



# کارگاه‌های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



## پهنه بندی پتانسیل آلودگی طبیعی خاکهای استان خراسان جنوبی به فلزات سنگین (روی و کادمیوم)



### چکیده:

عناصر سنگین از طرق مختلف همانند فرسایش سازندها، معدن و فعالیتهای بشری وارد محیط شده و سبب مشکلات زیست محیطی می‌گردد. این عناصر غیرقابل تجزیه بوده و در خاک پایدار می‌باشند. در این مطالعه به پهنه بندی پتانسیل آلودگی طبیعی خاک به دو عنصر روی و کادمیوم پرداخته شده است. برای این منظور واحدهای سنگ شناسی با پتانسیل تولید آلودگی به این عناصر مورد بررسی قرار گرفتند و عوامل تشدید کننده آلودگی نیز شناسایی شدند. واحدهای سنگ شناسی و عوامل تشدید کننده، با توجه به شدت تاثیری که در آلودگی خاک دارند طبقه بندی و با کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی شدند. در نهایت این عوامل با هم تلفیق و نقشه نهایی پتانسیل آلودگی طبیعی خاک تهیه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که پهنه‌های اطراف شهرهای قائن، بیرجند و عشق آباد طبس و پهنه‌های اطراف شهرستان سریشه جزء مناطق پر خطر از لحاظ آلودگی طبیعی عناصر روی و کادمیوم به حساب می‌آیند.

**کلید واژه‌ها:** روی، کادمیوم، منطق فازی، خراسان جنوبی، آلودگی خاک

**Zoning of natural contaminant potential of South Khorasan province soil to heavy metal (Zn, Cd)**

### Abstract:

Heavy metals enter into the environment through erosion of formations, mines and also human activities and they cause various environmental problems. Heavy metals are non-biodegradable and sustainable in soil. In this study, we have examined the zoning of natural contaminant potential of South Khorasan province soil for two elements of Zn and Cd. for this purpose, the various lithological units with contamination to these elements were examined and also the intensifying factors of natural soil contamination were identified. These parameters were categorized on the basis of their effects on contamination and were weighted using analytic hierarchy process. Finally, all parameters were integrated and map of natural contaminant potential of soil was prepared. The results show that zones around Qaen, Birjand, Eshghabad of Tabas and Sarbisheh are the areas with higher risk of contamination potential to Zn and Cd elements.

**Keywords:** Zink, Cadmium, Fuzzy logic, South Khorasan province, soil contamination



# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

## مقدمه:

از دیدگاه جهانی خاک پس از آب و هوا سومین جزء مهم زیست محیطی تلقی می شود (چوپانی، ۱۳۸۸). عوامل موثر در تشکیل خاک عبارتند از رطوبت، درجه حرارت، باد و تاثیر رستنی ها، جنس، بافت، نفوذپذیری، شبکه تبلور کانی های موجود در سنگ و .... می باشد. آلودگی عبارت است از هرگونه تغییر در ویژگی های اجزاء متشکل محیط به طوری که استفاده پیشین از آنها ناممکن گردد و بطور مستقیم یا غیر مستقیم منافع و حیات موجودات را به خطر اندازد (دبیری، ۱۳۸۲). یکی از مهمترین آلودگی ها در خاک فلزات سنگین می باشد زیرا توسط فرایندهای شیمیایی و زیستی در طبیعت قابل تجزیه نبوده و این عناصر به دلیل تحرک کم در خاک انباشته، باعث آلاینده گی خاک می شوند (Adriano et al., 2001). منشأ عمده اولیه فلزات سنگین در محیط از مواد موجود در پوسته زمین بوده که تحت تاثیر هوازدگی قرار گرفته و از پوسته زمین فرسایش یافته یا از طریق فعالیتهای آتشفشانی وارد جو زمین شده است. اثرات منفی فلزات سنگین به درصد وزنی غلظت آنها و نیز یکسری خواص فیزیکی و شیمیایی خاص خاک از جمله بافت، ماده آلی، pH، پتانسیل اکسیداسیون و احیا و غیره بستگی دارد (Lacatusu, 1998). هدف از این پژوهش ارائه نقشه پهنه بندی آلودگی طبیعی خاک برای عناصر آرسنیک و جیوه می باشد. در اولین مرحله از مطالعات پارامترهای موثر در آلودگی برای هر یک از عناصر مشخص گردیده است. لایه های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط GIS تهیه گردیده است. برای وزن دهی به لایه ها از روش تصمیم گیری چند معیاره و مقایسه زوجی (AHP) در لایه های پیوسته و از روش منطق فازی در لایه های گسسته استفاده شده است. سپس ترکیب لایه های اطلاعاتی و تهیه نقشه پهنه بندی آلودگی تهیه گردید.



