$ ریسک قابل قبول و یا قابل تحمل و سلامت انسان را نشان می‌دهد [۲٤]، [۲۵]، [۲٦].

بحث و نتایج

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و غلظت‌های عناصر بالقوه سمناک نمونه‌های خاک

نتایج تجزیه نمونه‌های و خلاصه آماری آن‌ها نمونه‌های خاک همراه در جدول ۱ نشان داده شده است.

بررسی حاصل از نمودار مثلثی بافت خاک (شکل ۳) نشان می‌دهد که بافت غالب خاک در مناطق محل دفن زباله، بافت گلی و رسی گلی و ماسه‌ای گلی است و در محدوده دانه‌ریز قرار دارد.

مقادیر بیشینه و کمینهٔ کربن آلی (OC) در نمونه‌های خاک به‌ترتیب ٤,۹۱ و ۰,۰٦ و متوسط آن ۱,۵۹ است. مقادیر اسیدینگی نمونه‌های خاک بین ۷,۰۱و ۸,۰٦ متوسط آن ۷,۵۱ است. بیشنهٔ غلظت عناصر کادمیم، کروم، مس، نیکل، روی، آرسنیک، سرب و اسکاندیم به‌ترتیب ٦,٦٦، ٤۱۷، ۲۵۵,۸۰، ٤٦٤۵، ٦۷۱۰,۲۰، ۱۳,٤۸، ۲۷۸۳,۱۰، ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه‌ها اندازه‌گیری شده است. کمینه و بیشینهٔ میانگین غلظت به‌ترتیب مربوط به کادمیم ۱,٦۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و روی ۷۲٦,۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. ترتیب میانگین غلظت عناصر بالقوه سمناک نمونه‌های خاک به‌صورت روی >نیکل >سرب >کروم >مس > آرسنیک >کادمیم و ترتیب میانگین غلظت زمینه به‌صورت نیکل >کروم >روی >مس >سرب >آرسنیک > کادمیم است که مشابه هم دیگر نیستند.

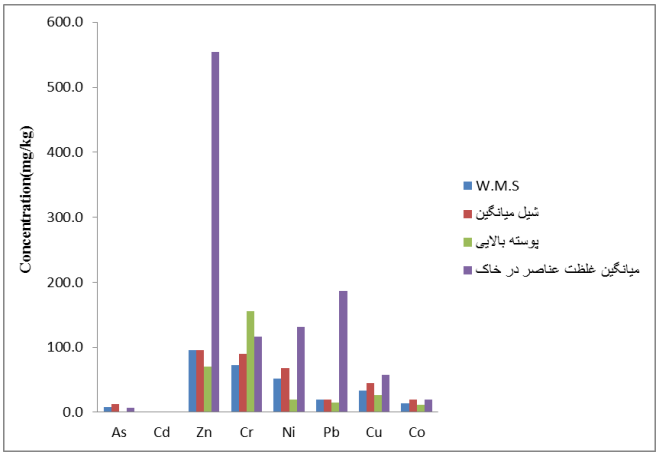
با توجه به شکل۲ مشاهده می‌شود که میانگین غلظت عناصر روی، سرب و نیکل در نمونه‌های خاک در مقایسه با غلظت میانگین خاک جهانی، شیل میانگین و ترکیب پوستهٔ بالایی غلظت بیش‌تری را نشان می‌دهند.

عامل آلودگی و درجهٔ آلودگی اصلاح شده

عامل آلودگی (Cf) برای میانگین غلظت عناصر انتخابی نمونه‌های خاک محل دفن زباله‌های شهری نسبت به غلظت زمینهٔ عناصر محاسبه شده است (جدول ۲). بررسی نتایج عامل آلودگی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

نشان می‌دهد که: عناصر کروم، نیکل و آرسنیک در نمونه‌های خاک محل دفن زباله‌های شهری آلودگی متوسط (۱<Cf<۳) دارند. عناصر روی، سرب و مس با بیشینهٔ عامل آلودگی (Cf>٦) آلودگی بسیار زیاد را برای مکان‌های دفن زباله قصرشیرین و اسلامشهر نشان می‌دهند. هم‌چنین عنصر کادمیم در منطقه اسلام شهر آلودگی بسیار بالا را نشان می‌دهد. محاسبهٔ درجهٔ آلودگی اصلاح شده برای میانگین عناصر انتخابی بر اساس غلظت زمینه درجهٔ بسیار زیاد آلودگی کل (۵۱,۷) برای منطقه قصرشیرین و مقدار (۱٤,۳) برای منطقهٔ اسلامشهر رابر اساس رده‌بندی ابراهیم (۲۰۰۸) [۱۱] نشان می‌دهد (جدول ۲). به‌طورکلی نتیجه عامل آلودگی برای مجموع عناصر انتخابی نشان می‌دهد که بیش‌تر آلودگی عناصر در نمونه‌های خاک محل‌های دفن زباله قصرشیرین، پاوه، اسلام‌آباد غرب، کرمانشاه و سنقر مشاهده شده است که نشان‌دهندهٔ تأثیر بیش‌تر عوامل انسان‌زاد در رهاسازی عناصر در محل‌های دفن و تمرکز در خاک است. در شکل ٤ مقدار عامل آلودگی برای تمام نمونه‌های خاک مکان‌های دفن زباله ارایه شده است.



