

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن

جداسازی جوامع آنومال ژئوشیمیایی از زمینه در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰  
سوریان با استفاده از روش‌های هندسه فرکتال و روند سطحی

محقق:

حمید سرخیل

اساتید راهنما:

دکتر رضا خالو کاکایی

دکتر فرامرز دولتی ارده‌جانی

بهار ۱۳۸۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
اللَّهُ نَامُ خَلَّا

«»» تقدیم به همسر عزیز، پدر مهربان و مادر فداکارم «»»

## پیشگفتار

امروزه اهمیت اکتشافات ناحیه‌ای در امر زیربنایی کشور برکسی پوشیده نیست. بهره‌گیری از اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای چندی است که در کشور رو به گسترش می‌باشد. روش‌های متعددی برای شناسایی مناطق امید بخش در اکتشافات ناحیه‌ای مطرح می‌باشند که در غالب آنها نحوه توزیع عناصر نقش اساسی ایفا می‌کنند، در این تحقیق سعی شده است تا با ارائه روش‌های نوین و کارآمد فصل جدیدی در بحث شناسایی این مناطق ایجاد شود. در پایان‌نامه حاضر که با احتساب زمان سپری شده برای شناسایی کاربردهای هندسه فرکتال در کارهای اکتشافی، تقریباً یک سال به طول انجامید، از منابع مختلفی استفاده گردیده است که شیوه مرجع دهی آن‌ها در متن بر اساس [نام نویسنده، سال] می‌باشد. همچنین در این پایان‌نامه اشکال و جداول مختلفی آورده شده است که تمامی آنها مرجع دهی شده‌اند. لازم به ذکر است که اشکال و جداولی که بدون مرجع می‌باشند توسط خود نگارنده تهیه شده‌اند. شماره‌گذاری اشکال و جداول متن اصلی به صورت (شماره فصل - شماره شکل یا جدول) می‌باشد. امید است این مجموعه کوچک بتواند به عنوان مقدمه‌ای بر انجام تحقیق‌های جامع‌تر بعدی باشد.

## چکیده

امروزه روش اکتشاف ژئوشیمیائی رسوبات آبراهه‌ای به عنوان ابزاری کارآمد در اکتشافات ناحیه‌ای و محلی بکار گرفته می‌شود، این روش به علت کمی هزینه و عدم نیاز فراوان به نیروی انسانی ماهر و همچنین گستردگی مناطق تحت پوشش، از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. وضعیت توپوگرافی و پوشش گیاهی کشور و همچنین شبکه توسعه یافته آبراهه‌ای شرایط مناسبی را جهت انجام عملیات اکتشافی ژئوشیمیائی با شیوه مزبور فراهم می‌سازد.

پروژه حاضر مربوط به عملیات اکتشاف ژئوشیمیائی در محدوده برگه ۱۰۰۰۰۰:۱ سوربان که در شمال شرقی استان فارس در منطقه اقلید واقع شده است، می باشد. به همین منظور در این منطقه تعداد ۸۶۹ نمونه ژئوشیمیائی (جزء ۸۰- مش ) و ۴۰ نمونه تکراری جهت کنترل خطا از رسوبات رودخانه‌ای برداشت شده است.

نمونه‌های ژئوشیمیائی برداشت شده در آزمایشگاه نسبت به ۲۰ عنصر آنالیز شیمیائی شده‌اند و تنها ۸۶۴ عدد از آنها به علت محدودیت داده‌ها از لحاظ صحت مختصات مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند.

برای جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی و تقویت آنها روش‌های متعددی وجود دارد که هر کدام از آنها دارای مزایا و معایبی می باشند. با توجه به ماهیت فرکتالی توزیع عناصر در طبیعت استفاده از روش‌هایی که بر اساس تکنیک‌های فرکتالی استوار بوده و از توزیع فراوانی عناصر و شکل هندسی آنومالی به طور همزمان برای تشخیص حد آستانه‌ای و جدایش جامعه آنومالی و زمینه استفاده می‌کند، کاربرد زیادی پیدا کرده است. از این رو روش غلظت - مساحت (C\_A) برای محاسبه حد آستانه‌ای و آنومالی برای داده‌های ژئوشیمیایی برگه سوربان در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت نقشه‌های آنومالی به دست آمده از روش فرکتال ترسیم شده است.

همچنین در این پروژه با استفاده از تکنیک‌های روند سطحی ارتونرمال که بر پایه متعامدسازی گرام - اشمیت استوار بوده و توسط برنامه‌ای تهیه شده توسط سارما (۱۹۹۰) به زبان فرترن ۷۷ به اجرا در آمده است و روش روند سطحی با حداقل مربعات که توسط نرم افزار Model vision pro قابل اجرا است، بر روی داده‌های برداشت شده، سطوحی با روندهای مختلف عبور داده و این سطوح به عنوان اثر منطقه‌ای برای آن داده‌ها منظور شده است. با کم کردن این سطح با روند مناسب از داده‌های برداشت شده آنومالی‌های باقی مانده حاصل شده‌اند و بدین ترتیب با تمیز بهترین روند و ترسیم نقشه‌های باقی‌مانده و منطقه‌ای، محل آنومالی‌های احتمالی مشخص و با روش فرکتال مورد مقایسه قرار گرفته‌اند، به‌طوری‌که محدوده‌های آنومالی حاصل از آن روش‌ها برای عناصر مورد نظر، تطابق خوبی را نشان می‌دهند.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول
۱	مقدمه
۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه
۵	۳-۱- سابقه مطالعات انجام شده در منطقه
۶	۴-۱- اطلاعات اولیه موجود
۶	۵-۱- اهداف پایان نامه
۸	۶-۱- سازماندهی پایان نامه
۹	فصل دوم
۹	کلیات زمین شناسی منطقه سوریان
۹	۱-۲- زمین شناسی سوریان
۱۰	۲-۲- چینه شناسی
۱۰	۲-۲-۱- سنگ های پالئوزویک پیشین
۱۰	۲-۲-۲- سنگ های پالئوزویک پسین
۱۱	۲-۲-۳- مزوزوئیک
۱۲	۲-۲-۴- سنوزوئیک
۱۳	۳-۲- ماگماتیسم و دگرگونی
۱۳	۲-۳-۱- سنگ های ماگمایی
۱۳	۲-۳-۲- سنگ های دگرگونی

۱۳	۴-۲- تکتونیک
۱۵	۵-۲- اندیس های معدنی برکه سوربان
۲۱	فصل سوم
۲۱	نمونه برداری، آنالیز شیمیایی و تحلیل دقت آنالیز نمونه ها
۲۱	۱-۳- مقدمه
۲۲	۲-۳- محیط نمونه برداری
۲۴	۳-۳- طراحی شبکه نمونه برداری
۲۵	۴-۳- عملیات نمونه برداری
۲۶	۵-۳- آماده سازی و تحلیل دقت آنالیزهای شیمیایی
۳۰	فصل چهارم
۳۰	اصول هندسه فرکتالی در جداسازی آنومالی از زمینه
۳۰	۱-۴- مقدمه
۳۴	۲-۴- ابعاد فرکتالی و روش های تعیین بعد فرکتالی
۳۵	۴-۲-۱- محاسبه بعد فرکتالی با استفاده از رابطه ریاضی
۳۶	۴-۲-۲- محاسبه بعد فرکتالی با استفاده از روش خط کش
۳۷	۴-۲-۳- محاسبه بعد فرکتالی با استفاده از روش شمارش جعبه ها
۳۹	۴-۳- مدل های فرکتالی متداول
۳۹	۴-۳-۱- مدل تعداد-اندازه
۴۰	۴-۳-۲- مدل محیط-مساحت
۴۱	۴-۳-۳- مدل عیار-مساحت
۴۲	۴-۴- الگو های فرکتالی و اکتشافات ژئوشیمیایی
۴۳	۴-۵- حد آستانه و روش های تعیین حد آستانه



۴۵	۴-۵-۱- روش‌های تجربی
۴۵	۴-۵-۲- روش‌های مدل پایه دلخواه
۴۵	۴-۵-۳- روش‌های مدل پایه شیء گرا
۴۷	۴-۶- مدل‌های مولتی فرکتالی و فرکتالی ژئوشیمیایی
۴۸	فصل پنجم
۴۸	آماده سازی داده ها و تعیین حد آستانه به روش فرکتالی
۴۸	۵-۱- مقدمه
۵۰	۵-۲- تکنیک تخمین شبکه
۵۳	۵-۳- تخمین شبکه ای توسعه یافته
۵۸	۵-۴- تعیین حد آستانه به روش فرکتالی
۹۰	فصل ششم
۹۰	تحلیل روند سطحی در جداسازی مناطق آنومال از زمینه
۹۰	۶-۱- مقدمه
۹۲	۶-۲- تحلیل روند سطحی
۹۵	۶-۳- بازماندهای روند سطحی
۹۶	۶-۴- تحلیل روند سطحی ارتونرمال
۹۶	۶-۴-۱- توابع ارتونرمال
۱۰۴	۶-۵- تحلیل روند سطحی حداقل مربعات
۱۰۸	۶-۶- مقایسه نقشه های روند سطحی و فرکتال
۱۱۲	فصل هفتم
۱۱۲	جمع بندی و معرفی مناطق آنومال

۱۱۲	.....	۷-۱- جمع بندی و معرفی مناطق آنومال
۱۱۳	.....	۷-۲- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۵	.....	فهرست منابع و مراجع
۱۲۰	.....	ضمائم

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲	شکل (۱-۱): محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۳	شکل (۲-۱): موقعیت جغرافیایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰:۱ سوریان در نقشه ایران
۷	شکل (۳-۱): فلوجارت مراحل مطالعات تعیین محل آنومالی‌های احتمالی ژئوشیمیایی
۲۰	شکل (۱-۲): نقشه زمین شناسی سوریان
۲۹	شکل (۱-۳): نقاط نمونه برداری شده در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰:۱ سوریان
۳۲	شکل (۱-۴): نقشه ساحل جنوبی خلیج نروژ
۳۳	شکل (۲-۴): طول بر حسب مقیاس برای خط ساحلی نروژ
۳۶	شکل (۳-۴): محاسبه بعد فرکتالی
۳۷	شکل (۴-۴): اندازه‌گیری بعد فرکتالی با استفاده از خط کش
۳۸	شکل (۵-۴): چهار مرحله از روش شمارش جعبه جهت اندازه‌گیری بعد فرکتالی شکل فرکتال کوچ
۳۹	شکل (۶-۴): نمودار لاگ اندازه ضلع به تعداد جعبه‌هایی که شکل فرکتال کوچ از آن می‌گذرد.
۵۰	شکل (۱-۵): هیستوگرام معرف دو جامعه، محدوده خطاهای قبول و پرش با رنگ متمایز مشخص شده است
۵۱	شکل (۲-۵): مشخص نمودن حوضه آبریز با استفاده از قطاعی از دایره
۵۲	شکل (۳-۵): مشخصات هندسی قطاع
۵۴	شکل (۴-۵): نمایش شماتیکی پلی‌گون بندی حوضه آبریز برای تخمین غلظت
۵۷	شکل (۵-۵): مقادیر تخمینی به روش تخمین شبکه‌ای توسعه یافته
۵۹	شکل (۶-۵): شکستگی منحنی و تغییر جوامع در روش غلظت - مساحت

- شکل (۵-۷): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر آرسنیک و طلا (غلظت بر حسب ppm و سطح نیز بر حسب واحد بیان شده است) ..... ۶۲
- شکل (۵-۸): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر نقره و بر ..... ۶۳
- شکل (۵-۹): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر باریم و بریلیم ..... ۶۴
- شکل (۵-۱۰): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر بیسموت و کبالت ..... ۶۵
- شکل (۵-۱۱): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر کروم و مس ..... ۶۶
- شکل (۵-۱۲): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر منگنز و جیوه ..... ۶۷
- شکل (۵-۱۳): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر وانادیوم و مولیبدن ..... ۶۸
- شکل (۵-۱۴): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر سرب و قلع ..... ۶۹
- شکل (۵-۱۵): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر آنتیموان و نیکل ..... ۷۰
- شکل (۵-۱۶): نمودار غلظت\_ مساحت داده‌های خام عناصر روی و تیتانیوم ..... ۷۱
- شکل (۵-۱۷): محدوده آنومالی‌های بدست آمده عنصر آرسنیک با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان (که در آن X Location همان طول جغرافیایی و Y Location همان عرض جغرافیایی می باشند) ..... ۷۲
- شکل (۵-۱۸): محدوده آنومالی‌های بدست آمده عنصر طلا با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان ..... ۷۳
- شکل (۵-۱۹): محدوده آنومالی‌های بدست آمده عنصر نقره با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان ..... ۷۴
- شکل (۵-۲۰): محدوده آنومالی‌های بدست آمده عنصر بر با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان ..... ۷۵
- شکل (۵-۲۱): محدوده آنومالی‌های بدست آمده عنصر باریم با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان ..... ۷۶

- شکل (۵-۲۲): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر بریلیوم با استفاده از روش فرکتال  
 ۷۷ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۳): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر بیسموت با استفاده از روش فرکتال  
 ۷۸ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۴): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر کبالت با استفاده از روش فرکتال  
 ۷۹ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۵): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر کروم با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۰ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۶): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر مس با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۱ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۷): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر جیوه با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۲ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۸): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر منگنز با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۳ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۲۹): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر مولیبدن با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۴ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۳۰): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر نیکل با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۵ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۳۱): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر سرب با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۶ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان
- شکل (۵-۳۲): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر وانادیوم با استفاده از روش فرکتال  
 ۸۷ ..... در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان

شکل (۵-۳۳): محدوده آنومالی های بدست آمده عنصر روی با استفاده از روش فرکتال

در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سوربان ..... ۸۸

شکل (۵-۳۴): پلی گون های استفاده شده در تخمین شبکه ای در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سوربان.

..... ۸۹

شکل (۶-۱): نمایش شماتیک سطوح روند درجه یک، دو و سه. .... ۹۱

شکل (۶-۲): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۳ ..... ۹۹

شکل (۶-۳): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۳ ..... ۹۹

شکل (۶-۴): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۴ ..... ۱۰۰

شکل (۶-۵): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۴ ..... ۱۰۰

شکل (۶-۶): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۵ ..... ۱۰۱

شکل (۶-۷): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۵ ..... ۱۰۱

شکل (۶-۸): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۶ ..... ۱۰۲

شکل (۶-۹): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۶ ..... ۱۰۲

شکل (۶-۱۰): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۷ ..... ۱۰۳

شکل (۶-۱۱): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۷ ..... ۱۰۳

شکل (۶-۱۲): رسم خطوط داده ای مصنوعی بر روی کانتور روند ۴ام عنصر کروم، به منظور

اعمال تکنیک جداسازی حداقل مربعات ..... ۱۰۵

شکل (۶-۱۳): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۴ ، با استفاده از تکنیک حداقل

مربعات ..... ۱۰۷

شکل (۶-۱۴): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۴ ، با استفاده از تکنیک

حداقل مربعات ..... ۱۰۷

شکل (۶-۱۵): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر منگنز (Mn) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

۱۰۹ .....

شکل (۶-۱۶): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر طلا (Au) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

۱۰۹ .....

شکل (۶-۱۷): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر سرب (Pb) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

۱۱۰ .....

شکل (۶-۱۸): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر مس (Cu) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

۱۱۰ .....

شکل (۶-۱۹): نقشه موقعیت آنومالی های ژئوشیمیایی عنصر کروم با استفاده از روش روند سطحی حداقل مربعات، برای روند چهارم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

۱۱۱ .....

شکل (۶-۲۰): نقشه آنومالی های ژئوشیمیایی عنصر کروم با استفاده از روش روند سطحی ارتو نرمال، برای روند چهارم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان

۱۱۱ .....

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۷	جدول (۱-۳): روش آنالیز و حدود حساسیت عناصر.
۳۹	جدول (۱-۴): تعداد جعبه‌ها بر حسب اندازه ضلع جعبه‌های به‌کار برده شده در محاسبه بعد فرکتالی.
۴۲	جدول (۲-۴): مثال‌هایی از الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی در مقیاس‌های مختلف.
۹۲	جدول (۱-۶): جملات روند برای درجات مختلف.
۱۰۶	جدول (۲-۶): ضرایب تابع چند جمله‌ای روند سطحی با درجه‌های مختلف روند برای عنصر کروم



# فصل اول

## مقدمه

### ۱-۱- مقدمه

اکتشاف ناحیه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ جزء عملیات اکتشافی زیر بنایی به حساب می‌آید که هدف آن شناخت نواحی با پتانسیل معدنی است. برای دستیابی به این هدف از روش‌های متعدد ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و اطلاعات ماهواره‌ای می‌توان بهره برد. استفاده از نمونه برداری از رسوبات رودخانه‌ای نیز، به عنوان یکی از روش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی است که می‌توان برای بررسی‌های اکتشافی از آن استفاده نمود.

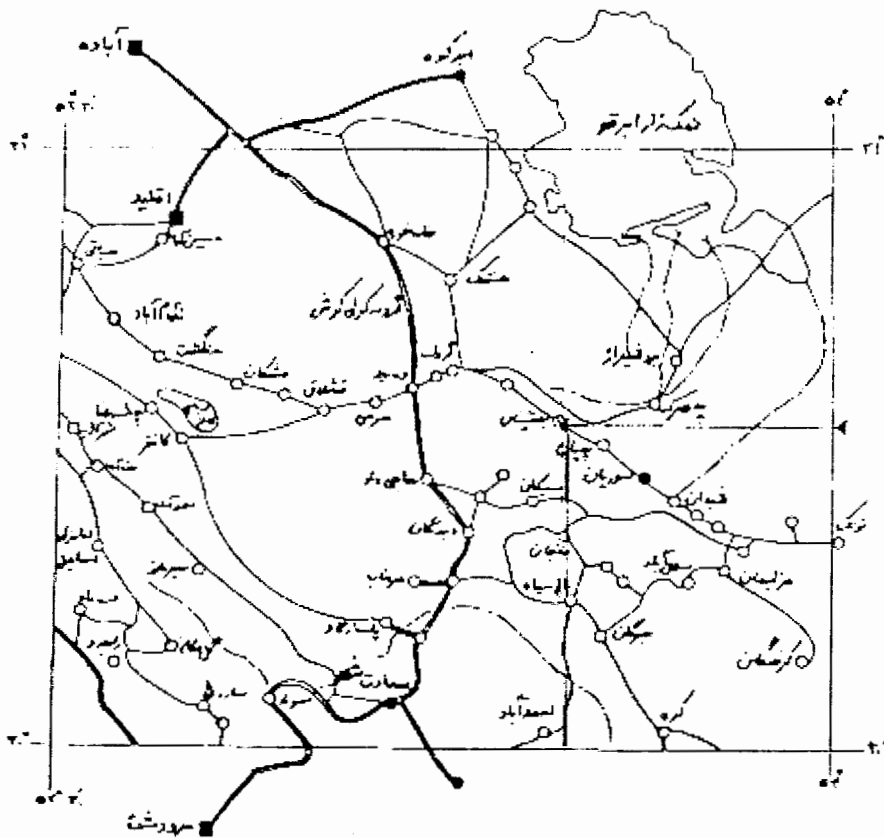
یکی از روش‌های اکتشافی که در مقیاس کوچک تا متوسط کاربرد دارد، روش نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای است. پایه و اساس روش بر این فرضیه استوار است که رسوبات آبراهه‌ای، نمونه ترکیبی از مواد فرسایش یافته از سنگ‌های بالا دست حوضه آبریز می‌باشد. بنابر این وجود آنومالی در این رسوبات از وجود یک منبع پرعیار در بالا دست آن حکایت می‌کند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها می‌تواند در تحلیل ایالت‌های ژئوشیمیایی و شناخت الگوهای ژئوشیمیایی ناحیه‌ای و نواحی که احتمال کشف نهشته‌های کانساری بیشتری است، موثر واقع شود.

در مورد کشف آنومالی در هاله‌های ثانویه می‌بایست از تکنیک‌های آماری که اختلاف بین مقادیر آنومالی و روندهای ناحیه‌ای را به حداکثر می‌رساند، استفاده نمود. در نتیجه بتوان از طریق شدت بخشی آنومالی‌ها، به شناسایی هر چه دقیق‌تر آنها پرداخت.

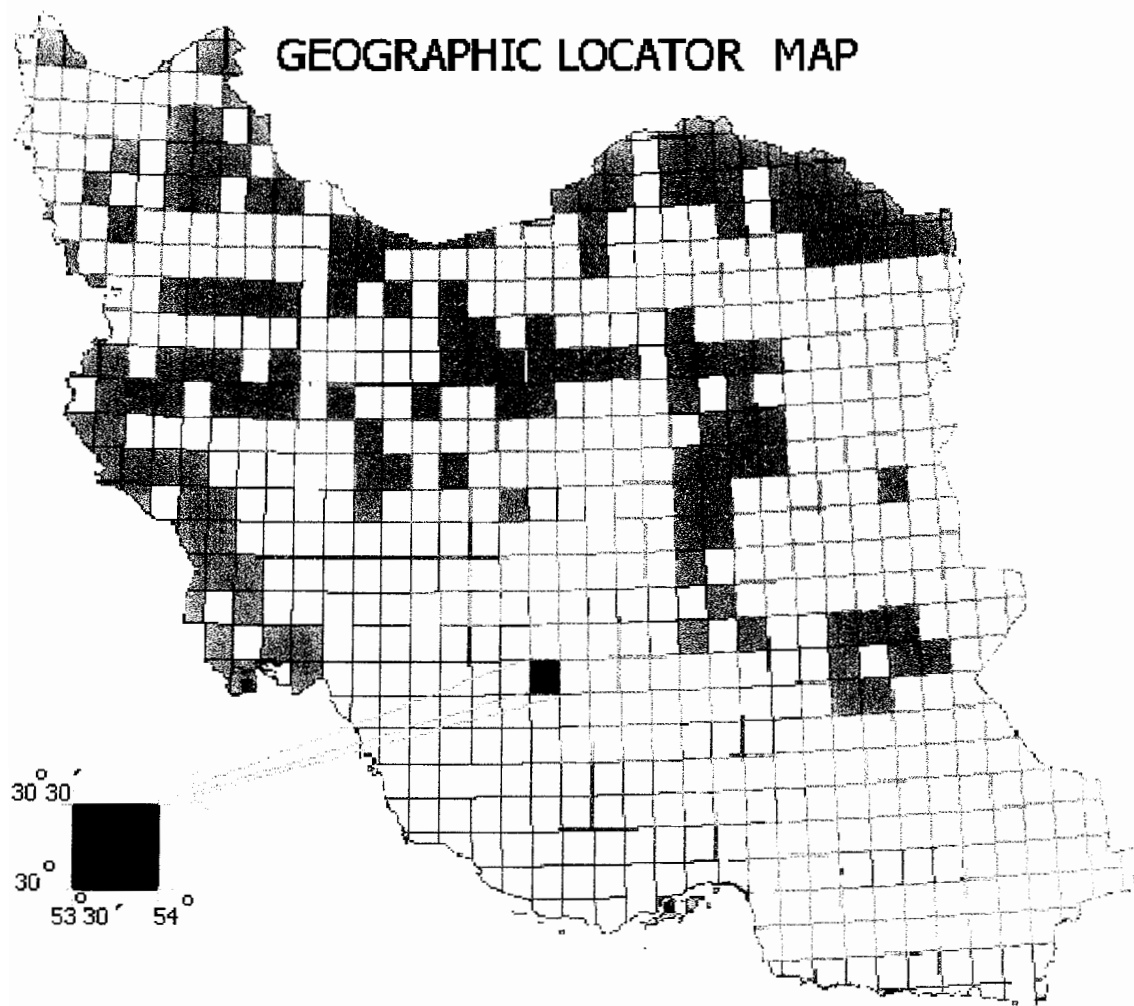
مطالعه حاضر به اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در مقیاس ناحیه‌ای برای منطقه سوریان استان فارس می‌پردازد.

## ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در استان فارس و بخشی از چهارگوش زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اقلید محسوب می‌شود و در محدوده ای با طول جغرافیایی  $۵۳^{\circ} ۳۰'$  تا  $۵۴^{\circ} ۰۰'$  و عرض جغرافیایی  $۳۰^{\circ} ۰۰'$  تا  $۳۰^{\circ} ۳۰'$  قرار گرفته، این منطقه در شمال شرقی استان فارس واقع شده است و مساحتی نزدیک به ۲۶۴۰ کیلومتر مربع را دربر می‌گیرد (شکل ۱-۱) و شکل (۲-۱).



شکل (۱-۱): محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه [گزارشات موجود در سازمان زمین شناسی، ۱۳۶۷].



شکل (۱-۲): موقعیت جغرافیایی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان در نقشه ایران

[ بانک اطلاعات اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ]

در سراسر غرب ایران سلسله جبال عظیم و دیوارمانندی به صورت موازی از رشته‌های طاقدیسی کشیده شده که از کوه‌های آذربایجان در شمال غربی ایران شروع و به طرف جنوب و جنوب شرقی تا سلسله جبال مکران در بلوچستان امتداد می‌یابد. این سلسله جبال، که جبال زاگرس را تشکیل می‌دهند، مجموعه پستی و بلندی‌های منظم و ویژه‌ای است که در جنوب گسله‌های سراسری از کردستان جنوبی تا شمال تنگه هرمز گسترده شده است. زاگرس به وسیله جلگه‌های وسیع و دشت-

های پهناوری چون جلگه کرمانشاه در غرب و جلگه شیراز در جنوب از هم جدا شده و به قسمت‌های شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم می‌گردد. اختلاف ارتفاع بین پستی و بلندی‌ها در ورقه سوریان قابل ملاحظه بوده و از حدود ۳۳۶۲ متر در کوه ختایان تا ۱۷۵۰ متر در رودخانه بوانات متغیر می‌باشد.

ارتفاعاتی چون ختایان، کتابان، خاشیت، قندیله، آقاحسینی و سرفسید، حوضه آبریز رودخانه بوانات را تشکیل می‌دهند، این رودخانه به‌طرف شمال شرق جاری می‌باشد و همچنین یال جنوبی ارتفاعات ختایان، کتابان و یال شمالی ارتفاعات کوه سفید، قاش رستم و خطاوان حوضه آبریز سرمیدان را در غرب ورقه می‌سازند. این رودخانه به‌طرف غرب جریان داشته و پس از گذر از نزدیکی آبادی فنجان به رودخانه گله دار پیوسته و به‌طرف جنوب غرب ادامه می‌یابد.

اختلاف شدید پستی و بلندی و وضع امتداد کوه‌ها در سلسله جبال زاگرس موجب شده است که اختلاف اقلیمی شدیدی بین نواحی مجاور هم به‌وجود آید، به‌طوریکه تمام دامنه‌های غربی کوهستان‌ها معمولاً پر باران‌تر و سرسبزتر از دامنه‌های شرقی آن می‌باشد و عامل اصلی آن بادهای حامل رطوبتی است که مبداء وزش آنها در غرب از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه می‌باشد، هنگامیکه این بادهای غربی به سوی شرق می‌وزند چون به سلسله کوه‌های غربی که بیش از ۱۵۰۰ متر ارتفاع دارند در همان دامنه‌های غربی کوه‌ها به‌صورت باران فرو می‌ریزد و دامنه‌های پوشیده از چمنزار را تشکیل می‌دهد، در حالیکه در دامنه‌های شرقی آن ریزش باران کمتر است. مقدار ریزش باران در این نواحی کوهستانی در طول سال از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیمتر برحسب نقاط مختلف متفاوت است، بنابراین با توجه به میانگین گرمترین ماه‌های سال که از ۲۴/۴ درجه متجاوز نبوده و میانگین سردترین ماه سال که از ۲/۹ - درجه پایین‌تر نمی‌باشد، می‌توان آب و هوای این ناحیه کوهستانی را آب و هوای معتدل دانست. پراکندگی جمعیت در ورقه سوریان یکنواخت نبوده و بیشتر در قسمت‌های شمال غرب، شمال و غرب آن متمرکز می‌باشد و در ارتباط مستقیم با شرایط آب و هوایی، منابع آب و خاک و غیره می‌باشد.

تعداد زیادی از روستاها در کناره‌های رودخانه بوانات واقع هستند. این رودخانه از قسمت شمال غربی ورقه شروع و به سمت شرق آن جریان می‌یابد. از روستاهای واقع در این ناحیه می‌توان چیان، سوریان، شیدان، جمال آباد، آباد، کرخنگان، جوکان، کوپان و غیره را نام برد که در این میان سوریان پرجمعیت‌ترین آنها می‌باشد.

علاوه بر جمعیت روستا نشین، گروهی از مردم منطقه زندگی ایلاتی دارند. درتابستان به مناطق سرد سیر (بیلاق) و در زمستان به مناطق گرمسیر (قشلاق) می‌روند. حشم‌داری از اشتغالات عمده این گروه محسوب می‌شود و بافندگی دستی چون گلیم، جاجیم و قالی بافی بین آنها رواج دارد. ایلات فارس، عرب زبان، فارسی و ترک زبان می‌باشند در حال حاضر خیلی از این ایلات دست از کوچ نشینی برداشته و در یک مکان ساکن شده اند. نبود راه‌های ارتباطی مناسب، منابع آب و خاک مستعد و در نتیجه پراکندگی جمعیت باعث می‌گردد که منطقه از رونق اقتصادی کمتری برخوردار گردد. راه ارتباطی آبادی‌های منطقه، خاکی و غالباً از نوع مال‌رو می‌باشد. محصولاتی که در این منطقه کشت و برداشت می‌شود شامل غلات، حبوبات، سبزیجات، محصولات جالیزی، نباتات صنعتی، مرکبات و غیره می‌باشد.

### ۱-۳ - سابقه مطالعات انجام شده در منطقه سوریان

در منطقه سوریان تعداد ۸۶۹ نمونه ژئوشیمیایی (جزء ۸۰- مش) و ۴۰ نمونه تکراری جهت کنترل خطا از رسوبات رودخانه‌ای توسط سازمان زمین شناسی برداشت شده و پس از آنالیز نمونه‌های انجام شده برای ۲۰ عنصر، با بهره‌گیری از روش‌های آمار کلاسیک، داده‌های ژئوشیمیایی آنالیز شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مناطق آنومال با استفاده از روش‌های مزبور مشخص شده است [خیرخواه، ۱۳۸۱].

به غیر از برخی گزارشات رسمی و غیر رسمی سازمان زمین شناسی، اطلاعات دیگری در خصوص انجام کار اکتشافی در منطقه موجود نمی باشد، که این امر خود لزوم به کارگیری سایر روش ها را برای تعیین محل دقیق آنومالی های منطقه می رساند.

#### ۴-۱- اطلاعات اولیه موجود

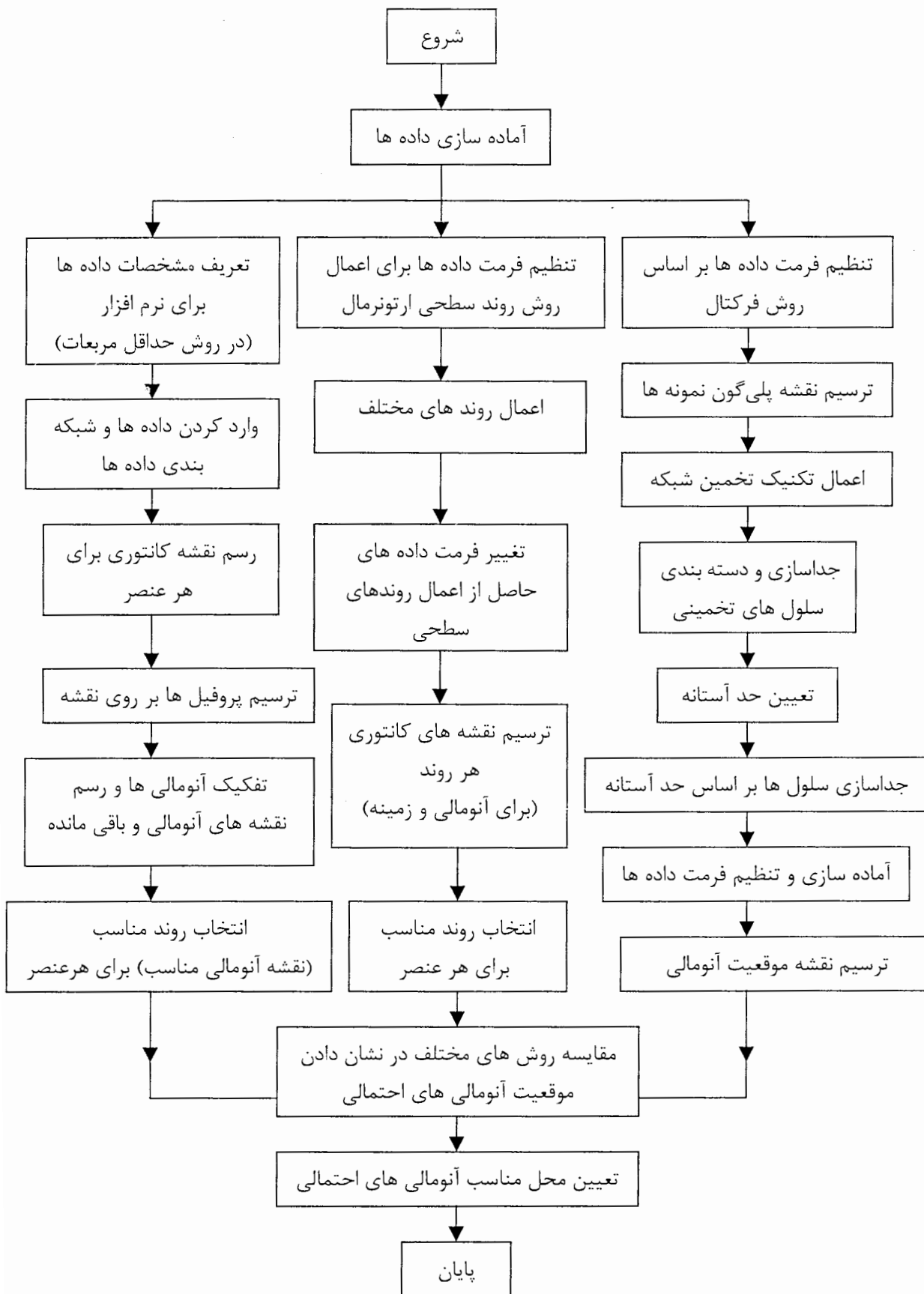
در منطقه مورد مطالعه اطلاعات زیر موجود است:

- نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه که از سازمان جغرافیائی ارتش جمهوری اسلامی ایران تهیه شده است.
- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان که در پایان فصل ۲ آورده شده است.
- آنالیز نمونه های برداشت شده توسط یک گروه چینی زیر نظر شرکت توسعه علوم.
- عکس های هوائی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (تهیه شده از سازمان جغرافیائی ارتش).

#### ۵-۱- اهداف پایان نامه

با توجه به در دسترس بودن آنالیزهای نمونه های برداشت شده در منطقه سوریان، سعی شده است با بهره گیری از روش های نوین مانند هندسه فرکتال و روند سطحی، آنومالی های موجود در منطقه را مورد شناسایی قرار داده و از زمینه عناصر آن جدا ساخت. علاوه بر آن قابلیت این دو روش را در جداسازی آنومالی از زمینه مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و نتایج به دست آمده از این دو روش را با هم مقایسه نمود.

مراحل انجام کار برای دستیابی به اهداف مذکور در فلوجارت شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱): فلوچارت مراحل مطالعات تعیین محل آنومالی های احتمالی ژئوشیمیایی.

## ۱-۶ - سازماندهی پایان نامه

مابقی فصول این پایان نامه به شرح ذیل سازمان دهی شده است.

فصل دوم: زمین شناسی منطقه، واحدهای سنگی موجود در منطقه و سن آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل سوم: اشاره مختصری بر نحوه طراحی و نمونه برداری ژئوشیمیایی و همچنین کنترل خطای موجود در آنالیز نمونه ها (جهت اطلاع بیشتر) دارد.

فصل چهارم: اشاره ای بر اصول و کلیات هندسه فرکتال دارد.

فصل پنجم: در این فصل نحوه آماده سازی داده ها برای به کارگیری در هندسه فرکتال و انجام عملیات بر روی داده ها برای به کارگیری در روش تخمین شبکه ای، . . . بیان شده است.

فصل ششم: شامل اصول، کلیات و عملیات بر روی داده ها با روش روند سطحی ارتونرمال و روش حداقل مربعات می باشد که به تولید نقشه های روند منطقه ای و باقی مانده که در پایان فصل آمده است می انجامد.

فصل هفتم: شامل مقایسه نتایج کلی به دست آمده از روش های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر و ارائه پیشنهاداتی برای بهبود نحوه استفاده و نتیجه گیری از روش ها و ابزارهای موجود می باشد.



## فصل دوم

### کلیات زمین شناسی منطقه سوریان

#### ۱-۲- زمین شناسی سوریان

همانگونه که در نقشه زمین شناسی منطقه سوریان مشاهده می‌شود شکل (۱-۲)، در گذر از گوشه

شمال شرقی به جنوب غربی به زون‌های زیر بر می‌خورید:

- زون ایران مرکزی

- زون سنندج - سیرجان

- زون افیولیتی - رادیولاریتی

- زون شکسته زاگرس

- زون زاگرس

حوادثی که در این زون‌ها اتفاق افتاده به‌ظاهر با هم اختلاف دارند، چرا که فازهای پیاپی چین‌خوردگی و احیاناً دگرگونی که در زون سنندج - سیرجان اتفاق افتاده در ایران مرکزی و زاگرس دیده نمی‌شود و آنچه که در ایران مرکزی به‌خصوص در مزوزوئیک سنگ‌ها را تحت تاثیر قرار داده است، بر سازندهای زاگرس اثر نداشته و این زون بنا به شواهد از پلیستوسن آغاز به چین‌خوردگی کرده است، ولی این ظاهر تفسیر است، چون تمام تنش‌های متاثر بر هر زون، بر زون دیگر نیز کارا بوده، ولی الگوی تغییر شکل در آنها مختلف بوده است [سازمان زمین شناسی، ۱۳۷۴].

زون ایران مرکزی در ورقه سوریان از شمال غرب در کوه قندیل تا شرق، شمال شرق در شمال

توتک و زون سنندج - سیرجان از شمال غرب ورقه سوریان تا جنوب شرق آن امتداد دارد.

بیرون‌زدگی‌های زون افیولتی - رادیولاریتی در ورقه مذکور کم و در جنوب کرخنگان به صورت پنجره‌ای کوچک از میان سنگ‌های ترسیر رخ نموده و یا به صورت تراشه کوچکی از سنگ‌های اولترابازیک آمفیبولیت بر سازند کژدمی برجای مانده است.

زون شکسته زاگرس در حقیقت نه یک زون ساختاری است و نه حوضه رسوبی جداگانه‌ای که تعلق به یک زون خاص داشته باشد، بلکه این زون از پولک‌های روی هم رانده شده سازندهای گوناگون تشکیل شده است و در هر جا از میان یک زون بخصوص می‌گذرد و در ورقه سوریان زون شکسته تقریباً بر زون رادیولاریتی-افیولیتی منطبق است که از جنوب رورانگی ده بید-کرخنگان شروع شده و در کرانه‌های شمالی زون زاگرس آرام می‌گیرد.

## ۲-۲-۲- چینه شناسی

### ۲-۲-۱- پالئوزویک پیشین

کهن‌ترین سنگ‌های نمایان بر گه سوریان، متعلق به اواخر پالئوزویک زیرین است که اکثراً در زون سنندج - سیرجان رخ نموده است.

در منتهی الیه جنوب شرقی این زون، در کوه سفید توتک، ترادف نسبتاً ضخیمی از میکا شیست‌های سیاه رنگی رخنمون دارد که در زیر کمپلکس مرمری کوه سفید به‌طور عادی قرار می‌گیرد [سازمان زمین شناسی، ۱۳۸۲].

### ۲-۲-۲- پالئوزویک پسین

در این زون جز در طبقات دونین پسین و پرمین، در دیگر طبقات فسیلی به‌دست نیامده است. البته این موضوع فرایندهای دگرگونی نسبتاً شدیدی است که آثار حیاتی را از بین برده است.

این سنگ‌ها که به صورت مجموعه‌ای از مرمر، شیست، آمفیبولیت و کوارتزیت دیده می‌شود در دو منطقه از این زون رخنمون بیشتری دارد که یکی کوه سفید توتک در منتهی الیه غربی دره سوریان و دیگری ناحیه بین آبادی‌های هنشک و گوشتی در پشته‌های جنوب شرقی گردنه کولی کش می‌باشد.

#### – کمپلکس توتک (Tcm)

سنگ‌های این کمپلکس، تاقدیسی در کوه سفید می‌سازد که قطر بزرگ آن حدود ۲۰ کیلومتر و قطر کوچک آن حدود ۱۰ کیلومتر است. کوه سفید توتک در منتهی الیه شمالی زون سنندج-سیرجان قرار گرفته است.