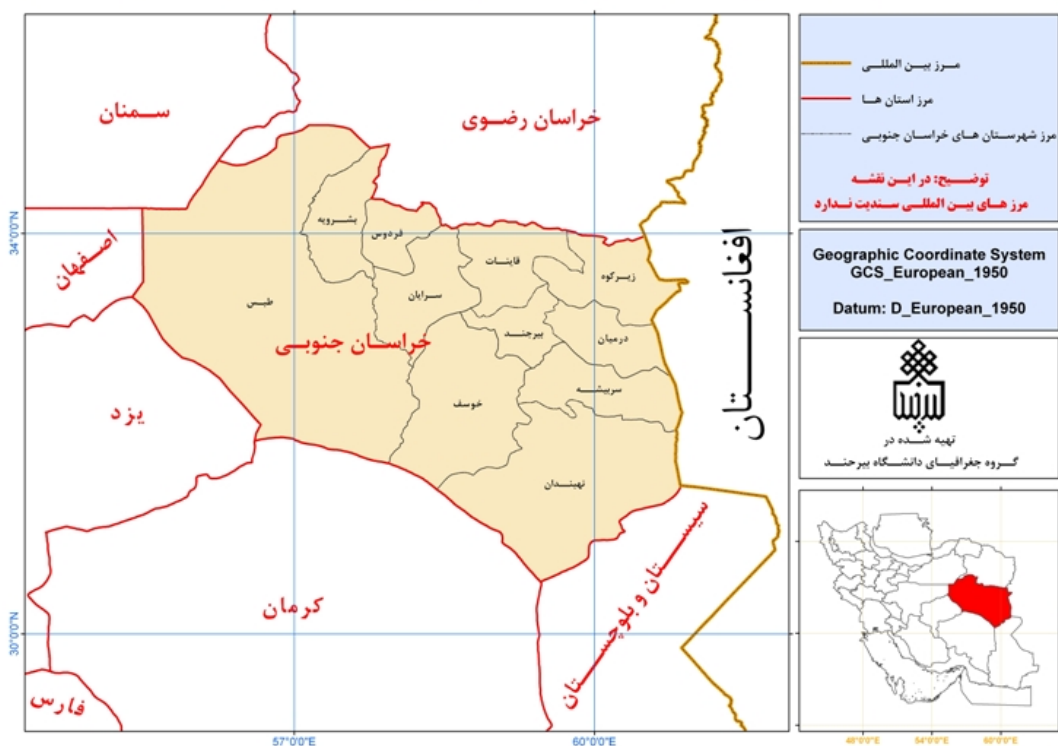
## بحث و روش تحقیق:

### موقعیت و ساختگاه زمین شناسی مورد مطالعه

خراسان جنوبی در گستره پهناوری در شرق ایران واقع شده است و از نظر وسعت، سومین استان ایران است. این استان از شمال با استان خراسان رضوی، از جنوب با سیستان و بلوچستان و کرمان از غرب با استان های یزد، اصفهان و سمنان و از شرق با کشور افغانستان هم مرز است (شکل ۱). این استان از لحاظ اقلیم در یک منطقه خشک و بیابانی قرار دارد، بطوریکه متوسط بارندگی سالیانه این استان حدود ۱۵۰ میلیمتر بوده و میزان تبخیر بطور متوسط حدود ۴۵۰۰ میلیمتر در سال می باشد. با توجه به اقلیم حاکم بر این منطقه، رودخانه های موجود از نوع فصلی بوده و رودخانه دائمی وجود ندارد.