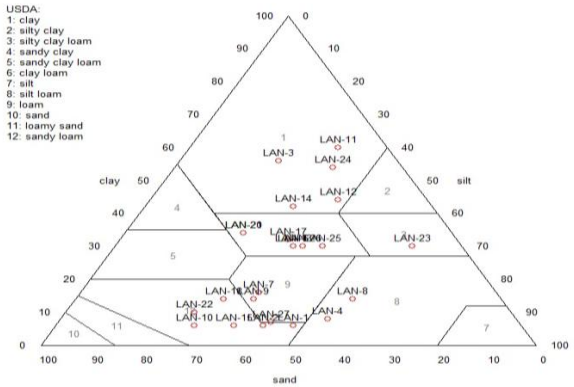
شکل ۲. مقایسه میانگین غلظت عناصر در خاک با مقادیر میانگین جهانی خاک، شیل میانگین و پوسته بالایی

عامل غنی‌شدگی

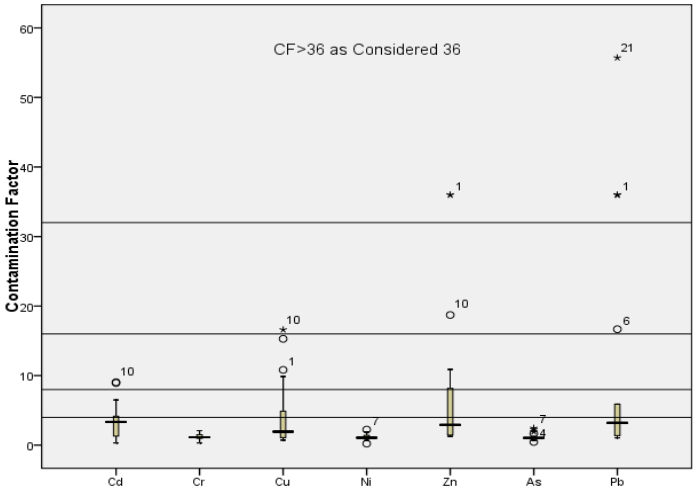
محاسبهٔ عامل غنی‌شدگی به‌هنجار شده (EF) برای غلظت‌های بیش‌تر از حد زمینهٔ عناصر، از روش‌های متداول برای ارزیابی اثرهای انسان‌زاد روی خاک است. محاسبهٔ عامل غنی‌شدگی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

نمونه‌های خاک محدودهٔ بررسی شده (جدول ۳) نشان می‌دهد که: عنصر کادمیم در تمام محل دفن زباله‌ها؛ کروم در محل دفن زباله‌های شهری اسلام‌آباد غرب، مس در خاک تمام محل دفن زباله‌های به‌غیر از روانسر و جوانرود، نیکل در خاک محل دفن زباله اسلام‌آباد غرب و جوانرود، روی در تمام محل دفن پسماند به‌غیر از روانسر و جوانرود و سرب برای تمام محل‌های دفن زباله‌های شهری به‌غیر از جوانرود بر اساس مقدار زمینه مقدار غنی‌شدگی بیش تر از ۲ دارند که نشان‌دهندهٔ منشأ انسان‌زاد است.



شکل ۳. نمودار مثلثی بافت خاک‌های محل دفن زباله



شکل٤. نمودار عامل آلودگی برای عناصر انتخابی نسبت به مقدار زمینه برای نمونه‌های خاک محل‌های دفن زباله

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

جدول ۲. مقادیر عامل آلودگی و درجهٔ آلودگی اصلاح شده برای نمونه‌های خاک نسبت به مقادیر زمینه

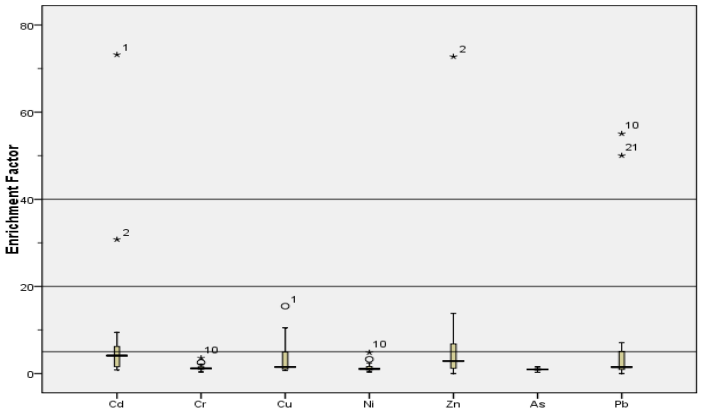
Contamination Factor (Background)									
Landfills	**Cd=∑Cf**	**mCd**	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Zn**	**As**	**Pb**
Ghasre shirin	362.31	51.76	0.46	1.06	8.37	1.17	92.25	1.06	257.94
Gilane gharb	10.23	1.46	2.82	0.91	1.43	0.95	1.86	0.72	1.54
Paveh	27.16	3.88	5.20	1.50	4.58	1.61	5.39	1.71	7.18
Javan rood	12.26	1.75	4.11	1.59	1.11	1.86	1.39	1.14	1.07
Eslamabad	100.07	14.30	7.78	0.51	15.95	0.45	14.78	2.09	58.52
Ravansar	11.18	1.60	1.86	1.53	0.80	1.23	1.82	1.06	2.88
Kermanshah	15.84	2.26	1.92	1.13	3.19	1.09	4.06	0.94	3.50
Songhor	25.45	3.64	5.68	1.37	4.62	0.88	6.88	0.97	5.06

بررسی نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که عناصر سرب، روی و کادمیم به‌ترتیب با مقادیر ۳٤٦,۷، ۱۲٤، ۵۱,۹ بیش‌ترین غنی‌شدگی را برای محل دفن پسماندهای شهری قصرشیرین دارند که براساس تقسیم‌بندی لوسکا و همکاران (۲۰۰۳) در گروه غنی‌شدگی بسیار زیاد و شدید قرار می‌گیرند [۸]. در شکل ۵ مقدار عامل غنی‌شدگی برای خاک مکان‌های دفن زباله ارایه شده است.