#### – کمپلکس سوریان (Sc)

سنگ‌های این کمپلکس در دامنه‌های شمالی، شمال غربی و جنوبی تاقدیس کوه سفید توتک و درگستره دره بوانات گسترش دارد. از نظر لیتولوژی کمپلکس سوریان از طبقات تقریباً یکنواختی تشکیل می‌شود که عمدتاً آواری و یا آهکی - آواری است که با طبقات ولکانیک از نوع گدازه و آواری عجین شده است.

#### – کمپلکس کولی کش (Kc)

این کمپلکس در شمال شرقی ورقه سوریان و شمال کوه سرخ زیتون رخنمون دارد. در خارج از این ورقه، کمپلکس مذکور جهتی شمال غربی- جنوب شرقی داشته و از روند کلی دیگر رخنمون‌های ناحیه و نیز از روند کلی زون سنندج - سیرجان تبعیت می‌کند.

#### ۲-۲-۳- مزوزوئیک

پالئوزوئیک به مزوزوئیک بدون حادثه مهمی در ورقه سوریان گذر می‌کند، ولی ژرفای دریای نسبتاً عمیق اواخر پرمین در آغاز مزوزوئیک کاهش می‌یابد. در این ورقه سازندهای دوره تریاس رخنمون نداشته و سازندهای ژوراسیک با افق‌های پالئوزوئیک فوقانی دارای کنتاکت گسله می‌باشند.

## ۲-۲-۴- سنوزوئیک

### الف) سنگ های سنوزوئیک در ایران مرکزی

سنگ های پالتوسن و اتوسن در ایران مرکزی دیده نمی شود و ترسییر با رسوبات الیگوسن شروع می شود که به طور دگر شیب روی سنگ های قدیمی تر را می پوشاند و به طور پیوسته تا میوسن ادامه می یابد. رسوبات کواترنر در زون ایران مرکزی ورقه سوریان، شامل واحدهای زیر از قدیم به جدید است:

- تراس های قدیمی و بادبزن های آبرفتی

- دشت های آبرفتی و تراس های جوان

- آبرفت های عهد حاضر

- رسوبات آگوسین - میوسن در ایران مرکزی

این رسوبات در غرب کوه سرخ زیتون و شمال مونج دیده می شود و شامل مارن، ماسه سنگ و سنگ آهک ریفتی می باشد.

### ب) سنگ های سنوزوئیک در زون سنندج - سیرجان

سنگ های سنوزوئیک در این زون گسترش زیادی دارد و از خود رخساره ای ظاهر می سازد که در جاهای دیگر ایران کمتر دیده می شود. این سنگ ها بیشتر در زون رادیولاریتی- افیولیتی ظاهر می شود، که اکثراً گسل خورده است.

### ج) سنگ های سنوزوئیک در زاگرس

سنگ های ترسییر در زون زاگرس گسترش ناچیزی دارد و به جز رخنمون های پراکنده ای از پالتوزن (*Ej*) در غرب دهکده کره چیزی از این رسوبات باقی نمانده است، یک واحد را در میان سنگ های ترسییر زاگرس می توان تشخیص داد.

## ۲-۳-۲- ماگماتیسزم و دگرگونی

### ۲-۳-۱- سنگ‌های ماگمایی

اکثریت قریب به اتفاق سنگ‌های ماگمایی در زون سنندج - سیرجان ظاهر گشته و بسیاری از آن‌ها فاز اصلی دگرگونی را که همان فاز کیمیرین پیشین است از سرگذرانده اند ولی سنگ‌هایی نیز وجود دارند که پس از فاز اصلی دگرگونی به وجود آمده و جز یک دگرگونی ضعیف و یا دگرسانی-هائی از نوع دئوتریک و یا پروپیلیتی شدن را تحمل ننموده‌اند.

### ۲-۳-۲- سنگ‌های دگرگونی

دو فاز عمده دگرگونی بر زون سنندج - سیرجان اثر گذاشته است، که اولی تا رخساره آمفیبولیت پیشرفته و دیگری که حالت یک دگرگونی بازگشتی برای فاز اول داشته در رخساره شیست سبز رویداده و اکثراً پاراژنهای فاز اول را از بین برده است. هر دو فاز از نوع دگرگونی با فشار متوسط بوده است. فاز اول اواخر تریاس میانی و اوائل تریاس بالائی اتفاق افتاده است. فاز دوم بر سازندهای ژوراسیک اثر گذاشته و احتمالاً مربوط به تحولاتی بوده که در اواخر ژوراسیک میانی رویداده است. کمپلکس‌های دگرگونی توتک، سوریان و کولی‌کش در این فازها به وجود آمده است.

## ۲-۴- تکتونیک

معمولاً از کوه‌های زاگرس تا ایران مرکزی مناطق یا زون‌های تکتونیکی زیر قابل تشخیص است:

۱- زون چین خورده زاگرس

۲- زون شکسته که ارتباط و تعلق آن به زاگرس بیش از زون‌های دیگر است.

۳- زون افیولیتی-رادیلوریتی

۴- زون دگرگونی سنندج - سیرجان

۵- زون ایران مرکزی

ورقه سوریان زون چین خورده زاگرس را شامل نمی‌شود.

### **- زون زاگرس مرتفع یا زاگرس رورانده یا زاگرس داخلی**

زون شکسته زاگرس بخش جنوب غربی ورقه سوریان را تشکیل داده است. وضعیت تکتونیک این زون در ساختارهای نسبتاً ساده طاقدیس و ناودیس‌های بهم فشرده با روند شمال غربی و جنوب شرقی می‌باشد، که صفحات محوری بعضی از آنها از حالت قائم برگشته و یال شمالی شرقی این ساختارها به‌روی یال جنوب غربی رانده شده است. گسلش در این زون رواج بسیار دارد و تقریباً سنگی و سازندی نیست که از آن به‌دور مانده و خرد نشده باشد.

### **- زون افیولیتی - رادیولاریتی**

زون افیولیتی - رادیولاریتی را نهشته‌های کواترنر و نئوژن پوشانده است و سنگ‌های این زون جز به‌صورت رخساره‌هایی کوچک در جنوب غرب این ورقه (سوریان)، در جاهای دیگر دیده نمی‌شود. زون افیولیتی - رادیولاریتی و زون سنندج - سیرجان را زون پولک‌های تکتونیک می‌نامند، چون در این زون کمتر واحدی می‌توان یافت که برجا باشد و یا یک ستون چینه شناسی از یک واحد سنگی به درستی قابل مشاهده باشد. در این زون همه واحدها تکه تکه شده و مانند پولک ماهی بروی هم رانده شده است. این راندگی‌ها همان روند حادثه زاگرس و شیب آنها به سمت شمال شرقی می‌باشد. [سازمان زمین شناسی، ۱۳۸۲].

### **- زون سنندج - سیرجان**

در سنگ‌های دگرگونی این زون دو فاز دگرگونی دیناموترمال رویداده است. شیبست وارگی فاز اول جز در کوه سفید توتک و در میان شیبست‌های سیاه رنگ در جای دیگری چندان قابل تشخیص نیست. در اینجا شیبست‌واره فاز اصلی دگرگونی به‌صورت سطوح چین خورده‌ای قابل تشخیص است

که موازی با صفحات محوری آنها شیستوزیته دوم گسترش یافته است. تداخل دو شیست- وارگی، سنگ‌ها را به صورت قطعات لوزی مانند درازی در آورده است.

## - زون ایران مرکزی

وضعیت تکتونیک در زون ایران مرکزی که در شمال و شمال شرق ورقه سوریان در کوه‌های قندیله دیده می‌شود، در چین‌های ساده استوانه‌ای خلاصه می‌شود که توسط گسله‌هایی که عمدتاً فشاری می‌باشند، تکه تکه شده و به روی هم رانده شده است از این گسله‌ها می‌توان گسله‌های محدود کننده زون سنندج - سیرجان و جنوب زون ایران مرکزی را نام برد. گسله‌ها دارای دو نوع حرکت است، یکی با پیکان حرکتی پر شیب نزدیک به قائم که تکه‌های شمال شرقی را به روی تکه‌های جنوب غربی می‌راند و دیگری با پیکان حرکتی کم شیب و نزدیک به افق که تکه‌های جنوبی را در جهت جنوب شرقی حرکت می‌دهد.

## ۲- ۵- اندیس‌های معدنی برگه سوریان

در این ورقه معادن و اندیس‌هایی به شرح زیر مورد مطالعه قرار گرفته است:

- اندیس‌های فرومگنز

- معادن سنگ ساختمانی

- اندیس کرومیت

- معدن مس

- اندیس سیلیس

## الف) اندیس های فرومگنز

منطقه مورد مطالعه در کوه سفید قرار گرفته که در جنوب شرق سوریان می‌باشد. از نظر زمین شناسی ساختمانی کوه سفید، تاقدیسی است با روند شمال غربی- جنوب شرقی که گسل‌های کوچک محلی آنرا قطع کرده است. تاقدیس کوه سفید در محدوده کمر بند دگرگونی زون سنندج- سیرجان قرار گرفته که توسط دو سیستم گسلی اصلی شمال غربی- جنوب شرقی محدود می‌شود. تاقدیس کوه سفید شامل یک سری مرم‌های ضخیم لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری روشن، با خطواره‌های ظریفی در سطح شکست می‌باشد، که بر روی سری سنگ‌های شیستی قرار می‌گیرد. گرانیته کوه سفید در داخل شیست‌ها و دولومیت‌های دگرگون شده قرار گرفته و بافت سنگ بیانگر این واقعیت است که توده گرانیته متحمل دگرگونی شدیدی در منطقه شده است. توده گرانیته کوه سفید از نظر اندیس‌های کان گوهر، گرده میون حائز اهمیت می‌باشد [حمدی و همکاران، ۱۳۶۷].

### – اندیس کان گوهر

این اندیس در حدود ۳۰ کیلومتری جنوب شرق سوریان و جنوب روستاهای مونج و ریزکان واقع شده است. در مدخل ورود جاده به ارتفاعات کوه سفید معدن قدیمی کان گوهر قرار دارد که آثار بهره برداری قدیمی در طول تاقدیسی که در مرم‌های سفید رنگ قرار گرفته دیده می‌شود. طول قسمت برداشت شده بیش از ۱۰۰ متر و عرض آن ۳۰ متر می‌باشد. این کار قدیمی در محل تماس مرم‌ها و شیست‌ها به صورت بسیار گسترده‌ای قرار دارد [حمدی و همکاران، ۱۳۶۷].

### – اندیس گرده میون

کوه گرده میون با روند شمالی- جنوبی در شمال غرب کرخنگان و جنوب شرق مزيجان قرار گرفته است. قسمت اصلی کانه‌دار در بخش جنوبی این ارتفاعات دیده می‌شود. دو قسمت از رخنمون لایه‌های فرومگنز در قسمت شمالی دیده می‌شود که توسط دو گسل قطع شده است [حمدی و همکاران، ۱۳۶۷].



### – اندیس چاه نیو

در محدوده کوه سفید در نزدیکی چشمه چاه نیو عدسی فرومگنز دیگری دیده شده است. این عدسی ۳/۵ کیلومتری در جنوب غرب کان گوهر و ۱ کیلومتری جنوب شرق گرده میون قرار دارد. گسترش طولی آن حدود ۳۰ متر و ضخامت آن ۴ تا ۳/۵ متر در کنتاکت مرمرها با شیست قرار گرفته است [حمدی و همکاران، ۱۳۶۷].

### – اندیس اوشن پیر

در منطقه کوه سفید در ۳/۵ کیلومتری جنوب شرق معدن قدیمی کان گوهر در محلی به نام اوشن پیر یک عدسی فرومگنز با گسترش طولی ۱۶ متر و ضخامت ۲ متر دیده شده است. عدسی فوق در نزدیکی محل تماس توده نفوذی با سنگ‌های کربناته دگرگون شده در داخل متا دولومیت‌ها قرار گرفته است [حمدی و همکاران، ۱۳۶۷].

### – اندیس توتک

در این ناحیه در ۱ کیلومتری جنوب غرب توتک و شمال کرخنگان در نزدیکی جاده توتک به کرخنگان یک تونل قدیمی به قطر دهانه ۵ متر و طول ۱۳ متر قرار دارد. در این قسمت لایه‌های سنگ معدن آهن به ضخامت حدود ۲ متر می‌رسد، که در محل تماس مرمرها با شیست‌ها قرار می‌گیرد [حمدی و همکاران، ۱۳۶۷].

### ب) معادن سنگ ساختمانی

– معدن سنگ ساختمانی بذر افشان

این معدن در ۳۰ کیلومتری فاصله هوایی جنوب شرق سوریان و غرب توتک و در جنوب مونج قرار گرفته است.

- معدن سنگ ساختمانی چیر

در ۲۴/۵ کیلومتری فاصله هوایی جنوب شرق سوریان و جنوب چیر و جنوب سروستان قرار دارد.

- معدن سنگ ساختمانی چاه براق

این معدن در ۳۸/۵ کیلومتری فاصله هوایی جنوب شرق سوریان و جنوب توتک در کوه چاه براق

قرار دارد.

- معدن سنگ ساختمانی سپاه

این معدن در ۳۳ کیلو متری فاصله هوایی جنوب شرق سوریان و جنوب غرب توتک قرار دارد.

- معدن سنگ ساختمانی عسکری

این معدن در ۲۶ کیلومتری فاصله هوایی جنوب شرق سوریان و در جنوب شرق مزيجان قرار دارد.

- معدن سنگ ساختمانی بیدملا

این معدن در غرب کوه دهار و جنوب کرخنگان قرار دارد.

- معادن سنگ ساختمانی اهل کوه، شیربها و زارع

این معادن در جنوب کوه آسمانزای و جنوب غرب کرخنگان قرار دارند.

### ج) اندیس کرومیت احمد آباد

این اندیس در شرق احمد آباد و در غرب کره مورد مطالعه قرار گرفته است.

منطقه معدنی در زون زاگرس مرتفع و از سازند کژدمی (شیل، مارن و سنگ آهک) و سازند

جهرم (سنگ آهک، آهک دولومیتی، دولومیت سیلیسی شده) و آمیزه رنگی و پریدوتیتها تشکیل

شده است. ماده معدنی کرومیت درون پریدوتیتها قرار دارد.

#### د) معدن مس چیان

این معدن در جنوب چیان و غرب سوریان قرار دارد. منطقه معدنی در زون سنندج - سیرجان قرار گرفته و از کمپلکس سوریان و از سنگ‌های رسوبی (شیل آهکی با سنگ آهک آواری و توف) متعلق به ژواراسیک بالایی - کرتاسه پایینی و رسوبات کرتاسه (سنگ آهک اوریتولین‌دار) و رسوبات کواترنر تشکیل شده است. ماده معدنی مس در رگه‌های کوارتزیتی در کمپلکس سوریان قرار دارد.

#### ه) اندیس سیلیس چیان

این اندیس در جنوب چیان و غرب سوریان قرار دارد. موقعیت زمین‌شناسی آن مانند معدن مس چیان می‌باشد و ماده معدنی به صورت عدسی در کمپلکس سوریان دیده شده است [حمدی و همکاران،

[۱۳۶۷].

# L E G E N D

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

# S Y M B O L

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.



## فصل سوم

### نمونه برداری، آنالیز شیمیایی و تحلیل دقت آنالیز نمونه‌ها

#### ۳-۱- مقدمه

در اجرای پروژه‌های معدنی اعم از اکتشافی، استخراجی، کانه آرایی و فرآوری، نمونه برداری و آماده سازی صحیح نمونه‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد و پایه و اساس کار را تشکیل می‌دهد. خطاهای این مرحله از عملیات، موجب بروز اثرات نامطلوب در سایر مراحل پروژه معدنی می‌شود و ما را از دستیابی به نتایج درست دور می‌سازد. به منظور تشخیص آنومالی‌های واقعی و تمیز آن از سایر انواع آن، لازم است تا جزء ثابتی از رسوبات آبراهه‌ای (به عنوان نمونه جزء ۸۰- مش) و یا نمونه کانی سنگین (جزء ۲۰- مش) مورد آزمایش قرار گیرد. نمونه برداری در محل‌هایی که در آنجا هاله‌های ثانویه اکسید آهن و منگنز توسعه یافته‌اند، ممکن است منجر به شدت بخشی به هاله‌های هیدرو مورفیک شود که در این صورت لزوم انجام احتیاط‌های لازم جهت تفسیر اطلاعات به‌دست آمده مطرح می‌باشد. برداشت نمونه‌هایی همانند قطعات کانی‌سازی شده کف آبراهه، قطعات پوشیده شده از اکسیدهای آهن و منگنز، قطعات حاوی سیلیس آمورف و یا کربنات‌های سیلیسی شده برای آنالیز یک یا چند عنصر یا کانی خاص، می‌تواند مفید واقع شود. عواملی که می‌بایست در این خصوص در نظر گرفته شود، شامل تیپ کانسار مورد انتظار، سنگ درونگیر، محیط تکتونیکی و دامنه سنی واحدهای زمین شناسی می‌باشند. با ترکیب نتایج به‌دست آمده از محیط‌های مختلف نمونه برداری در حوضه‌های آبریز می‌توان به نتایج مناسب‌تری دست یافت. در پروژه حاضر نتایج حاصل از چندین نوع بررسی با یکدیگر ترکیب شده‌اند و سپس مدل‌سازی شده‌اند و بدین دلیل نتایج به‌دست آمده می‌تواند از درجه اعتبار مناسبی برخوردار باشد.

به طور کلی چگالی نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌ای، تابعی از دانسیته آبراهه‌ها در حوضه آبریز می‌باشد. برای مناطق خشک چگالی نمونه برداری می‌تواند به فواصل ۱ تا ۱۰ کیلومتر تغییر نماید. با توجه به این موضوع از مساحتی حدود ۲۶۴۰ کیلومتر مربع تعداد ۸۶۹ نمونه ژئوشیمی برداشت شده است که متوسط ۱ نمونه ژئوشیمی برای هر ۳ کیلومترمربع را نشان می‌دهد که این امر خود پوشش خوب منطقه را می‌رساند. از آنجائیکه عناصر مختلف در محیط‌های ثانوی قابلیت تحرک متفاوتی از خود نشان می‌دهند، بزرگی هاله‌های ثانویه آنها می‌تواند برحسب شرایط محیطی، بسیار متفاوت باشد، در چنین مواردی برای افزایش احتمال کشف کانسار، افزایش چگالی نمونه‌های کانی سنگین در اطراف سنگ‌های میزبان اجتناب ناپذیر می‌باشد، البته چگالی نمونه برداری باید به گونه‌ای باشد که کل سطح برگه با احتمال کانی زایی را پوشش دهد.

نمونه برداری به عنوان یک پدیده احتمال پذیر همراه با ضربی از خطا و سطحی از اعتبار معرفی می‌شود. تلاش کارشناسان در طراحی نمونه برداری و اجرای آن تا آنجا که امکان دارد در پرهیز از بروز خطاهایی است که چنانچه در مجموعه خطای کل قرار گیرند، به طور یقین اعتبار داده پردازی و نتایج نهایی را مورد شک و تردید قرار می‌دهند.

### ۳-۲- محیط نمونه برداری

به طور کلی هدف اصلی از بررسی‌های کوچک مقیاس (ناحیه ای) تعیین نواحی امید بخش برای مراحل بعدی اکتشاف می‌باشد. با در نظر گرفتن وسعت محدوده تحت پوشش اکتشاف ژئوشیمیایی ناحیه‌ای، مطالعه هاله‌های لیتو ژئوشیمیایی اولیه نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لذا محیط‌های در برگیرنده هاله‌های ثانویه تحت پوشش عملیات اکتشافی قرار می‌گیرند. اساس این مطالعات بر بررسی هاله‌های پراکندگی ثانویه عناصر در محیط‌های سطحی که در راس آنها رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد، استوار است. اما پیش از عملیات صحرائی برداشت نمونه و ارسال برای آنالیز، نخست باید محیط مناسب نمونه برداری بررسی و سپس شبکه نمونه برداری طراحی و تهیه گردد.

انتخاب محیط مناسب نمونه برداری از اهمیت به سزایی برخوردار است و همچنان که می‌دانیم در بررسی‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ای بهترین مکان برای نمونه برداری، رسوبات رودخانه‌ای است که آن خود معلول شرایط مختلف آب و هوایی، وضعیت زمین شناسی، توپوگرافی، کانی سازی و همچنین وضعیت آبراهه‌ها و شیب کلی منطقه است.

میزان بارندگی در محیط‌های مختلف، عامل درجات متفاوتی از انواع فرسایش مکانیکی و شیمیایی و سرانجام میزان انتقال رسوبات است. شدت و نوع فرسایش و انتقال رسوبات حاصل از آن نیز در مناطق با ارتفاع متفاوت ناهمسان است. با بررسی کامل حوضه‌های آبریز، طراحی و برداشت نمونه‌ها، امکان بررسی نهایی و دستیابی به اطلاعات حوضه‌های بالا دست فراهم می‌آید و این خود راهنمایی برای رسیدن به آنومالی‌های احتمالی است.

روشن است که مناطق در بردارنده پتانسیل احتمالی، در شرایطی به وجود می‌آیند که کانی سازی (هاله‌های اولیه)، در محیطی که رسوبات از آن منشاء گرفته‌اند، رخ داده باشد. در غیر اینصورت ممکن است رسوبات حمل شده از مناطق فاقد کانی سازی، محیط کانی سازی شده را بپوشاند، در واقع نمونه برداشت شده از رسوبات سطحی جدید فاقد کانی سازی است که این امر خود می‌تواند خطای ارزیابی آنومالی را به همراه داشته باشد.

در محیط‌های هوازده، بسیاری از کانی‌ها، به ویژه انواع سولفیدی، ناپایدار بوده، در اثر اکسیداسیون و سایر واکنش‌های شیمیایی تجزیه می‌شوند. این امر در پراکندگی هرچه بیشتر کانی‌ها و عناصر معرف آنها در محلول‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند. به‌طوریکه گاهی حمل و نقل آنها تا فاصله نسبتاً زیادی در حوضه آبریز ادامه می‌یابد. وجود آب و هوای خشک کویری حاکم بر ایران و هوازده‌گی شدید فیزیکی سبب فرسایش و رسوب گذاری در حوضه‌های بین کوهستانی و دشت‌های دامنه‌ای گردیده است که در این صورت در فاصله مکانی کوتاهی رسوبات حاصل از تخریب از مناطق مرتفع حمل و در مناطق پایین دست حوضه‌های رسوبی برجای می‌مانند.

### ۳-۳- طراحی شبکه نمونه برداری

طراحی نمونه برداری می‌بایست طوری صورت گیرد که علاوه بر پوشش کامل مناطق مساعد جهت بررسی، دارای بیشترین سازگاری با روش مرکز ثقل باشد. در واقع می‌توان با مشخص کردن مرکز ثقل توپولوژیکی شبکه آبراهه‌ها، به یک روش بهینه برای نمونه برداری دست یافت. درجه مرکز ثقل را عواملی نظیر چینه شناسی، سنگ شناسی و تکتونیک کنترل می‌کند. در این روش، از دهانه خروجی هر حوضه آبریز، ابتدا یک نمونه برداشت می‌شود و با عیار سنجی روی آن، ارزش اکتشافی حوضه برآورد می‌گردد. در صورت منفی بودن نتایج می‌توان آن حوضه را در فازهای بعدی اکتشافی حذف نمود ولی اگر ارزیابی اولیه مثبت باشد باید آن شبکه آبراهه را با برداشت یک سری نمونه‌های متوالی تحت پوشش اکتشافی قرار داد. محل و موقعیت این نمونه‌ها همان مرکز ثقل‌های متوالی در حوضه آبریز می‌باشد.

معمولاً در طراحی به روش مرکز ثقل، توده‌های نفوذی، خروجی و نواحی مجاور آنها، نواحی اطراف گسل‌ها و تقاطع آنها، و مناطق دگرسان شده بعد از ماگمایی و مناطقی که در بخش فوقانی توده‌های نفوذی نیمه عمیق قرار دارند از چگالی نمونه برداری بیشتری برخوردار هستند.

در آبراهه‌هایی که به وسیله گسل قطع می‌شوند، محل نمونه برداری در فاصله نیم کیلومتری از محل تلاقی آبراهه‌ها با گسل است. در مواردی که دگرسانی‌های شدید مشاهده شود. به خصوص در اطراف سنگ‌های نفوذی یا خروجی موجود، می‌بایست درجه مرکز ثقل آبراهه‌ها به گونه‌ای محلی افزایش یابد. علاوه بر عوامل فوق، وجود آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی درحاشیه رودخانه‌ها در تصمیم‌گیری تقسیم یک حوضه آبریز بزرگ به حوضه‌های آبریز کوچکتر، موثر می‌باشد. بدیهی است که استفاده از کودهای شیمیایی و سموم گیاهی، احتمال وجود آلودگی به عناصر کمیاب را در رسوبات پائین دست آنها افزایش می‌دهد. در چنین حالتی فقط مرکز ثقل قسمت‌های فوقانی آنها که از آلودگی به دور می‌باشد، می‌تواند محاسبه گردد.



### ۳-۴- عملیات نمونه برداری

اکیپ نمونه بردار با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و توپوگرافی منطقه مورد نظر و دستگاه GPS و با در اختیار داشتن جدولی حاوی مختصات محل نمونه‌ها در سیستم UTM به منطقه مورد نظر عازم می‌شود. هر نمونه متشکل از حدود ۱۰۰ گرم جزء ۸۰- مش از رسوبات آبراهه‌ای می‌باشد که پس از الک کردن رسوبات خشک در محل، در کیسه‌های مناسب و دو لایه ریخته و شماره آنها به صورت برچسب و همچنین به صورت اتیکت درون نمونه‌ها درج می‌شود. هر اکیپ نمونه برداری برای نمونه‌های برداشت شده، شماره‌هایی که از قبل در اختیار آنها برای هر نمونه گذاشته شده است، استفاده می‌کنند که این شماره‌ها برای هر نمونه منحصر بفرد بوده و شامل یک کد دو حرفی که معرف منطقه است و یک شماره سریال می‌باشد. لیست نمونه‌های برداشت شده در پایان هر روز در محل کمپ صحرائی کنترل و با تبدیل شماره‌ها به شماره‌های نهایی و انتقال شماره نهایی به نقشه‌های اصلی پیشرفت کار ادامه می‌یابد.

در صورت خیس بودن محیط نمونه برداری، نمونه‌ها به صورت الک نشده برداشته شده تا پس از خشک شدن در محل کمپ، آماده سازی شوند.

رخدادهای قابل توجه در صحرا، از جمله دگرسائی، کانی سازی، گسله‌های بزرگ، معادن قدیمی و فعال که در نقشه‌های زمین شناسی ثبت نشده‌اند، نیز مد نظر گرفته شده و به صورت شرح مختصری در دفترچه صحرائی یادداشت می‌گردد. شماره نمونه‌ها به صورت رنگ اسپری، در محل مشخص می‌شوند تا در مراحل کنترل آنومالی و بازدیدهای بعدی، محل نمونه‌ها مشخص باشد. نقاط نمونه- برداری شده در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.

همانگونه که پیشتر گفته شد، در کل در محدوده این برگه تعداد ۸۶۹ نمونه ژئوشیمیایی برداشت

شده است.

### ۵-۳ - آماده سازی و تحلیل دقت آنالیز های شیمیایی

با انتخاب قطر بهینه ذرات به وسیله الک ۸۰ مش در صحرا، بخشی از مرحله آماده سازی نمونه‌ها انجام می‌گیرد، نمونه‌ها پس از کنترل نهایی شماره، همراه با لیست مربوطه (Shipping list)، برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال می‌شود.

آماده سازی نمونه‌ها با خردایش آغاز و با پودر کردن نمونه‌های خرد شده ادامه می‌یابد، نمونه‌ها پس از همگن سازی اولیه در حجمی در حدود ۲۵ سانتی‌متر مکعب تا حدود ۲۰۰ مش پودر شده و مابقی آنها برای بایگانی ذخیره می‌شود.

نوع و تعیین روش آنالیز و عناصر مورد درخواست به گسترش واحدهای سنگی گوناگون، نوع کانی سازی موجود در ناحیه مورد مطالعه و دیگر عوامل بستگی دارد.

روش‌های متداول تجزیه شیمیایی عناصر را کالریتری<sup>۱</sup> (رنگ سنجی)، اسپکتروگراف نشری<sup>۲</sup>، فلوئورسانس اشعه X<sup>۳</sup>، پلاسما<sup>۴</sup>، اسپکتروفتومتری جذب اتمی<sup>۵</sup> و کروماتوگرافی<sup>۶</sup> تشکیل می‌دهند.

در طرح اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سوریان، نمونه‌ها زیر نظر شرکت توسعه علوم و توسط یک گروه چینی مورد آنالیز قرار گرفت که روش آنالیز و حدود حساسیت به کار گرفته شده توسط آنها در جدول (۳-۱) آورده شده است. همانگونه که در جدول مزبور مشاهده می‌شود، روش ICP همان روش پلاسما، روش XRF همان روش فلوئورسانس اشعه X، روش‌های ESD و ES روش‌های اسپکتروگراف نشری و روش ASF نوعی جذب اتمی می‌باشد.

---

۱- Colorimetry

۲- Emission Spectrography

۳- X-ray fluorescence

۴ - Induced Coupled Plasma

۵- Atomic Absorbtion Spectrometry

۶- Chromotography

جدول (۱-۳): روش آنالیز و حدود حساسیت عناصر [خیرخواه، ۱۳۸۱].

| عنصر              | حدود حساسیت (ppm) | روش آنالیز |
|-------------------|-------------------|------------|
| Be                | 0.2               | ICP        |
| Ba                | 15                |            |
| Cu                | 1                 |            |
| Co                | 1                 |            |
| Sr                | 5                 |            |
| Ni                | 2                 |            |
| Li                | 1                 |            |
| V                 | 5                 |            |
| Zn                | 10                |            |
| Na <sub>2</sub> O | 0.01              |            |
| P                 | 20                | XRF        |
| Cr                | 5                 |            |
| Nb                | 2                 |            |
| Pb                | 2                 |            |
| Th                | 3                 |            |
| Rb                | 3                 |            |
| Au                | 0.003             | ESD        |
| As                | 0.2               | AFS        |
| Sb                | 0.1               |            |
| Bi                | 0.1               |            |
| Hg                | 0.02              |            |
| Ag                | 0.02              | ES         |
| Sn                | 0.5               |            |
| B                 | 4                 |            |

به منظور کنترل دقت آنالیز آزمایشگاهی و ارائه نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های ژئوشیمیایی، تعداد ۴۰ نمونه تکراری به‌طور کاملاً تصادفی از نمونه‌های اولیه برداشت شده است. نمونه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده که تمام سطح برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان را پوشش دهد. روش به‌کار برده شده جهت تخمین میزان خطاهای آنالیز شیمیایی روشی است که توسط تامسون و هورات (۱۹۷۸) ارائه شده است. در این روش در یک سیستم مختصات تمام لگاریتمی که بر روی محور افقی میانگین نمونه تکراری و نمونه اصلی مرتبط به آن و بر روی محور قائم قدر مطلق اختلاف بین دو اندازه گیری آورده شده است. دیاگرام فوق به عنوان نمودار کنترلی خوانده می‌شود [خیرخواه، ۱۳۸۱].

## فصل چهارم

### اصول هندسه فرکتالی در جداسازی آنومالی از زمینه

#### ۴-۱- مقدمه

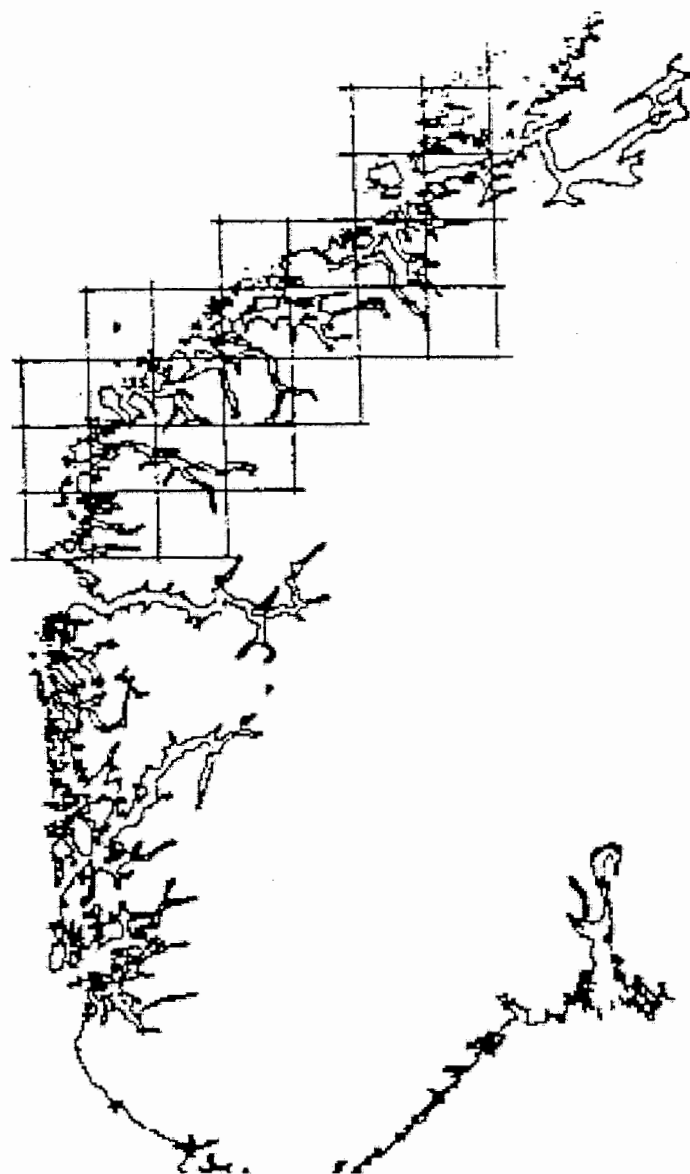
هندسه فرکتالی وسیله و مفهومی نوین است که امکان توصیف اشکال طبیعی را میسر کرده است. اشکال هندسی طبیعی نظیر کرات سماوی و درخت کاج را به آسانی می توان با کره و مخروط توصیف کرد ولی بسیاری دیگر از اشکال طبیعی بقدری پیچیده هستند که حتی با ترکیبی از اشکال اقلیدسی قابل توصیف دقیق نیستند. شکل گل کلم، توپوگرافی کوهها، سطح یک فلز در مقیاسهای میکروسکوپی نمونه‌هایی از شکل‌های طبیعی هستند که توصیف آنها فقط توسط هندسه فرکتالی ممکن است.

کشف مفاهیم فرکتالی ابزاری قدرتمند در اختیار دانشمندان جهت مقایسه پدیده‌های پیچیده طبیعی قرار داده است. به عنوان مثال با استفاده از مفاهیم فرکتالی می توان شکل رودخانه‌های سلسله جبال البرز را با شکل رودخانه‌های کوه های زاگرس مقایسه کرد و یا می توان تغییرات فعالیت‌های لکه‌های خورشیدی در زمان را توصیف و با تغییرات درجه حرارت اتمسفری زمین مقایسه کرد. به طور یقین مقایسه طول رودخانه‌های البرز با زاگرس توصیف دقیقی نخواهد بود زیرا فقط یک جنبه از هندسه پیچیده رودخانه‌های مذکور را مورد مقایسه قرار می‌دهد. مقایسه همخوانی فرکانس‌های سازنده تغییرات تعداد لکه‌های خورشیدی در زمان با تغییرات درجه حرارت اتمسفر در زمان می‌تواند ارتباط این دو پدیده مذکور را تا حدی معین کند ولی نمی‌تواند معیاری واحد که ارتباط بین فرکانس‌های سازنده این دو پدیده را معین می‌کند ارائه دهد.

اصطلاح فرکتال نخستین بار توسط مندل بروت<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۵ ابداع گردید. در گسترده‌ترین تعریفی که از آن ارائه شده، فرکتال درباره اشکال یا فرآیند هایی بحث می‌کند که دارای خواص مقیاس پذیر باشند.

شکل‌های فرکتال دارای این خاصیت می‌باشند که اگر مقیاس را در مورد آنها تغییر دهیم شکلی مشابه حاصل خواهد شد. نمونه‌های طبیعی و واقعی از فرکتال‌ها را مانند شش‌های انسان، درختان، ابرها، کوه‌ها، یا برگ برخی از درختان مانند برگ درخت سرخس و ... می‌توان نام برد. تعریف دیگری از فرکتال برحسب بعد فرکتال می‌باشد. بر این اساس فرکتال شکلی است که دارای بعد غیر صحیح است، یعنی ممکن است شکلی داشته باشیم که بعد آن عددی ما بین اعداد صحیح باشد. در واقع به خاطر پیچیدگی‌هایی که خط دارد ممکن است که قسمتی از سطح را هم در برگیرد. چنین خطوطی طول نامحدود دارند، مثلاً برخی از خطوط ساحلی از جمله خطوط ساحلی نروژ و انگلستان بخاطر بریدگی‌های بی‌شماری که دارند دارای چنین خصلتی می‌باشند، یعنی فرکتالی هستند [صدقی پور، ۱۳۷۹]. به عنوان نمونه خط ساحلی کشور نروژ را در قسمت جنوبی آن در نظر بگیرید شکل (۴-۱).

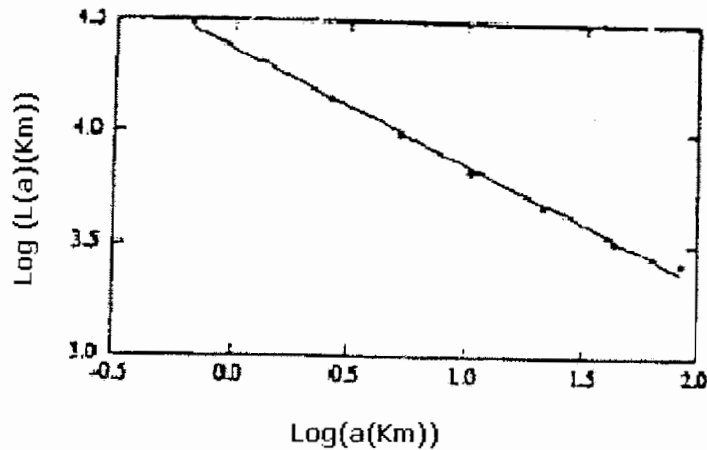
آنچه در نقشه مشاهده می‌شود منحنی بسیار پیچیده ای است که خلیج‌های متعدد کوتاه و عمیق را به همراه جزایر پر تعداد ساحلی نشان می‌دهد. چنانچه هدف تعیین طول خط ساحلی باشد یک روش آن است که از یک انتهای ساحل شروع کرده و توسط پیمایشگری با طول معین خط ساحلی را پیموده تا به انتهای ساحل دیگر برسیم. طبیعی است که به علت شکل پیچیده مسیر بسیاری از پیچ و خم‌های آن نادیده گرفته می‌شود و بدیهی است که با کوچک شدن طول پیمایشگر تعداد فواصل اندازه‌گیری افزایش یافته و بهبود نسبی در اندازه‌گیری حاصل می‌شود. چنانچه طول پیمایشگر را  $\delta$  بگیریم طول اندازه‌گیری شده  $L(\delta) = N(\delta) \times \delta$  که در آن  $N$  تعداد گام‌های پیموده شده می‌باشد.



شکل (۱-۴): نقشه ساحل جنوبی خلیج نروژ [صدقی پور، ۱۳۷۹].

اگر خطوط ساحلی طول معینی مانند  $LN$  داشته باشند انتظار بر این است که با کوچک تر شدن مقیاس و اندازه گامها به طول واقعی مسیر نزدیک شوید و در حد وقتی طول گامها به اندازه کافی کوچک اختیار شوند به طول واقعی مسیر دست یابید، ولی این انتظار برآورده نمی گردد و در واقع طول مسیر به صورت نامحدودی افزایش می یابد. چنانچه  $L(\delta)$  را بر حسب  $\delta$  در مقیاس لگاریتمی رسم

کنید (شکل ۲-۴)، خط راستی حاصل می‌گردد که می‌توان معادله،  $L(\delta)=a \delta$  را برای آن نوشت. مطابق شکل مقدار  $D$  (بعد فرکتالی) برابر 1.52 ارزیابی می‌شود. که در آن  $a$  تعداد گام‌ها می‌باشد.



شکل (۲-۴): طول بر حسب مقیاس برای خط ساحلی نروژ [صدقی پور، ۱۳۷۹].

در حقیقت خلیج نروژ را می‌توان به عنوان یک فرکتال با بعد فرکتالی  $D=1.52$  در نظر گرفت. مندل بروت نظیر چنین ارزیابی‌هایی را در مورد خطوط ساحلی برخی کشورها، از قبیل انگلستان، آفریقای جنوبی، پرتغال،... انجام داد و در همه موارد خطوط راستی حاصل شد که دارای مقدار بعدی بین ۱ و ۲ بودند. چنانچه این اندازه‌گیری در مورد یک منحنی معمولی مانند یک دایره صورت پذیرد مقدار بعد برابر ۱ به دست می‌آید که این نتیجه‌ای است که در مورد تمامی منحنی‌های معمولی انتظار می‌رود [صدقی پور، ۱۳۷۹].

اصولاً تعریف ریاضی فرکتال متمرکز بر مفهوم بعد فرکتالی یا کسری است. اشکال فرکتالی بسیاری به صورت مصنوعی ساخته شده‌اند که برخی از آنها مدلی برای مقایسه پدیده‌های طبیعی بوده‌اند. این اشکال عمدتاً دارای دو ویژگی مشخص می‌باشند: اول اینکه در مقیاس‌های مختلف شبیه به یکدیگرند و دیگر اینکه هر شکل دارای بعد فرکتالی یا کسری است.