در این استان از لحاظ زمن شناسی، واحدهای سنگی در استان فوق شامل سنگ های اوالترابازیک (پریدوتیت هارزبورژیت، لرزولیت و سرپانتینیت)، رسوبات نوع فیلیش، سنگ های آهکی، آهکی-دولومیتی و دولومیت، ماسه سنگ و کنگلومرا، توف های آندزیتی بسیار دانه ریز تا دانه درشت خاکستری تا سبز رنگ، توفیت و توفیت ماسه ای تیره رنگ، آگلومرا، شیشه، توف برشی، خاکستر، لاپیلی، برش و ایگنیمبریت هایی از جنس آندزیت، بازالت، ترکیت، داسیت، لائیت و ریولیت و پادگانه های آبرفتی قدیمی و جدید، مخروط افکنه ها می باشد. مهمترین واحدهای زمین شناسی منطقه شامل مجموعه افیولیتی، سنگ های کربناته، سنگ های تخریبی، سنگ های آذر آواری، نهشته های نرم و پهنه های نمکی و رسوبات بادی می باشد.

# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل ۱- نقشه شهرستان های استان خراسان جنوبی بر اساس آخرین تقسیمات

## – پارامترهای موثر در آلودگی طبیعی خاک

عوامل موثر در آلودگی طبیعی به دو بخش عوامل اصلی یا مستعد کننده و عوامل تشدید کننده تقسیم شده است. پارامترهای زمین شناسی و معدن بعنوان عوامل اصلی و سایر خصوصیات نظیر حساسیت سنگ بستر نسبت به فرسایش، عمق خاک، بافت خاک، محیط رسوبی منطقه، پوشش گیاهی، شیب، مقدار بارش، و گسل بعنوان عوامل تشدید کننده در نظر گرفته شده است.

الگوی توزیع غلظت عناصر در خاک، توسط سنگ شناسی و ماهیت ژئوشیمیایی سنگ بستر و رخداد کمرندهای متالوژنی تحت تاثیر قرار میگیرد. زمین شناسی منطقه تعیین کننده اصلی خط مبنا ژئوشیمیایی خاک برای برآورد آلودگی طبیعی خاک می باشد (Acosta et al., 2009). کادمیوم به عنوان یک جزء تشکیل دهنده فرعی و کم مقدار در کانسارهای سولفیدی نظیر سولفیدهای سرب و روی وجود دارد و به ندرت به صورت خالص در طبیعت وجود دارد. روی نیز بیشتر در سنگ های مافیک بوده در رسوبات آرزیلیتی و شیلها هم تمرکز آن زیاد می باشد ولی در ماسه سنگ ها و سنگ های کربناته کم می باشد (Katabata-Pendias and Pendias 2001). این استان دارای پتانسیل بالایی در بخش معادن می باشد و معادن مختلف فلزی و غیر فلزی زیادی در سطح استان وجود دارد. از این میان نه معدن روی در نیمه شرقی استان فعال و در حال بهره برداری می باشند.



# کارگاه‌های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



حساسیت به فرسایش استان بر اساس مدل پسیاک که شدت فرسایش خاک و تولید رسوب را محاسبه می‌کند، ارزیابی گردید. اگر خاکی آلوده باشد، فرسایش می‌تواند سبب انتقال و پخش مواد آلاینده حاوی آن شود. همچنین بارش شدید سبب رواناب و انتقال آلاینده‌های سطحی خاک و گسترش آنها می‌گردد.

نقشه عمق خاک بر اساس آلبوم بزرگ نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت استفاده از اراضی منتشره توسط موسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده است، که بر اساس آن عمق خاک به چهار رده، رخنمون سنگی، عمق کم، عمق متوسط و عمق زیاد تقسیم شده است. ذراتی که قادر به حفظ و نگهداشت بیشتر آلاینده‌ها باشند بعنوان ماده با ریسک بالاتر تلقی می‌گردد. از این رو ذرات در حد واریزه، گراول و ماسه بدلیل تراوایی بیشتر قابلیت کمتری برای نگهداشت آلاینده داشته و بالعکس ذرات در حد رس و با ماده آلی زیاد بدلیل خواص جذبی زیاد مواد آلاینده را در سطح خاک جذب و نگه می‌دارند.