جدول۳ مقادیر عامل غنی شدگی برای نمونه‌های خاک نسبت به مقادیر زمینه

Enrichment Factor (Background)							
Landfills	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Zn**	**As**	**Pb**
Ghasre shirin	51.98	1.38	11.21	1.53	124.00	1.38	346.77
Gilane gharb	51.98	1.38	11.21	1.53	124.00	1.38	346.77
Paveh	51.98	1.38	11.21	1.53	124.00	1.38	346.77
Javan rood	4.80	1.86	1.30	2.17	1.62	1.33	1.25
Eslamabad	8.10	3.04	10.07	4.05	10.90	0.82	52.55
Ravansar	3.53	1.19	0.84	1.01	1.58	0.83	2.18
Kermanshah	2.40	1.29	3.91	1.23	4.75	1.03	4.26
Songhor	5.01	1.21	4.07	0.77	6.09	0.85	4.47

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]



شکل۵ نمودار ضریب غنی‌شدگی برای عناصر انتخابی نسبت به مقدار زمینه برای نمونه‌های خاک محل دفن زباله

ریسک سلامت

مقادیر ضریب خطر HQ برای میانگین مقادیر عناصر انتخابی در نمونه‌های خاک مکان‌های دفن پسماند شهری از سه طریق مصرف، جذب پوستی و تنفس محاسبه شد (جدول ٤). نتایج در بزرگسالان نشان می‌دهد که مقدار ضریب خطر از سه طریق برای عناصر کادمیم، مس، نیکل، روی، آرسنیک و سرب (به‌جزء محل دفن زباله قصرشیرین) کم‌تر از یک است. عنصر کروم برای محل‌های دفن زباله‌های شهری پاوه، جوانرود، اسلام‌آباد غرب، روانسر و کرمانشاه ضریب خطر بالاتر از یک را دارد که می‌تواند نشان‌دهندهٔ احتمال وجود پتانسیل خطر باشد.

نتایج در کودکان نشان می‌دهد که مقدار ضریب خطر از طریق مصرف و تنفس برای عناصر کادمیم و نیکل کم‌تر از یک است اما از طریق جذب پوستی بیش‌تر از یک و احتمال وجود پتانسیل خطر وجود دارد. مقدار ضریب برای عنصر کروم از طریق تنفس کم‌تر از یک ولی از طریق مصرف و جذب پوستی بیش‌تر از یک و خطرناک است. برای عناصر مس و روی در همه محل‌های دفن زباله کم‌تر از یک است. مقدار ضریب خطر برای عناصر آرسنیک و سرب به‌ترتیب در محل دفن زباله‌های شهری پاوه، جوانرود، روانسر، کرمانشاه، سنقر و در محل دفن پسماندهای قصرشیرین و اسلام‌آباد غرب از طریق مصرف و جذب بیش‌تر از یک و قابل توجه است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

مقادیر شاخص خطر در نمونه‌های مکان دفن زباله‌های شهری از بـه‌دسـت آوردن مجمـوع شاخص خطر از سه طریق مصرف، جذب پوستی و تنفس محاسبه شد(جدول٤). نتـایج در بزرگسالان نشان می‌دهد که عناصر کادمیم، مس، نیکل، روی، آرسنیک و سرب مقدار HI <۱ دارند، که نشان می‌دهد که هیچ اثرات خطر غیرسرطان زا رخ نمـی دهـد، در حـالی‌کـه عنصـر کروم در همه مکان‌های دفن زباله شهری مقدار HI> ۱ دارد و هم‌چنین عنصر سرب در منطقه قصر شیرین بیش‌تر از یک است که نشان دهنده احتمال اثرات سوء بر سلامت است.

شاخص خطر عناصر کادمیم و کروم برای کودکان در تمام مکان‌های دفن زباله‌های شـهری بیش‌تر از یک که نشان‌دهندهٔ اثر سوء بر سلامت است. عناصر روی و مس در همه مناطق محل دفن زباله مقدار کم‌تر از یک دارند. عنصر نیکل در محل دفن زباله‌های شهری پاوه، جـوانرود، اسلام‌آباد غرب، روانسر و کرمانشاه، آرسنیک در تمام مناطق دفن به جـز قصرشـیرین و سـرب در محل دفن زباله‌های قصرشیرین، پاوه، اسلامشهر و روانسر بیش‌تر از یک و قابل‌توجه است.

با توجه به نبود عامل شیب سرطان‌زایی برای عناصر مختلف در این پژوهش مقدار ریسـک سرطان‌زایی(CR) فقط برای عناصر آرسنیک و کادمیم محاسـبه شـد (جـدول۵). مقـادیر CR عنصر کادمیم در بزرگسالان در همهٔ مناطق از طریـق مصـرف در محـدوده قابـل تحمـل قـرار می‌گیرد. از طریق تنفس در محدوده $CR < 1\times10^{-6}$ که قابل چشـم‌پوشـی اسـت. از طریـق جذب پوستی در محدودهٔ بین $1\times10^{-6} < CR < 1\times10^{-4}$ که ریسک قابل قبـول و یـا قابـل تحمل برای سلامت انسان را نشان می‌دهد.