برای ساختن فرکتال باید دو نکته اساسی ذیل را مد نظر قرار داد [ سرخیل، ۱۳۸۳]:

الف- تعریف یک قانون

ب- تکرار همان قانون بر روی شکل‌های قبلی.

#### ۴-۲- ابعاد فرکتالی و روش‌های تعیین بعد فرکتالی

هرگاه که سخن از ابعاد به میان می‌آید، یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی و ... مورد نظر می‌باشند. یک بعدی‌ها درست همانند یک خط راست یا یک نقطه، فضایی نمی‌باشند. دو بعدی‌ها آنهایی هستند که دارای سطح بوده و مسطح می‌باشند. در هندسه اقلیدسی ما با دو بعدی‌هایی مثل مثلث، مربع، مستطیل و دایره سرو کار داریم. سه بعدی‌ها در نظر ما به روشنی قابل استنباط هستند، سه بعدی‌ها نه تنها طول و عرض دارند بلکه دارای عمق نیز می‌باشند. به زبان ساده‌تر ما در فضای سه بعدی زندگی می‌کنیم. در صورتیکه شما فیلم‌های تخیلی مشاهده کرده باشید، حتماً در مورد چهار بعدی‌ها شنیده اید، مکانی که هیچ‌گونه شباهتی با سطح و عمق ندارد و با زندگی بشر در تضاد می‌باشد.

اما ابعادی نیز بین اعداد صحیح وجود دارد، فلیکس هاسدورف<sup>۱</sup>، ریاضیدان آلمانی، پیشنهاد وجود فرکتال‌ها در ابعادی بین اعداد صحیح را مطرح ساخت. او نظریه ابعاد فرکتالی را که در تجسم تصاویر فرکتالی مورد استفاده قرار می‌گرفت پذیرفت. در واقع ابعاد فرکتالی نشان دهنده پیچیدگی فرکتال‌ها می‌باشند. به‌طوریکه هر چه بعد فرکتالی بزرگتر باشد، پیچیدگی بیشتر می‌گردد.

همانطور که گفته شد یکی از مفاهیم اساسی در هندسه فرکتال، بعد فرکتالی می‌باشد. بسیاری از خصوصیات فرکتال‌ها با مقدار بعد آنها تفسیر می‌شوند. همچنین در بسیاری از علوم طبیعی می‌توان از بعد فرکتال به عنوان پارامتری برای جداسازی آنها از یکدیگر استفاده نمود. به عنوان مثال شکل یک کانسار، مانند طلای رگه‌ای نیز در صورتیکه به عنوان یک فرکتال بررسی شود مقدار بعد

---

۱-Felix Hausdorff



فرکتالی آن می‌تواند نشان دهنده میزان پیچیدگی شکل کانسار باشد. در موارد دیگر همانند مطالعه شکستگی‌ها و توزیع آنها (مانند گسل‌ها، درزه‌ها و شکاف‌ها)، توزیع زمانی زمین لرزه‌ها، فوران‌های آتشفشانی، ساختار نفوذ پذیری و تخلخل حوزه‌های نفتی، شبکه‌های برداشت ژئوفیزیکی و تعیین حد جدایش آنومالی‌های ژئوشیمیایی از مقدار زمینه می‌توان از بعد فرکتال استفاده نمود. به طور کلی هر جا که صحبت از کاربرد فرکتال‌ها به میان باشد، مهم‌ترین و اصلی‌ترین موضوع تعیین بعد فرکتالی است.

ابعاد فرکتالی را می‌توان با استفاده از روش‌های زیر تعیین نمود:

۱- رابطه ریاضی

۲- روش خط‌کش

۳- روش شمارش جعبه‌ها<sup>۱</sup>

#### ۴-۲-۱- محاسبه بعد فرکتالی با استفاده از رابطه ریاضی

بعد فرکتالی را می‌توان به سادگی با استفاده از یک معادله ریاضی به دست آورد. این معادله دارای

سه بخش است [سرخیل، ۱۳۸۳]:

۱- نرخ تنزیل  $(R)$

۲- تعداد تا شدگی‌ها  $(r)$

۳- بعد فرکتالی  $(d)$

معادله به فرم زیر می‌باشد:

$$d = \ln r / \ln R \quad (1-4)$$

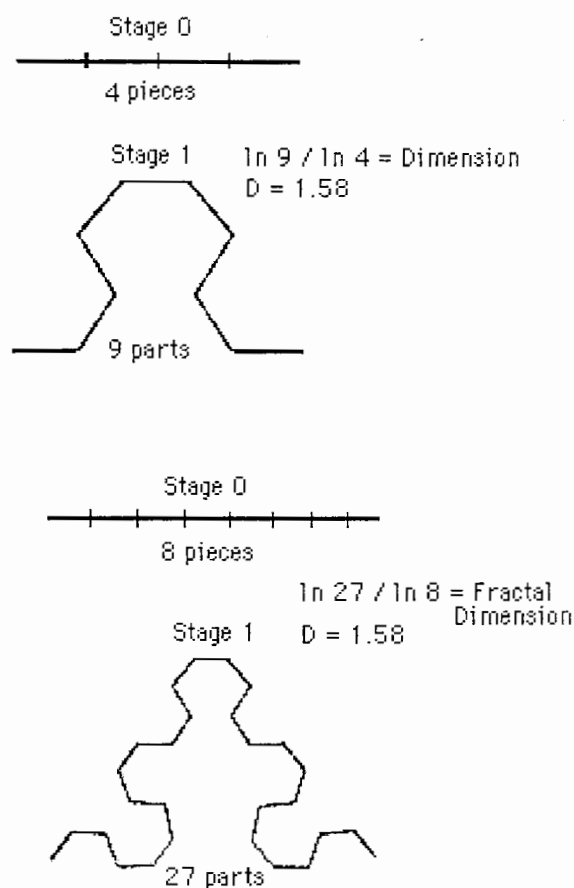
۱- Box counting method

۲ - Reduction Ratio

۳- Number of Replication

شکل (۳-۴) مثال‌هایی را راجع به معادله (۴-۱) نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود ابعاد

این فرکتال‌ها بین یک و دو می‌باشند.



شکل (۳-۴): محاسبه بعد فرکتالی [سرخیل، ۱۳۸۳].

#### ۴-۲-۲- محاسبه بعد فرکتالی با استفاده از روش خط کش

روش خط‌کش یکی از معروف‌ترین و ابتدائی‌ترین روش‌هایی است که برای تعیین بعد فرکتالی اشکال طبیعی به کار برده می‌شود. در این روش معمولاً طول خط‌کش یا واحد اندازه‌گیری به کار برده شده برای اندازه‌گیری طول یک شکل (مثلاً ساحل دریا)، به صورت مرحله‌ای کمتر می‌شود. با اندازه‌گیری طول ساحل در چندین مقیاس می‌توان به سادگی بعد فرکتالی را به دست آورد شکل (۴-۴).

با ترسیم منحنی حاصل در دستگاه مختصات تمام لگاریتمی، شیب منحنی طول خطکش به تعداد خطکش‌های مورد نیاز، مستقیماً بعد فرکتالی را می‌دهد.



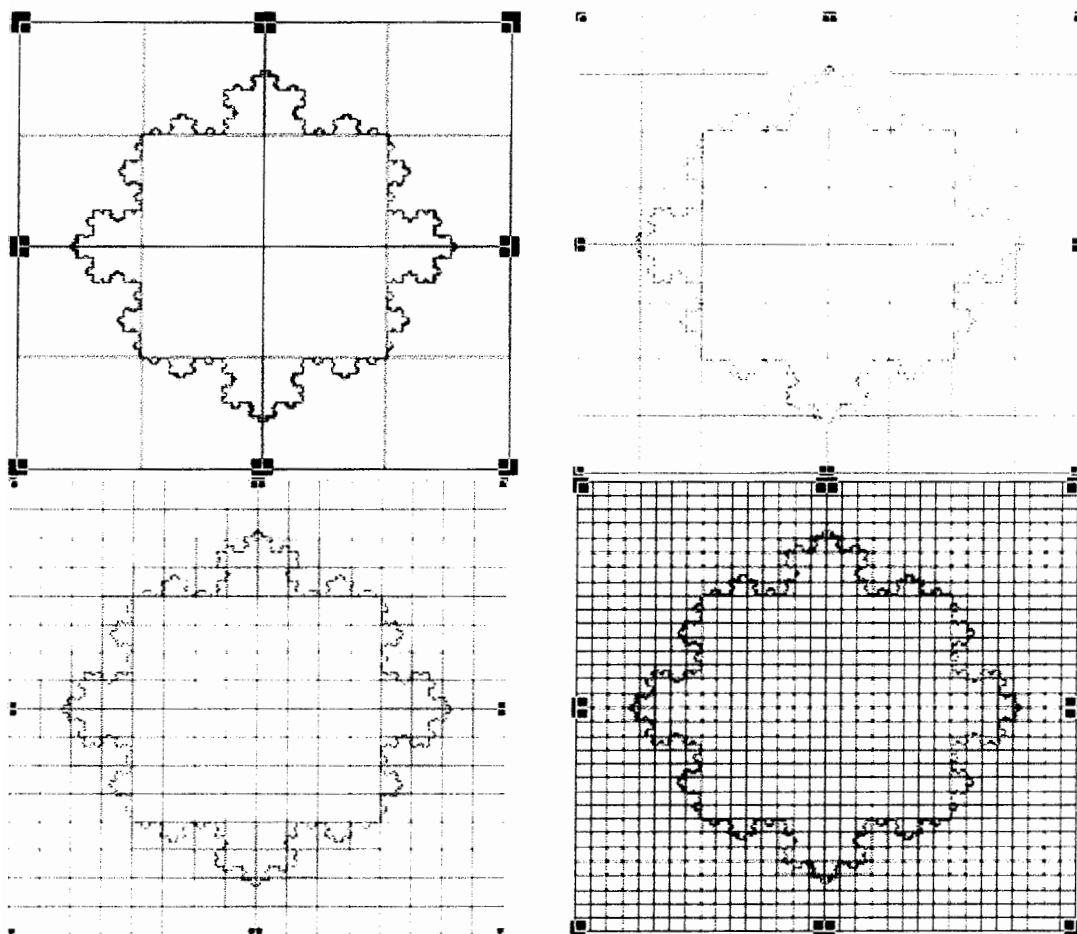
شکل (۴-۴): اندازه‌گیری بعد فرکتالی با استفاده از خطکش.

#### ۴-۲-۳- محاسبه بعد فرکتالی با استفاده از روش شمارش جعبه‌ها

یکی از معروف‌ترین روش‌های محاسبه بعد فرکتالی اشکال طبیعی روش شمارش جعبه‌ها می‌باشد. در این روش مساحت یک شکل فرکتالی دو بعدی با استفاده از مربع‌هایی با اندازه‌های متفاوت و برای اجسام سه بعدی یک شکل فرکتالی با استفاده از مکعب‌هایی با اندازه‌های متفاوت به دست می‌آید. روش کار بدین ترتیب است که شکل فرکتالی را توسط یک جعبه محاط می‌کنیم، سپس جعبه را به جعبه‌های کوچکتر تقسیم می‌کنیم و تعداد جعبه‌هایی که قسمتی از شکل فرکتال در آن قرار دارد شمارش کرده بعد از این که مراحل بالا را برای چندین مرتبه تکرار کردیم نمودار لاگ اندازه ضلع یک جعبه،  $r$ ، را به لاگ تعداد جعبه‌ها رسم می‌کنیم، شیب منحنی مذکور معرف بعد فرکتالی شکل مورد مطالعه می‌باشد. در ادامه جهت نشان دادن چگونگی کار این روش و بررسی صحت آن، بعد فرکتالی فرکتال کوچک محاسبه می‌شود.

شکل (۴-۵) چهار مرحله از روش شمارش جعبه‌ها بر روی شکل فرکتال کوچک را نشان می‌دهد، جدول (۴-۱) تعداد جعبه‌هایی که شکل فرکتال کوچک از آنها می‌گذرد را برای اندازه‌های متفاوت

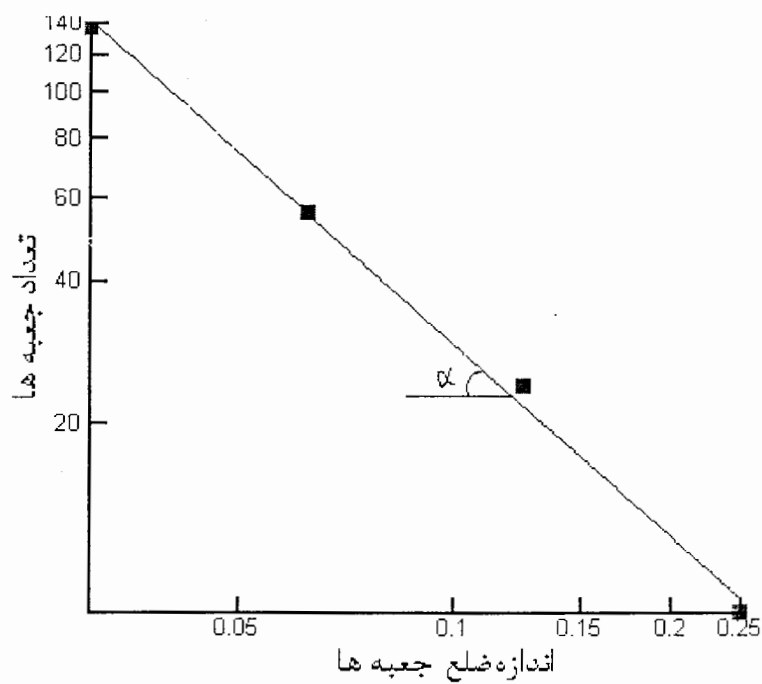
جعبه‌ها نشان می‌دهد، همانطور که ملاحظه می‌شود با کاهش اندازه جعبه‌ها تعداد جعبه‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد، شکل (۴-۶) نمودار لاگ اندازه ضلع جعبه به‌کار برده شده ( $I$ ) را برحسب لاگ جعبه‌هایی که شکل فرکتالی از آن می‌گذرد ( $N$ ) نشان می‌دهد همانگونه که مشاهده می‌شود شیب خط برابر با  $1/345$  است.



شکل (۴-۵): چهار مرحله از روش شمارش جعبه جهت اندازه‌گیری بعد فرکتالی شکل فرکتال کوچ [سرخیل، ۱۳۸۳].

جدول (۴-۱): تعداد جعبه ها بر حسب اندازه ضلع جعبه‌های به کار برده شده در محاسبه بعد فرکتالی.

| تعداد جعبه ها | طول ضلع مربع (واحد) |
|---------------|---------------------|
| ۸             | ۰/۲۵                |
| ۲۴            | ۰/۱۲۵               |
| ۵۶            | ۰/۰۶۲۵              |
| ۱۳۶           | ۰/۰۳۱۲۵             |



$$\operatorname{tg} \alpha = 1/3.45$$

شکل (۴-۶): نمودار لاگ اندازه ضلع به تعداد جعبه‌هایی که شکل فرکتال کوچ از آن می‌گذرد.

#### ۴-۳- مدل های فرکتالی متداول

#### ۴-۳-۱- مدل تعداد - اندازه

یک مجموعه فرکتالی شامل چند قسمت مساوی با اندازه‌های متفاوت را در نظر بگیرید، در

صورتیکه تعداد قسمت‌ها (N) و اندازه آنها (S) باشد رابطه زیر را می‌توان برای آن در نظر گرفت.

$$N_{(>S)} \propto S^{-D} \quad (۴-۲)$$

که در آن  $N_{(>S)}$  تعداد قسمت هایی با اندازه بزرگتر از  $S$  است و  $D$  نیز مقداری ثابت می باشد. این مدل فرکتالی به طور گسترده در علوم زمین برای توصیف توزیع فرکتالی مشخصه های پدیده های خاص به کار می رود [کوئیمینگ، ۱۹۹۵].

#### ۴-۳-۲- مدل محیط - مساحت

مندلبروت در سال ۱۹۸۳ برای نخستین بار برای مجموعه ای از اشکال فرکتالی رابطه بین محیط و مساحت را مطابق ذیل ارائه نمود.

$$L_{(\delta)} = C\delta^{(1-D)} \sqrt{A(\delta)^D} \quad (۳-۴)$$

که در آن  $L_{(\delta)}$  محیط و  $A$  مساحت بوده و  $C$  یک مقدار ثابت می باشد که  $D$  نیز به عنوان بعد فرکتالی محاسبه می گردد. این رابطه به عنوان یک رابطه کاربردی در فیزیک، شیمی و دیگر زمینه های علوم طبیعی کاربرد پیدا نموده است و از آن در زمینه های مختلف از جمله محیط و مساحت عوارض ژئوشیمیایی استفاده می شود. رابطه ساده شده زیر بر اساس تئوری های مولتی فرکتالی از رابطه (۳-۴) به دست آمده است.

$$L_{(\delta)} = C\delta^{(1-\varepsilon T)} \sqrt{A(\delta)^{\varepsilon T}} \quad (۴-۴)$$

در رابطه فوق :

$$\varepsilon T = 2D_{(PT)} / (D_{(ST \geq)}) \quad (۵-۴)$$

که در آن  $D_{(PT)}$  و  $D_{(ST \geq)}$  بعدها فرکتالی برای محیط و مساحت مجموعه هایی با مقادیر غلظت بالای حد آستانه  $T$  می باشند. این رابطه برای معیار  $\delta$  ای که به اندازه کافی برای اندازه گیری دقیق کوچکترین مساحت، کوچک باشد در نظر گرفته شد.

رابطه (۴-۴) برای معیار  $\delta$ ،  $L_{(\delta)}$  و  $A(\delta)$ ، به صورت رابطه (۶-۴) تبدیل می گردد:

$$L_{(\delta)} = C_0 A_{(\delta)}^{\varepsilon T/2} \quad (۶-۴)$$

$$A_{(p)} \propto \rho^{-D}$$

(۴-۱۰)

مقدار توان  $D$  وابسته به دامنه‌های متفاوت  $\rho$ ، مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد. در اکتشافات ژئوشیمیایی تمرکزهای همراه با فرآیندهای کانی سازی، توابع توانی متفاوتی را نسبت به مقدار زمینه منعکس می‌نمایند. به عبارت دیگر بعد فرکتالی کانی سازی با مقدار بعد زمینه متفاوت خواهد بود. به طور کلی می‌توان از این روش برای جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه استفاده نمود. در فصل بعد کاربردهای ویژه‌ای از این مدل در جداسازی جوامع مختلف از یکدیگر و تفکیک بین آنومالی و مقدار زمینه ژئوشیمیایی به کار گرفته شده است [کوئیمینگ، ۱۹۹۵].

#### ۴-۴- الگوهای فرکتالی و اکتشافات ژئوشیمیایی

در بین الگوهای توزیع، توزیع شیمیایی همانند الگوهای دیگر، خاصیت خود تشابهی و استقلال از مقیاس وجود دارد. بنابراین امکان پیدایش الگوهای فرکتالی در آنها وجود دارد. داده‌های تجربی دلالت بر آن دارد که الگوهای ژئوشیمیایی در مقیاس‌های متفاوتی قابل بررسی می‌باشند. جدول (۴-۲) نمونه‌ای از این الگوها را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲): مثال‌هایی از الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی در مقیاس‌های مختلف [حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰].

| مقیاس خطی (m)       | مثال‌های از الگوهای پراکندگی  |
|---------------------|---|
| $< 10^{-6}$         | توزیع عناصر کمیاب در کانی‌ها  |
| $10^{-6} - 10^{-2}$ | توزیع کانی‌ها در مقاطع نازک   |
| $10^{-2} - 10^{+2}$ | توزیع مقدار عناصر اصلی و فرعی در مغزه‌های حفاری                           |
| $10^{+2} - 10^{+6}$ | توزیع عناصر اصلی و فرعی در مقیاس‌های محلی و ناحیه ای (در نمونه‌های مختلف) |
| $> 10^{+6}$         | ایالت‌های ژئوشیمیایی و متالوژنی در مقیاس‌های قاره‌ای                      |

همانگونه که می‌دانید افزایش نوسان یک خط منجر به افزایش بعد آن از مقدار واحد خواهد شد. به طور مشابه نوسان صفحه و ایجاد قله و دره در آن، بعد آنرا از ۲ به عددی بین ۲ و ۳ افزایش می‌دهد. هرچه تعداد قله‌ها و ارتفاع آنها بیشتر شود بعد صفحه به ۳ نزدیکتر می‌شود. از دید اکتشاف ژئوشیمیایی این قله‌ها را می‌توان معادل آنومالی‌های ژئوشیمیایی در نظر گرفت.

بنابراین وجود آنومالی‌های ژئوشیمیایی باعث افزایش بعد فرکتال متغیرهای ژئوشیمیایی می‌شود، بر این اساس می‌توان وجود یا عدم وجود آنومالی را در یک منطقه شناسایی نمود.

پس یکی از کاربردهای هندسه فرکتال تخمین حد آستانه‌ای و در نتیجه جداسازی جامعه آنومالی از زمینه بر اساس اختلاف بعد فرکتال آنها می‌باشد.

در صورتیکه منطقه‌ای نسبت به متغیر ژئوشیمیایی مطلوب، فاقد آنومالی باشد و تنها جامعه زمینه در آن یافت شود قله‌ها و دره‌های کم ارتفاعی در صفحه تغییر پذیری آن ظاهر می‌شود. لذا بعد فرکتالی آن کم و نزدیک به ۲ خواهد شد. به محض گذر از محدوده زمینه و ورود به محدوده آنومال، به دلیل پیدایش قله‌های مرتفع در تغییر پذیری متغیر ژئوشیمیایی، بعد فرکتالی به نسبت شدت آنومالی افزایش می‌یابد.

از این رو می‌توان با استفاده از اختلاف بعد فرکتال دو جامعه زمینه و آنومالی آنها را از یکدیگر جدا نمود که فصل بعد به این موضوع می‌پردازد [حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰].

#### ۴-۵ - حد آستانه و روش‌های تعیین حد آستانه

در ژئوشیمی اکتشافی حد آستانه مقدار یا مشخصه‌ای است که نمونه‌های آنومال یا مساحت‌های مرتبط با آنومالی را از زمینه جدا می‌سازد. از دید زمین‌شناسی آنومالی تغییری است از آنچه انتظار می‌رود، یعنی حد آستانه نسبت به مقدار مورد انتظار که معمولاً به عنوان زمینه خوانده می‌شود، تعریف می‌گردد. در حالت کلی‌تر حد آستانه به منظور جداسازی داده‌ها به زیر جامعه‌هایی که به



علت‌های متفاوت یا در پاسخ به فرآیندهای متفاوت به وجود می‌آیند، به کار می‌رود. در نتیجه، حد آستانه به عنوان معیاری برای گروه بندی داده‌ها می‌باشد.

البته همپوشانی دو جامعه آنومال و زمینه باعث می‌شود که تشخیص دقیق نمونه‌های مرتبط با کانی سازی از نمونه‌های صرفاً بازتاب دهنده فرآیندهای زمینه با خطا همراه شود. از این رو در ژئوشیمی اکتشافی بسیاری از تصمیمات مهم و کلیدی بر پایه حدود آستانه به دست آمده از برنامه‌های نمونه برداری ناحیه‌ای صورت می‌پذیرد. البته با توجه به این نکته که میزان تمایز و وضوح جدایش یک آنومالی از زمینه که خروجی یک برداشت اولیه و مقدماتی می‌باشد در تعیین روش‌هایی که در برداشت‌های پر هزینه ناحیه‌ای مورد استفاده قرار گیرند، حائز اهمیت می‌باشد. بنابر این استفاده از روش‌هایی که تعیین حد آستانه را از حالت اختیاری خارج سازد و مبتنی بر شیء گزایی باشد مورد نظر می‌باشد.

روش‌های متعددی برای تعیین حد آستانه از قبیل روش‌های آماری تک متغیره و چند متغیره [ریچارد و همکاران، ۱۹۹۳، هاوارد و ارل، ۱۹۷۹، خیرخواه، ۱۳۸۱]، روش‌های فرکتالی [لیما و همکاران، ۲۰۰۳، یاگوانگ و کیومینگ، لی و همکاران، ۲۰۰۳، ارفعی، ۱۳۸۲] و روند سطحی [سارما و اسلواراج، ۱۹۹۰] وجود دارند. تعیین حد آستانه یک روش تخمینی است که می‌تواند دست خوش خطاهای تصادفی و سیستماتیک گردد.

برای تحلیل داده‌ها گونه‌های مختلفی از روش‌های آماری تک متغیره و چند متغیره وجود دارند، که در تخمین حد آستانه به کار می‌رود. یک طبقه بندی از تکنیک‌های انتخاب حد آستانه شامل سه دسته اصلی ذیل می‌باشد [کوئیمینگ، ۱۹۹۷].

۱- روش‌های تجربی

۲- روش‌های مدل - پایه دلخواه

۳- تکنیک‌های مدل - پایه شیء گرا

#### ۴-۵-۱- روش های تجربی

در این روش ها تجربه شخصی نقش به سزایی داشته و مشتمل بر تکنیک هایی همچون ارزیابی چشمی هیستوگرام ها و بررسی جداول داده ها می باشد و این روش ها قابلیت باز آفرینی توسط افراد دیگر نداشته و در مواردی که تصمیم گیری ها بر پایه مقایسه صورت می گیرد و یا در برداشت های ناحیه ای که جداسازی دو دسته آنومال و زمینه اهمیت حیاتی دارد مناسب نمی باشند [ارفعی، ۱۳۸۲].

#### ۴-۵-۲- روش های مدل پایه دلخواه

در این روش ها برخی از مدل های ریاضی یا آماری برای مجموعه ای از مقادیر ژئوشیمیایی منتخب به کار می برند.

برای کسانی که در کارهای اجرایی شرکت دارند استفاده از معیار میانگین ( $\bar{X}$ ) بعلاوه دو برابر انحراف معیار ( $2S$ ) به عنوان حد آستانه برای مجموعه ای از داده ها امری ناشناخته نمی باشد. در صورتیکه فرض شود توزیع داده ها نرمال است با استفاده از چنین رویه ای می توان فرض نمود که  $2/5$  درصد بالای داده ها آنومال هستند. اما اگر در مورد شکل توزیع، هیچ گونه فرضیاتی نداشته باشیم آنگاه مقدار  $\bar{X} + 2S$  از نظر ژئوشیمی مفهومی ندارد و تنها جزئی متغیر و کوچک از بالاترین مقادیر یک مجموعه داده ها را معرفی می کند. این روش بدلیل سادگی آن، علی رغم محدودیت های بسیاری که دارد به صورت گسترده ای کاربرد دارد.

#### ۴-۵-۳- روش های مدل پایه شیء گرا

در این روش ها با توجه به اینکه نظرات شخصی در برخی مدل های مفهومی زیر ساختی وجود دارد، ولی در تعیین حد آستانه نقش داده ها پر رنگ تر می باشد. این روش ها بر پایه مدل مفهوی

مشخصی می‌باشند که می‌گویند جامعه زمینه در یک محیط زمین‌شناسی هموزن، تابع چگالی احتمالی را دارا می‌باشد که حاصل از مجموعه فرآیندهای تولید کننده زمینه است.

در ژئوشیمی اکتشافی می‌توان این جوامع را با تقریب خوبی به توابع چگالی نرمال یا لاگ نرمال برآزش نمود. فرآیندهای کاملاً متفاوت، جوامع آنومالی را به وجود می‌آورند. که در نهایت بسته به متغیر، محیط و دیگر عوامل از جامعه زمینه متمایز می‌شوند. دو رویه نمودار احتمال و آماره انفصال در این دسته قرار دارند. لازم به ذکر است که این روش‌ها علی‌رغم داشتن پایه‌های استدلالی قوی، محدودیت‌هایی را نیز پیش رو دارند. یکی از مشکلات مشخص این روش، مشکل تعریف ویژگی‌های آماری جامعه آنومالی می‌باشد [ارفعی، ۱۳۸۲].

در مورد روش‌های چند متغیره می‌توان گفت که در کل سعی این روش‌ها بر آنست که روندهای چند عنصری و همبستگی‌های موجود بین عناصر مختلف را یافته و با استفاده از این روند ها، انحرافات از این روندهای کلی را در مقادیر حاصله از نمونه‌ها بیابند و به عنوان آنومالی معرفی نمایند. مناطقی که از روندهای کلی تبعیت می‌کنند مناطق زمینه را تشکیل می‌دهند. در این روش‌ها با استفاده از تغییرات چند عنصری می‌توان تا حدی به روابط پاراژنری پی برد.

برای روش‌های چند متغیره در کنار مزیت‌های فوق، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که می‌توان به وجود پیچیدگی‌های کار با این روش‌ها و نیاز به داشتن دانش بالا در دو زمینه آمار چند متغیره و زمین‌شناسی در تعبیر و تفسیر نتایج حاصله اشاره نمود.

روش‌های فرکتال در انتخاب حد آستانه بر پایه اختلاف بین جوامع آنومالی و زمینه استوار می‌باشند. تعبیر زمین‌ساختی و توجه به ماهیت فضایی داده‌ها از جمله مزایای این روش می‌باشد. از معایب عمده این روش وابستگی آن به نحوه انجام تخمین و به نقشه در آوردن داده‌ها می‌باشد.

در مجموع می‌بایست خاطر نشان کرد که یک روش تعیین حد آستانه مناسب روشی است که از مشخصات زیر برخوردار باشد [ارفعی، ۱۳۸۲]:

- منطقه بندی چند عنصری را به خوبی نشان دهد.

- شکل مناسب و منطبق بر ساختار های کنترل کننده کانی سازی برای آنومالی ارائه دهد.

- بر پایه های نظری قوی و قابل فهم استوار باشد.

- کاربری آسانی داشته و نتایج به دست آمده از آن توسط افراد مختلف، یکسان باشد.

#### ۴-۶- مدل های مولتی فرکتالی و فرکتالی ژئوشیمیایی

جوامع کانی سازی موجود در یک منطقه که توسط فرآیندهایی غیر از فرآیندهای به وجود آورنده زمینه، منشأ گرفته اند، دارای توزیع مکانی و ساختاری متفاوتی نیز می باشند. در صورتیکه در یک بازه معین در عوارض ژئوشیمیایی پدیده استقلال از مقیاس موجود باشد و یا اینکه در این محدوده تشابهی بین مقیاس ها موجود باشد، می توان این عوارض را ساختارهایی خود متشابه دانست و ماهیت فرکتالی برای آنها در نظر گرفت. بنابراین می توان اینگونه استنباط کرد که در یک نقشه ژئوشیمیایی فرکتالهایی متصل به هم وجود دارند که دسته ای زمینه و دسته ای دیگر، آنومالی را معرفی می کنند. در روش مولتی فرکتال سعی بر این است که غلظت مشخصی را که در آن غلظت روند فرکتالی تغییر پیدا نموده است به عنوان حد آستانه معرفی گردد. یکی از ویژگی های این روش استفاده همزمان از توزیع فراوانی عنصر و شکل هندسی آنومالی در جدایش آنومالی می باشد که می تواند منجر به بهبود نتایج شود.

مدل های مولتی فرکتالی توسط روابط نمایی بین متغیرها مشخص شده و چنین روابطی به صورت خطی مستقیم بر روی نمودار تمام لگاریتمی به نمایش در می آیند. نمودارهای غلظت - مساحت بدست آمده از یک مدل فرکتالی در بیشتر موارد به دو رابطه نمایی تقسیم شده و ظاهری دو فرکتالی را به نمایش می گذارند. در صورتیکه اگر غلظت عنصر با مساحت رابطه ای مولتی فرکتالی داشته باشد، آنگاه نمودار تمام لگاریتمی غلظت - مساحت دارای بخش هایی مجزا با شیب هایی که معرف بعد فرکتالی آنها می باشد، همراه خواهد بود [ارفعی، ۱۳۸۲].

## فصل پنجم

### آماده سازی داده‌ها و تعیین حد آستانه به روش فرکتالی

#### ۵-۱- مقدمه

آخرین محصول هر برداشت اعم از اکتشافی و استخراجی نقشه‌ای است که نتایج برداشت‌ها، تحلیل‌ها و تخمین‌ها را نشان می‌دهد. برای رسم چنین نقشه‌ای لازم است که مقادیر متغیر که با  $Z$  نشان داده می‌شود مانند عیار، شاخص غنی شدگی، ضخامت، شدت میدان مغناطیسی، مقاومت ویژه و غیره در دسترس باشند. این مقادیر مشتمل بر مقادیر اندازه‌گیری شده بر روی زمین و یا مقادیر حاصل از آنالیز نمونه‌های برداشت شده در ایستگاه‌های نمونه برداری می‌باشند که اصطلاحاً نقاط کنترلی نامیده می‌شود و با مقادیر حاصل از فرآیند تخمین همراه می‌باشد.

هر اندازه نقشه‌ها بتوانند ماهیت داده‌های خود را بهتر به بیننده القاء نمایند از اعتبار بیشتری برخوردار بوده و کاربرد بیشتری می‌یابند.

اگر تشریح نقشه مطلوب روند های تغییر پذیری مدنظر باشد، بهتر است رسم نقشه‌ها را با تکنیک مبتنی بر تحلیل روند سطحی که در فصل ششم به تفصیل بدان پرداخته شده است، انجام داد و اگر منظور از رسم نقشه‌ها دستیابی به نقشه ای است که بتواند در یک شبکه منظم مقدار متغیر را در اختیار گذارد استفاده از تکنیک تخمین شبکه مناسب می‌باشد. بالاخره ممکن است که به دلیل وجود ناپیوستگی‌های موجود در مقدار داده ها نیازی به درونیابی نباشد که در صورت اخیر مطلوب آنست داده‌ها به صورت سمبل بر روی نقشه نشان داده شوند.

بنابراین برحسب اینکه نیاز پروژه چه نوع نقشه‌ای است می‌توان از منطق‌های مختلفی برای رسم

نقشه استفاده نمود.

برای نمایش تغییرات به صورت پیوسته در کل نقشه لازم است که مقادیر  $Z$  در تمام نقاط صفحه  $X\_Y$  معلوم بوده و در عمل برای دستیابی به چنین شرایطی لازم است منطقه تحت پوشش را به شبکه منظمی تقسیم کرده و مقدار متغیر مورد نظر را بر اساس داده‌های معلوم در نقاط مجهول شبکه تخمین زد. البته هرچه ابعاد سلول شبکه تخمین کوچکتر باشد، حجم محاسبات بیشتر می‌شود. از این رو ابعاد شبکه دارای محدودیت است و تابع امکانات سخت افزاری و نرم افزاری در دسترس می‌باشد. برداشت نمونه‌ها از رسوبات آبراهه ای و تجزیه آنها کار نسبتاً سریع و ارزان می‌باشد لذا جهت اکتشاف ناحیه‌ای یکی از سریعترین، ارزان‌ترین و بهترین روش‌ها جهت شناسایی مناطق آنومال می‌باشد. هرچند که این روش قابلیت شناسایی سریع محدوده‌های آنومال را دارد، اما به علت تعداد زیاد و گستردگی داده‌ها و نیز ماهیت ویژه رسوبات آبراهه‌ای در هنگام تعبیر و تفسیر و نمایش داده‌ها، همیشه اشکالاتی را ایجاد می‌کند.

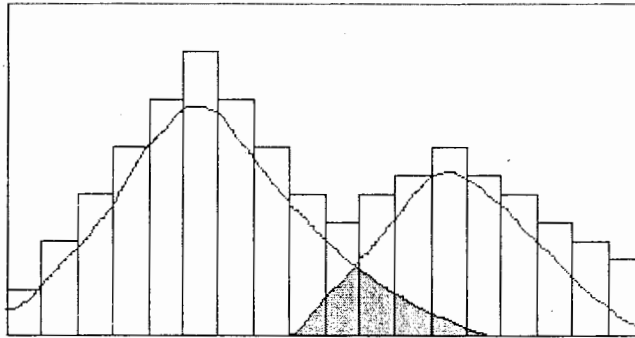
ساده‌ترین روش برای نمایش داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای، نقشه‌های نمادین نقطه‌ای می‌باشد که در آن به وسیله یکسری روابط، مقادیر آنومال از مقادیر زمینه جدا شده و به وسیله یکسری نقاط بر روی نقشه مشخص می‌شوند. روش نقطه‌ای یک روش نمایش داده‌ها است و هیچ دخالتی در کاهش خطای موجود نداشته و تمام بررسی‌های آماری جهت کاهش خطا باید در محیط دیگر صورت پذیرد. در نتیجه تصمیم‌گیری برای کارشناسان از لحاظ نحوه توزیع عناصر مختلف و گستردگی توزیع آنها توسط این روش لحاظ نمی‌شود.

از جمله خطاهای بسیار مهم، هنگامی اتفاق می‌افتد که توزیع یک عنصر دو یا چند جامعه‌ای می‌باشد و این جوامع با یکدیگر همپوشانی داشته باشند. در چنین مواردی خطای قبول<sup>۱</sup> (قبول یک نمونه از جامعه زمینه در محدوده آنومال) و خطاهای پرش<sup>۲</sup> (خروج یک نمونه از جامعه آنومال به محدوده زمینه) اجتناب ناپذیر خواهند بود که از جمله خطاهای روش آمار کلاسیک می‌باشد شکل (۵-۱).

---

۱- Acception error

۲ - Rejection error



شکل (۵-۱): هیستوگرام معرف دو جامعه، محدوده خطاهای قبول و پرش با رنگ متمایز مشخص شده است.

در مورد نمونه‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای این نکته حائز اهمیت می‌باشد که هر نمونه تنها معرف بالا دست خود می‌باشد و نمی‌تواند جهت تعیین مقادیر اطراف و تعمیم آنها به پایین دست محل برداشت نمونه‌ها استفاده شود. به عبارت دیگر این نمونه‌ها یک ماهیت برداری به سمت انتهای حوضه آبریز خود دارند و این به عنوان نکته‌ای است که تعبیر و تفسیر داده‌های حاصل از رسوبات آبراهه‌ای را از دیگر داده‌ها متمایز کرده و استفاده از روش‌های تخمین متناسبی را می‌طلبد.

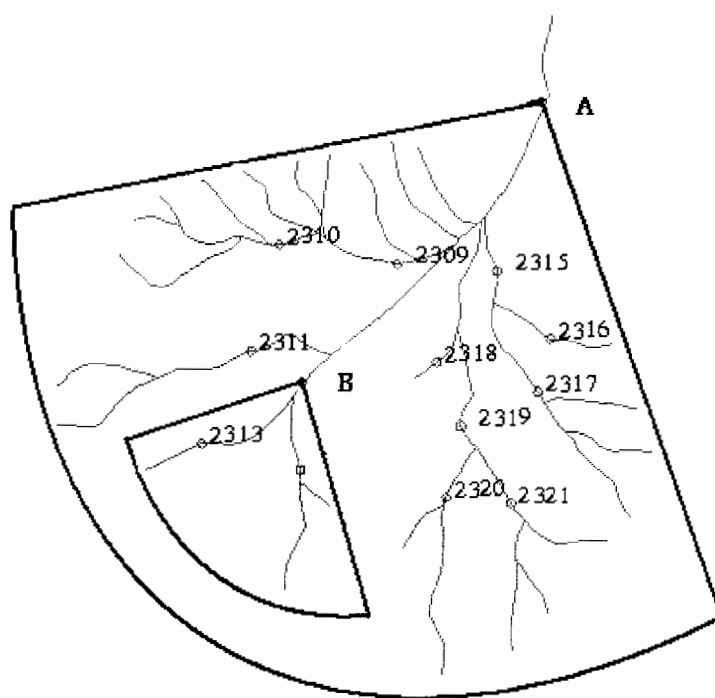
## ۵-۲- تکنیک تخمین شبکه

این واقعیت که مقدار هر متغیر در رسوبات رودخانه‌ای دارای خاصیت برداری است، مهمترین ویژگی رسوبات رودخانه‌ای برای ارزیابی پتانسیل‌های کانی‌سازی می‌باشد. جهت این بردار به سمتی است که همواره مقادیر بالا دست خود را معرفی می‌نماید. به عبارت دیگر ارقام حاصل از بررسی رسوبات رودخانه‌ای برخلاف سایر روش‌های ژئوشیمیایی خاصیت جهت یافتگی دارند و همواره انعکاس دهنده تغییرات، در ناحیه بالا دست خود می‌باشند. الگوریتم این تکنیک به نحوی طراحی شده که این اثر مهم را در تخمین لحاظ می‌کند.

تکنیک تخمین شبکه‌ای مشتمل بر مراحل زیر می‌باشد:

مرحله اول: در این مرحله کل سطح برگه توسط شبکه‌های مربعی سلول بندی می‌گردد. اندازه سلول‌ها با توجه به مقیاس کار، دقت مورد نظر و میزان تغییر پذیری متغیرها انتخاب می‌گردد.