به منظور استخراج نقشه شیب، از مدل رقومی ارتفاعی منطقه استفاده شد. مقدار شیب در منطقه مورد مطالعه بین صفر تا ۶۴ درجه متغیر می‌باشد. هر قدر بر میزان شیب زمین افزوده شود دبی آبهای سطحی کمتر، مقدار فرسایش و حرکت خزشی خاک بیشتر شده و همچنین از مقدار آب نفوذی و مقدار آب ذخیره شده برای اعمال شیمیائی و بیولوژیکی کاسته می‌گردد. در مجموع افزایش شیب زمین تکامل پروفیلی خاک را به تعویق می‌اندازد. میزان بارش ارتباط مستقیمی با پخش آلودگی چه در سطح و چه به صورت عمودی و در عمق در خاک دارد.

محیط‌های رسوبی متفاوت طبیعتاً دارای رسوباتی با اندازه، بافت و جنس متفاوت می‌باشند که هر کدام دارای پتانسیلی متفاوت برای تمرکز عناصر سنگین هستند. بطور کلی، خاک‌های لومی و رسوبات غنی از هوموس تمایل به تجمع آلاینده‌ها دارند. نقشه محیط رسوبی نیز بر اساس نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت استفاده از اراضی تهیه شده است. نقشه پوشش گیاهی نیز بر اساس نقشه مذکور تهیه و به واحدهای فاقد پوشش گیاهی، پوشش گیاهی کم، متوسط و زیاد رده بندی شد.

## – امتیازدهی لایه‌ها

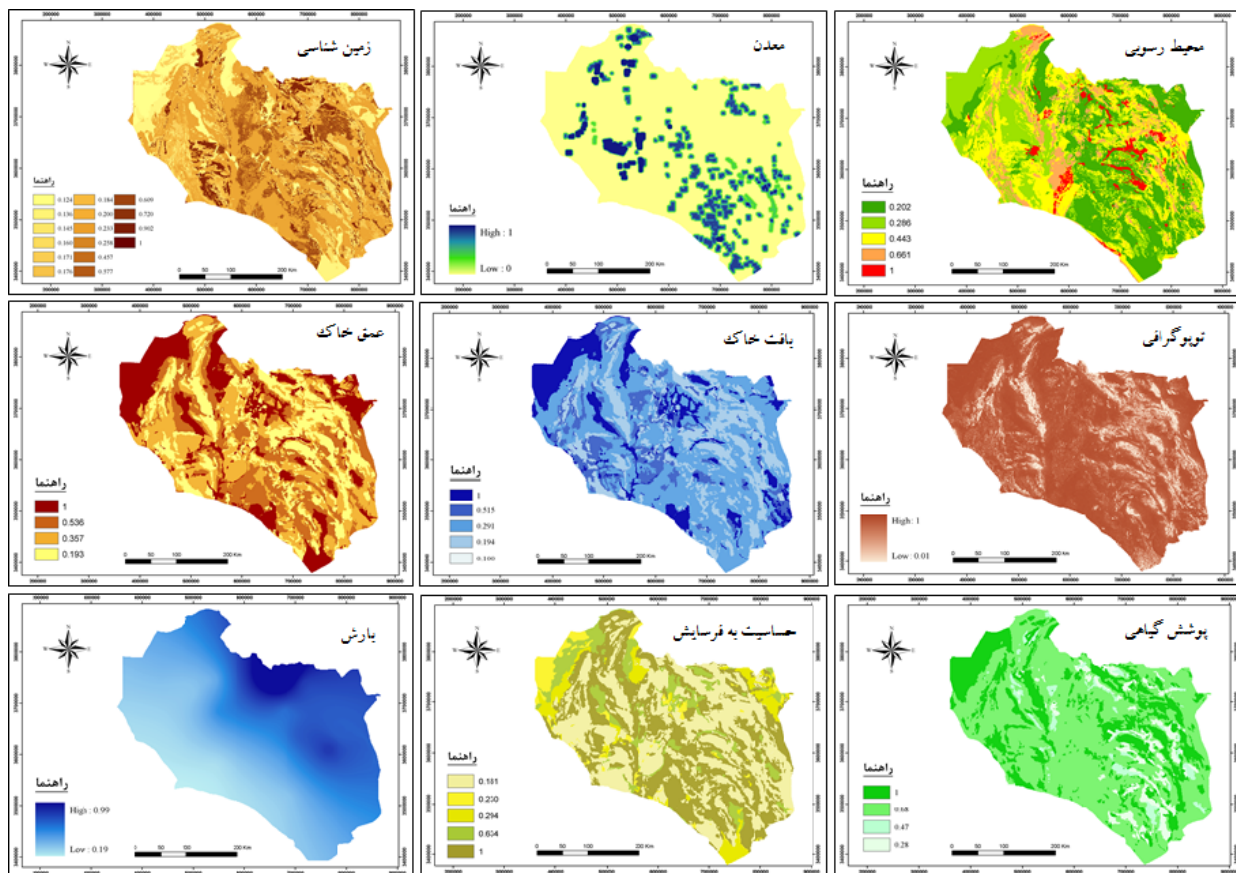
در ارزیابی پتانسیل یک منطقه برای پهنه‌بندی آلودگی خاک، تمامی معیارها هم وزن نیستند، برخی از معیارها به عنوان عامل کلیدی عمل می‌نمایند. به همین دلیل وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی یکی از مهم‌ترین مراحل در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، تعیین اهمیت نسبی پارامترهای مورد استفاده و اختصاص وزن مناسب به هر یک از آنها می‌باشد (داوودیان، ۱۳۹۲). روش‌های مختلفی نظیر مدل نسبتی، مدل رتبه‌ای، منطق فازی، تحلیل سلسله مراتبی و غیره برای وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی در مطالعات مربوط به پهنه‌بندی وجود دارد.