مقادیر CR عنصر کادمیم در کودکان در اکثر مکان‌هـای دفـن زبالـه از طریـق مصـرف در محدوده قابل تحمل قرار می‌گیرد و در محل دفن زباله کرمانشـاه قابـل چشـم‌پوشـی اسـت. از طریق تنفس در محدوده $CR < 1\times10^{-6}$ قرار می‌گیرد و قابـل چشـم‌پوشـی اسـت. از طریـق جذب پوستی در مکان‌های دفن زباله قصر شیرین، پاوه و روانسر در محدودهٔ بین $1\times10^{-6} < CR < 1\times10^{-4}$ قرار می‌گیرد که ریسک قابل قبول و یا قابل تحمل بـرای سـلامت انسـان را نشان می‌دهد اما در مناطق گیلانغـرب، جـوانرود، اسـلام‌آبـاد غـرب، کرمانشـاه و سـنقر قابـل چشم‌پوشی است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63] [DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1] [Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول٤ مقادیر شاخص خطر و ضریب خطر برای نمونه‌های خاک نسبت به مقادیر زمینه

Adult							Child						
estion of Soil		Inhalation		Dermal contact		HI	Ingestion of Soil		Inhalation		Dermal contact		HI
ADI	HQ	ADI	HQ	ADI	HQ		ADI	HQ	ADI	HQ	ADI	HQ	
ng/kg-day)		(mg/m3)		(mg/kg-day)			(mg/kg-day)		(mg/m3)		(mg/kg-day)		
4.65E-06	0.013959	6.84E-10	2.05E-06	2.60E-06	7.80E-01	7.94E-01	4.34E-05	0.130283	1.21E-09	3.64E-06	1.70E-05	5.107098	5.237384
1.08E-06	0.004322	1.59E-10	6.36E-07	6.04E-07	0.241422	2.46E-01	1.01E-05	0.040338	2.82E-10	1.13E-06	3.95E-06	1.581246	1.621585
1.99E-06	0.007959	2.93E-10	1.17E-06	1.11E-06	0.444584	4.53E-01	1.86E-05	0.074283	5.19E-10	2.08E-06	7.28E-06	2.911898	2.986183
1.39E-06	0.004164	2.04E-10	6.12E-07	7.75E-07	0.232622	2.37E-01	1.30E-05	0.038868	3.62E-10	1.09E-06	5.08E-06	1.523609	1.562478
1.51E-06	0.004534	2.22E-10	6.67E-07	8.44E-07	0.253283	2.58E-01	1.41E-05	0.04232	3.94E-10	1.18E-06	5.53E-06	1.65893	1.70125
1.60E-06	0.008014	2.36E-10	1.18E-06	8.95E-07	0.447645	4.56E-01	1.50E-05	0.074795	4.18E-10	2.09E-06	5.86E-06	2.931945	3.006742
4.65E-07	0.004945	6.83E-11	7.27E-07	5.52E-07	0.276239	2.81E-01	4.34E-06	0.046155	1.21E-10	1.29E-06	3.62E-06	1.809286	1.855442
1.24E-06	0.003726	1.83E-10	5.48E-07	6.94E-07	0.208136	2.12E-01	1.16E-05	0.034776	3.24E-10	9.72E-07	4.54E-06	1.363229	1.398006
6.31E-04	0.630769	1.65E-08	0.000496	1.79E-05	0.896384	1.53E+00	1.05E-03	1.048402	2.93E-08	0.000879	1.17E-04	5.87105	6.920331
4.88E-04	0.651282	1.28E-08	0.000512	1.39E-05	0.925534	1.58E+00	8.12E-04	1.082496	2.27E-08	0.000907	9.09E-05	6.061979	7.145382
9.41E-04	1.255128	2.47E-08	0.000986	2.68E-05	1.783658	3.04E+00	1.56E-03	2.086149	4.37E-08	0.001749	1.75E-04	11.68244	13.77033
1.04E-03	1.038462	2.72E-08	0.000816	2.95E-05	1.475753	2.52E+00	1.73E-03	1.726027	4.82E-08	0.001447	1.93E-04	9.665753	11.39323
2.14E-03	2.138462	5.6E-08	5.6E-11	6.08E-05	3.038959	5.18E+00	3.55E-03	3.554338	9.93E-08	9.93E-11	3.98E-04	19.90429	23.45863
7.47E-04	1.244872	1.96E-08	0.000978	2.12E-05	1.769082	3.01E+00	1.24E-03	2.069102	3.47E-08	0.001734	1.39E-04	11.58697	13.65781
7.58E-04	1.262821	1.98E-08	0.000992	2.15E-05	1.794589	3.06E+00	1.26E-03	2.098935	3.52E-08	0.001759	1.41E-04	11.75403	13.85473
6.58E-04	0.657692	1.72E-08	0.000517	1.87E-05	0.934644	1.59E+00	1.09E-03	1.093151	3.05E-08	0.000916	1.22E-04	6.121644	7.215711
1.11E-04	0.008322	1.63E-08	1.22E-06	4.43E-05	0.011068	1.94E-02	1.04E-03	0.077671	2.89E-08	2.17E-06	2.90E-04	0.072493	0.150167
3.90E-05	0.003904	5.74E-09	5.74E-07	1.56E-05	0.005192	9.10E-03	3.64E-04	0.036438	1.02E-08	1.02E-06	1.02E-04	0.034009	0.070449
7.97E-05	0.007971	1.17E-08	1.17E-06	3.18E-05	0.010601	1.86E-02	7.44E-04	0.074395	2.08E-08	2.08E-06	2.08E-04	0.069435	0.143832
3.60E-05	0.0027	5.29E-09	3.97E-07	1.44E-05	0.003591	6.29E-03	3.36E-04	0.025203	9.39E-09	7.04E-07	9.41E-05	0.023523	0.048727
2.36E-04	0.017695	3.47E-08	2.6E-06	9.41E-05	0.023535	4.12E-02	2.20E-03	0.165155	6.15E-08	4.61E-06	6.17E-04	0.154145	0.319305
4.14E-05	0.00518	6.09E-09	7.62E-07	1.65E-05	0.006889	1.21E-02	3.87E-04	0.048345	1.08E-08	1.35E-06	1.08E-04	0.045122	0.093468
6.31E-05	0.00789	9.28E-09	1.16E-06	2.52E-05	0.010494	1.84E-02	5.89E-04	0.073644	1.65E-08	2.06E-06	1.65E-04	0.068734	0.14238
7.57E-05	0.005678	1.11E-08	8.35E-07	3.02E-05	0.007552	1.32E-02	7.07E-04	0.052995	1.97E-08	1.48E-06	1.98E-04	0.049462	0.102459