مرحله دوم: در این مرحله حوضه آبریز بالا دست هر نمونه مشخص می‌گردد. برای مشخص نمودن حوضه آبریز بالا دست هر نمونه می‌توان از اشکال مختلفی استفاده نمود. از آن جمله می‌توان به پلی‌گون (چند ضلعی)، بیضی، مثلث و یا قطاعی از دایره اشاره نمود، که مشخص کردن حوضه آبریز توسط پلی‌گون بیشترین انطباق را می‌تواند با حوضه آبریز ایجاد نماید ولی از آنجایی که محاسبات مربوط به تعیین مساحت آن که یکی از فاکتورهای اساسی در تخمین شبکه‌ای است و نیز سایر محاسبات براساس این شکل، پیچیده و زمان بر است، لذا اغلب ترجیح داده می‌شود که این شکل مورد استفاده قرار نگیرد. در عوض قطاعی از یک دایره، با آنکه ممکن است انطباق کاملی با حوضه آبریز نداشته باشد ولی از آنجایی که محاسبات مربوط به آن بسیار ساده می‌باشد، اغلب جهت استفاده برای تخمین سازی ترجیح داده می‌شود. در شکل (۲-۵) حوضه آبریز توسط قطاعی از دایره نشان داده شده است.

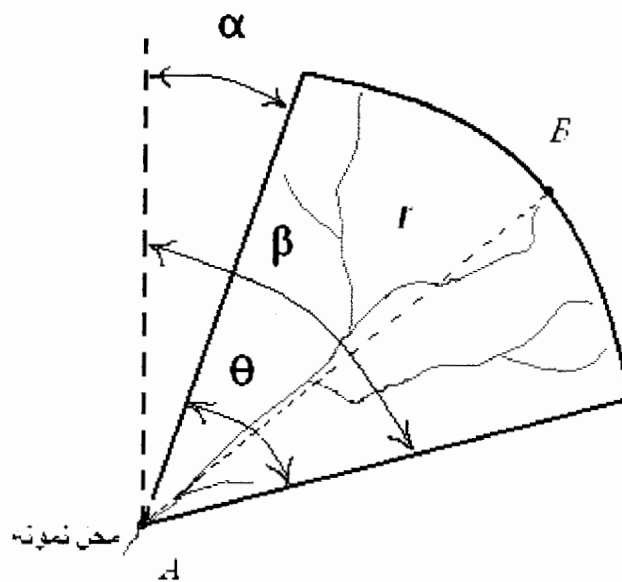


شکل (۲-۵): مشخص نمودن حوضه آبریز با استفاده از قطاعی از دایره.



روابط ساده‌ای برای مشخص نمودن یک قطاع وجود دارد. دو روش ساده که در این مورد می‌توان بکار برد عبارتند از:

روش اول: مشخص کردن قطاع توسط طول شعاع (موقعیت نمونه (نقطه A) و زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  که به ترتیب در ارتباط با آزیموت دو ضلع قطاع می‌باشند) یا اینکه توسط طول شعاع و امتداد آن یعنی زاویه  $\alpha + \beta/2$  و مختصات نقطه A (شکل ۳-۵).



شکل (۳-۵): مشخصات هندسی قطاع.

روش دوم: استفاده از مختصات نقطه A، مختصات نقطه B و زاویه  $\theta$ . چون روش دوم ساده‌تر است معمولاً از این روش استفاده می‌شود.

در مرحله بعد پس از مشخص نمودن قطاع، برای درون‌یابی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$X_i = \sum w_{ij} \times X_{oj} \quad (1-5)$$

که در آن:

$X_i$  = مقدار تخمین زده شده برای سلول i.

$w_{ij}$  = وزن‌های مختلفی که نمونه‌های متفاوت بر روی سلول i اعمال می‌کنند.

$X_{ij}$  = مقدار غلظت عنصر در محل هر یک از نمونه هایی است که روی سلول اثر می گذارند و  $W_{ij}$  را می توان از فرمول (۲-۵) محاسبه نمود.

$$W_{ij} = 1/3 (W_1 + W_2 + W_3) \quad (2-5)$$

$W_1$  وزنی است که در ارتباط با نسبت آن قسمت از مساحت یک قطاع که درون سلول خاصی واقع شده است به کل مساحت قطاع می باشد،  $W_2$  در ارتباط با نسبت سهم مساحت یک قطاع خاص به جمع سهم مساحت قطاع های مختلفی که با مساحت های گوناگون یک سلول خاص شبکه را اشغال می نمایند و  $W_3$  در ارتباط با فاصله بین دو موقعیت نمونه و مرکز سلولی است که قرار است تخمین زده شود. بدین ترتیب بعد از ترسیم قطاع ها با استفاده از نرم افزارهای خاص می توان تخمین شبکه ای را انجام داده و برای هر عنصر در هر سلول غلظت خاصی را تعیین نمود.

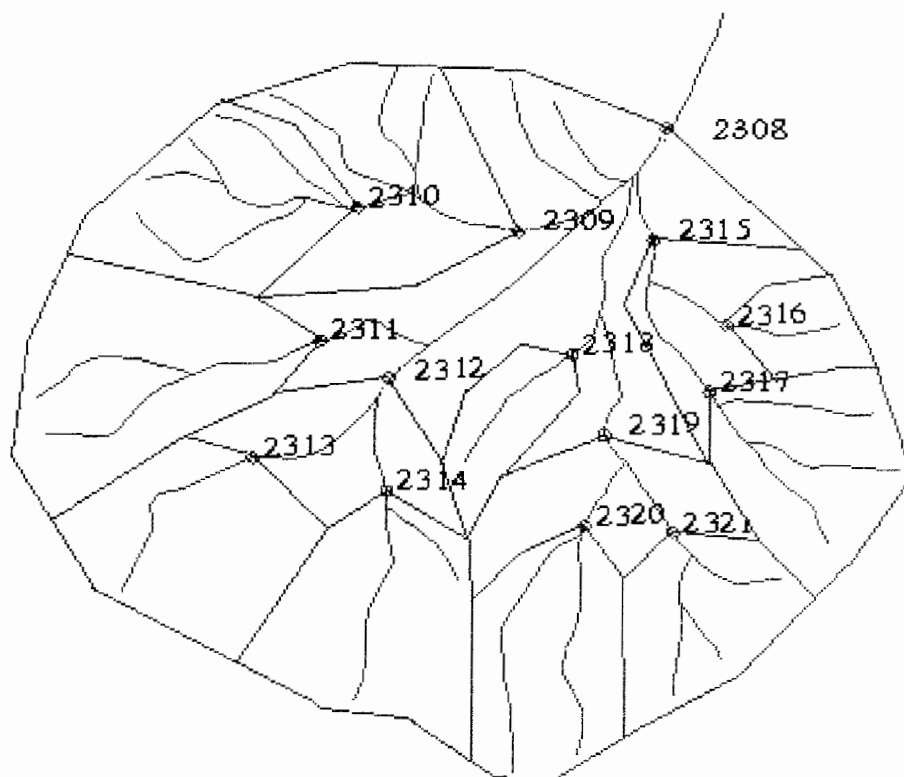
بدین صورت نقشه غلظت عنصری از حالت نقطه ای خارج می شود. با به دست آوردن مقادیر تخمین شبکه ای برای هر سلول، می توان تکنیک های فرکتالی را اعمال نمود. البته لازم به ذکر است که برای داده های مربوط به لیتو ژئوشیمیایی یا ژئوشیمی خاک می توان از روش های درون یابی دیگر مانند روش های زمین آماری، کریجینگ و یا روش های دیگر که برداری نیستند استفاده نمود. روش قطاع و روش های مشابه فقط برای نمونه های رسوبات آبراهه ای مورد استفاده قرار می گیرد.

البته به دلیل وجود خطاهای ناشی از رسم قطاع و اینکه تمام حوضه آبریز را نمی تواند پوشش دهد، ناگزیر از روش دیگری که در آن به جای قطاع از پلی گون (چند ضلعی) برای نمایش حوضه آبریز سود می برد در این تحقیق استفاده شده است، هر چند که داده های حاصل از این روش بسیار زیاد می باشد و کار با آنها بسیار مشکل است ولیکن به واقعیت نزدیکتر می باشد [ارفعی، ۱۳۸۲].

### ۵-۳- تخمین شبکه ای توسعه یافته

در تخمین شبکه توسعه یافته مبنای محاسبه ضرایب همان است که در روش تخمین شبکه قطاعی به کار گرفته می شود، ولی از آنجایی که در تعیین ضرایب هر حوضه، مساحت آن حوضه و

مساحت قسمتی از هر حوضه که در هر شبکه محصور شده، نقش بسزا و مستقیمی دارند، لذا با استفاده از چند ضلعی‌های غیر منتظم و معرفی حوضه‌های آبریز هر نمونه به وسیله این چند ضلعی‌ها مساحت هر حوضه و در نتیجه پارامترهای محصور آن در هر شبکه با دقت بیشتری محاسبه شده و ضرایب هر سلول به طور دقیق‌تر به دست می‌آید (شکل ۴-۵).



شکل (۴-۵): نمایش شماتیکی پلی‌گون بندی حوضه آبریز برای تخمین غلظت.

نکته مهم برای رسم این چند ضلعی‌ها توجه به حوضه بالا دست هر نمونه و شروع از محل قرار گرفتن نمونه می‌باشد، به طوریکه در نهایت چند ضلعی رسم شده بر تمام حوضه متعلق به هر نمونه محاط گردد و تداخلی هم با حوضه نمونه‌های دیگر نداشته باشد.

در این روش منطقه مورد بررسی که می‌تواند به عنوان نمونه یک برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ باشد، به شبکه‌ای با سلول‌های مربعی تقسیم می‌شود. ابعاد هر سلول با توجه به دقت کار و مقیاس نقشه تعیین می‌گردد و با کوچکتر شدن ابعاد هر سلول، تعداد آنها در نقشه افزایش می‌یابد، که علاوه بر دقت

بیشتر، نمایش بهتری از نحوه توزیع عناصر به دست می آید و نقشه‌ها با دقت بیشتری می‌توانند محدوده توزیع عناصر را معرفی نمایند. برای هر سلول با توجه به شبکه آبراهه‌ها و محل برداشت نمونه‌ها، ضرایبی مطابق ذیل به دست می‌آید که این ضرایب تنها بستگی به شکل حوضه‌های آبریز و محل برداشت نمونه داشته و مستقل از میزان غلظت عناصر مختلف در نمونه‌ها می‌باشند.

#### **ضریب A:**

این ضریب در ارتباط با مسافت می باشد و فاصله بین مرکز هر سلول با محل برداشت نمونه‌ها مورد نظر می باشد و برای هر نمونه، نسبت عکس توان دوم فاصله بین محل برداشت نمونه تا مرکز سلول‌های حوضه آبریز نمونه، به عنوان ضریب A برای آن نمونه در کل برگه در نظر گرفته می‌شود. برای سلولی که محل نمونه در آن واقع شده است، نصف طول ضلع سلول به عنوان فاصله در نظر گرفته می‌شود و مقدار این ضریب برای سلول‌هایی که در حوضه آبریز یک نمونه قرار ندارند، برای آن نمونه صفر خواهد بود. برای اجتناب از هر گونه خطای تمایل، مقدار فواصل بدست آمده برای هر سلول تا محل برداشت یک نمونه به مجموع کل آنها نرمال می‌شود. بدین ترتیب مجموع ضرایب به دست آمده برای یک نمونه در کل سلول‌های نقشه برابر یک می‌شود.

#### **ضریب B:**

این ضریب در ارتباط با مساحت قسمتی از هر حوضه آبریز است که در هر سلول واقع شده است. برای محاسبه این ضریب، لازم است تا بخشی از هر حوضه که در هر سلول قرار گرفته، محاسبه شود که در آن صورت برای هر نمونه در کل شبکه یک سری اعداد به دست می‌آید که نتیجه تقسیمات حوضه آبریز آن نمونه توسط شبکه طراحی شده است، لذا مجموع اعداد به دست آمده برابر مساحت کل حوضه آبریز می باشد. در محاسبه این ضریب نیز جهت کاهش خطای اریبی، هر عدد بر مساحت کل حوزه آبریز تقسیم شده تا در نهایت مجموع اعداد مربوط به هر نمونه معادل عدد یک شود. این

ضریب معرف تاثیر مساحت حوضه آبریز در گسترش نمونه بوده و تاثیر مستقیم در ضرایب به دست آمده، دارد.

همانگونه که مشخص می باشد، مقدار ضرایب هر سلول برای نمونه‌هایی که حوضه‌های بزرگتر دارند بسیار اندک می باشد، بنابراین نمونه‌هایی که حوضه‌های بزرگتری دارند بر مقدار ضرایب توزیع عناصر تاثیر کمتری می گذارند.

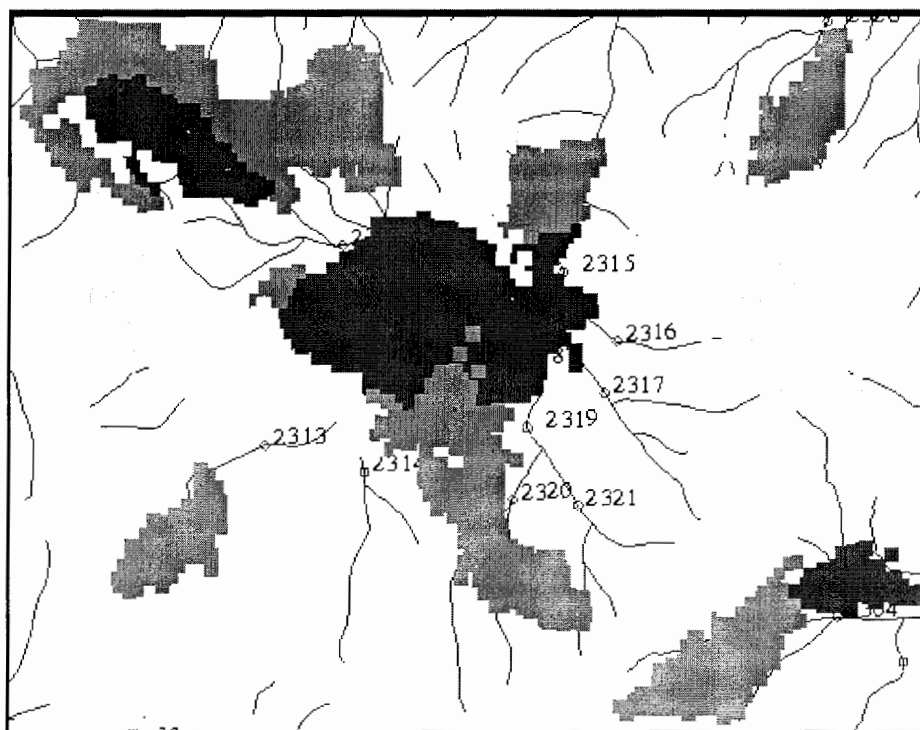
### ضریب C:

برای سلول‌هایی که در حوضه‌های آبریز چند نمونه به صورت مشترک قرار دارند و به عبارت دیگر توسط حوضه آبریز چند نمونه مورد همپوشانی قرار گرفته اند، می بایست ضریبی تعیین نمود تا بتواند بازگو کننده میزان تاثیر هر حوضه بر روی سلول مورد نظر باشد. به عبارت دیگر از آنجا که فضای مشخص شده توسط این سلول می تواند منبع انتقال مواد برای چند نمونه باشد باید به گونه‌ای تاثیر این سلول را برای نمونه های مختلف پایین دست متفاوت در نظر گرفت. در نتیجه ضریبی به شرح زیر برای هر سلول و در مورد هر نمونه محاسبه می شود.

ابتدا برای هر سلول مساحتی از هر حوضه آبریز که توسط آن، سلول تغذیه می شود تعیین کرده و نسبت فضای آن حوضه که در سلول مذکور محصور شده به کل مساحت آن حوضه محاسبه می شود، سپس اعداد به دست آمده برای این سلول با یکدیگر جمع شده و در نهایت نسبت اعداد هر حوضه به حاصل جمع به دست آمده مشخص می گردد. مجموع این اعداد برای هر سلول مساوی یک می شود که معرف میزان تاثیر حوضه هر نمونه در سلول مورد نظر می باشد.

ضریب نهایی برای سلول‌های نقشه در هر نمونه، از معدل گیری بین سه ضریب A، B و C حاصل می گردد. نتیجه این عملیات یک ماتریس است که تعداد سطرهای آن برابر تعداد سلول‌های نقشه و تعداد ستون‌های آن معادل تعداد نمونه‌های برداشت شده می باشد [حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰]. در صورتیکه این ماتریس در یک ماتریس ستونی که حاوی مقادیر گزارش شده تمرکز یک عنصر

خاص برای نمونه‌های برداشت شده باشد، ضرب ماتریسی شود، یک ماتریس ستونی به تعداد سلول‌های شبکه، حاصل می‌شود که همان توزیع عنصر مورد نظر در شبکه نقشه است. بخشی از نقشه حاصل از این روش در شکل (۵-۵) نشان داده شده است.



شکل (۵-۵): مقادیر تخمینی به روش تخمین شبکه ای توسعه یافته.

از مزایای این روش می‌توان به برداری در نظر گرفتن داده‌های حاصل از رسوبات آبراه‌های اشاره نمود که این داده‌ها را به بالا دست هر نمونه نسبت می‌دهد. پوشش درست حوضه آبریز از امتیازات دیگر این روش می‌باشد.

در این تحقیق پس از اینکه پلی‌گون‌های مربوط به تمام نمونه‌های موجود بر اساس حوضه آبریز خود در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان رسم گردید شکل (۵-۳۴)، با استفاده از نرم افزار تخمین شبکه‌ای که توسط آقای مهندس رامین هندی در محیط Visual Basic نوشته شده است، برای هر سلول یک ضریب که خود شامل سه ضریب می‌باشد، برای هر نمونه محاسبه گردید. پس از ضرب ماتریسی این

ضرایب در مقدار هر متغیر، برای هر سلول مقدار آن محاسبه شد. در نهایت تعداد ۴۴۹۴۶ سلول ۲۵۰ در ۲۵۰ متر مربع تخمین زده برای کل منطقه به دست آمد.

این روش برای استفاده از روش‌های فرکتالی بسیار مناسب می‌باشد چونکه در روش فرکتالی غلظت- مساحت، هر دو متغیر غلظت و مساحت برای هر سلول از این طریق به راحتی در دسترس می‌باشد.

این فرآیند بر روی داده‌های خام اعمال گردید و نتایج حاصل برای تعیین حد آستانه به روش فرکتالی آماده سازی شد. پس از تعیین حدود آستانه‌ای با استفاده از برنامه‌ای که بدین منظور با استفاده از ماکرو نویسی نرم افزار Excel تهیه گردید، به نقشه‌های تفکیکی آنومالی منتج گردید.

#### ۵-۴- تعیین حد آستانه به روش فرکتالی

روش‌های متعددی برای تعیین حد آستانه وجود دارد، که روش فرکتالی غلظت- مساحت یکی از این روش‌ها می‌باشد [ لیما و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳، یاگونگ و کیومینگ<sup>۲</sup>، لی و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳، ارفعی، ۱۳۸۲].

یکی از ویژگی‌های این روش در نظر گرفتن موقعیت فضایی نمونه در تعیین حد جوامع می‌باشد که این موضوع در آمار کلاسیک در نظر گرفته نمی‌شود.

برای این منظور با استفاده از روش تخمین شبکه‌ای توسعه یافته، غلظت عناصر را تخمین زده و داده‌های حاصل از تخمین را کلاس بندی نموده و نمودار تمام لگاریتمی غلظت - مساحت برای تمام متغیرها رسم می‌شود. با توجه به اینکه از طریق هندسه فرکتال می‌توان جوامع مختلف را با در نظر گرفتن اختلاف در بعد رشد آنها از یکدیگر جدا کرد با رسم این نمودارها می‌توان بعد های مختلف موجود در محیط که همان جوامع مختلف می‌باشد را از یکدیگر جدا نمود.

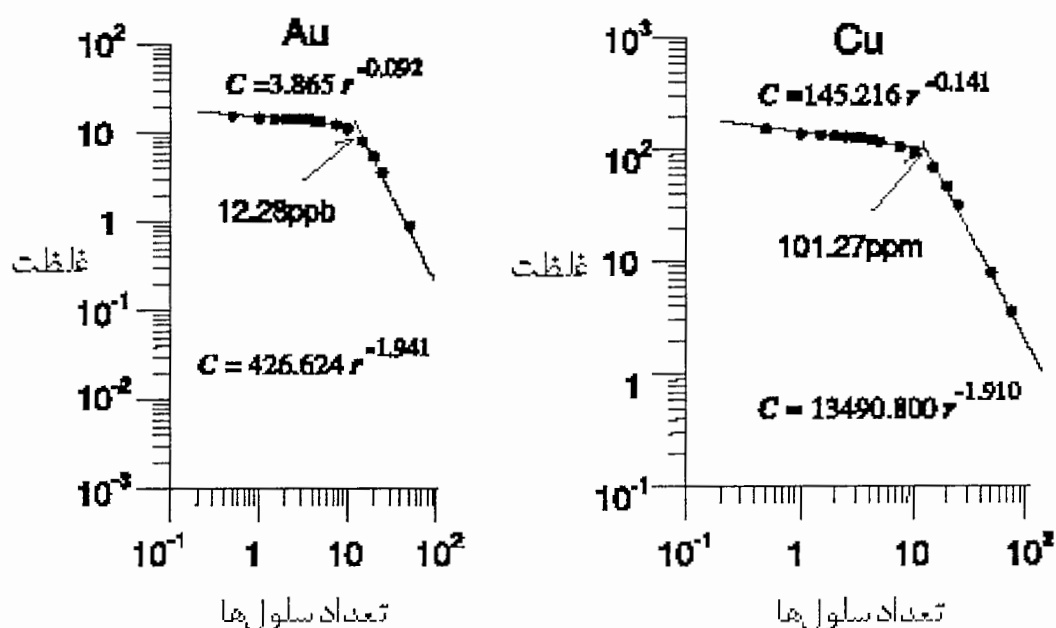
---

۱- Lima et al

۲- Yaguang and Qiuming

۳- Li et al

روش کار خیلی نزدیک به روش تعیین بعد جعبه ای می باشد به این صورت که سلول‌هایی که دارای مقدار غلظت خاصی هستند شمارش می‌شوند و نمودار تعداد این سلول‌ها در مقابل مقدار غلظت خاص آنها رسم می‌شود، وجود شکستگی و تغییر شیب خط برازش شده بر این نقاط نشان از تغییر جامعه می‌باشد که این خود حاکی از تغییر نوع فرآیند تاثیرگذار بر محیط دارد شکل (۵-۶). لازم به ذکر است که جداول دسته بندی و شمارش سلول‌های تخمین زده شده برای محاسبه رابطه غلظت-مساحت در ضمیمه شماره « ۱ » آورده شده است.



شکل (۵-۶): شکستگی منحنی و تغییر جوامع در روش غلظت - مساحت [لی و همکاران، ۲۰۰۳].

در شکل (۵-۷) می‌توان نمودار غلظت-مساحت مربوط به داده‌های عناصر آرسنیک و طلا را که پس از مرتب نمودن داده‌های حاصل از تخمین و دسته بندی آنها توسط نرم افزار Excel ترسیم شده است، مشاهده نمود.



در نمودار مربوط به عنصر آرسنیک همانگونه که بر روی تصویر مشخص می‌باشد سه جامعه تفکیک شده دیده می‌شود که می‌توان دو جامعه سمت چپ نمودار را به عنوان جوامع زمینه ناحیه‌ای در نظر گرفت و جامعه سمت چپ نمودار را به عنوان جامعه آنومال در نظر گرفت. در ضمن همانگونه که در شکل دیده می‌شود با افزایش غلظت، مساحت کم می‌شود که این امر نشان از کاهش مساحت از زمینه به سمت مناطق آنومال می‌باشد. شکل مربوط به عنصر طلا چهار جامعه تفکیک شده را نشان می‌دهد که دو جامعه سمت چپ مربوط به جوامع زمینه و دو جامعه سمت راست دو جامعه آنومال را نشان می‌دهد، چونکه دارای ابعاد فرکتالی متفاوتی می‌باشند و توسط دو فرآیند مختلف ایجاد شده‌اند. شکل (۵-۸) نمودار مربوط به داده‌های عناصر نقره و بر می‌باشد. در شکل مربوط به دو عنصر مورد نظر سه جامعه مختلف می‌توان در نظر گرفت که هر کدام نتیجه فرآیندی جداگانه می‌باشد و از طریق نقطه برخورد خطوط برازش شده حد آستانه جوامع مختلف برای همه عناصر تعیین شده است.

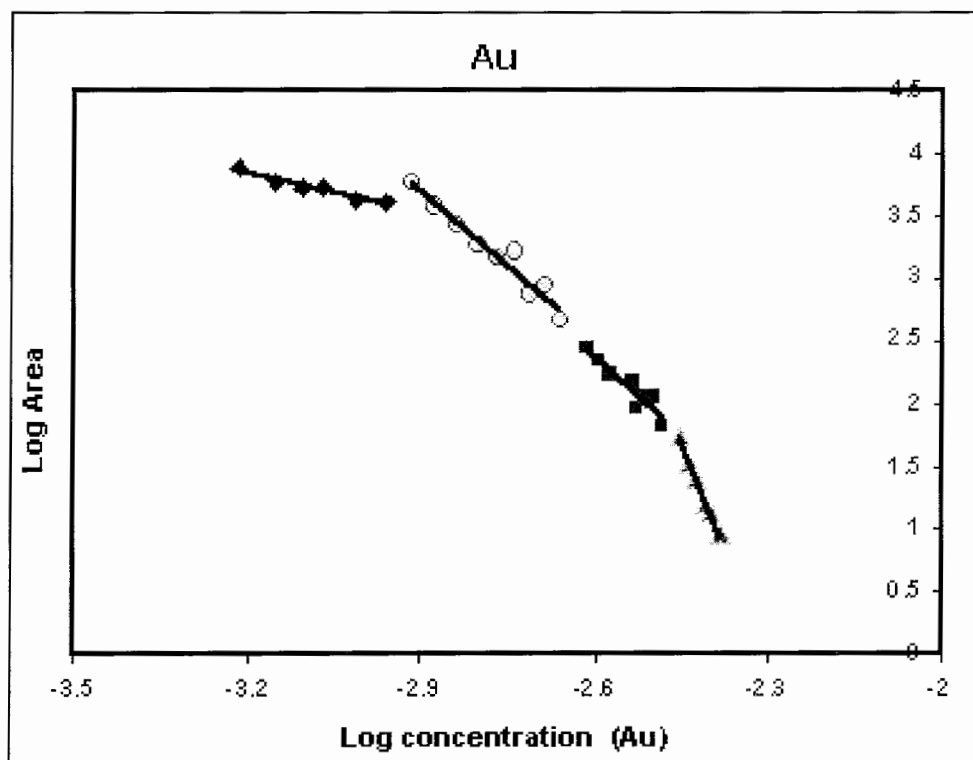
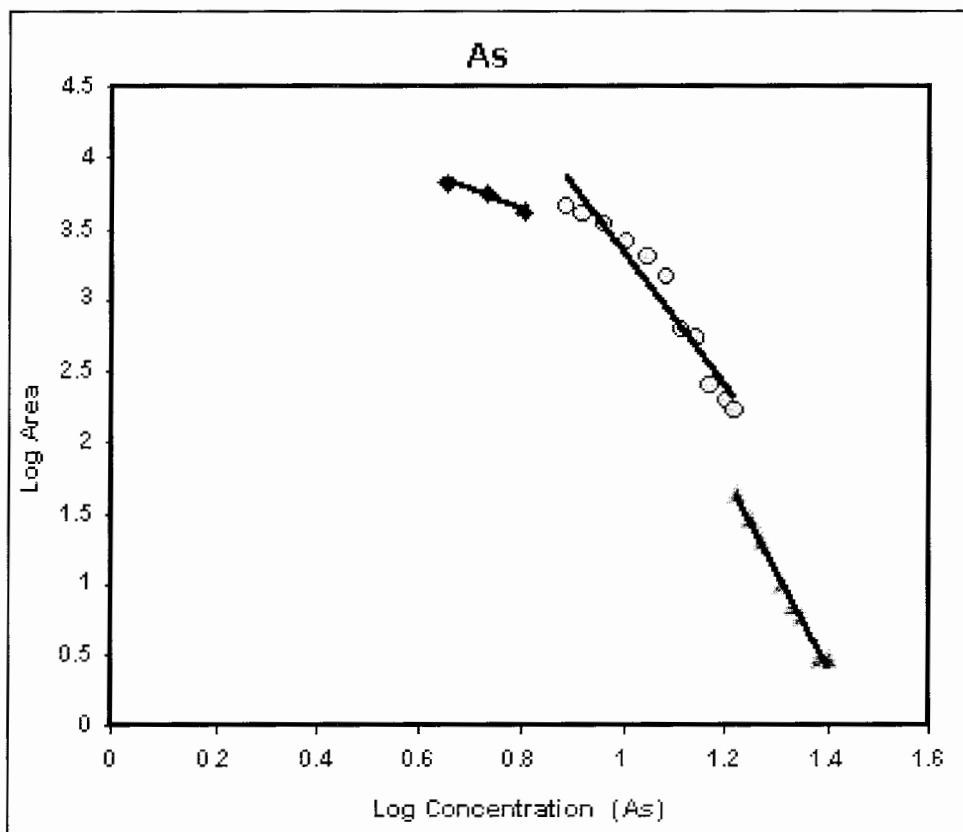
در اشکال (۵-۹)، (۵-۱۰)، (۵-۱۱) و (۵-۱۲) نیز می‌توان تفکیک جوامع مختلف را برای عناصر باریوم، بریلیم، بیسموت، کبالت، کروم، مس، منگنز و جیوه مشاهده نمود. با توجه به محدوده آنومالی‌های به دست آمده از روش‌های آماری و آنالیزهای نمونه‌های موجود در منطقه می‌توان به این نتیجه رسید که مفهوم فرکتال در این منطقه ما را به منبع آنومالی نزدیکتر کرده است و آنومالی دقیق‌تری را نشان داده است.

همچنین می‌توان تفکیک جوامع مختلف را برای عناصر وانادیوم، مولیبدن، سرب، قلع، آنتیموان، نیکل، روی و تیتانیوم در اشکال (۵-۱۳)، (۵-۱۴)، (۵-۱۵) و (۵-۱۶) مشاهده نمود.

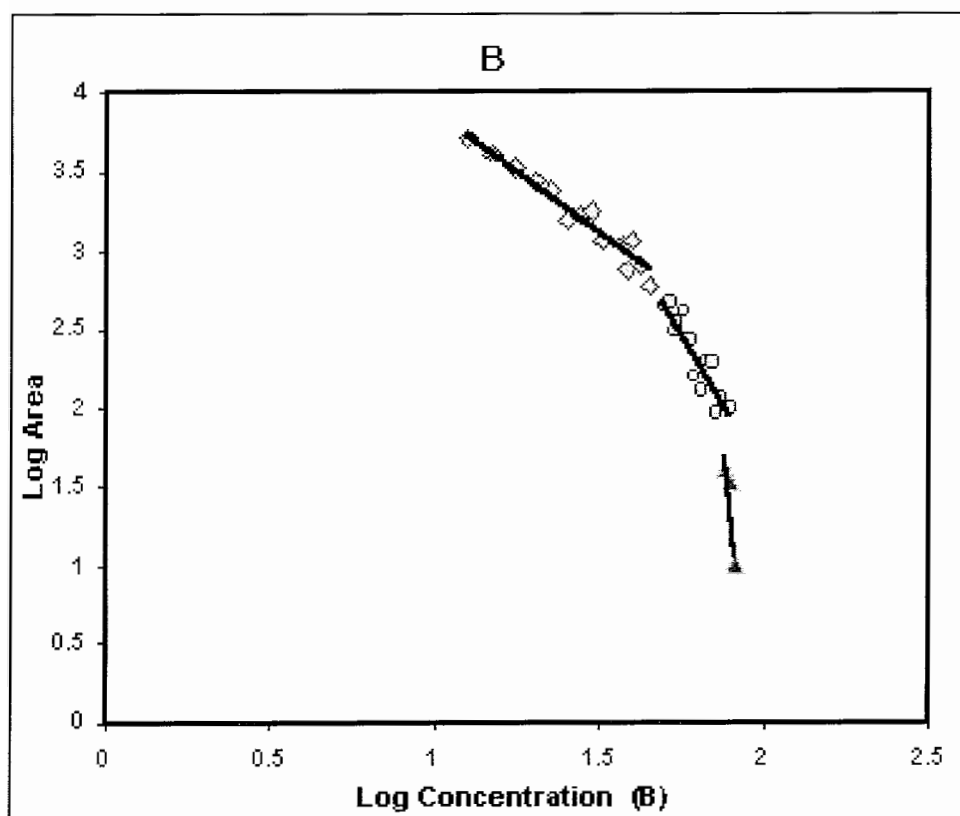
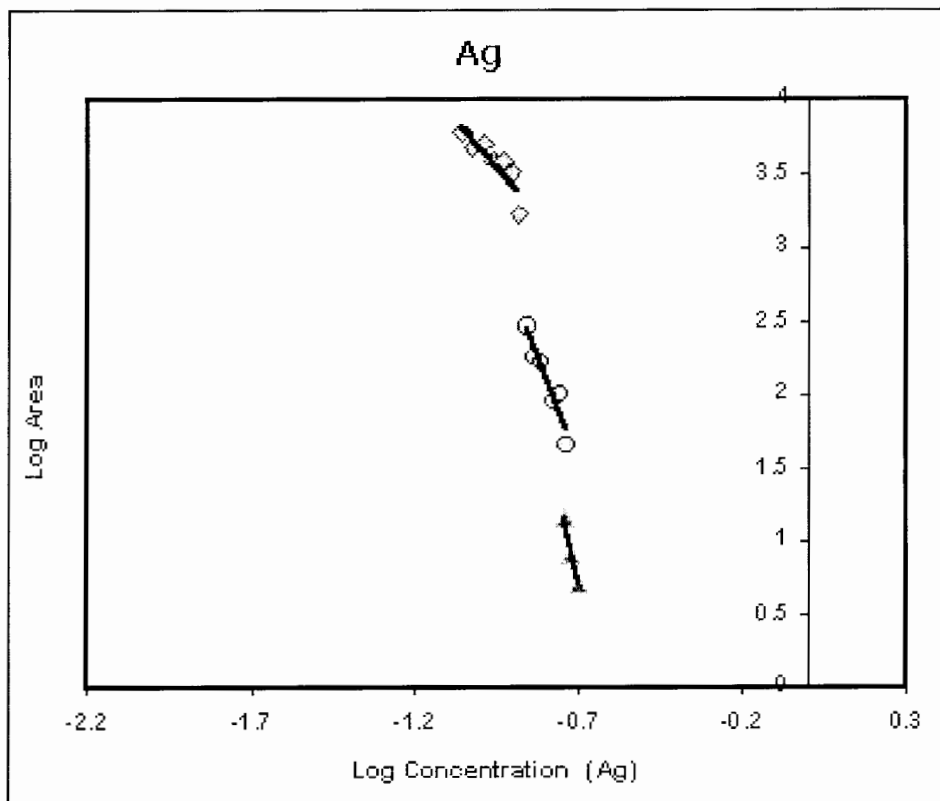
در انتهای این فصل نقشه‌های موقعیت دو بعدی آنومالی‌های احتمالی موجود در برگه سوریان برای غالب عناصر مورد آنالیز، آورده شده است (اشکال (۵-۱۷)، (۵-۱۸)، (۵-۱۹)، ... و (۵-۳۳))، همانگونه که در نقشه‌های فوق‌الذکر مشاهده می‌شود عناصر مختلف دارای توزیع آنومالی احتمالی متفاوتی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان می‌باشند، به عنوان نمونه عنصر آرسنیک در گوشه شمال-شرقی برگه مفروض، مناطق با پتانسیل بالای ژئوشیمیایی را نشان می‌دهد و همچنین در طول و عرض

جغرافیایی محلی تقریبی (۵۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰) محدوده آنومالی احتمالی وسیعی را مشخص می‌سازد با توجه به پاراژنز بودن عناصر آرسنیک، نقره و طلا، در نقشه‌های اشکال (۵-۱۷)، (۵-۱۸) و (۵-۱۹) می‌توان تطابق توزیع آنومالی‌ها را در بیشتر مناطق مشاهده نمود و یا در مورد نقشه عنصر بریلیوم می‌توان امتداد تقریبی شمال غربی- جنوب شرقی را مناطق با احتمال کانی سازی جهت انجام مطالعات بیشتر معرفی نمود شکل (۵-۲۲).

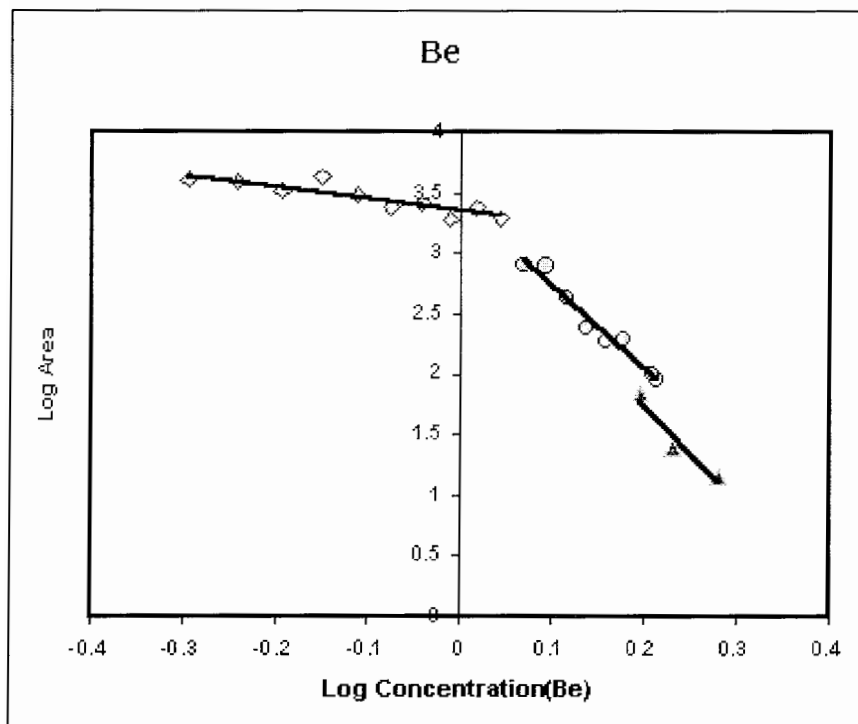
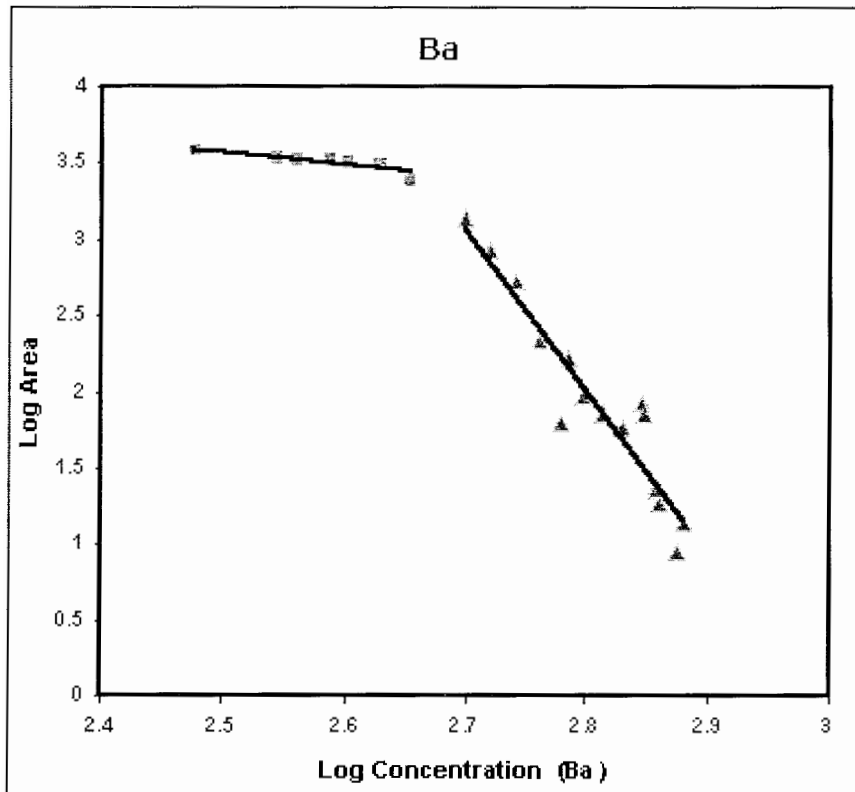
بخش شرقی برگه محدوده های آنومالی احتمالی عنصر مس را نشان می‌دهد شکل (۵-۲۶). با توجه به اینکه در مورد برخی عناصر همانند آنتیموان و قلع و نیز برای تیتانیوم که آنومالی‌های آن بسیار محدود می‌باشد، با روش فرکتال و استفاده از نمودارهای مربوطه جواب مطلوبی حاصل نشد، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً این عناصر دارای آنومالی شاخص در این منطقه نمی‌باشند یا اینکه روش فرکتالی نتوانسته است به درستی توزیع این عناصر را در منطقه توجیه نماید. بنابراین لازم است تا این روش در کنار سایر روش‌ها از قبیل روش روند سطحی که در فصل ششم بدان پرداخته شده است مورد استفاده قرار گیرد.