در این مطالعه برای وزن دهی به لایه‌ها از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و مقایسه زوجی (AHP) در لایه‌های پیوسته و از روش منطق فازی در لایه‌های گسسته استفاده شده است. ابتدا لایه‌های اصلی و سپس برای هر لایه زیر لایه‌های آن بطور مجزا وزن دهی شدند، امتیاز مشخص شده برای هر لایه در نقشه تهیه شده در GIS اعمال و نقشه رستری برای هر لایه تهیه شده است.

# کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



سپس وزن نهایی هر پارامتر از حاصل ضرب وزن معیار اصلی آن پارامتر در وزن نسبی زیرمعیار مذکور محاسبه شده است و نقشه امتیازدهی شده برای هر لایه به دست آمده است. در شکل ۲ نقشه های امتیازدهی شده مورد استفاده شده در این مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۲- نقشه های وزن دهی شده منطقه مطالعاتی

## – ترکیب لایه های اطلاعاتی و تهیه نقشه پهنه بندی آلودگی

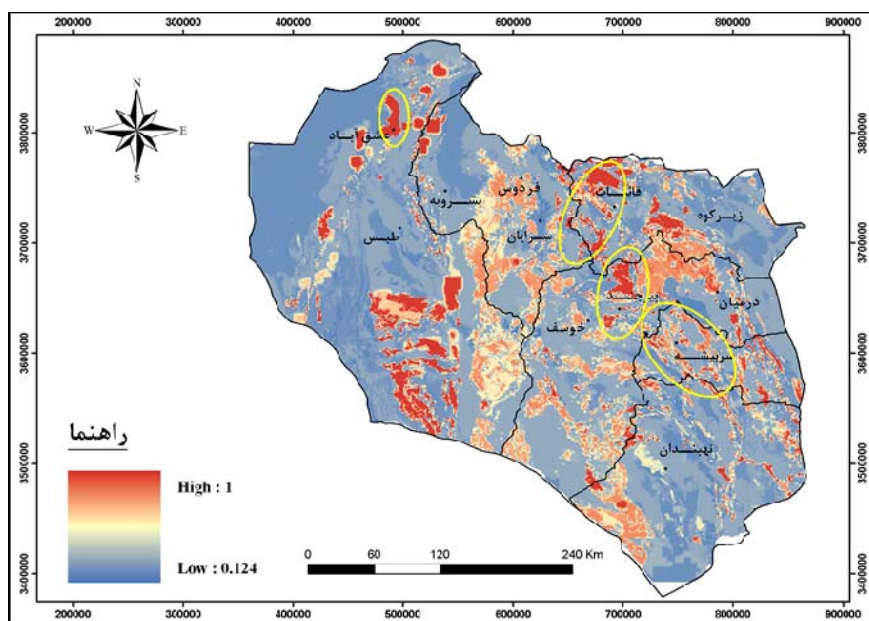
جهت تلفیق تمامی پارامترها از عملگر فصلی یا (Or) استفاده شده است. این عملگر مشابه اجتماع در مجموعه های کلاسیک می باشد و زمانی استفاده می شود که معیارهای مثبت کافی در منطقه مطالعاتی وجود داشته باشد. در شکل ۳ نقشه پهنه بندی مناطق دارای پتانسیل آلودگی به عناصر روی و کادمیوم ارائه شده است. این نقشه نشان دهنده تمرکز بیشترین پتانسیل آلودگی در نزدیکی معادن سرب و روی و زغالسنگ و بر روی سنگ مادر شیل، پهنه های رسی و آذرین مافیک بوده و پس از آن پتانسیل آلودگی در اطراف معادن آهن و کرومیت و مس و بر روی سنگ مادرهای آذرین حدواسط و ولکانیک های اسیدی در درجه دوم می باشد. از



# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



میان پهنه های دارای پتانسیل آلودگی بالا پهنه های اطراف شهرهای قائن، بیرجند و عشق آباد طبس به علت انطباقشان با مراکز شهری و وجود کشتزار جزء مناطق پر خطر از لحاظ آلودگی طبیعی عناصر روی و کادمیوم به حساب می آیند و پهنه های اطراف شهرستان سریشه به خاطر منطبق بودن به مناطق با حساسیت به فرسایش زیاد و و قرار گرفتن در خطوط بالای همتراز بارش استان جز پهنه های با بالاترین خطر زیست محیطی نسبت به عناصر روی و کادمیوم شناخته شدند.



شکل ۳- نقشه پهنه بندی پتانسیل آلودگی طبیعی خاک استان خراسان جنوبی به عناصر سنگین روی و کادمیوم



## نتیجه گیری :

با توجه به قرار گیری استان خراسان جنوبی در زون افیولیت ملائز شرق ایران و در نتیجه تنوع سنگ شناسی و وفور معادن فلزی و غیرفلزی در سطح استان، دو عامل سنگ شناسی و معدن مهمترین عوامل تاثیر گذار در آلودگی طبیعی خاک منطقه مطالعاتی می باشند. پارامترهای حساسیت سنگ بستر به فرسایش، عمق و بافت خاک، محیط های رسوبی، پوشش گیاهی منطقه، شیب، بارش و گسل در رتبه بعدی اهمیت قرار دارند. از اینرو بیشترین پتانسیل آلودگی روی و کادمیوم در قسمت هایی از استان با سنگ مادر شیل های سیاه و آذرین مافیک و مناطقی که دارای معادن سرب و روی می باشد مشاهده میشود و پس از آن مناطق با سنگ مادر آذرین حدواسط و دارای معادن زغالسنگ دارای پتانسیل آلودگی متوسط می باشند. این مناطق منطبق بر پهنه های اطراف شهرهای قائن، بیرجند، عشق آباد طبس، و سریشه می باشد.





# کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



## منابع فارسی :

چوپانی، م.ح.، (۱۳۸۸)، "آلاینده های زیست محیطی و حفاظت از محیط زیست"، ۱۶۹ صفحه، شرکت ملی گاز ایران.  
داوودیان کاخکی، ن.، (۱۳۹۲)، "تهیه اطلس مقدماتی آلودگی خاک استان خراسان شمالی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

دبیری، م.، (۱۳۸۲)، "آلودگی محیط زیست"، چاپ سوم، ۳۹۹ صفحه، انتشارات آیلاز.



## References:

- Acosta, J.A., Faz Cano A. Arocena. J.M., Debela F., Martínez-Martínez S., 2009. "Distribution of metals in soil particle size fractions and its implication to risk assessment of playgrounds in Murcia City (Spain)". *Geoderma*, 149, P. 101–109
- Adriano, D.C., 2001. "Trace Elements in the Terrestrial environment", 2nd edition. Springer-Verlag, New York.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. "Trace elements in soils and plants", 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
- Lacatusu, R., 1998. "Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals, in: Developments for planning the sustainable use of land resources", Joint Research Center, 393-402.