[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63] [DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1] [Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ادامه جدول ٤.

	Adult								Child						
	Ingestion of Soil			Inhalation		Dermal contact			Ingestion of Soil		Inhalation		Dermal contact		
	Conc. (mg/kg)	Conc. (mg/kg)	HQ	ADI (mg/m3)	HQ	ADI (mg/kg-day)	HQ	HI	ADI (mg/kg-day)	HQ	ADI (mg/m3)	HQ	ADI (mg/kg-day)	HQ	HI
n	80.10	1.10E-04	0.016459	1.61E-08	0.000968	1.53E-04	8.51E-02	1.03E-01	1.02E-03	0.153616	2.86E-08	0.001717	1.00E-03	0.557571	0.712904
b	52.45	7.18E-05	0.01437	1.06E-08	0.000845	1.00E-04	0.074324	8.95E-02	6.71E-04	0.134119	1.87E-08	0.001499	6.57E-04	0.486801	0.622419
	120.39	1.65E-04	0.032983	2.43E-08	0.00194	2.30E-04	0.170595	2.06E-01	1.54E-03	0.30784	4.3E-08	0.003441	1.51E-03	1.12	1.431281
	132.78	1.82E-04	0.027284	2.67E-08	0.001605	2.54E-04	0.14112	1.70E-01	1.70E-03	0.254653	4.74E-08	0.002846	1.66E-03	0.924296	1.181795
	430.90	5.90E-04	0.088541	8.68E-08	0.005208	8.24E-04	0.457954	5.52E-01	5.51E-03	0.826384	1.54E-07	0.009236	5.40E-03	2.999466	3.835086
	102.57	1.41E-04	0.035127	2.07E-08	0.002066	1.96E-04	0.181683	2.19E-01	1.31E-03	0.327849	3.66E-08	0.003664	1.29E-03	1.189972	1.521485
h	119.11	1.63E-04	0.040791	2.4E-08	0.002399	2.28E-04	0.210981	2.54E-01	1.52E-03	0.380717	4.26E-08	0.004255	1.49E-03	1.381861	1.766833
	69.45	9.51E-05	0.014271	1.4E-08	0.000839	1.33E-04	0.07381	8.89E-02	8.88E-04	0.133192	2.48E-08	0.001489	8.70E-04	0.483437	0.618117
n	3382.45	4.63E-03	0.046335	6.81E-07	6.81E-05	3.70E-04	0.018488	6.49E-02	4.32E-02	0.432459	1.21E-06	0.000121	2.42E-03	0.121089	0.553669
b	276.95	3.79E-04	0.005058	5.58E-08	7.44E-06	3.03E-05	0.002018	7.08E-03	3.54E-03	0.047212	9.89E-08	1.32E-05	1.98E-04	0.013219	0.060445
	226.56	3.10E-04	0.004138	4.56E-08	6.09E-06	2.48E-05	0.001651	5.80E-03	2.90E-03	0.038623	8.09E-08	1.08E-05	1.62E-04	0.010814	0.049448
	108.98	1.49E-04	0.001493	2.2E-08	2.2E-06	1.19E-05	0.000596	2.09E-03	1.39E-03	0.013934	3.89E-08	3.89E-06	7.80E-05	0.003902	0.017839
	500.67	6.86E-04	0.006858	1.01E-07	1.01E-05	5.47E-05	0.002737	9.61E-03	6.40E-03	0.064012	1.79E-07	1.79E-05	3.58E-04	0.017923	0.081953
	150.71	2.06E-04	0.003441	3.04E-08	5.06E-06	1.65E-05	0.001373	4.82E-03	1.93E-03	0.032115	5.38E-08	8.97E-06	1.08E-04	0.008992	0.041116
h	185.63	2.54E-04	0.004238	3.74E-08	6.23E-06	2.03E-05	0.001691	5.94E-03	2.37E-03	0.039556	6.63E-08	1.11E-05	1.33E-04	0.011076	0.050643
	288.55	3.95E-04	0.003953	5.81E-08	5.81E-06	3.15E-05	0.001577	5.54E-03	3.69E-03	0.036892	1.03E-07	1.03E-05	2.07E-04	0.01033	0.047232
n	5.51	7.54E-06	0.075434	1.11E-09	0.000222	9.03E-07	0.022023	9.77E-02	7.04E-05	0.704049	1.97E-09	0.000393	5.91E-06	0.144244	0.848686
b	5.50	7.53E-06	0.100411	1.11E-09	0.000295	9.01E-07	0.029315	1.30E-01	7.03E-05	0.937169	1.96E-09	0.000524	5.90E-06	0.192005	1.129698
	8.44	1.16E-05	0.154064	1.7E-09	0.000453	1.38E-06	0.044979	1.99E-01	1.08E-04	1.43793	3.01E-09	0.000804	9.06E-06	0.2946	1.733334
	10.32	1.41E-05	0.141324	2.08E-09	0.000416	1.69E-06	0.04126	1.83E-01	1.32E-04	1.319026	3.69E-09	0.000737	1.11E-05	0.270239	1.590002
	6.58	9.02E-06	0.090183	1.33E-09	0.000265	1.08E-06	0.026329	1.17E-01	8.42E-05	0.841705	2.35E-09	0.00047	7.07E-06	0.172447	1.014622
	7.07	9.68E-06	0.161416	1.42E-09	0.000475	1.16E-06	0.047125	2.09E-01	9.04E-05	1.506545	2.53E-09	0.000842	7.59E-06	0.308658	1.816045
h	6.98	9.56E-06	0.159361	1.41E-09	0.000469	1.14E-06	0.046526	2.06E-01	8.92E-05	1.487367	2.49E-09	0.000831	7.50E-06	0.304729	1.792927
	9.21	1.26E-05	0.12621	1.86E-09	0.000371	1.51E-06	0.036847	1.63E-01	1.18E-04	1.17796	1.03E-07	0.000658	9.89E-06	0.241338	1.419957
n	1395.60	1.91E-03	1.638669	2.81E-07	0.00024	4.58E-05	1.116293	2.76E+00	1.78E-02	15.29425	4.99E-07	0.000427	3.00E-04	7.311396	22.60607
b	21.63	2.96E-05	0.033855	4.36E-09	4.95E-06	7.09E-07	0.023063	5.69E-02	2.76E-04	0.315982	7.73E-09	8.78E-06	4.64E-06	0.151055	0.467045
	49.01	6.71E-05	0.076732	9.87E-09	1.12E-05	1.61E-06	0.052271	1.29E-01	6.27E-04	0.716164	1.75E-08	1.99E-05	1.05E-05	0.342362	1.058546
	20.44	2.80E-05	0.024004	4.12E-09	3.51E-06	6.70E-07	0.016352	4.04E-02	2.61E-04	0.224037	7.3E-09	6.22E-06	4.39E-06	0.1071	0.331143
	197.00	2.70E-04	0.231311	3.97E-08	3.38E-05	6.46E-06	0.157574	3.89E-01	2.52E-03	2.158904	7.04E-08	6E-05	4.23E-05	1.032061	3.191026
	39.78	5.45E-05	0.077847	8.01E-09	1.14E-05	1.30E-06	0.053031	1.31E-01	5.09E-04	0.726575	1.42E-08	2.02E-05	8.54E-06	0.347338	1.073934
h	31.28	4.28E-05	0.061213	6.3E-09	8.95E-06	1.03E-06	0.0417	1.03E-01	4.00E-04	0.571324	1.12E-08	1.59E-05	6.72E-06	0.273121	0.844461
	40.58	5.56E-05	0.047652	8.18E-09	6.97E-06	1.33E-06	0.032461	8.01E-02	5.19E-04	0.444749	1.45E-08	1.24E-05	8.72E-06	0.212612	0.657373