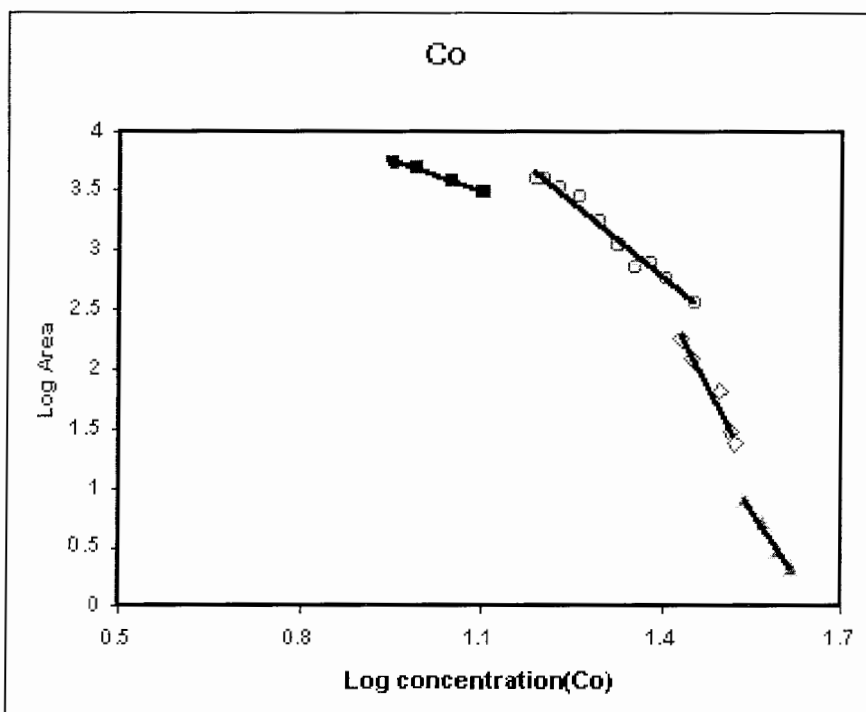
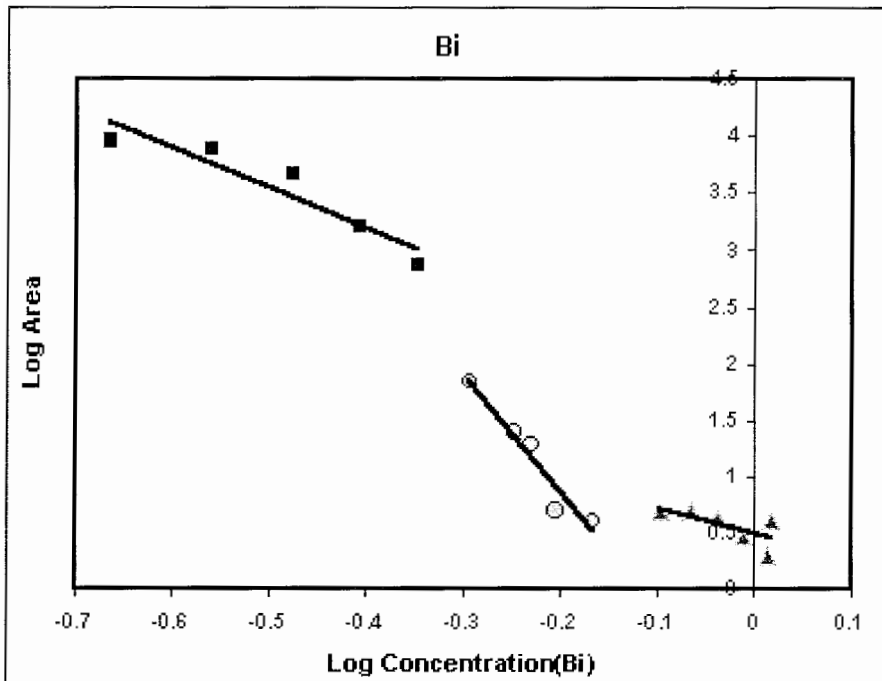
شکل (۵- ۷): نمودار غلظت\_ مساحت داده های خام عناصر آرسنیک و طلا (غلظت بر حسب ppm و سطح نیز بر حسب واحد بیان شده است).



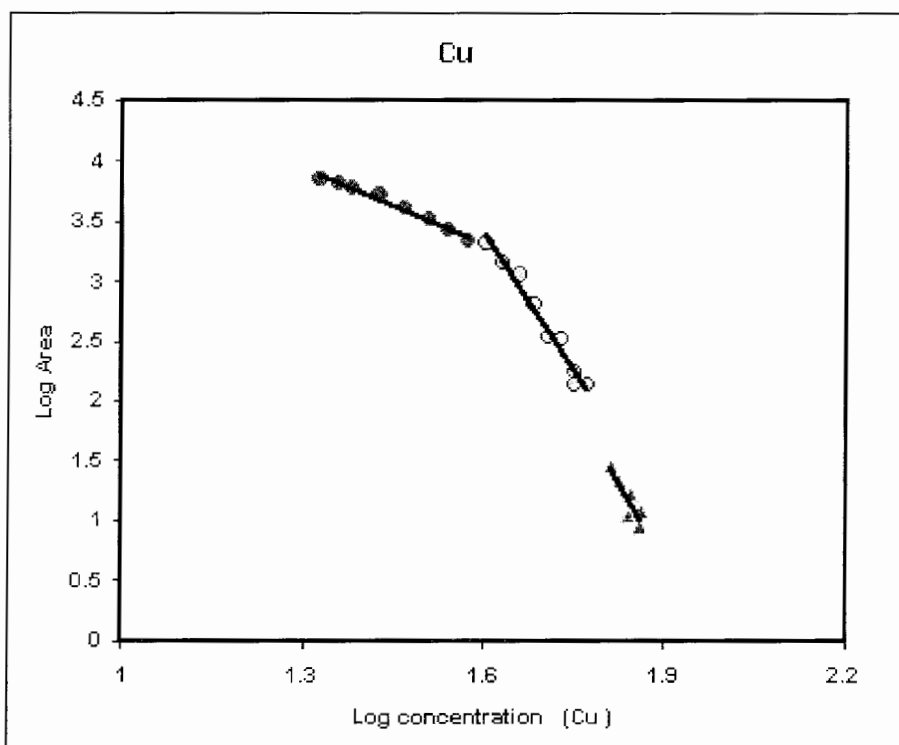
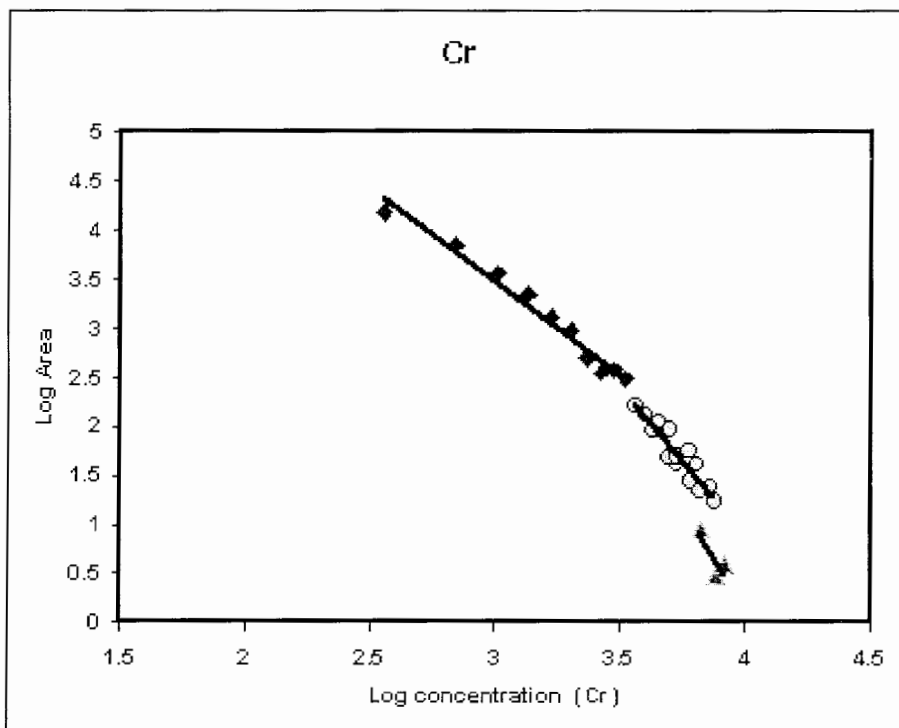
شکل (۵-۸): نمودار غلظت\_ مساحت داده های خام عناصر نقره و بر.



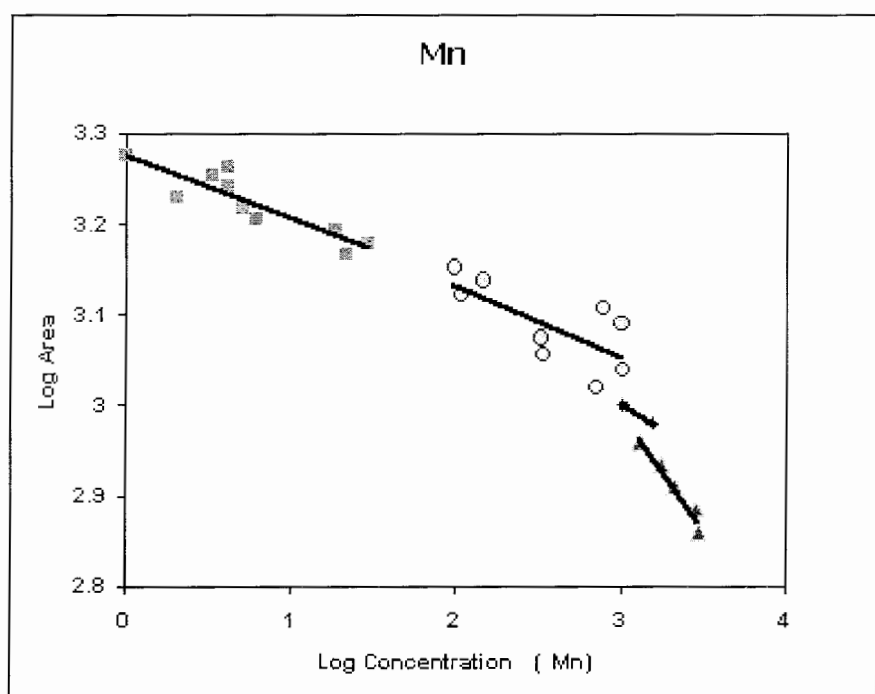
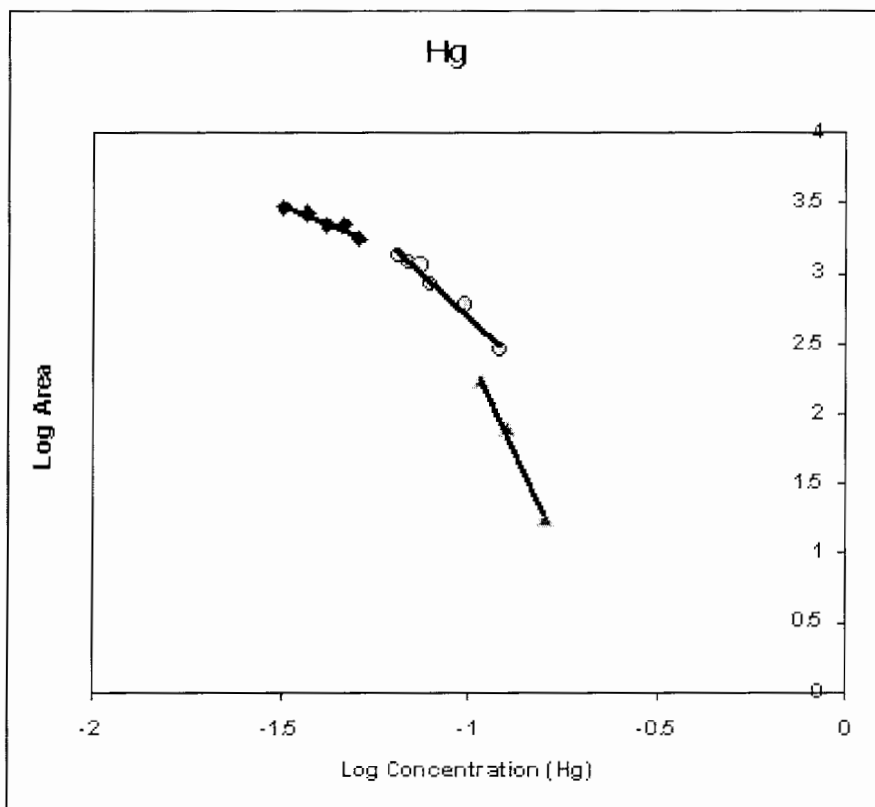
شکل (۵-۹): نمودار غلظت- مساحت داده های خام عناصر باریوم و بریلیوم.



شکل (۵-۱۰): نمودار غلظت - مساحت داده های خام عناصر بیسموت و کبالت.

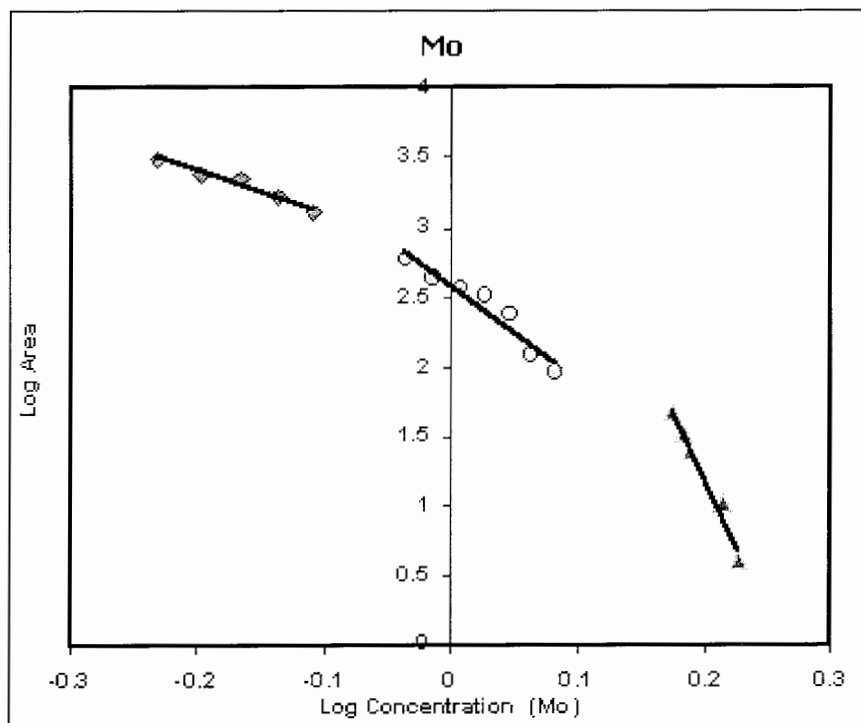
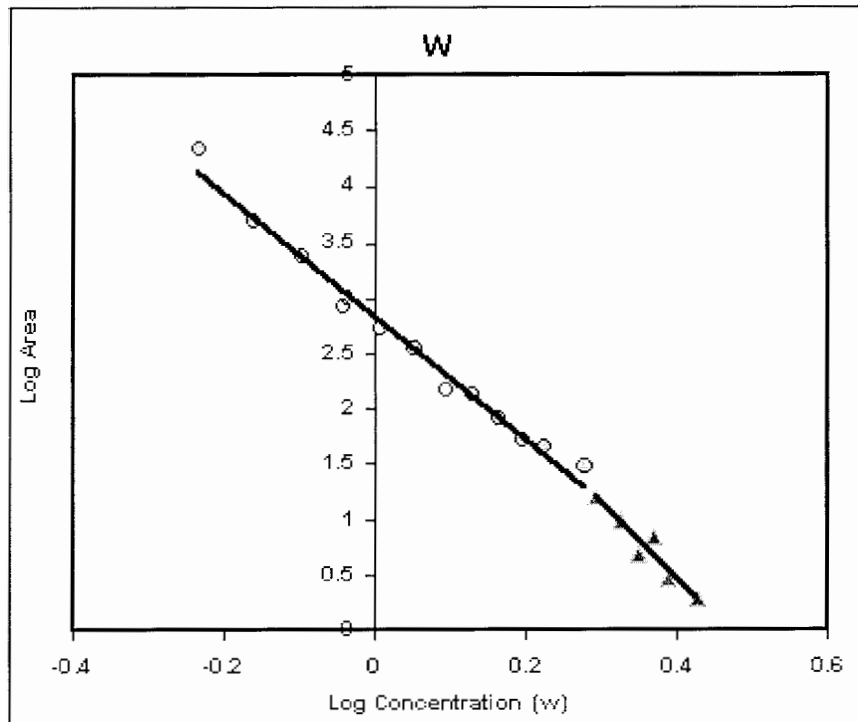


شکل (۵- ۱): نمودار غلظت - مساحت داده های خام عناصر کروم و مس.

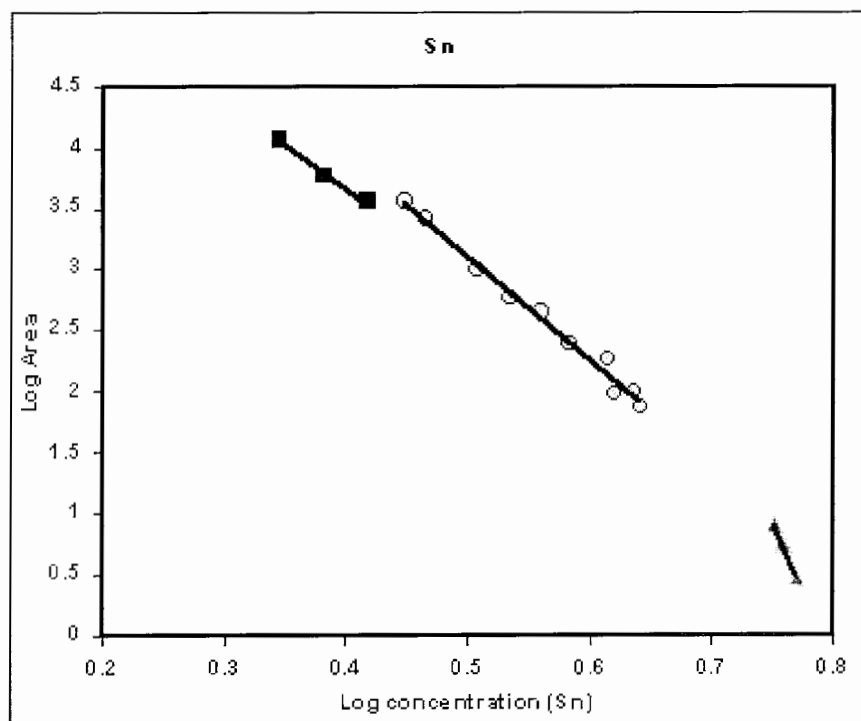
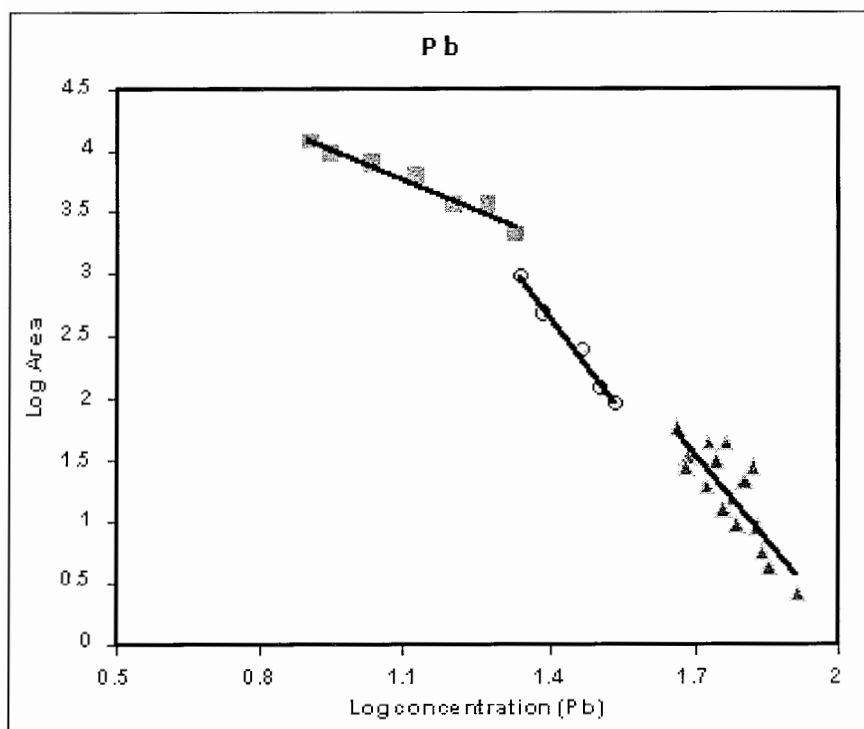


شکل (۵-۱۲): نمودار غلظت - مساحت داده های خام عناصر منگنز و جیوه.

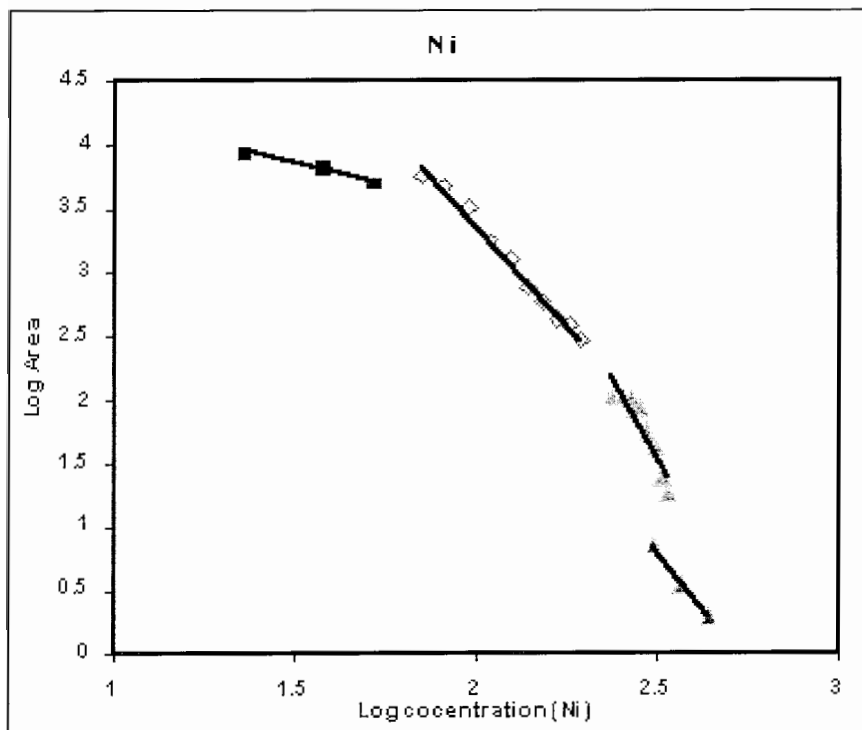
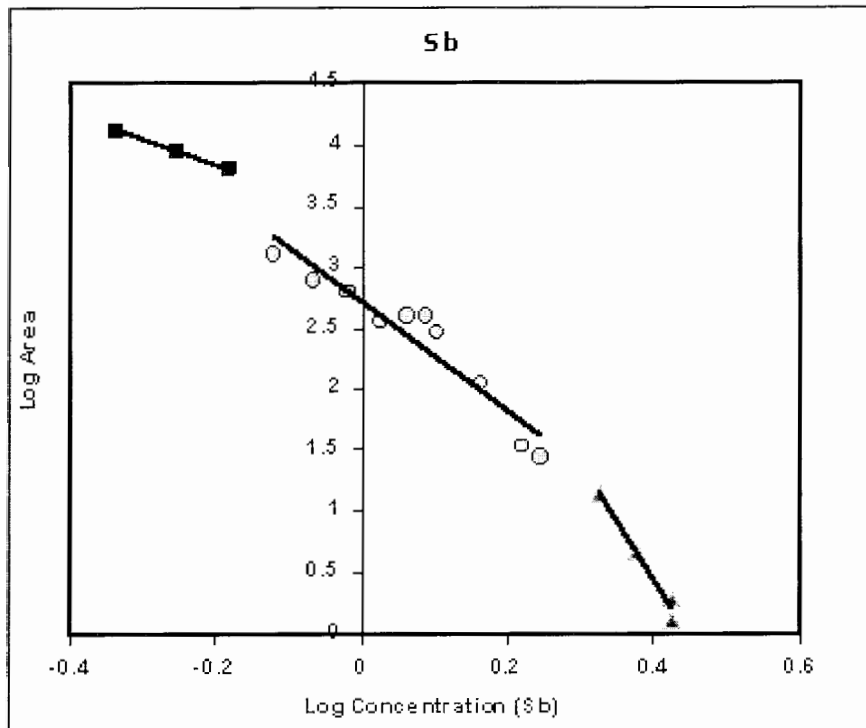




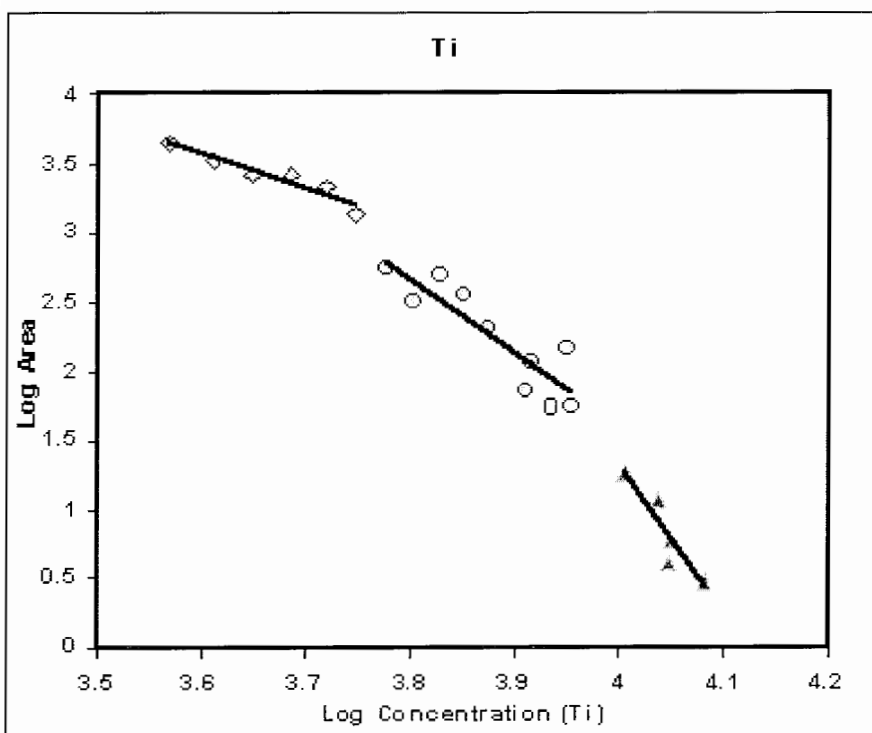
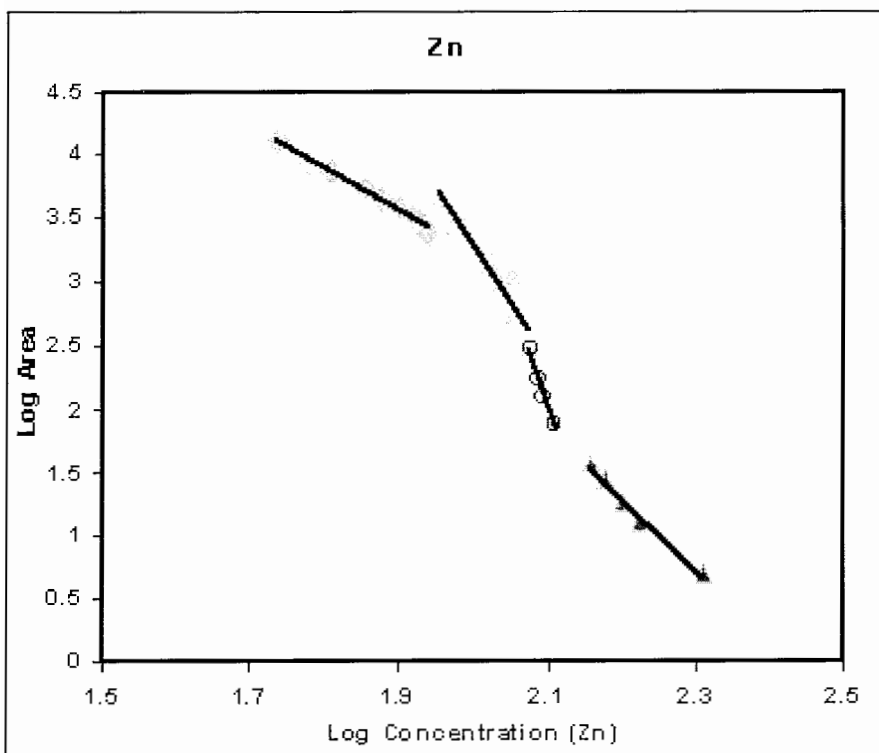
شکل (۵-۱۳): نمودار غلظت - مساحت داده های خام عناصر وانادیوم و مولیبدن.



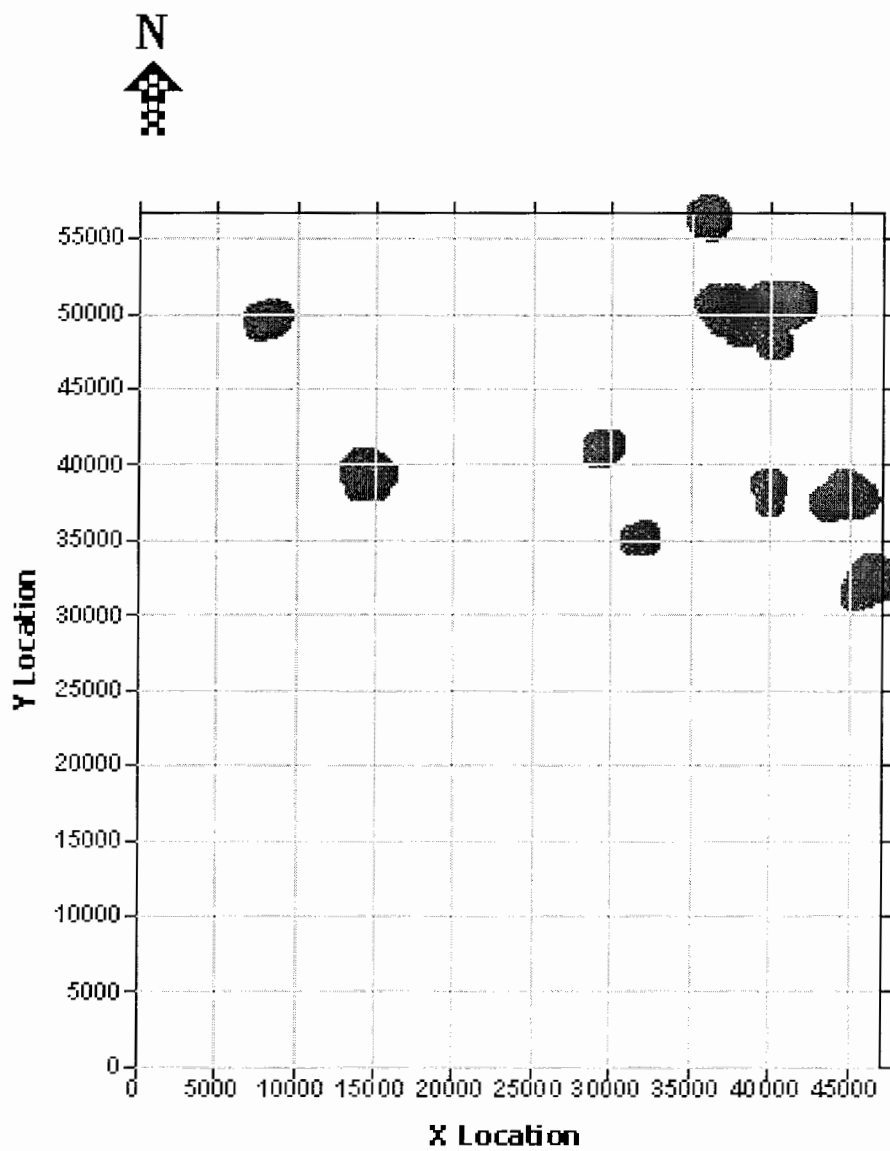
شکل ( ۵- ۱۴): نمودار غلظت- مساحت داده های خام عناصر سرب و قلع.



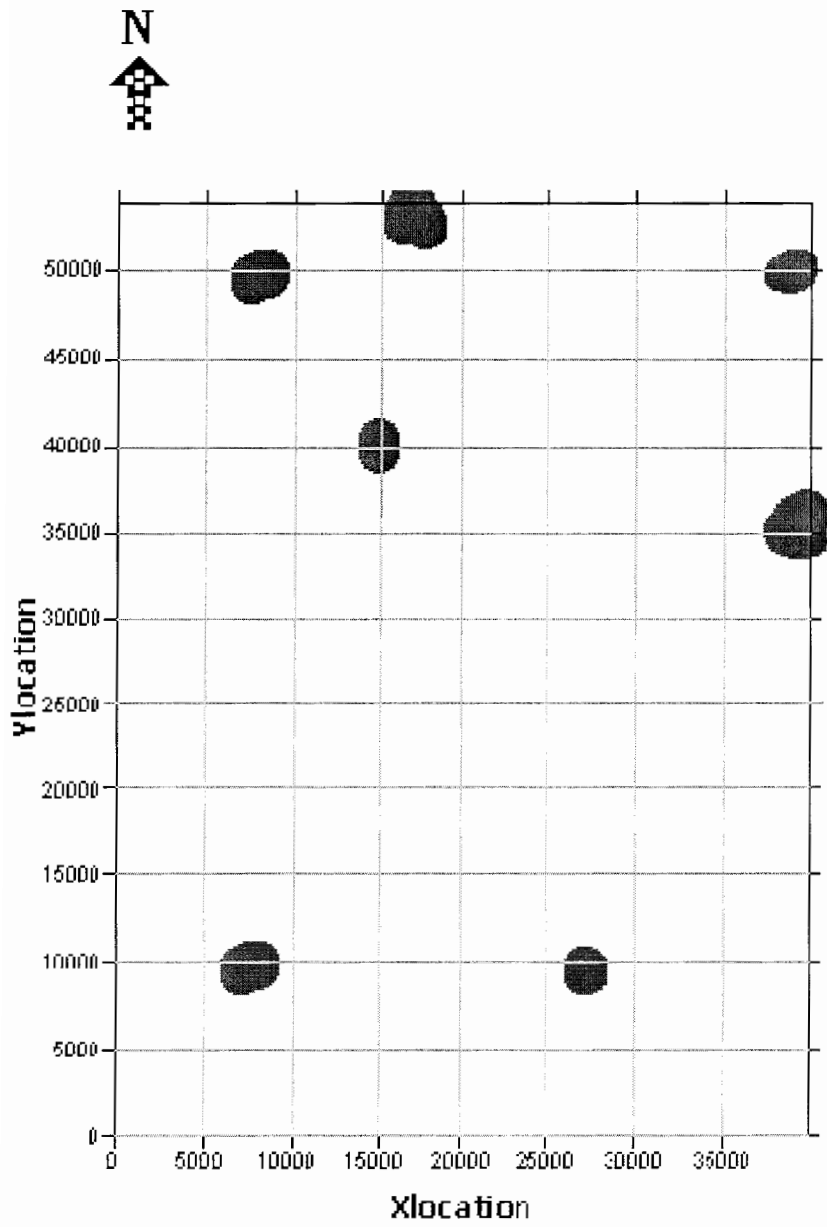
شکل (۵-۱۵): نمودار غلظت - مساحت داده های خام عناصر آنتیموان و نیکل.



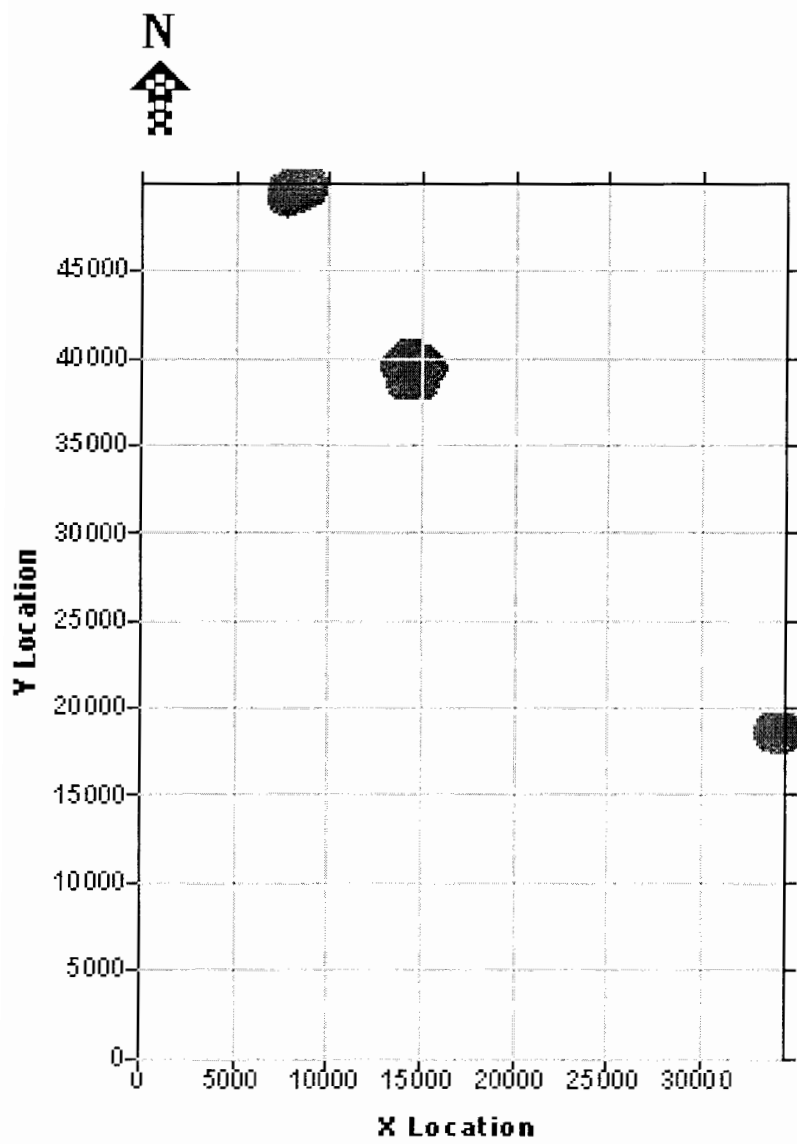
شکل ( ۵- ۱۶): نمودار غلظت - مساحت داده های خام عناصر روی و تیتانیوم.



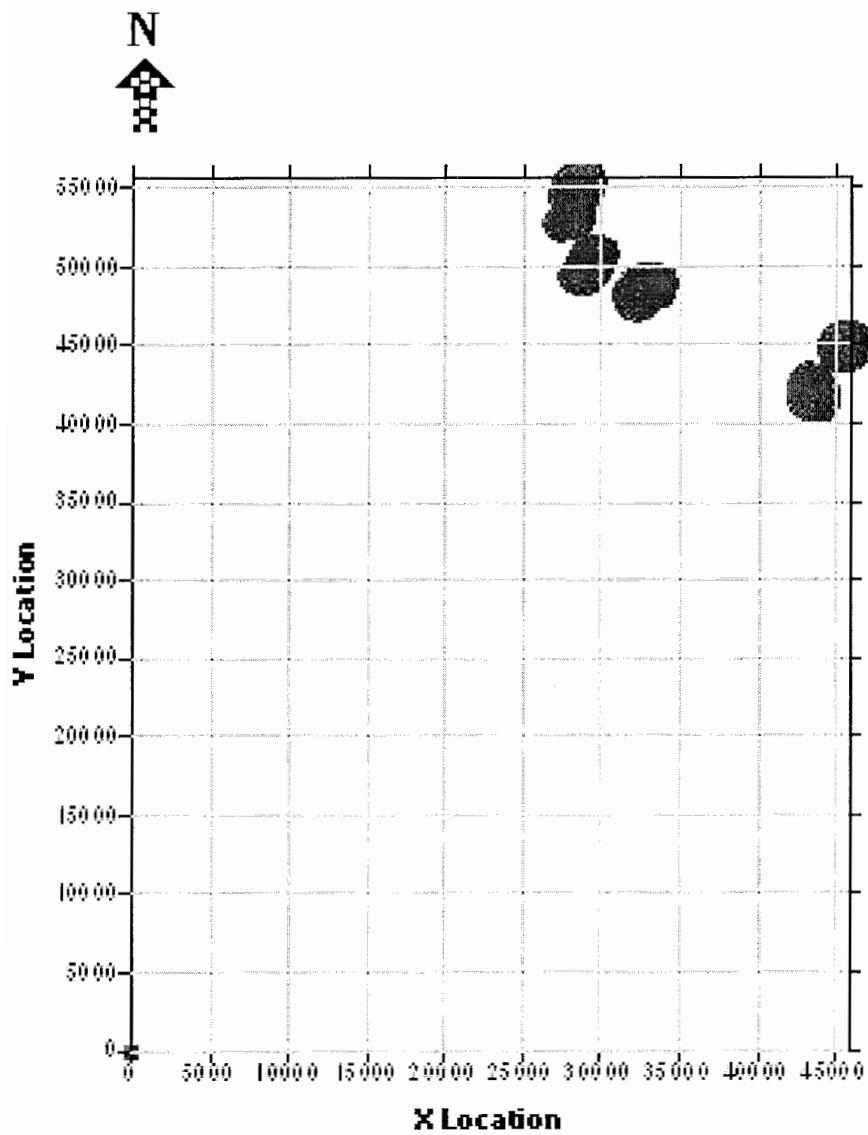
شکل (۵-۱۷): محدوده آنومالی‌های به‌دست آمده عنصر آرسنیک با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان (که در آن X Location همان طول جغرافیایی و Y Location همان عرض جغرافیایی می‌باشند).