[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63] [DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1] [Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول ۵ مقادیر شاخص ریسک(سرطان زایی)برای نمونه‌های خاک نسبت به مقادیر زمینه

Elements		Adult				Child		
		Ingestion of Soil		Inhalation	Dermal contact	Ingestion of Soil	Inhalation	Dermal contact
Landfills		Conc. (mg/kg)	CR					
Cd	Ghasre shirin	3.40	1.22E-05	1.80E-09	6.82E-06	7.60E-06	2.12E-10	2.98E-06
	Gilane gharb	0.79	2.84E-06	4.17E-10	1.58E-06	1.76E-06	4.93E-11	6.92E-07
	Paveh	1.45	5.22E-06	7.68E-10	2.92E-06	3.25E-06	9.08E-11	1.27E-06
	Javan rood	1.01	3.64E-06	5.36E-10	2.04E-06	2.27E-06	6.34E-11	8.89E-07
	Eslamabad	1.10	3.97E-06	5.83E-10	2.22E-06	2.47E-06	6.90E-11	9.68E-07
	Ravansar	1.17	4.21E-06	6.19E-10	2.35E-06	2.62E-06	7.31E-11	1.03E-06
	Kermanshah	0.72	1.22E-06	1.79E-11	1.45E-06	4.34E-07	2.12E-11	6.33E-07
	Songhor	0.91	3.26E-06	4.79E-10	1.82E-06	2.03E-06	5.67E-101	7.95E-07
As	Ghasre shirin	5.51	4.71E-06	6.93E-10	1.35E-06	8.96E-07	8.20E-11	5.19E-07
	Gilane gharb	5.50	4.70E-06	6.92E-10	1.34E-06	8.95E-07	8.18E-11	5.90E-07
	Paveh	8.44	7.22E-06	1.06E-09	2.07E-06	1.37E-06	1.26E-10	9.05E-07
	Javan rood	10.32	8.83E-06	1.30E-09	2.53E-06	1.68E-06	1.54E-10	1.10E-06
	Eslamabad	6.58	5.60E-06	8.29E-10	1.61E-06	1.07E-06	9.80E-11	7.07E-07
	Ravansar	7.07	6.05E-06	8.90E-10	1.73E-06	1.15E-06	1.05E-10	7.59E-07
	Kermanshah	6.98	5.97E-06	8.79E-10	1.71E-06	1.13E-06	1.04E-10	7.49E-07
	Songhor	9.21	6.58E-04	1.16E-09	2.26E-06	1.50E-06	1.37E-10	9.96E-07

مقادیر CR عنصر آرسنیک در بزرگسالان در تمام مناطق دفن زباله‌های شهری از طریق مصرف در محدوده قابل تحمل قرار می‌گیرد. از طریق تنفس در محدودهٔ $1\times10^{-6} > CR$ که قابل چشم‌پوشی است. از طریق جذب پوستی در محدودهٔ بین $1\times10^{-6} < CR < 1\times10^{-4}$ قرار می‌گیرد که ریسک قابل قبول و یا قابل تحمل برای سلامت انسان را نشان می‌دهد.

مقادیر CR عنصر آرسنیک در کودکان در اکثر مکان‌های دفن زباله از طریق مصرف در محدوده قابل تحمل و در مناطق قصرشیرین و گیلانغرب قابل اقماض است. از طریق تنفس در محدوده $1\times10^{-6} > CR$ که قابل چشم‌پوشی است. از طریق جذب پوستی در اکثر مناطق قابل چشم‌پوشی است و در منطقهٔ جوانرود قابل تحمل است

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

نتایج این پژوهش گویای این مسئله است که مکان‌های دفن زباله‌های شهری غلظت‌های چشم‌گیری از برخی عناصر بالقوه سمناک را به‌همراه دارند.

نتایج عامل آلودگی نشان‌دهندهٔ آلودگی بسیار زیاد عناصر کادمیم ، مس، روی و سرب نسبت به دیگر عناصر است. درجهٔ آلودگی اصلاح شده (mC_d)، برای مجموع عناصر سرب، روی، کادمیم، مس، آرسنیک، نیکل، کروم، کبالت، وانادیم و مولیبدن نشان داد که نمونه‌های خاک مکان‌های دفن زباله قصرشیرین درجه آلودگی به‌شدت زیاد (نمونه LAN -1) و درجه آلودگی بسیار زیاد (نمونه LAN -3) و اسلامشهر درجهٔ آلودگی زیاد (نمونه‌های LAN -15، LAN -29) را دارند.

محاسبهٔ عامل غنی‌شدگی نشان داد که عناصر کادمیم، کروم، سرب، مس و روی بر اساس مقدار زمینهٔ ضریب غنی‌شدگی بیش تر از ۲ دارند که نشان‌دهندهٔ نقش فعالیت‌های انسان‌زاد در غنی‌شدگی این عناصر است. بررسی نتایج ارزیابی ریسک براساس مقدار ضریب خطر (HQ) برای عنصر کروم در بزرگسالان در خاک مکان‌های دفن زباله پاوه، جوانرود، اسلام آباد غرب، روانسر و کرمانشاه و سرب در منطقه قصرشیرین نشان‌دهندهٔ احتمال وجود پتانسیل خطر است. مقدار ضریب خطر عناصر کادمیم و کروم برای کودکان در تمام مکان‌های دفن زباله و عنصر نیکل در خاک محل دفن زباله‌های پاوه، اسلام آباد غرب ، روانسر و کرمانشاه از طریق جذب پوستی قابل توجه است. هم‌چنین سرب در خاک مکان‌های دفن زباله‌های

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

قصرشیرین و اسلام آباد غرب از طریق مصرف و جذب بیش‌تر از یک و قابل توجه است. محاسبه شاخص خطر (HI) برای عناصر کادمیم و کروم در کودکان برای همه مکان‌های دفن زباله نشان‌دهندهٔ اثر سوء بر سلامت است. به‌طورکلی عناصر کادمیم، کروم و سرب در محل دفن زباله قصرشیرین به‌دلیل مقادیر زیاد HI برای کودکان باید بسیار مورد توجه قرار گیرند. بررسی نتایج ریسک سرطانزایی (CR) برای عناصر کادمیم و آرسنیک در بزرگسالان و کودکان نشان داد که در تمام مکان‌های دفن زباله مقدار ریسک در محدوده چشم‌پوشی و یا قابل است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که سطوح ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی عناصر انتخابی محدودهٔ بررسی شده در محدودهٔ قابل قبول یا نزدیک به آن قرار دارد، اما هنور نیاز است تا برخی اندازه‌گیری‌های ویژه برای کاهش ریسک در معرض قرارگیری عناصر خاک برای حفظ سلامت، به‌ویژه جمعیت آسیب‌پذیر مانند کودکان در نظر گرفته شود.