شکل (۵-۱۸): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر طلا با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

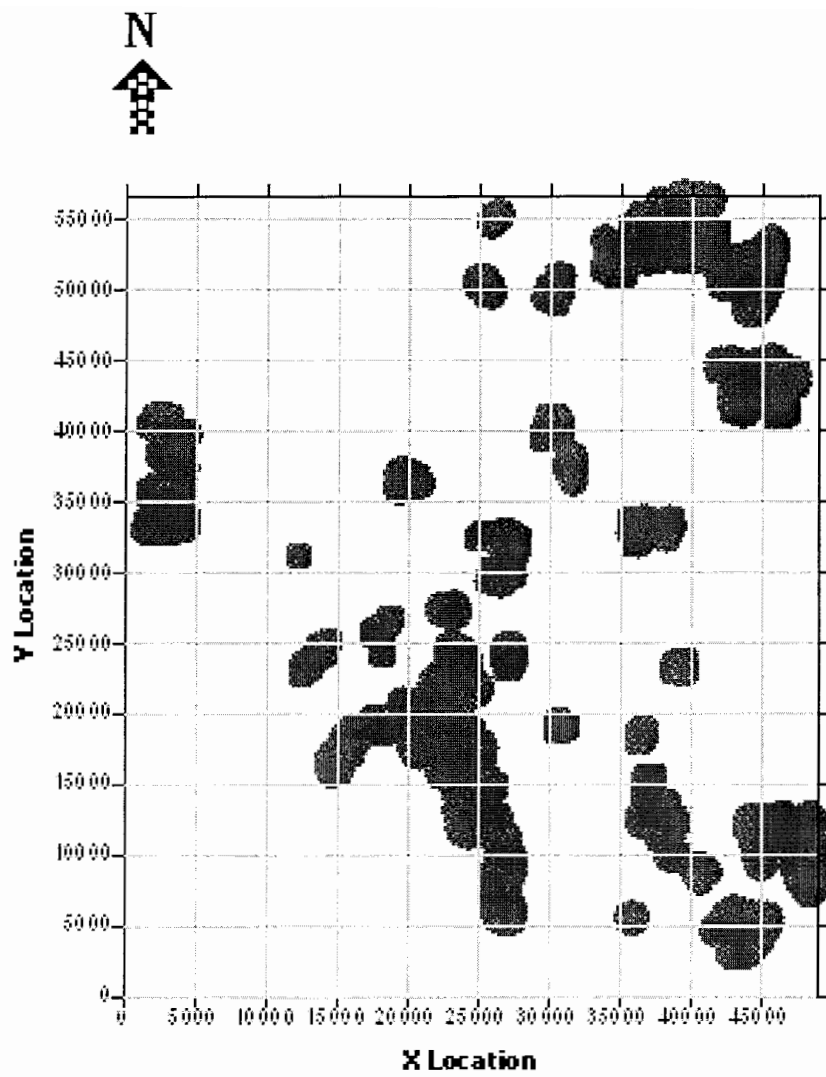


شکل (۵-۱۹): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصرنقره با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.

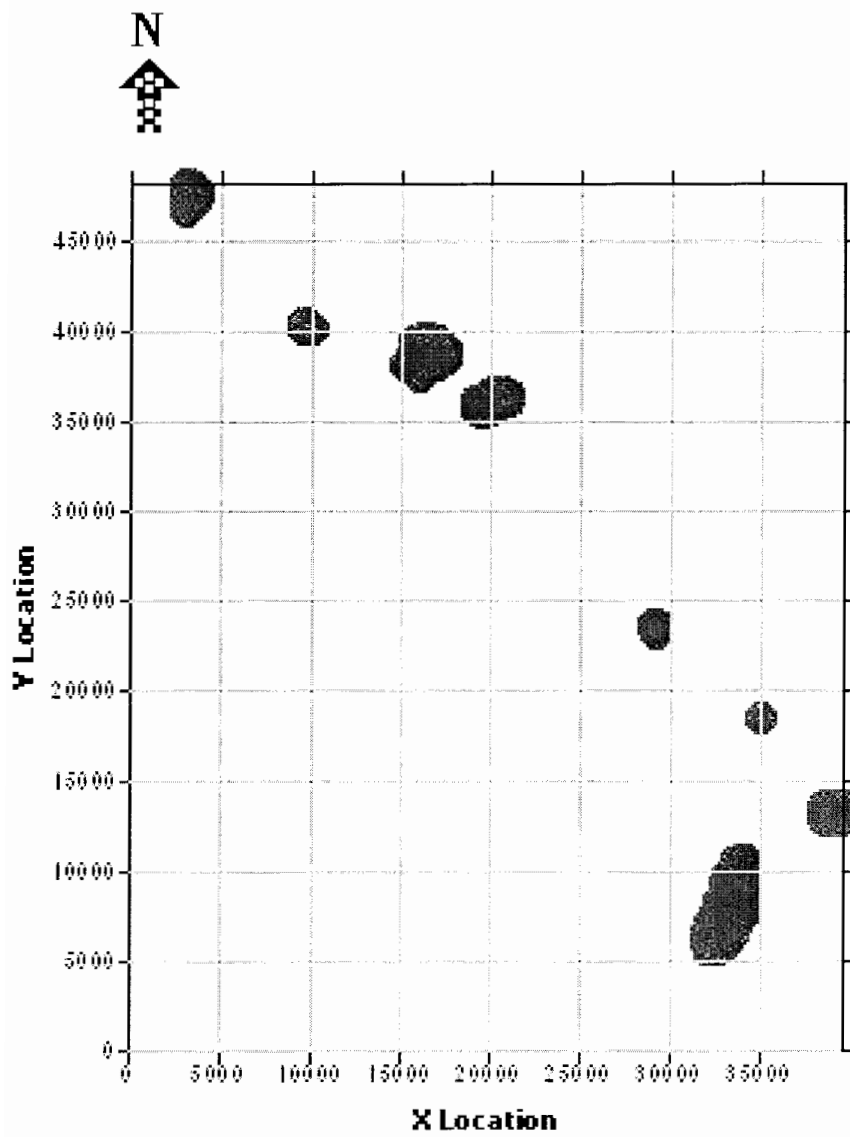


شکل (۵-۲۰): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر بر با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

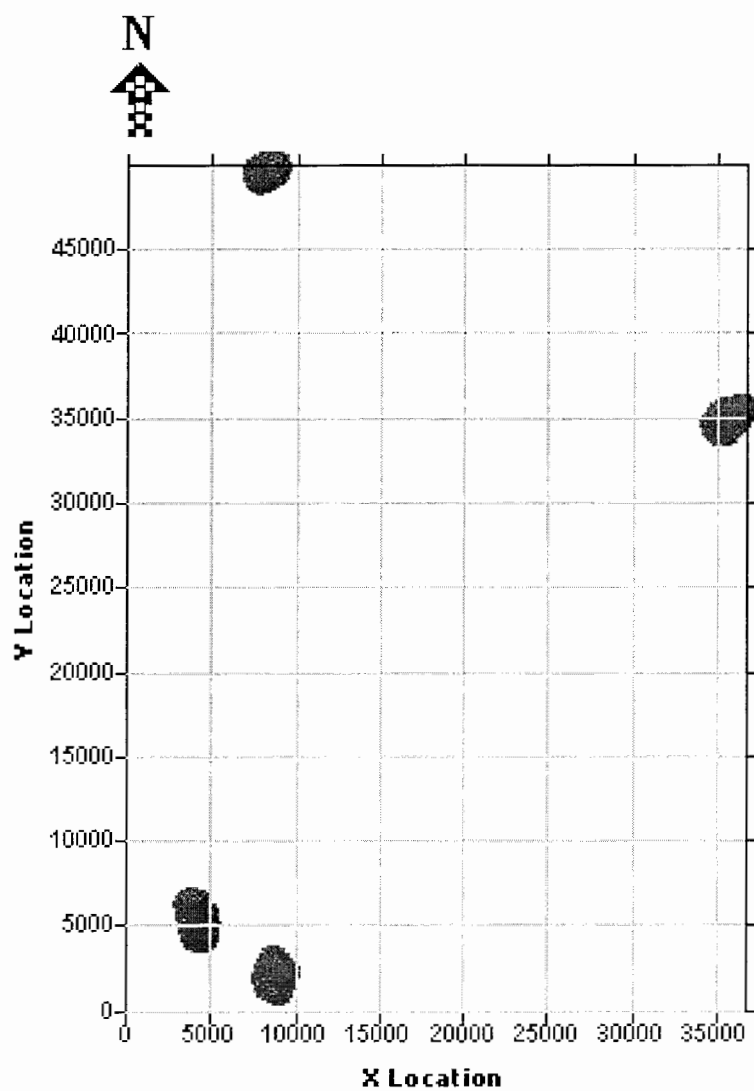




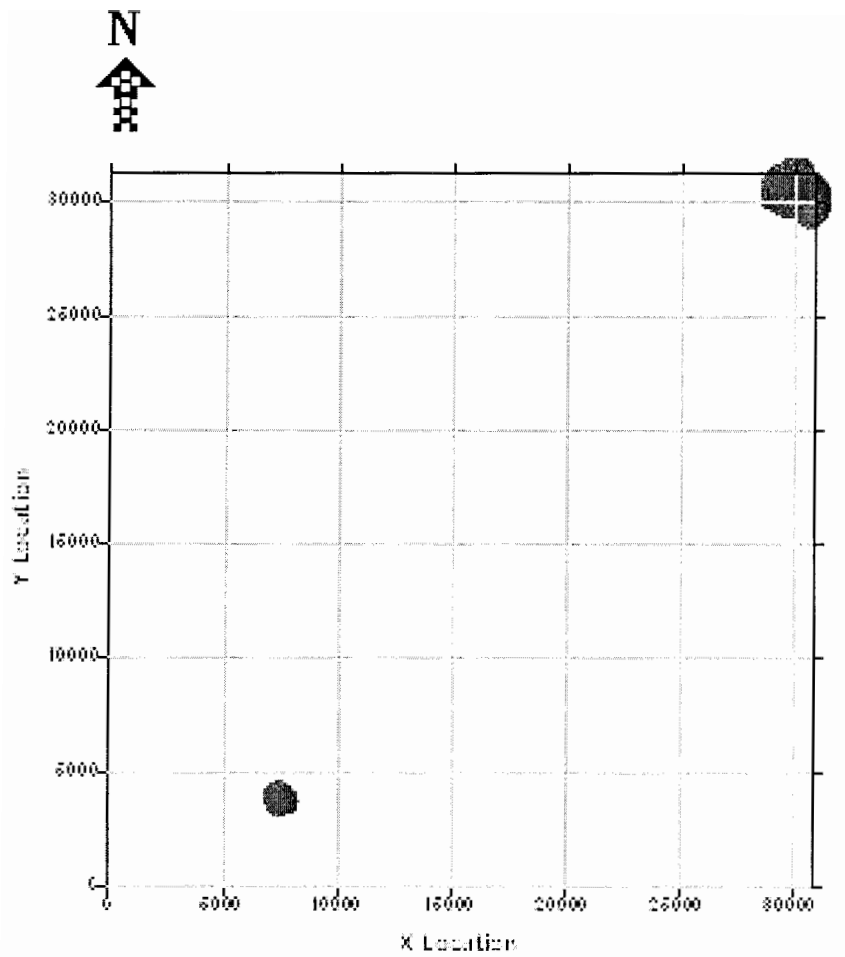
شکل (۵-۲۱): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر باریوم با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



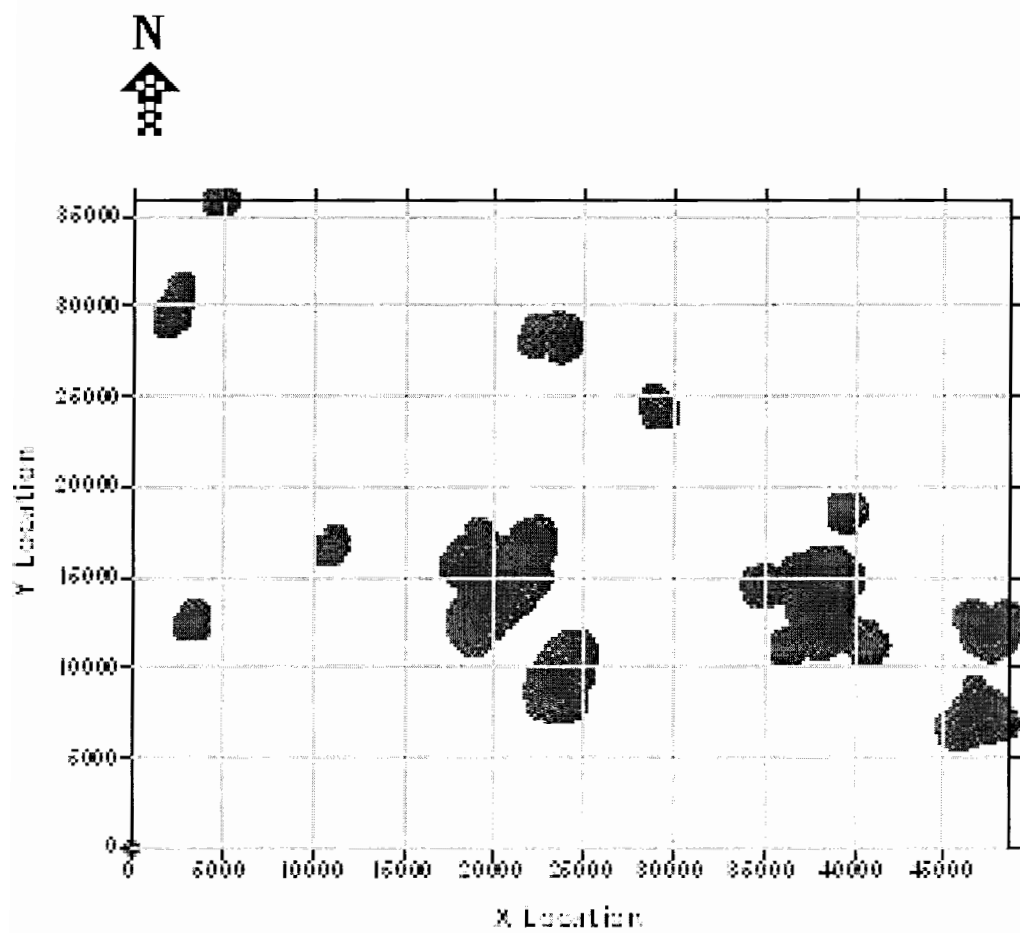
شکل (۵-۲۲): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر بریلیوم با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



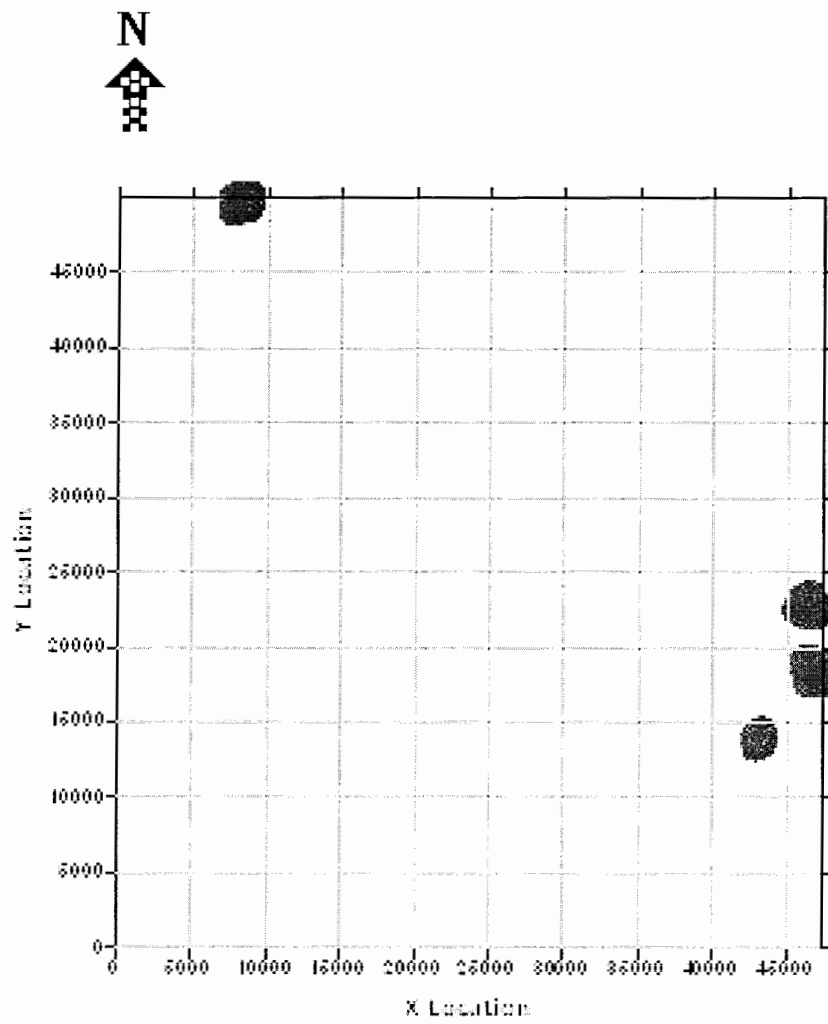
شکل (۵-۲۳): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر بیسموت با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



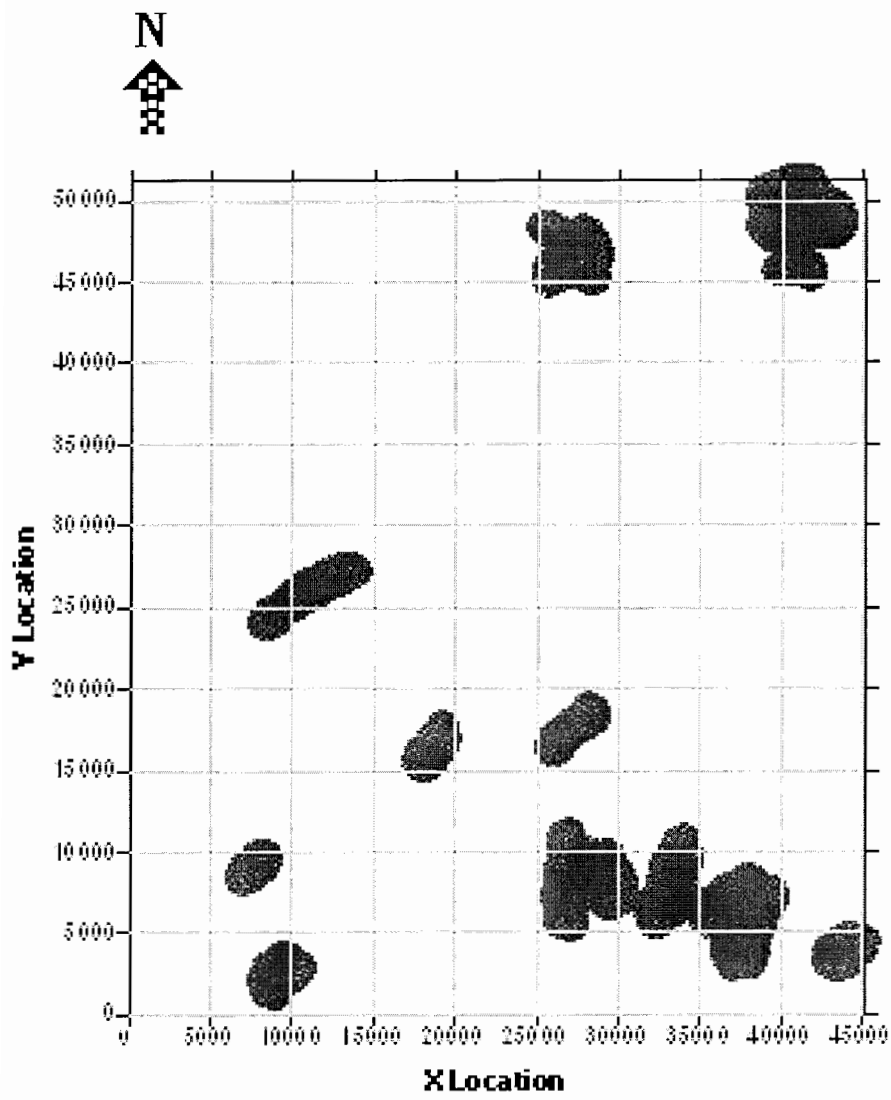
شکل (۵-۲۴): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر کبالت با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



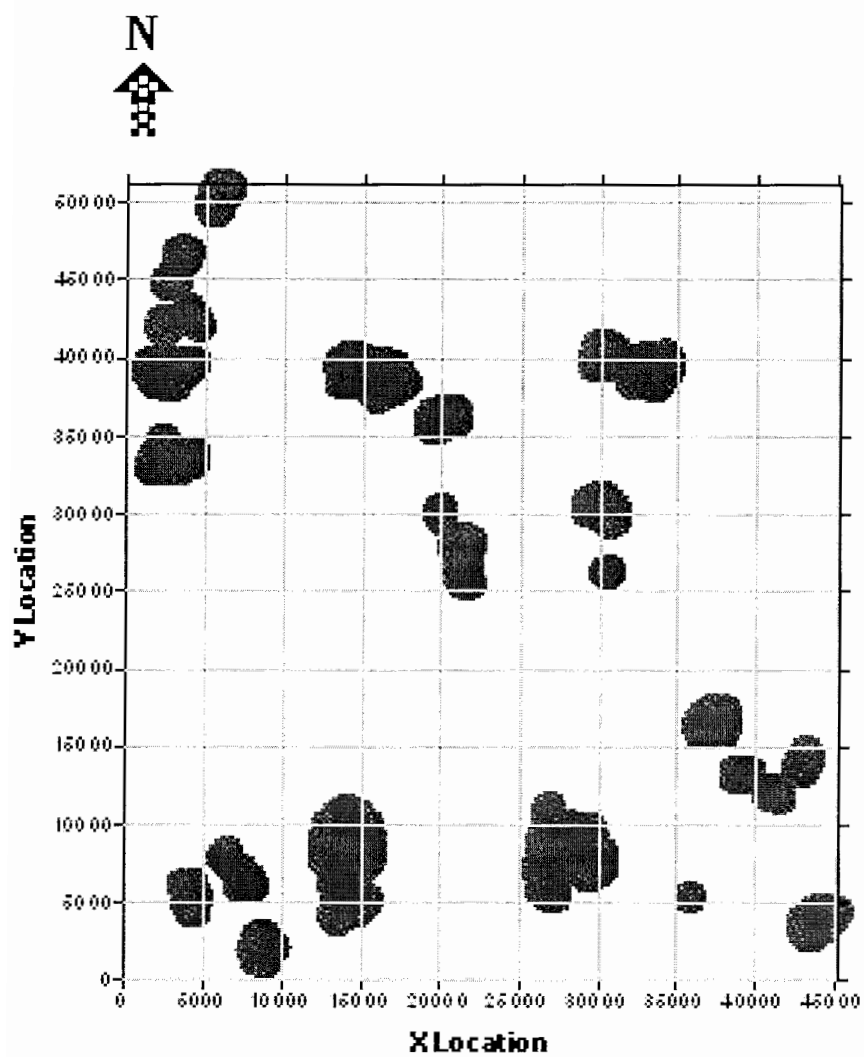
شکل (۵-۲۵): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر کروم با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



شکل (۵-۲۶): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر مس با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سوربان.

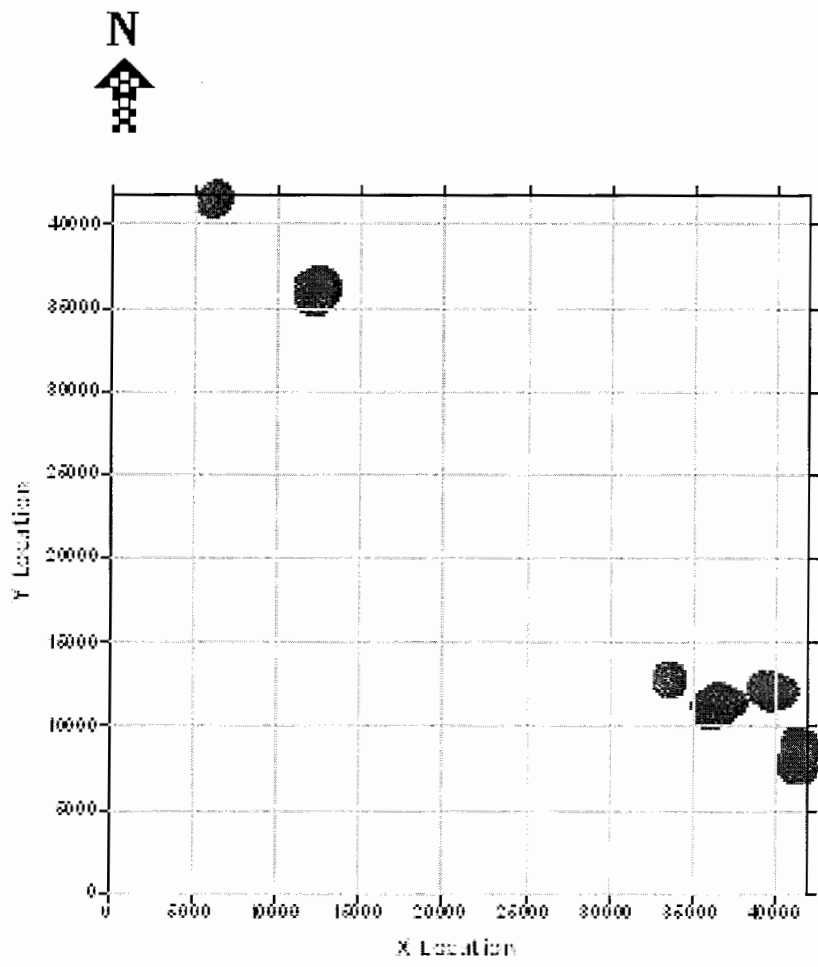


شکل (۵-۲۷): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر جیوه با استفاده از روش فرکتال در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

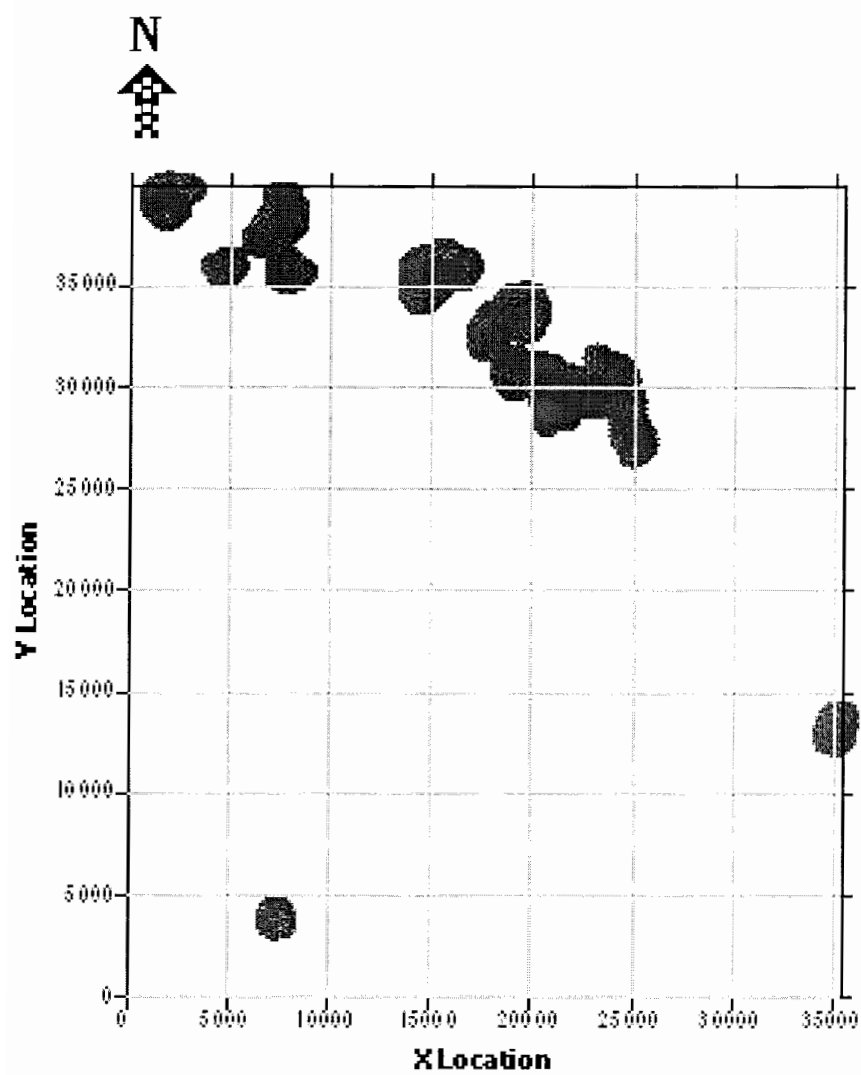


شکل (۵-۲۸): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر منگنز با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.

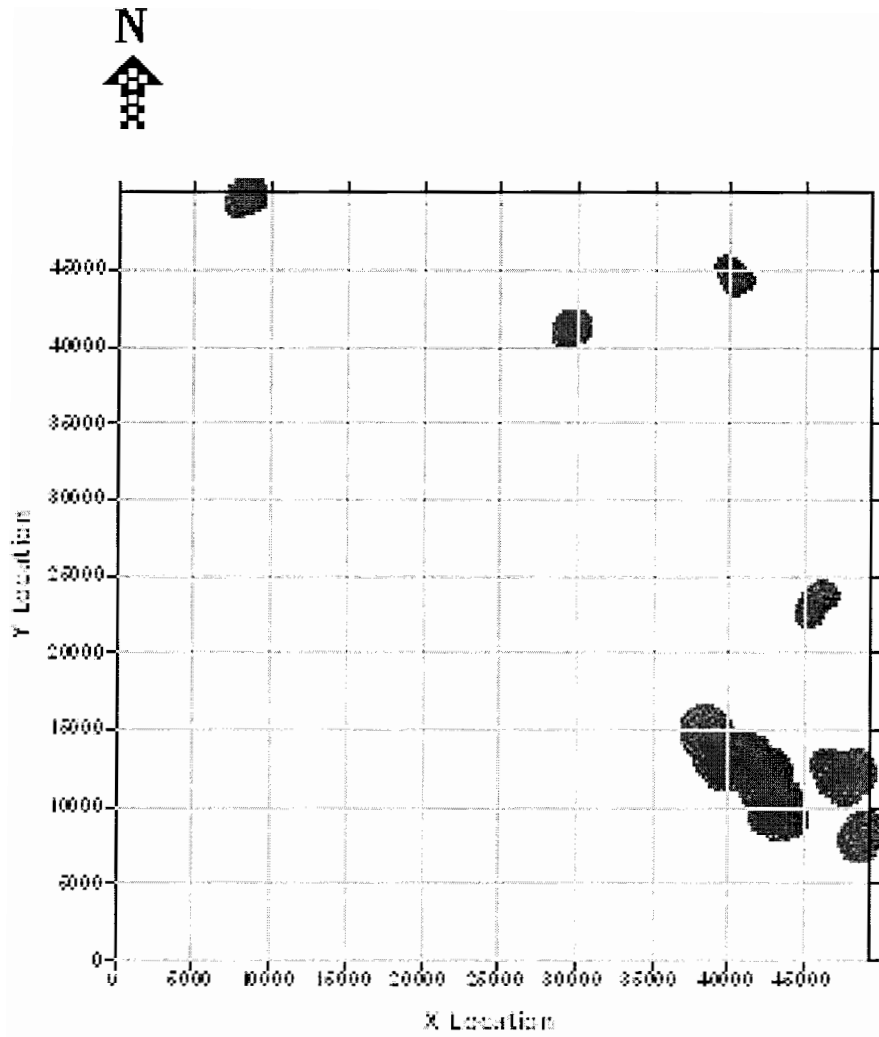




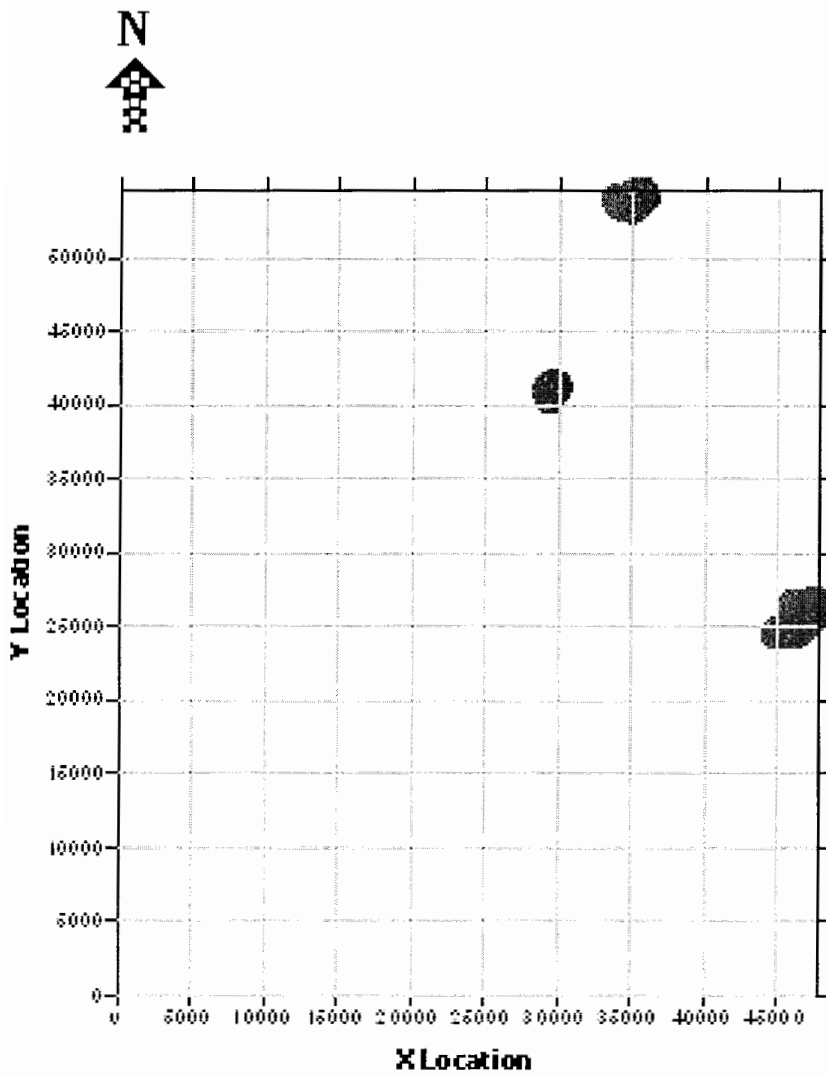
شکل (۵-۲۹): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر مولیبدن با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



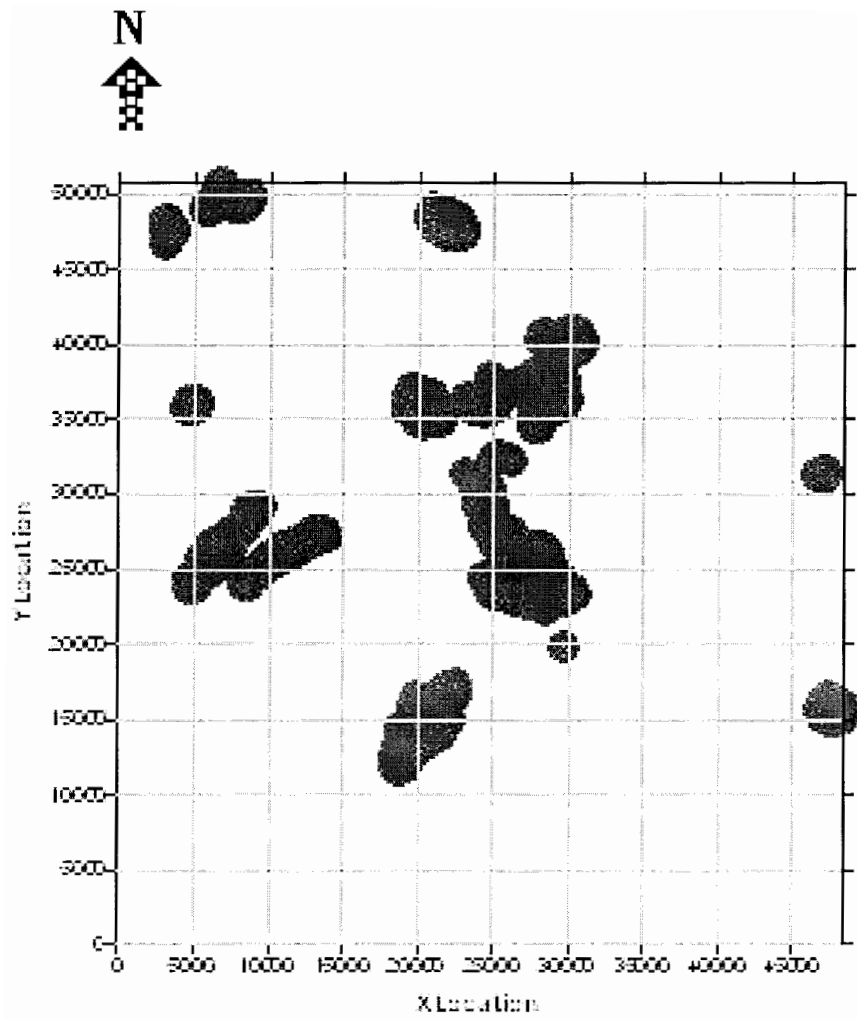
شکل (۵-۳۰): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر نیکل با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



شکل (۳۱-۵): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر سرب با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



شکل (۵-۳۲): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر وانادیوم با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



شکل (۵-۳۳): محدوده آنومالی های به دست آمده عنصر روی با استفاده از روش فرکتال در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.

## فصل ششم

### تحلیل روند سطحی در جداسازی مناطق آنومال ژئوشیمیایی از زمینه

#### ۶-۱- مقدمه

تحلیل روند سطحی، نوع خاصی از رگرسیون چند گانه است که در آن متغیرهای مستقل، همان مختصات نقاط برداشت  $(x,y)$  می‌باشند. در این روش سطح بهینه‌ای را که بتوان به کمک آن مقادیر متغیر  $Z$  را در هر مختصات معلومی مانند  $X_0$  و  $Y_0$  تخمین زد به داده‌ها برازش کرده که بدان سطح، سطح روند گویند. این سطح می‌تواند از لحاظ هندسی به صورت صفحه‌ای مسطح یا سطوح دارای انحنا باشد. در این روش بر داده‌های برداشتی، سطوحی با روندهای مختلف عبور داده می‌شود. این سطح برای داده‌های برداشت شده به عنوان اثر ناحیه‌ای منظور می‌گردد، در صورتیکه این اثر را از داده‌های برداشت شده کم کنیم آنوقت آنومالی باقی مانده حاصل می‌گردد.

شکل (۶-۱) به صورت شماتیک آنومالی‌های حاصل از عبور سطوح با درجات مختلف بر داده‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد (مناطق هاشورخورده)، همانگونه که در این شکل می‌توان مشاهده نمود با افزایش درجه سطح برازش بر داده‌های اندازه‌گیری مقادیر آنومالی‌ها کوچکتر خواهد شد.

$$R_i = G_i - T_i \quad (۶-۱)$$

$$R_{(x,y)} = G_{(x,y)} - T_{(x,y)} \quad (۶-۲)$$

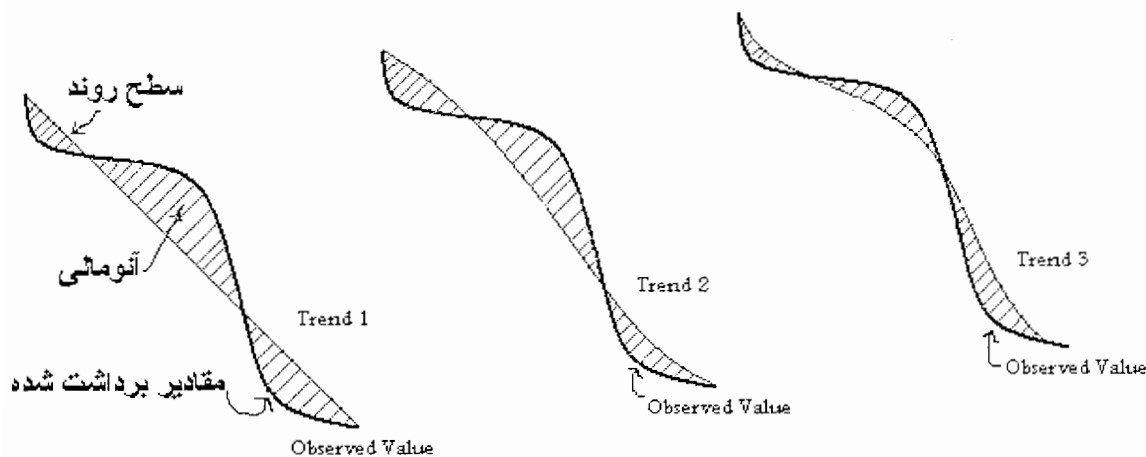
که در آن:

$$R_i = \text{آنومالی باقی مانده}$$

$$G_i = \text{اثر ناحیه‌ای}$$

$$T_i = \text{اثر داده‌های برداشتی}$$

لازم به ذکر است که سطح روند نباید آنقدر انتخاب گردد تا آنومالی‌های باقی مانده به طور کلی حذف شوند و یا اینکه آنقدر پایین در نظر گرفته شود تا اثر آنومالی‌های باقی مانده زیاد گردد و با آنومالی‌های مجاور همپوشانی داشته باشند [ حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰].



شکل (۶-۱): نمایش شماتیک سطوح روند درجه یک، دو و سه [ دولتی ارده‌جانی، ۱۳۷۲].

تکنیک‌های حل معادلات روش روند سطحی متفاوت می‌باشند که از میان آنها می‌توان به روش حداقل مربعات و روش ارتونرمال اشاره نمود. روش روند سطحی با بهره‌گیری از توابع ارتونرمال و تحلیل حداقل مربعات برای تفکیک آنومالی‌های گرانی در مناطق مختلفی از دنیا و ایران به کار گرفته شده است [ اولدهام و ساترلند<sup>۱</sup>، ۱۹۵۵، گرانت<sup>۲</sup>، وان ورتیزو دیویس<sup>۳</sup>، ۱۹۶۴، فاکلیویچ<sup>۴</sup>، ۱۹۵۹، انس و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۶۷، عبدالرحمن و همکاران<sup>۶</sup>، ۱۹۸۵، سارما و اسلواراج<sup>۷</sup>، ۱۹۹۰، دولتی ارده‌جانی، ۱۳۷۲]. این روش برای جداسازی داده‌های ژئوشیمیایی نیز مورد استفاده قرار گرفته است [ یوچانگ و همکاران<sup>۸</sup>، ۱۹۸۰، طهمورثی، ۱۳۸۰]. در این تحقیق از هر دو روش برای تهیه نقشه آنومالی عناصر مختلف استفاده شده است، که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

۱ -Oldham and Sutherland

۲ -Grant

۳ -Van Voorhis and Davis

۴ -Fujklewicz

۵ -Coons et al

۶ -Abdelrahman et al

۷ -Sarma and Selvaraj

۸ -Yu chung et al

## ۶-۲- تحلیل روند سطحی

همانگونه که می‌دانید معادله سطح روند ترکیبی خطی از چند جمله‌ای توانی است و معمولاً درجه سطح روند متناظر با بزرگترین درجه چند جمله‌ای آن می‌باشد، بنابراین معادله درجه اول، سطح روند خطی و معادله درجه دوم، سطح روند درجه دوم تشکیل می‌دهد. جدول (۶-۱) سطوح روند را تا درجه ۴ نشان می‌دهد.

همانگونه که مشاهده می‌شود، معادله درجه  $k$  آ  $k+1$  تعداد جمله به معادله درجه  $k-1$  آ اضافه می‌کند. بنابراین تعداد جملات به صورت ۲، ۵، ۹، ۱۴، ... افزایش می‌یابند و در حالت کلی تعداد جملات معادلات درجه  $k$  آ برابر  $(K^2 + 3K)/2$  است.

جدول (۶-۱): جملات روند برای درجات مختلف [حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰].

| جملات   | درجه<br>روند |
|---|--------------|
| $x \ y$   | ۱            |
| $x \ y \ x^2 \ y^2 \ xy$  | ۲            |
| $x \ y \ x^2 \ y^2 \ xy \ x^3 \ y^3 \ x^2y \ xy^2$                                    | ۳            |
| $x \ y \ x^2 \ y^2 \ xy \ x^3 \ y^3 \ x^2y \ xy^2 \ x^4 \ y^4 \ x^3y \ xy^3 \ x^2y^2$ | ۴            |

در مدل‌های خطی، نقاطی دارای حداکثر و حداقل مقدار منطبق بر لبه‌های نقشه می‌باشند. زیرا سطح به صورت خطی از یک سمت نقشه شروع و به طرف دیگر با شیب ثابتی، خاتمه می‌یابد. معمولاً مدل درجه یک، روند تغییرات ناحیه‌ای را نشان می‌دهد. در این حال باید مدل برازش شده به داده‌ها از نظر آماری معتبر باشد. نقاط دارای مقادیر حداکثر در مدل‌های درجه دوم داخل نقشه قرار



می‌گیرند. از این رو مدل‌های درجه دوم برای برداشت‌هایی که در آنها نقاط دارای مقادیر حداکثر (مانند آنومالی) در محدوده نقشه وجود دارند مناسب می‌باشد.

با توجه به مطالب گفته شده معادله سطح روند درجه یک به صورت زیر بیان می‌شود [حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰]:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \varepsilon \quad (3-6)$$

که در آن  $\varepsilon$  خطای برازش سطح روند به داده‌ها می‌باشد. سطح روند درجه دو نیز به صورت زیر بیان می‌شود [حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰]:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 X^2 + \beta_4 Y^2 + \beta_5 XY + \varepsilon \quad (4-6)$$

از نظر ساختاری سطوح روند درجه دوم فضا را به بخش‌های برآمده و فرو رفته تقسیم می‌کنند، سطوح با درجه بیشتر از دو، در معرفی ناهمواری‌های قویتر انعطاف پذیری بیشتری دارد. به طور کلی هرچه درجه سطوح روند بالاتر رود، انعطاف پذیری آن در برازش به داده‌ها بیشتر و محدودیت آن کمتر می‌شود.

ضرایب معادلات فوق در روش حداقل مربعات به روش رگرسیون چندگانه محاسبه می‌گردد. بدین صورت که هر کدام از جملات موجود در چند جمله‌ای نقش یک متغیر را در رگرسیون چندگانه بازی می‌کند. به عنوان مثال برای مدل درجه دوم می‌توان متغیرها را به صورت زیر در نظر گرفت:

$$X_1=X, X_2=Y, X_3=X^2, X_4=XY, X_5=Y^2$$

مابقی مراحل محاسبه ضرایب و حل دستگاه معادلات آن مانند روش رگرسیون چندگانه می‌باشد.

به طور کلی مدل‌های فوق در دو مورد قابل استفاده می‌باشند:

مورد اول، مدل خاصی که به داده‌ها برازش خوبی نشان می‌دهد وجود داشته و تنها مساله باقی مانده این می‌باشد که بر اساس تعدادی داده معلوم، پارامترهای مجهول مدل مورد نظر را تخمین زده و سپس از مدل حاصل در تخمین مقادیر، در مختصات مطلوب استفاده گردد.

در مورد دوم برخلاف حالت اول مدلی که بر داده‌ها برازش خوبی داشته باشد وجود نداشته، ولی در عوض تعداد بسیار زیادی داده در دسترس می‌باشند. بنابراین هم یافتن مدل مناسب و هم تعیین ضرایب آن مطلوب می‌باشد. در صورتیکه  $n$  مشاهده در دسترس باشد و هیچ دو مقداری از  $Z$  دارای  $X$  و  $Y$  های برابر نباشد، یک مدل چند جمله‌ای با تعداد جملات  $n-1$  از تمام نقاط مورد نظر عبور خواهد نمود. در اکثر موارد در تحلیل سطوح روند، برازش یک چند جمله‌ای (از کمترین درجه ممکن) که به اندازه کافی معرف روند تغییر پذیری داده‌ها باشد، مورد نظر می‌باشد.

نکته دیگری که در مورد سطوح روند وجود دارد این است که مقادیر چند جمله‌ای با افزایش قدرمطلق مقادیر  $X$  و  $Y$  بسیار بزرگ، مثبت یا منفی خواهند شد. از این رو مدل مورد نظر در دامنه محدودی از مقادیر  $X$  و  $Y$  (در محدوده نقشه) می‌تواند معرف روند داده‌ها باشد. در خارج از محدوده نقشه (که عمل برونیابی صورت می‌گیرد) اعتبار بسیار کمتری دارد.

برخی نکات و الزامات مهم در مورد روند سطح به قرار زیر بیان می‌گردد:

۱- تمامی محدودیت‌ها و شرایطی که برای رگرسیون چندگانه وجود دارد در مورد تحلیل سطح روند نیز به کار می‌آید.

۲- سطح روند، روند کلی تغییرات را منعکس می‌کند.

۳- در صورتیکه معنی دار بودن برازش سطح روند درجه یک به داده‌ها رد شود نمی‌توان معنی دار بودن سطح روند درجات بالاتر را رد نمود. ولی در صورتیکه برازش سطح روند درجه یک به داده‌ها معنی دار باشد، برازش سطح روند درجه دو و بیشتر نیز معنی‌دار خواهد بود. زیرا تمامی درجات بالاتر شامل سطح روند درجه یک نیز می‌باشند. در این حالت می‌بایست معنی دار بودن برازش به عنوان تابعی از افزایش درجات مورد بررسی قرار گیرد.

۴- در اکثر موارد سطوح روند از درجات بالا، گرادیان شدیدتری تولید می‌کند، این امر به‌خصوص در گوشه و کناره‌های نقشه و گاهی ما بین نقاط داده بیشتر دیده می‌شود و به روند کلی تغییرات ارتباطی ندارد. این خصوصیت به اثر حاشیه‌ای معروف است که در اغلب روش‌های

تخمین با آن مواجه هستیم. وجود این اثر موجب می‌شود تا روندهای محلی بدون هیچ کنترلی برون‌یابی شوند.

۵- معمولاً از سطوح روند با درجات بالا کمتر استفاده می‌شود، چونکه چنین سطوحی برای انعکاس روابط علی و معلولی حاکم بر فرآیندهای کانی‌سازی مناسب نمی‌باشند و با آنها سازگاری ندارد.

### ۶-۳- بازمانده‌های روند سطحی

اختلاف ما بین مقدار سطح روند برازش شده در هر نقطه کنترلی (نقاطی که داده‌ها از آن محل برداشت شده‌اند) با مقدار اندازه‌گیری شده در آن را مقدار باقی‌مانده (بازماند) روند سطحی نامند. توزیع مقادیر باقی‌مانده در یک منطقه را می‌توان به صورت نقشه در آورد که به آن نقشه باقی‌مانده گفته می‌شود، که این نقشه باقی‌مانده کاربردهای زیادی دارد.

در بسیاری از موارد باقی‌مانده‌ها ارزش بیشتری نسبت به روند سطحی دارند. به عنوان نمونه سطح روند درجه یک یا دو ممکن است اطلاعاتی از روندهای ناحیه‌ای را داشته باشند، در حالی که باقی‌مانده‌ها اطلاعاتی از تغییرات محلی مانند آنومالی‌ها در اختیار قرار می‌دهد بنابراین با حذف اثر روند ناحیه‌ای از داده‌های برداشت شده، آنومالی‌ها به خوبی نمایان می‌شوند. در این فصل نیز سعی خواهد شد با اعمال روندهای مختلف بر داده‌های ژئوشیمیایی، آنومالی را که باقی‌مانده روند خواهد بود از زمینه جدا نموده و با مقایسه نقشه‌های آنومالی‌ی روش فرکتال با نقشه‌های باقی‌مانده روش روند سطحی، روند مناسب را نیز مشخص ساخت.

## ۶-۴- تحلیل روند سطحی ارتونرمال

در این روش بر اطلاعات ژئوشیمیایی برداشت شده صفحه‌ای گذرانده می‌شود که این صفحه برای داده‌های اندازه‌گیری به عنوان اثرات ناحیه ای انتخاب شده و پس از گذراندن این سطح بر اطلاعات موجود آنومالی‌های باقی‌مانده ژئوشیمیایی به دست می‌آیند.

در این فصل با استفاده از روش روند سطحی ارتونرمال به تفکیک آنومالی‌های ژئوشیمیایی پرداخته شده است. بدین منظور از برنامه کامپیوتری به زبان فرترن ۷۷ که توسط سارما (۱۹۹۰) تهیه و توسط دولتی ارده‌جانی (۱۳۷۲) اصلاح و برای تفکیک داده‌های گرانی سنجی مورد استفاده قرار داده است، استفاده شده، که در ذیل بررسی می‌گردد.

## ۶-۴-۱- توابع ارتونرمال

یک مجموعه‌ای از چند جمله‌ای‌های  $g_i(x,y)$  نسبت به هم ارتونرمال می‌باشند در صورتیکه:

$$\int_a^b \int_a^b g_i(x,y) \cdot g_j(x,y) \cdot dx \cdot dy = S_{ij} \quad ; \quad i=j \quad (۵-۶)$$

$$\int_a^b \int_a^b g_i(x,y) \cdot g_j(x,y) \cdot dx \cdot dy = 0 \quad ; \quad i \neq j \quad (۶-۶)$$

که در اینجا  $S_{ij}$  سمبل کرونگر نامیده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$S_{ij} = 0 \quad , \quad i=j$$

$$S_{ij} = 0 \quad , \quad i \neq j$$

در حالت خاص داریم:

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^1 g_i(x,y) \cdot g_i(x,y) \cdot dx \cdot dy = 1 \quad ; \quad i=j \quad (۷-۶)$$

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^1 g_i(x,y) \cdot g_j(x,y) \cdot dx \cdot dy = 0 \quad ; \quad i \neq j \quad (۸-۶)$$

به طور کلی مشکل حل یک سیستم معادلات خطی بصورت  $\sum A_{ij} \cdot P_i = B_i$  برای  $P_1$  و  $P_2$  و... و  $P_n$

موجود می‌باشد.

بنابراین برای حل ساده سیستم معادلات از ماتریس  $[A_{ij}]$  که یک ماتریس یکه است، استفاده می شود، یعنی  $A_{ij}=S_{ij}$  و این تساوی زمانی برقرار است که سیستم  $(g_1, g_2, g_3, \dots, g_n)$  ارتونرمال باشد.

روش اعمال روندهای سطحی بدین گونه می باشد که نخست صفحه به معادله (۹-۶) را انطباق می دهید.

$$A_0 \cdot g_0(x,y) + A_1 \cdot g_1(x,y) + \dots + A_n \cdot g_n(x,y) \quad (9-6)$$

با قرار دادن مقادیر معادل مطابق زیر، رابطه (۱۰-۶) که معادله صفحه می باشد پدیدار خواهد گشت.

$$g_0(x,y)=1, g_1(x,y)=x, g_2(x,y)=y, g_3(x,y)=x^2, g_4(x,y)=xy, g_5(x,y)=y^2, \dots, g_k(x,y)=y^n$$

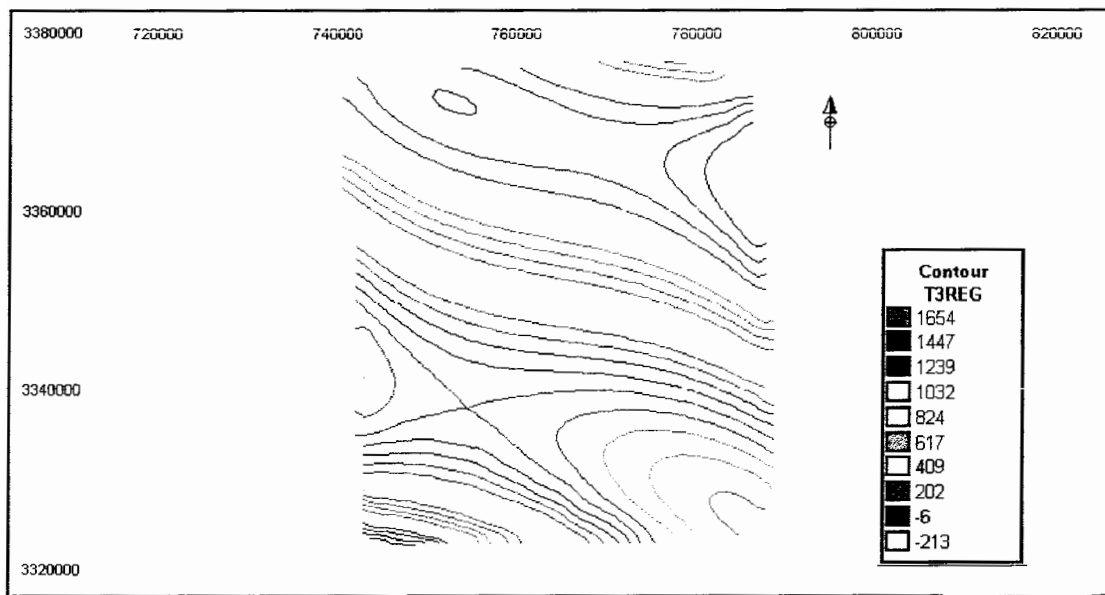
$$A_0 + A_1X + A_2Y + A_3X^2 + A_4XY + A_5Y^2 + \dots + A_nY^n \quad (10-6)$$

برای ارتونرمال کردن سیستم از روش گرام-اشمیت استفاده می شود. فرآیندهای متعامد سازی گرام-اشمیت به این نیاز دارد که بردارهای نسبی  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$  به طور خطی مستقل باشند. پس از بررسی مستقل بودن بردارها، آنها را به روش گرام-اشمیت ارتونرمال نموده، پس از آنکه توابع ارتونرمال محاسبه شدند، می توان معادله سطح را به دست آورد [سارما و سلواراج، ۱۹۹۰].

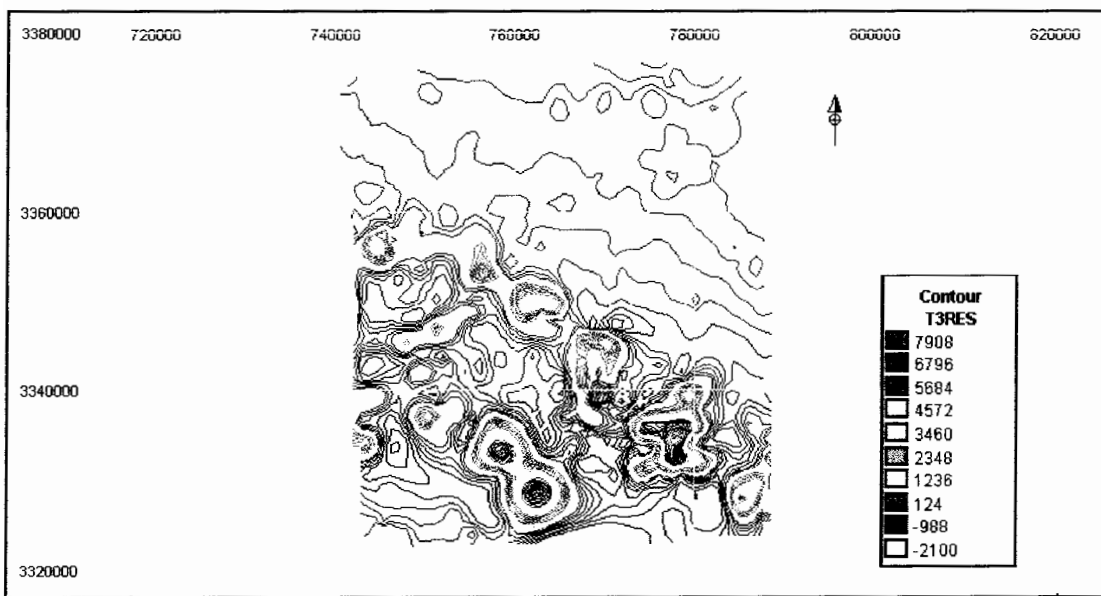
در این بخش از آنجا که هدف جداسازی مناطق آنومال از زمینه می باشد سعی شده است که پس از آماده سازی داده ها، با اعمال روندهای با درجات ۳ تا ۱۰ این جداسازی به گونه ای مناسب تر انجام پذیرد. در ضمن نرم افزار مربوطه این توانایی را دارد که تطابق سطح روند را با مقایسه پراش ناشی از انحرافات نسبت به روند، از نظر آماری کنترل نماید، که بدین منظور از آزمون  $F$  استفاده می کند، که در آن برای محاسبه احتمال توزیع  $F$ ، مطابق زیر عمل می شود.

$$F = \text{پراش کل مجموع مربعات} / \text{مجموع مربعات رگرسیون یا روند} \quad (11-6)$$

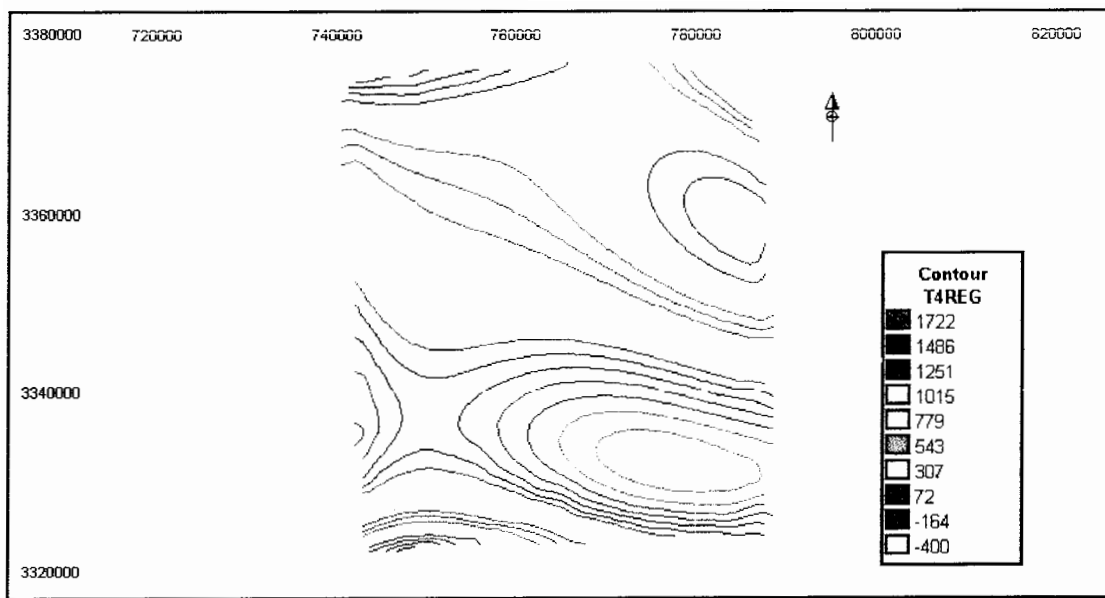
هرچه مقدار  $F$  به یک نزدیک تر باشد بیانگر مناسب تر بودن تطابق روند می باشد.



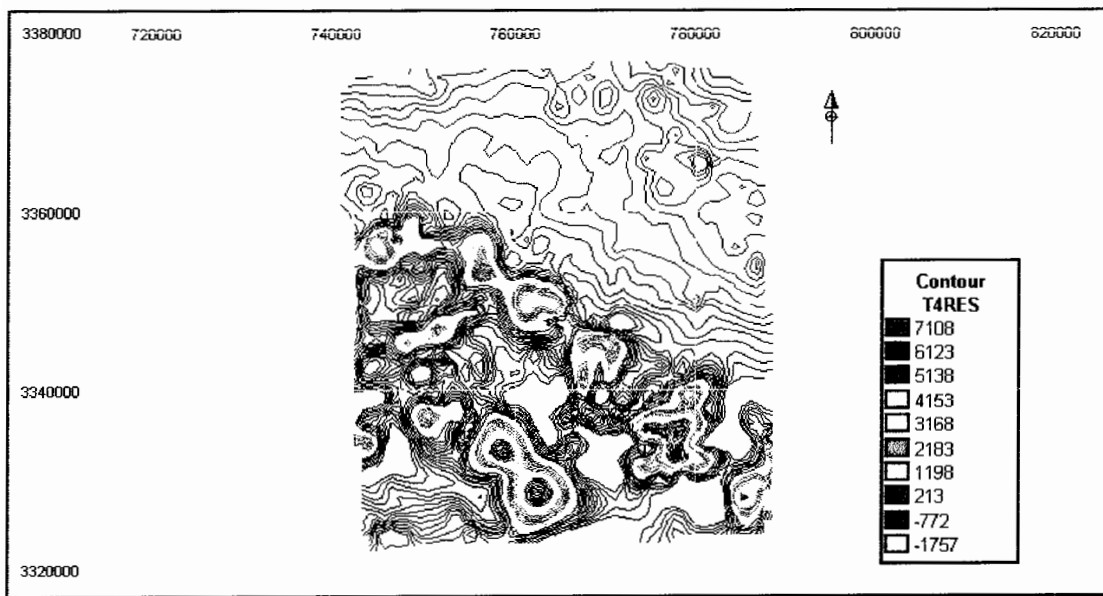
شکل (۲-۶): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۳.



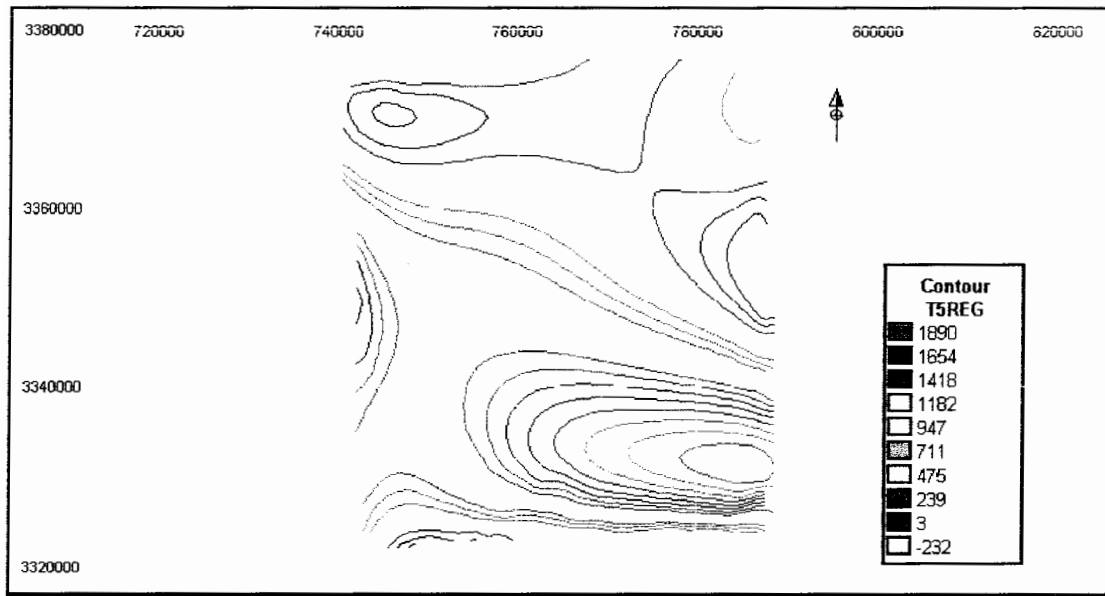
شکل (۳-۶): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۳.



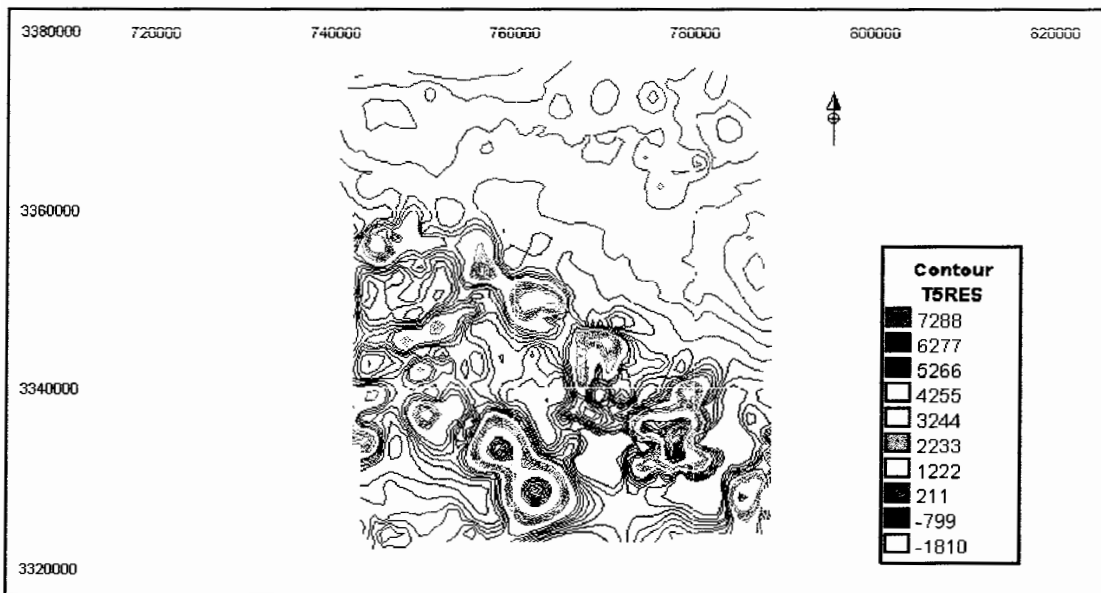
شکل (۴-۶): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۴.



شکل (۵-۶): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۴.

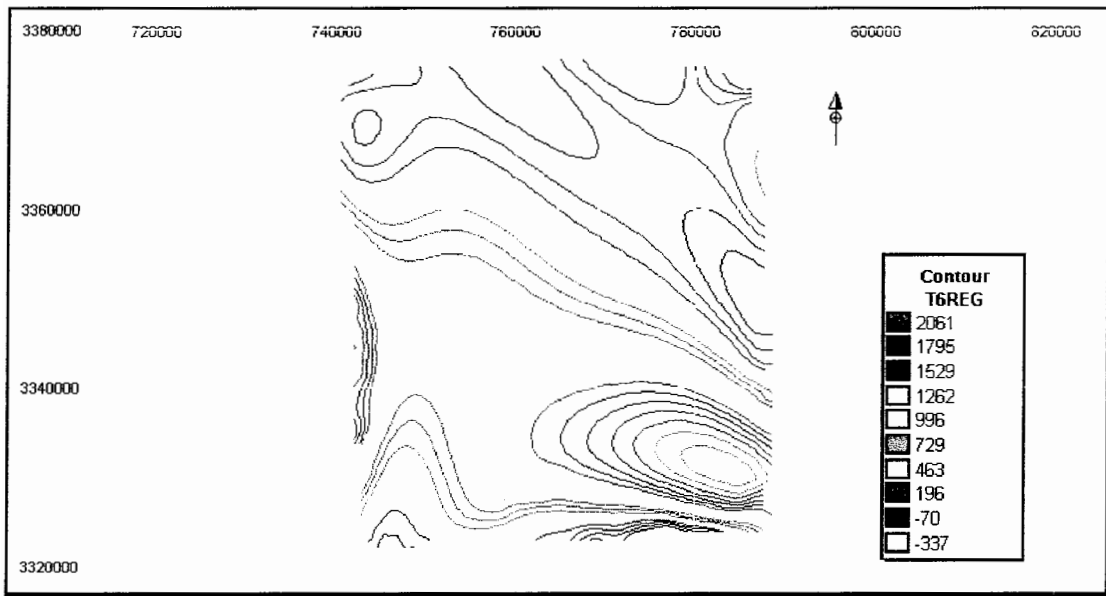


شکل (۶-۶): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۵.

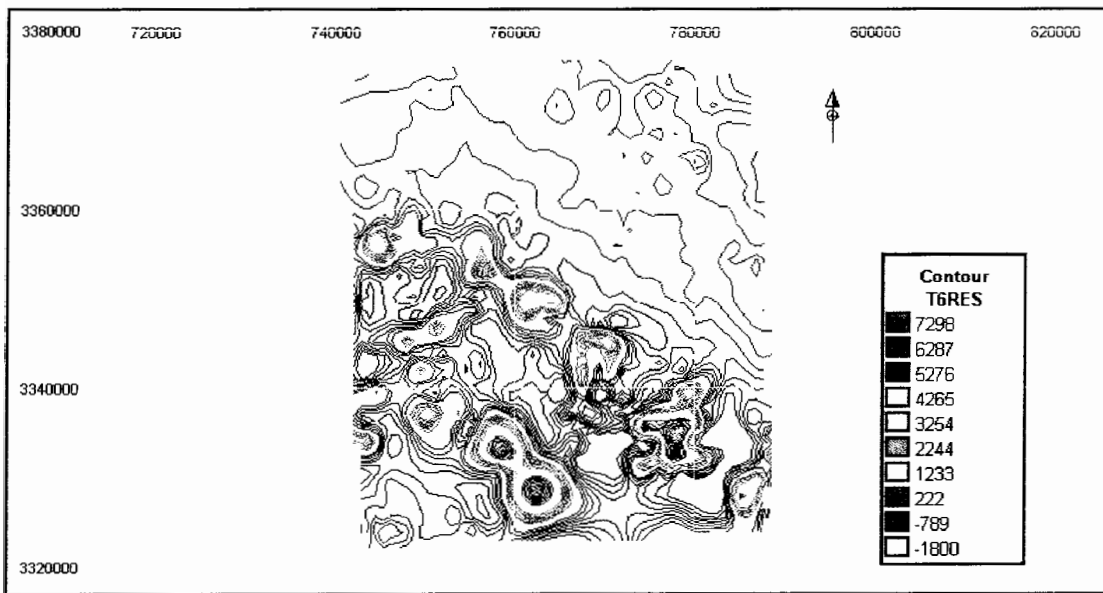


شکل (۶-۷): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۵.

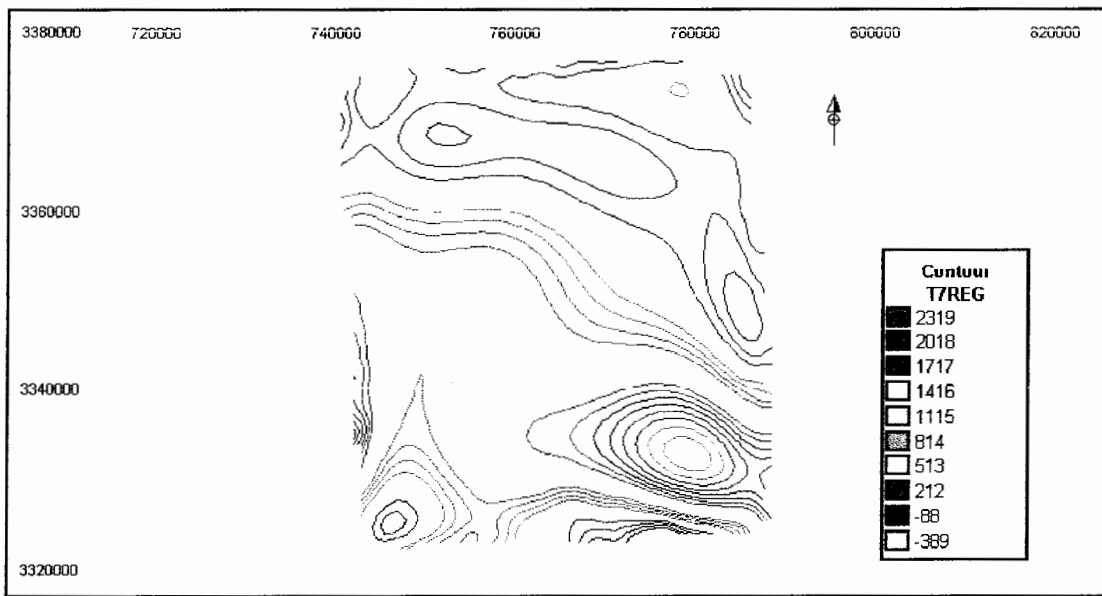




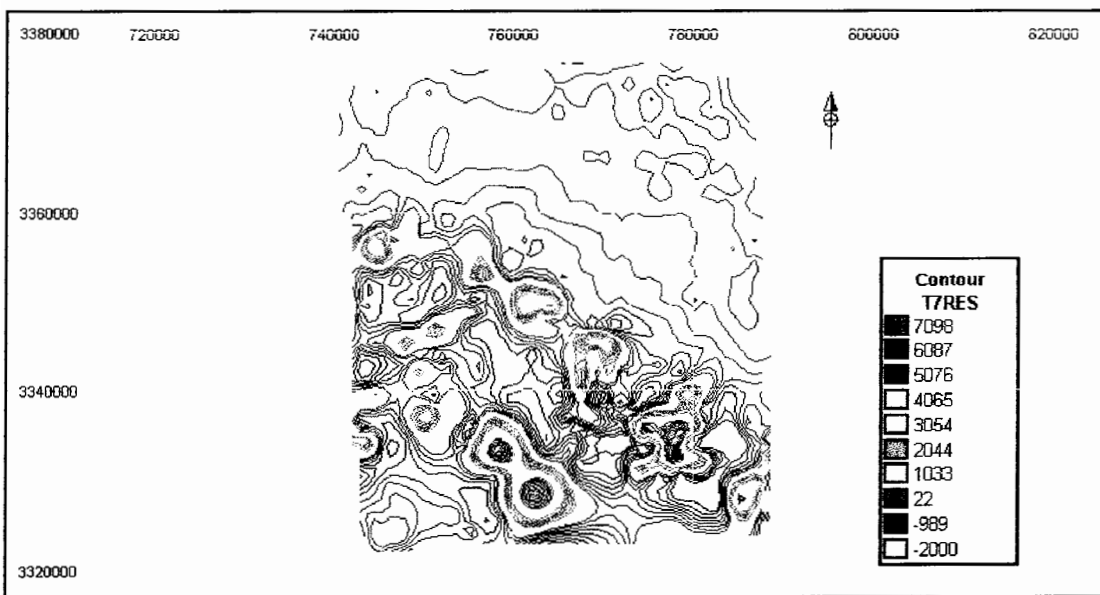
شکل (۶-۸): نقشه اثر ناحیه‌ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۶.



شکل (۶-۹): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۶.



شکل (۶-۱۰): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۷.



شکل (۶-۱۱): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۷.

## ۶-۵ - تحلیل روند سطحی حداقل مربعات

در تخمین حداقل مربعات سعی خواهد شد مقادیر عددی معینی برای پارامترهای نامشخص  $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots)$  تابع رگرسیون  $f(x; \beta)$  پیدا شود به گونه‌ای که مجموع انحراف مربعات بین پاسخ‌های مشاهده‌ای و اجزاء وابسته به مدل حداقل گردد.

معیار مجموع حداقل مربعات که می‌بایست حداقل شود از رابطه تخمینی زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \sum_{i=1}^n \left[ y_i - f(\bar{x}_i; \bar{\beta}) \right]^2 \quad (۱۱-۶)$$

که در آن:

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$  به‌عنوان متغیرها و  $X_0, X_1, X_2, \dots$  ثابت‌ها می‌باشند.

در مدل‌های خطی برای تخمین حداقل مربعات از روش‌های جبر تحلیلی و برای مدل‌های غیر خطی معمولاً از الگوریتم‌های عددی تکرار شونده استفاده می‌شود.

در یک مدل خطی داریم:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon_0 \quad (۱۲-۶)$$

که برای تخمین‌سازی حداقل مربعات می‌بایست مقدار پارامتر خطای مدل (Q) حداقل شود [E\_Handbook of Statistical Methods, 2005]:

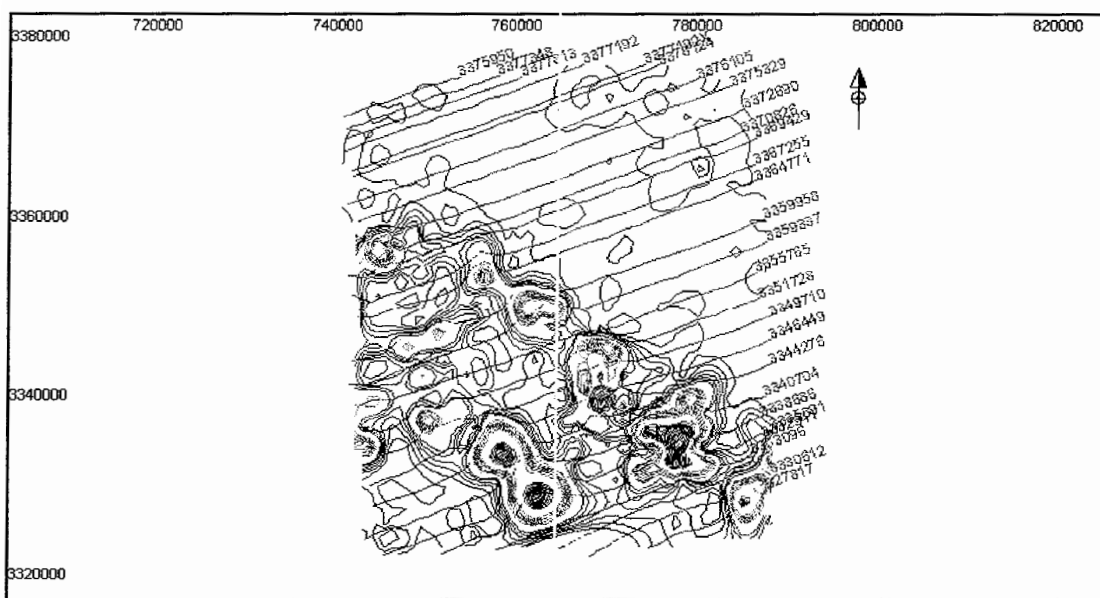
$$Q = \sum_{i=1}^n \left[ y_i - f(\beta_0 + \beta_1 X_i) \right]^2 \quad (۱۳-۶)$$

همانطور که در بالا اشاره شد برای اعمال تکنیک حداقل مربعات روش‌های متعددی وجود دارد، در این تحقیق برای اعمال این تکنیک، نرم افزار Model vision pro. V.5 که توانایی مناسبی در این زمینه دارد، مطابق ذیل استفاده شده است.