به‌طورکلی با توجه به این که خاک از مسیرهای اصلی انتقال عناصر شیمیایی به بدن موجودات زنده، اهمیت ویژه‌ای دارد و از آن‌جا که خاک‌های اطراف محل‌های دفن زباله‌های شهری استان کرمانشاه در معرض ورود انواع آلاینده‌ها از جمله عناصر بالقوه سمناک و فلزات سنگین قرار دارند، پیشنهاد می‌شود ضمن مدیریت تفکیک زباله در مبدأ، مکان‌های دفن زباله‌های فعلی به‌صورت مهندسی طراحی شوند و پایش منظم آلودگی عناصر بالقوه سمناک و دیگر آلاینده‌ها برای خاک این مناطق، و اثرات احتمالی آن بر سلامت سکونت‌گاه‌های تحت تأثیر، به‌ویژه برای کودکان؛ صورت گیرد.

منابع

1. Dang Z., Liu C, Haigh M. J., "Mobility of heavy metals associated with the natural weathering of coal mine spoils", Environ Pollut 118 (2002) 419-426.

2. Krishna A. K., Govil P. K., "Soil contamination due to heavy metals from an industrial area of surat, Gujarat, Western India", Environ Moni Assess 124 (2007) 263-275

3.Kabata- Pendias and Mukherjee,(2007)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]

[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

4. Klute A., "Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods", Second edition, Soil Science Society of America INC. Wisconsia. USA (1986).

5. Cao H. F., A. C. Chang A. L., "Heavy metal contents of sludge-treated soils as determined by three extraction procedures", J. Environ. Qual. 13 (1984) 632-634.

6. Abrahim G. M. S., Parker R. J., "Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary", Auckland, New Zealand. Environ Monit Assess 136 (2008) 227-238.

7. Hernandez L., Probst A., Probst J. L., Ulrich E., "Heavy metal distribution in some French forest soil: evidence for atmospheric contamination", The Scince of the Total Environment 312 (2003) 195-219.

8. Sutherland R. A., "Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu", Hawaii. *Environ Geol*, 39 (2000) 611-27.

9. Hakanson L., "Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control", a Sedimentological Approach. Water Research, 14 (1980) 975-1001.

10. Liu W. H., Zhao J. Z., Ouyang Z. Y., Solderland L., Liu G. H., "Impacts of Sewage Irrigation on Heavy Metal Distribution and Contamination in Beijing, China", *Environmental International*, 32 (2005) 805-812.

11. Abrahim G. M. S., "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, Auckland, New Zealand (2005).

12. US EPA. "Risk assessment guidance for superfund, human health evaluation manual. Part A (interim final)", Off. Emerg. Remedial

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

Response US Environ. Prot. AgencyWashington DC 1. doi:EPA/540/1-89/002, (1989).

13. US EPA. Exposure assessment. US Environment Protection Agency (2012).
14. USEPA, "Supple mental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term", U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington (1992).
15. USEPA, "ExposureFactorsHandbook, Volume1: GeneralFactors. U.S. Environ-mental Protection Agency", Office of Research and Development, Washington (1997).
16. USEPA, "Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites", U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Washington (2002).
17. USEPA., "Guidelines for the health risk assessment of chemical mixtures [R]", Washington, DC: US Environmental Protection Agency; [EPA/630/R-98/002] (1986).
18. USEPA., "Risk assessment guidance for Superfund. Human health evaluation manual", (part A) [R], vol. 1. Washington, DC: Office of emergency and remedial response; 1989. [EPA/540/1-89/002] (1986).
19. USEPA., "Guidelines for exposure assessment [R]", Washington, DC: US Environmental Protection Agency; (1992) [EPA/600/Z-92/001].
20. USEPA., "Supplemental guidance for developing soil screening levels for Superfund sites[R]",Washington, DC: Soild Waste and Emergency Response (2002) [OSWER 9355.4-24].
21. Example exposure scenarios [R]. Washington, DC: National Center for Environmental Assessment (2003) [EPA/600/R-03/036].

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]

22. Zhao H., Xia B., Fan C., Zhao P., Shen S., "Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine", Southern China. Sci Total Environ ((2012)) 417-418:45-54.

23. Zheng N., Liu J.,Wang Q., Liang Z., "Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district", Northeast of China. Sci Total Environ 408 (2010) 726-733

24. Zhang X. W., Yang L. S., Li Y. H., Li H. R., Wang W. Y., Ye B. X., "Impacts of lead/zinc mining and smelting on the environment and human health in China", Environ, Monit. Assess. 184 (2012) 2261-2273.

25. Hu X., Zhang Y., Ding Z. H., Wang T. J., Lian H. Z., Sun Y. Y., "Bioaccessibility and health risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM2", 5 in Nanjing, China. Atmos. Environ. 57 (2012) 146-152.

26. Li Z. Y., Ma Z. W., Kuijp T. J., Yuan Z. W., Huang L., "A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment", Sci. Total Environ (2014) 468-469, 843-853.

27. Shakeri A., Modabberi S., "Assessment of Trace Elements Concentration in Soils of the Hashtgerd Area Using Geochemical and Multivariate Statistical Methods, Alborz Province", Iran. Journal of Engineering Geology (2013).

28. Shakeri A., Moore F., "The impact of an industrial complex on freshly deposited sediments, Chener Rahdar river case study", Shiraz, Iran. Environ Monit Assess 169 (2010) 321-334.

29. Peizhong Li., Chunye Lin., Hongguang Cheng., Xiaoli Duan., Kai Lei., Contamination and health risks of soil heavy metals around a lead/zinc smelter in southwestern China (2014).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1397.12.1.7.1]

[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.12.1.63]