برای اعمال روندهای متکی بر تکنیک حداقل مربعات پس از آماده سازی داده‌ها بر اساس فرمت ورودی نرم افزار Model vision و رسم نقشه کانتوری عناصر توسط نرم افزار مزبور، به‌منظور انجام روش‌های تفکیک آنومالی از زمینه لازم است تا بر روی نقشه کانتوری، تعدادی پروفیل رسم نمود. این پروفیل‌ها در واقع خطوط داده‌ای مصنوعی می‌باشند که به صورت دلخواه تعریف و ترسیم

می‌گردد، البته بهتر است که راستای پروفیل‌ها ثابت بوده و فاصله آنها به اندازه‌ای باشد که از غالب خطوط بسته کانتوری عبور نماید.

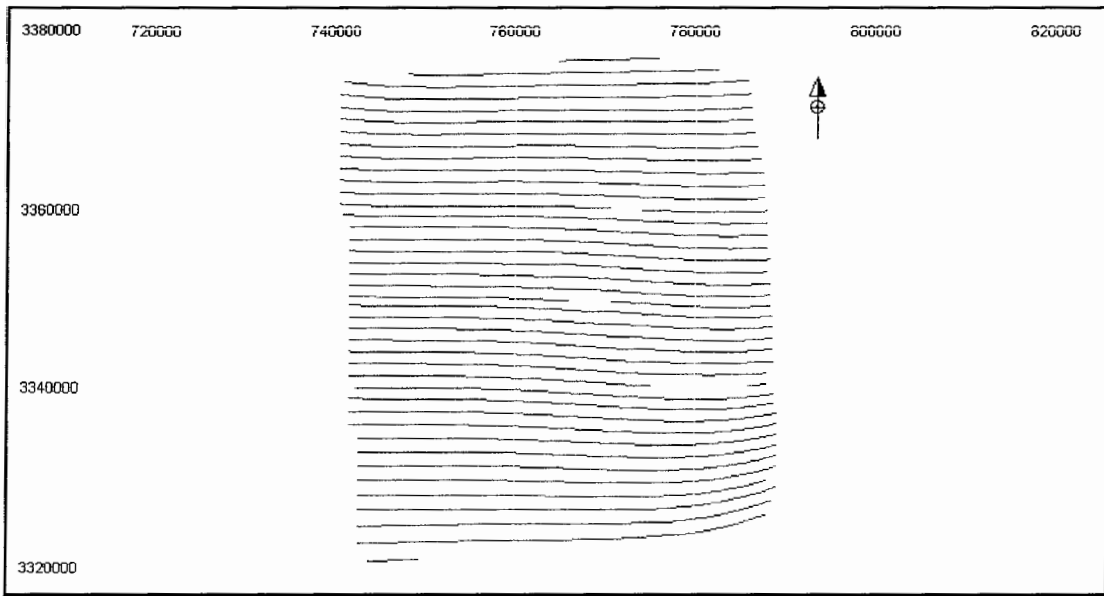
نرم افزار با در نظر گرفتن شبکه‌ای فرضی بر روی نقشه کانتوری عناصر، مقدار واقعی هر نقطه بر روی پروفیل‌ها را از طریق گره‌های موجود در چهار گوش سلول‌ها درونیابی و تعیین می‌کند. مطابق شکل (۶-۱۲) برای عنصر کروم پروفیل‌هایی با آزیموت ۲۵۰ درجه برای روند ۴ رسم شده است. پس از ترسیم پروفیل‌ها، با اعمال معادلات حداقل مربعات با یک سیستم از توابع چند جمله‌ای به تخمین ضرایب نامشخص معادلات روند با درجات مختلف مطابق جدول (۶-۲) پرداخته و سپس نقشه‌های اثر منطقه‌ای و آنومالی رسم گردید اشکال (۶-۱۳) و (۶-۱۴).



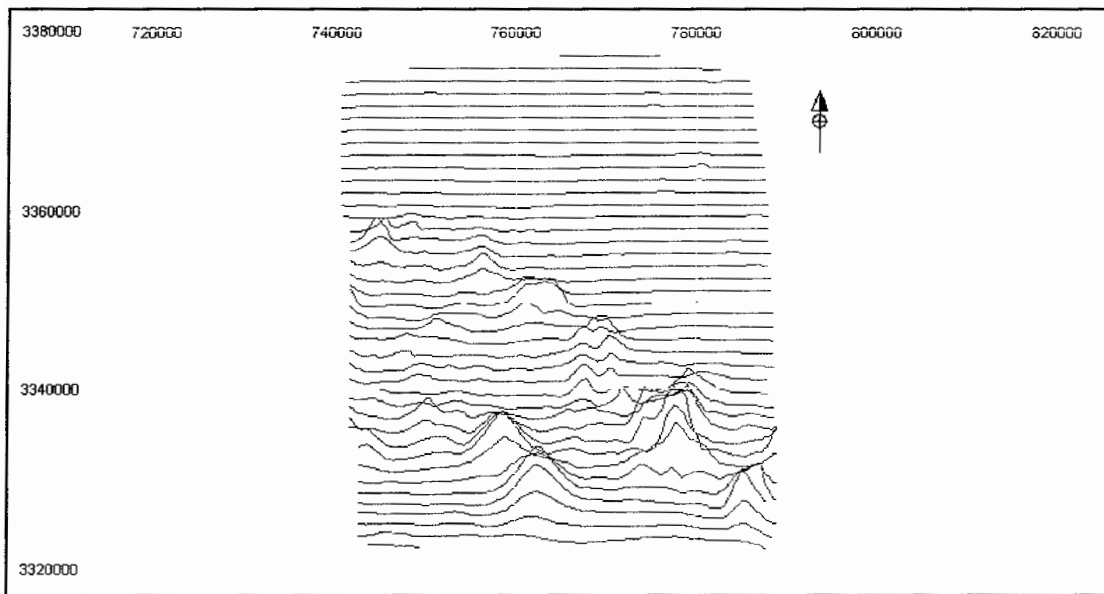
شکل (۶-۱۲): رسم خطوط داده‌ای مصنوعی بر روی کانتور روند ۴م عنصر کروم، به منظور اعمال تکنیک جداسازی حداقل مربعات.

جدول (۶-۲): ضرایب تابع چند جمله‌ای روند سطحی با درجه‌های مختلف روند، برای عنصر کروم.

| ضرایب | روند درجه ۲ | روند درجه ۳ | روند درجه ۴ | روند درجه ۵ | روند درجه ۶ | روند درجه ۷ | روند درجه ۸ |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a =   | 1067.45     | -486.723    | -578.919    | 292.28      | 1017.31     | -995.011    | -228.9237   |
| b =   | -0.009973   | 0.0585225   | 0.010301    | -0.166521   | -0.446397   | 1.19927     | 2.28858     |
| c =   | 0.018123    | 0.276123    | 0.39658     | 0.205255    | 0.0971979   | -0.494478   | -2.82588    |
| d =   | 3.1495e-7   | -2.0994e-6  | 2.3367e-6   | 1.9157e-5   | 6.1004e-5   | -0.000315   | -0.000745   |
| e =   | -3.1830e-7  | -4.4888e-6  | -3.3182e-6  | 1.3446e-5   | 2.3083e-5   | 1.8859e-5   | 0.0002976   |
| f =   | -5.8426e-7  | -9.3392e-6  | -1.9799e-5  | -1.1663e-5  | -9.5248e-6  | 0.0001351   | 0.00066888  |
| g =   | -----       | 4.048e-11   | -1.378e-10  | -8.626e-10  | -3.5315e-9  | 3.4828e-8   | 9.11132e-8  |
| h =   | -----       | -1.356e-11  | -1.213e-11  | -1.996e-10  | -4.499e-10  | 5.5885e-9   | -9.175e-10  |
| i =   | -----       | 8.831e-11   | 1.158e-10   | 1.0922e-9   | -2.4956e-9  | -7.2578e-9  | -4.8367e-8  |
| j =   | -----       | 7.900e-11   | 3.446e-10   | 4.616e-10   | 1.2683e-9   | -1.1897e-8  | -6.9474e-8  |



شکل ( ۱۳-۶ ): نقشه اثر ناحیه‌ای (زمینه) عنصر کروم برای روند درجه ۴ ، با استفاده از تکنیک حداقل مربعات.



شکل ( ۱۴-۶ ): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کروم برای روند درجه ۴ ، با استفاده از تکنیک حداقل مربعات.

## ۷-۱ - مقایسه نقشه های روند سطحی و فرکتال

در ادامه برخی از نقشه های موقعیت آنومالی های احتمالی عناصر که با استفاده از روش هندسه فرکتال و روش روند سطحی به دست آمده اند جهت مقایسه آورده شده است.

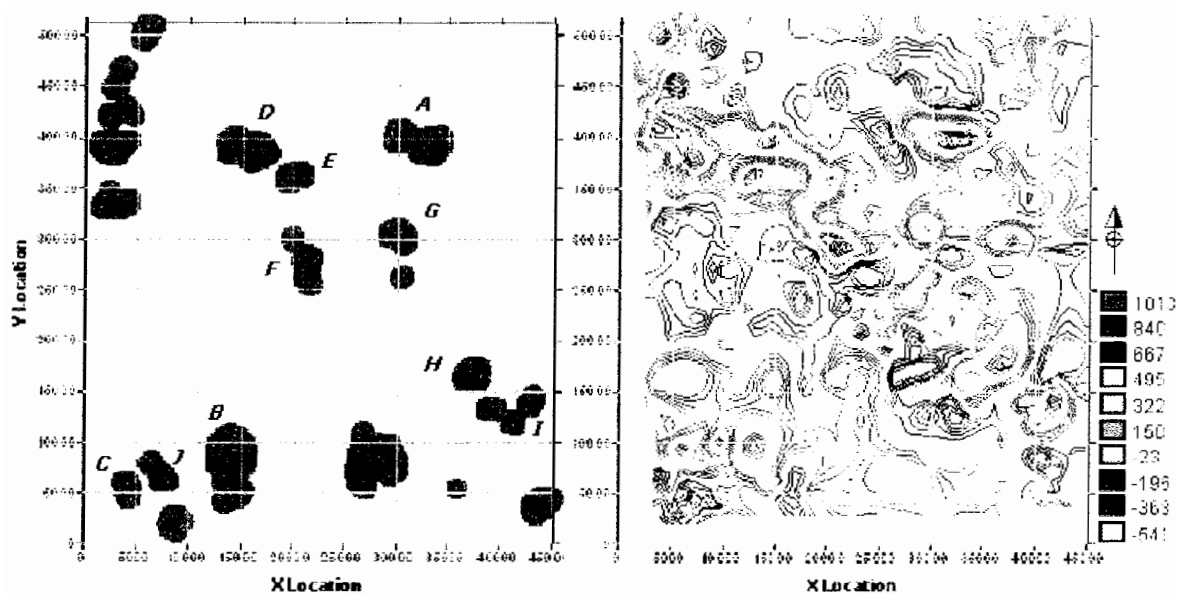
همانگونه که در شکل (۶-۱۵) مشاهده می کنید برای عنصر منگنز روند گسترش آنومالی ها و موقعیت دقیق قرارگیری آنها در دو روش مشابهت قابل ملاحظه ای دارد.

همچنین در شکل (۶-۱۶) می توان مشاهده نمود عنصر طلا نیز پراکندگی آنومالی یکسانی در برکه های مزبور دارد.

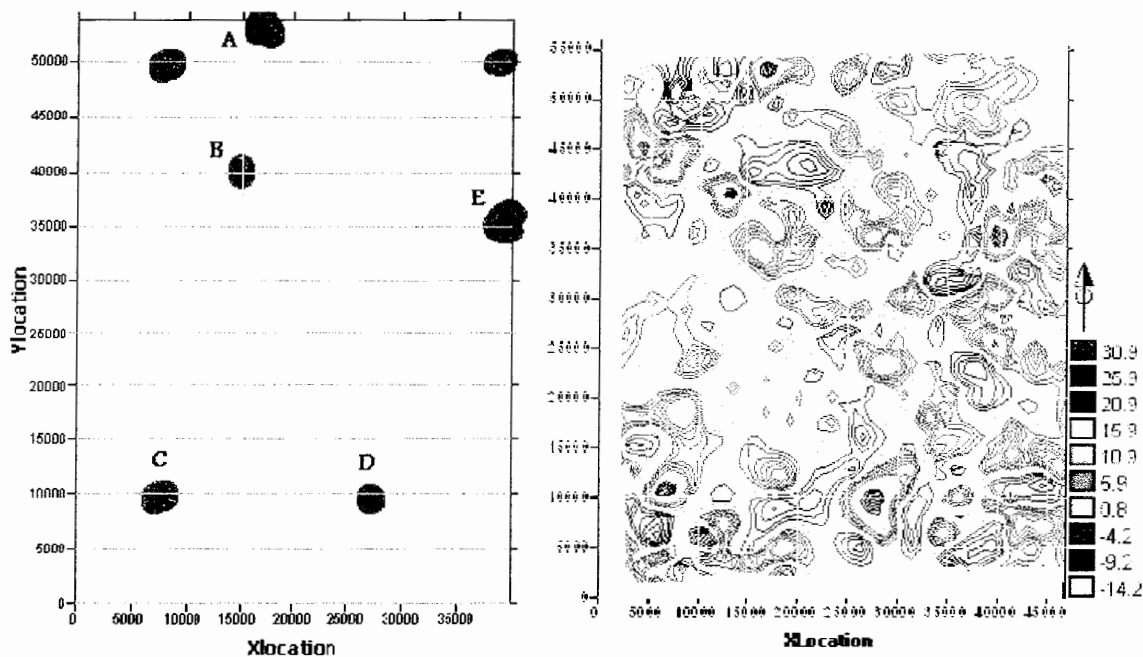
در شکل های (۶-۱۷) و (۶-۱۸) نیز می توان مشابهت موقعیت قرارگیری آنومالی های احتمالی را برای عناصر سرب و مس مشاهده نمود. برای عنصر سرب در طول و عرض مشخصی در گوشه جنوب شرقی نقشه مناطق مستعدی در هر دو روش دیده می شود و برای عنصر مس نیز در شرق نقشه می توان سه محل قرار گیری آنومالی احتمالی ژئوشیمیایی در نظر گرفت.

در اشکال (۶-۱۹) و (۶-۲۰) نیز می توان یکسان بودن محل قرارگیری آنومالی های به دست آمده از طریق روش روند سطحی حداقل مربعات با روش روند سطحی ارتونرمال برای عنصر کروم را (در روند ۴) به روشنی مشاهده نمود.

(سایر نقشه های آنومالی به دست آمده از روش حداقل مربعات برای درجات مختلف روند و مقایسه آنها با روش فرکتال و روش روند سطحی ارتونرمال در CD پیوست آورده شده است.)

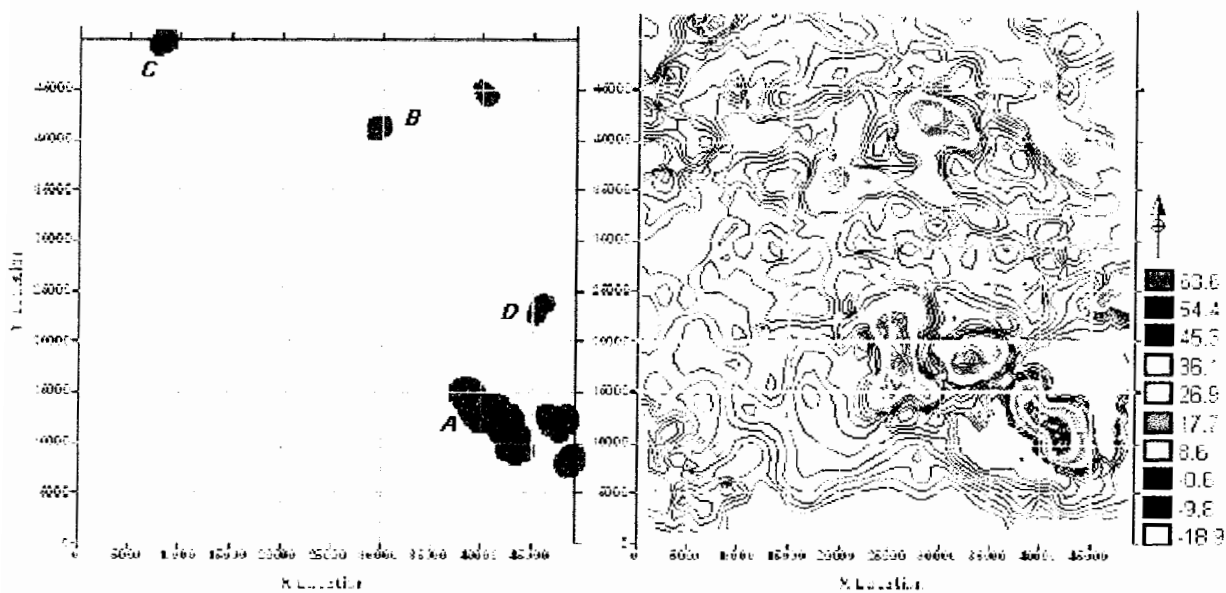


شکل (۶-۱۵): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر منگنز (Mn) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.

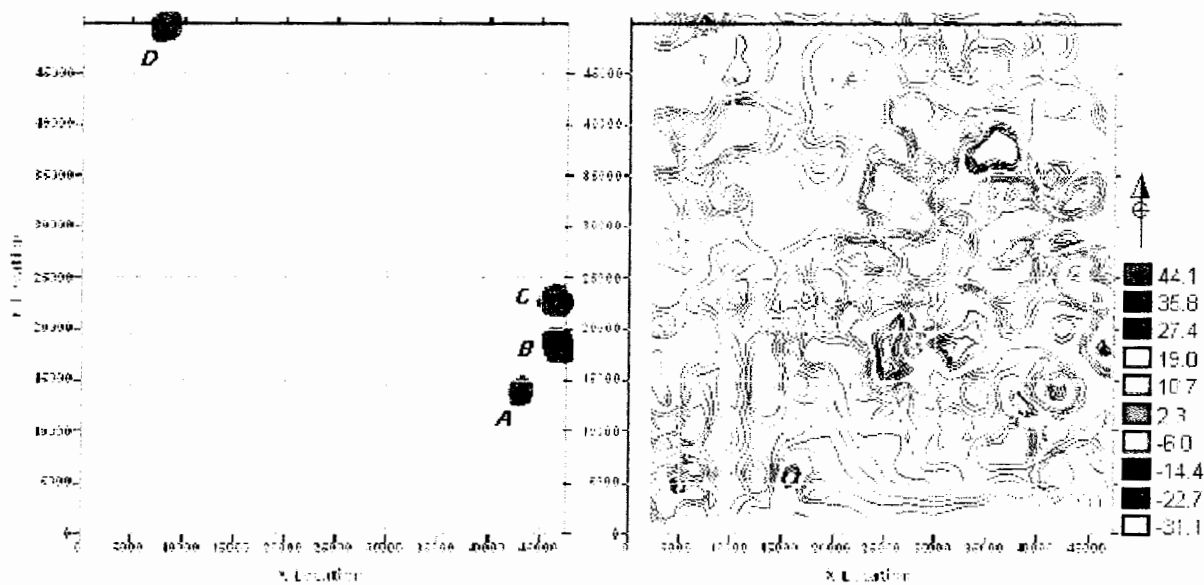


شکل (۶-۱۶): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر طلا (Au) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.

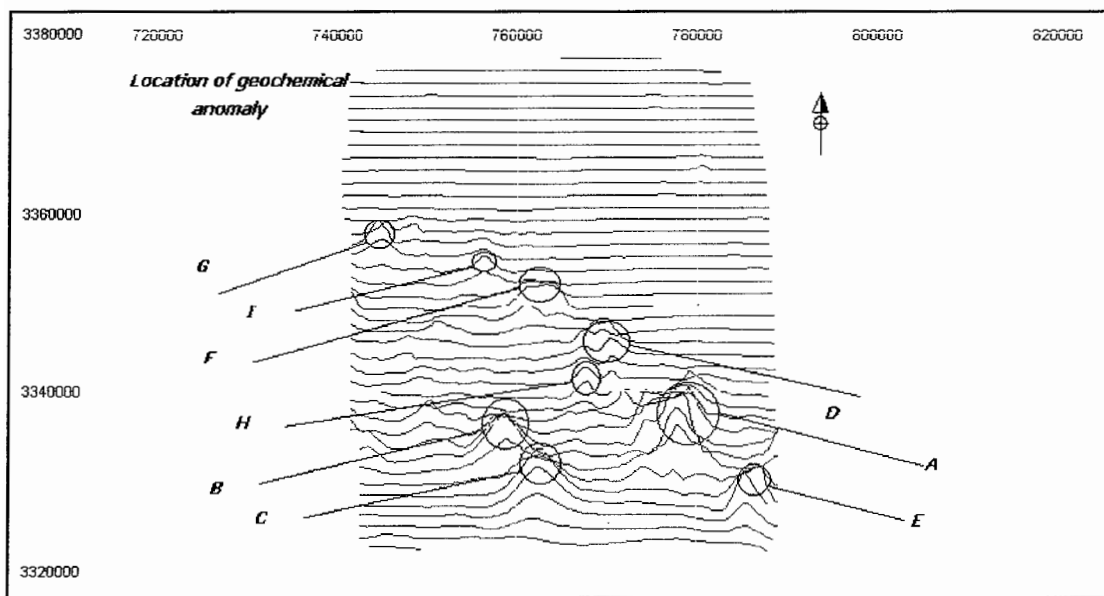




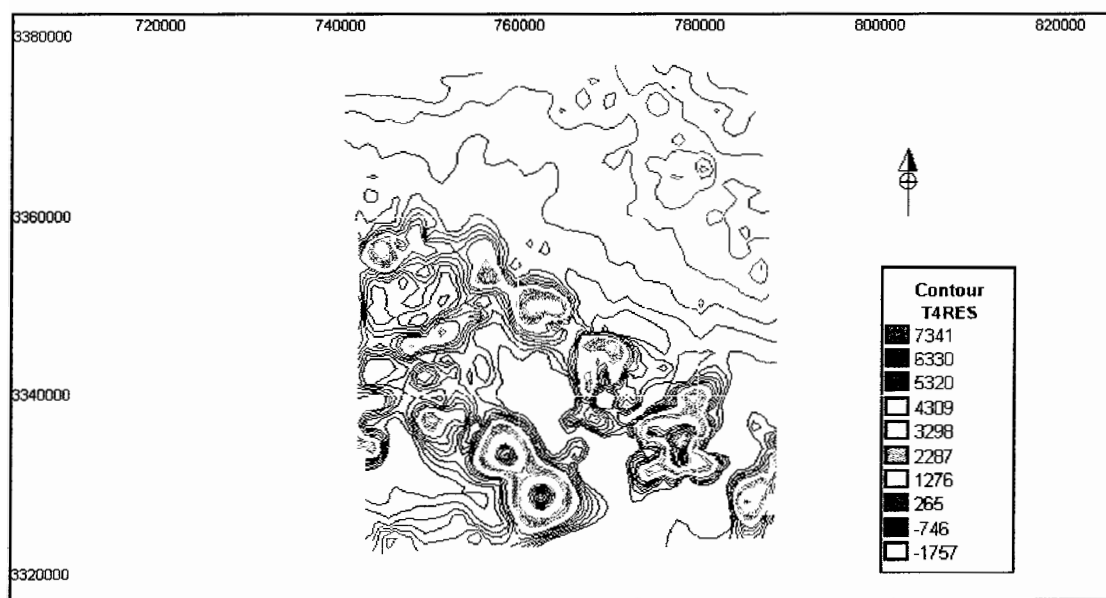
شکل (۶-۱۷): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر سرب (Pb) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



شکل (۶-۱۸): مقایسه نقشه های آنومالی باقی مانده تهیه شده با روش هندسه فرکتال (سمت چپ) و روند سطحی درجه ۴ (سمت راست) برای عنصر مس (Cu) در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



شکل (۶-۱۹): نقشه موقعیت آنومالی های ژئوشیمیایی عنصر کروم با استفاده از روش روند سطحی حداقل مربعات، برای روند چهارم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



شکل (۶-۲۰): نقشه آنومالی های ژئوشیمیایی عنصر کروم با استفاده از روش روند سطحی ارتو نرمال، برای روند چهارم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

## فصل هفتم

### جمع بندی و معرفی مناطق آنومال

#### ۶-۱- جمع بندی و معرفی مناطق آنومال

پس از بررسی نقشه‌ها و مناطق با اولویت های بالا و متوسط به دست آمده، حاصل از پردازش داده‌ها توسط روش‌های هندسه فرکتال و روند سطحی می‌توان اهمیت کاربرد روش‌های مختلف را در پردازش داده‌ها مشاهده نمود و همچنین مناطق مناسب‌تر را مشخص نمود.

همانگونه که مشاهده شد در روش فرکتال حدود زمینه و آنومالی با دقت بیشتری مشخص می‌گردد و می‌توان مناطق با احتمال کانی‌سازی بالا و متوسط را نیز برای برخی از عناصر به راحتی مشخص نمود. همچنین با استفاده از روش روند سطحی نیز می‌توان به سادگی زمینه را از آنومالی جدا نموده و مناطق مساعد را به راحتی با اعمال روندهای مختلف جستجو نمود.

از جمله ویژگی‌های دیگر هندسه فرکتال می‌توان به قابلیت این روش در در نظر گرفتن جوامع مختلف عناصر بدون هیچ گونه همپوشانی اشاره نمود، در صورتیکه در روش آمار کلاسیک وجود این همپوشانی‌ها به بروز خطاهای قبول یا پراش می‌انجامد.

در نهایت یکسری از مناطق و محدوده‌هایی که برای انجام مطالعات بعدی از جمله برداشت کانی سنگین، نمونه‌برداری ژئوشیمیایی با تراکم بیشتر و برداشت نمونه‌ها در مناطق کانی‌سازی شده مناسب می‌باشند، معرفی می‌گردند.

همانگونه که در شکل (۶-۱۵) می‌توان مشاهده نمود، محدوده‌های مشخص شده با حروف A, B, C, D, E, F, G, H, I, J می‌تواند به عنوان اندیس و آنومالی احتمالی عنصر Mn معرفی گردند.

## فهرست منابع و مراجع

### منابع فارسی

ارفعی، آ. ۱۳۸۲. جداسازی جوامع آنومال شیمیایی از زمینه در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰: اگزیک با استفاده از روش‌های هندسه فرکتال و منطق فازی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۰۹ص.

بانک اطلاعات اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک. نقشه برگه های ۱:۱۰۰۰۰۰ ایران:  
[http:// www.ngdir.ir/](http://www.ngdir.ir/)

دولتی ارده جانی، ف. ۱۳۷۵، تفکیک آنومالی های گرانی منطقه بابلسر به روش روند سطحی ارتونرمال. نهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران.

حسینی پاک، ع. و شرف الدین، م. ۱۳۸۰. تحلیل داده های اکتشافی. انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷ص.

حمدی، پورکرمانی، مربی ۱۳۶۷. خدابخش و جان نثاری، گزارشات (منتشر شده و منتشر نشده) موجود در سازمان زمین شناسی.

خیرخواه، ه. ۱۳۸۱. اکتشاف ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰: سوریان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۹۹ص.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ۲۰۰۲. نقشه موقعیت نمونه‌های ژئوشیمیایی سوریان.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ۱۳۸۲. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ۱۳۷۴. نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اقلید.

سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی ایران. نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سوریان.

سازمان جغرافیایی کشور ۱۳۷۰. نقشه ژئوفیزیکی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوشه اقلید.

سرخیل، حمید ۱۳۸۳. کاربرد هندسه فرکتال در کارهای اکتشافی. سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۹۱ص.

صدقی پور، م. ر. ۱۳۷۹. کاربرد هندسه فرکتال در تعیین خصوصیات مخزن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸ ص.

طهمورثی، م. ۱۳۸۰. اکتشاف و مدل سازی کانسار مس سونگون با استفاده از داده های حاصل از عملیات ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲۷۸ ص.

### منابع انگلیسی

Abdelrahman E.M., Riad S., Refai E. and Amin Y. (1985). On the least-square residual anomaly determination. *Geophysics*, Vol. 50, No. 3, 473-480.

Agcs W.B. (1951). Least-squer residual anomaly determination. *Geophisics*, No.16, 686-696.

Bolviken B., Stokke P.R., Feder J. and Josany T. (1922). The fractal nature of geochemical landscapes. *Journal of geochemical exploration*, No. 43, 91-109.

Cheng Q. and Li Q. (2002). A fractal concentration-area method for assigning a color palette for image representation. *Computer and Geosciences*, No.28, 567-575.

Cheng Q. (1999). Spatial and scaling modeling for geochemical anomaly separation. *Journal of geochemical exploration*, No. 65, 175-194.

Cheng Q., Agterberg F.P. and Cartar G.F. (1996). A spatial analysis method for geochemical anomaly seperation. *Journal of geochemical exploration*, No. 65, P.175-194.

Cheng Q., Agterberg F.P. and Ballantyne S.B. (1994). The seperation of geochemical anomalies from background by fractal methods. *Journal of geochemical exploration*, No. 51, 109-130.

Coons R.L., Woollard G.P. and Hershey G. (1967). Structural Significance and analysis of mid-continent high. *Geol*, No. 51, 2381-2399.

E-Handbook of Statistical Methods (2005). Engineering statistics, 4.4.3.1, [ <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/> ].

Fajkiewicz Z. (1959). The use of cracovian computation in estimating the regional gravity. *Geophysics*, No. 24, 456-478.

Foroutan-pour K., Dutilleuland P. and Smith D.L. (1999). Advances in the implementation of the box-counting method of fractal dimension estimation. *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 105, 95-210.

Goncalves M.A., Mateus A. and Oliveira V. (2001). Geochemical anomaly separation by multifractal modeling. *Journal of geochemical exploration*, No.72, 91-114.

Goncalves M.A., Vairinho M. and Oliveria V. (1998). Study of geochemical anomalies in MOMBEJA area using a multifractal methodology and geoststatistics. 590-595.

Govett G.J.S. (1983). *Handbook of exploration geochemistry*. Vol. 2 (Statistical data analysis in geochemical prospecting), Amsterdam, Elsevier.

Grant F.S. and West G.F. (1965). Interpretation theory in applied geophysics. *Geophysics*, No. 40, 763-772.

Hawarth, R.J. and Earle, S.A. 1979. Application of a generalized power transformation to geochemical data. *Math. geology*, Vol.2, No.1, 45-58.

Krein A., Peticrew E., Udelhoven T. (2002). The use of fine sediment fractal dimentions and colour to determine sediment sources in a small watershed, No. 53, 165-179.

Lesmoir\_Gordon N., Rood W. and Edney R. (2001). *Introducing Fractal Geometry*. Icon books UK, Totem books, p.174.

Li C., Ma T., Junfashi (2003). Application of a fractal method for relating concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background. *Journal of Exploration Geochemical*, No.77, 167-175.

Lima A., De Vivo B., Cicchella D., Albanese S. and Fedele L. (2001). Application of multifractal IDW interpolation and S-A method to determine PB and natural background and anomaly value in stream sediments of Campania (Italy). Oral presentation, 629-631.

Miesch A.T. (1981). Estimation of the geochemical threshold and its statistical significance. *Journal of geochemical exploration*, No. 16, 49-76.

Nichol I., Garrett R.G. and Webb J.S. (1969). The role of some statistical and mathematical methods in the interpretation of regional geochemical data. *Economic geology*, No. 64, 204-224.

Oldham C.H. and Sutherland D.B. (1955). Orthogonal polynomials and their use in estimating the regional effect. *Geophysics*, No. 20, 295-306.

Pan Guocheng, Harris Deverle P. (2000). Information synthesis for mineral exploration. Oxford university press, 216-226.

Quiming Ch. (1997). Discrete multifractals. *Mathematical geology*, No. 29, 5-266.

Quiming Ch. (1995). The perimeter-area fractal model and its application to geology. *Mathematical Geology*, No. 27, 62-68.

Richard F.S., Charles. T.P. and Report A.C. 1993. An objective replacement method for censored geochemical data. *Math. geology*, Vol.25, No.10, 59-80.

Rehder S.(1988). Manuscript about the separation of two populations. BGR, Hannover.

Santos Oliveira J.M. (1979). Trend-surface analysis in geochemical prospecting data, Arouca-Castro Daire region, northern Portugal. *Chemical geology*, Vol. 24, 271-291.

Sarma D.D. and Selvaraj J.B. (1990). Two-dimensional orthonormal trend surfaces for prospecting . *computers & geosciences*, No. 7, 897-909.

Scholz Christopher H. and Mandelbrot Benoit B. (1989). *Fractal in Geophysics*. Birkhauser, P. 313.

Skubalska-Rafajłowicz E. (2005). A new method of estimation of the box-counting dimension of multivariate objects using space-filling curves. *Nonlinear Analysis*, In Press, Corrected Proof.

Swan A.R.H., Sndilands M. and Mccabe P. (1995). *Introduction to geological data analysis*, Backwill science, p. 446.

Van Voorhis G.D. and Davis T.M. (1964). Magnetic anomalies of North of Puerto Rico: Trend removal with orthogonal polynomials. *Geophysics*, No. 69, 5363-5371.

Yaguang Xu. and Qimuing Ch., A fractal filtering technique for processing mineral geochemical map for mineral exploration. *GEEA*.

Yu Ch.W. et al. (1980). Its methods and applications multivariate analysis in geological research and geochemical prospecting. *Mathematical geology*, chap.15, p.946.



« ۱ ضمیمه »

جدول (ضمیمه ۱-۱): سول‌های تخمینی دسته‌بندی شده برای محاسبه رابطه غلظت - مساحت در هندسه فرکتال.

| Frequency Distribution for As |          |       | Frequency Distribution for Ag |         |       | Frequency Distribution for Au |           |       | Frequency Distribution for B |        |       |
|-------------------------------|----------|-------|-------------------------------|---------|-------|-------------------------------|-----------|-------|------------------------------|--------|-------|
| From(>=)                      | To(<)    | Count | From(>=)                      | To(<)   | Count | From(>=)                      | To(<)     | Count | From(>=)                     | To(<)  | Count |
| 2.62821                       | 3.56691  | 338   | 0.05                          | 0.05733 | 318   | 0.00036                       | 0.0004813 | 76    | 10                           | 12.466 | 5083  |
| 3.56691                       | 4.50561  | 1488  | 0.05733                       | 0.06466 | 453   | 0.0004813                     | 0.0006026 | 175   | 12.466                       | 14.932 | 4106  |
| 4.50561                       | 5.44431  | 3557  | 0.06466                       | 0.07199 | 933   | 0.0006026                     | 0.0007239 | 845   | 14.932                       | 17.398 | 3322  |
| 5.44431                       | 6.38301  | 4299  | 0.07199                       | 0.07932 | 2965  | 0.0007239                     | 0.0008482 | 2301  | 17.398                       | 19.864 | 2702  |
| 6.38301                       | 7.32171  | 4648  | 0.07932                       | 0.08665 | 4162  | 0.0008482                     | 0.0009665 | 2828  | 19.864                       | 22.33  | 2432  |
| 7.32171                       | 8.26041  | 4087  | 0.08665                       | 0.09398 | 4654  | 0.0009665                     | 0.010878  | 4068  | 22.33                        | 24.796 | 1558  |
| 8.26041                       | 9.19911  | 5198  | 0.09398                       | 0.10131 | 5007  | 0.010878                      | 0.012091  | 6034  | 24.796                       | 27.262 | 1658  |
| 9.19911                       | 10.13781 | 2601  | 0.10131                       | 0.10864 | 3857  | 0.012091                      | 0.013304  | 3159  | 27.262                       | 29.728 | 1798  |
| 10.13781                      | 11.07651 | 2033  | 0.10864                       | 0.11597 | 3842  | 0.013304                      | 0.014517  | 2757  | 29.728                       | 32.194 | 1175  |
| 11.07651                      | 12.01521 | 1479  | 0.11597                       | 0.1233  | 3245  | 0.014517                      | 0.01573   | 1869  | 32.194                       | 34.66  | 753   |
| 12.01521                      | 12.95391 | 640   | 0.1233                        | 0.13063 | 1236  | 0.01573                       | 0.016943  | 1443  | 34.66                        | 37.126 | 1091  |
| 12.95391                      | 13.89261 | 546   | 0.13063                       | 0.13796 | 291   | 0.016943                      | 0.018156  | 1672  | 37.126                       | 39.592 | 1159  |
| 13.89261                      | 14.83131 | 169   | 0.13796                       | 0.14529 | 179   | 0.018156                      | 0.019369  | 750   | 39.592                       | 42.058 | 818   |
| 14.83131                      | 15.77001 | 152   | 0.14529                       | 0.15262 | 165   | 0.019369                      | 0.020582  | 878   | 42.058                       | 44.524 | 592   |
| 15.77001                      | 16.70871 | 43    | 0.15262                       | 0.15995 | 14    | 0.020582                      | 0.021795  | 708   | 44.524                       | 46.99  | 313   |
| 16.70871                      | 17.64741 | 29    | 0.15995                       | 0.16728 | 91    | 0.021795                      | 0.023008  | 402   | 46.99                        | 49.456 | 441   |
| 17.64741                      | 18.58611 | 20    | 0.16728                       | 0.17461 | 99    | 0.023008                      | 0.024221  | 382   | 49.456                       | 51.922 | 472   |
| 18.58611                      | 19.52481 | 170   | 0.17461                       | 0.18194 | 46    | 0.024221                      | 0.025434  | 188   | 51.922                       | 54.388 | 352   |
| 19.52481                      | 20.46351 | 10    | 0.18194                       | 0.18927 | 8     | 0.025434                      | 0.026647  | 173   | 54.388                       | 56.854 | 420   |
| 20.46351                      | 21.40221 | 7     | 0.18927                       | 0.1966  | 5     | 0.026647                      | 0.02786   | 91    | 56.854                       | 59.32  | 266   |
| 21.40221                      | 22.34091 | 6     | 0.1966                        | 0.20393 | 1     | 0.02786                       | 0.029073  | 270   | 59.32                        | 61.786 | 157   |
| 22.34091                      | 23.27961 | 14    | 0.20393                       | 0.21126 | 0     | 0.029073                      | 0.030286  | 115   | 61.786                       | 64.252 | 129   |
| 23.27961                      | 24.21831 | 3     | 0.21126                       | 0.21859 | 0     | 0.030286                      | 0.031499  | 112   | 64.252                       | 66.718 | 203   |
| 24.21831                      | 25.15701 | 3     | 0.21859                       | 0.22592 | 0     | 0.031499                      | 0.032712  | 67    | 66.718                       | 69.184 | 192   |
| 25.15701                      | 26.09571 | 5     | 0.22592                       | 0.23325 | 0     | 0.032712                      | 0.033925  | 9     | 69.184                       | 71.65  | 94    |
| 26.09571                      | 27.03441 | 9     | 0.23325                       | 0.24058 | 0     | 0.033925                      | 0.035138  | 124   | 71.65                        | 74.116 | 117   |
| 27.03441                      | 27.97311 | 11    | 0.24058                       | 0.24791 | 0     | 0.035138                      | 0.036351  | 34    | 74.116                       | 76.582 | 41    |
| 27.97311                      | 28.91181 | 6     | 0.24791                       | 0.25524 | 0     | 0.036351                      | 0.037564  | 25    | 76.582                       | 79.048 | 101   |
| 28.91181                      | 29.85051 | 12    | 0.25524                       | 0.26257 | 0     | 0.037564                      | 0.038777  | 16    | 79.048                       | 81.514 | 10    |
| 29.85051                      | 30.78921 | 6     | 0.26257                       | 0.2699  | 13    | 0.038777                      | 0.03999   | 18    | 81.514                       | 83.98  | 34    |

جدول (ضمیمه ۱-۲): سلول های تخمینی دستبندی شده برای محاسبه رابطه غلظت - مساحت در هندسه فرکتال.

| Frequency Distribution for Ba |       |       | Frequency Distribution for Be |         |       | Frequency Distribution for Bi |          |       | Frequency Distribution for Co |        |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------------------------------|---------|-------|-------------------------------|----------|-------|-------------------------------|--------|-------|
| From(>=)                      | To(<) | Count | From(>=)                      | To(<)   | Count | From(>=)                      | To(<)    | Count | From(>=)                      | To(<)  | Count |
| 100                           | 125   | 69    | 0.30787                       | 0.37427 | 7     | 0.09989                       | 0.158142 | 539   | 1.3                           | 2.723  | 31    |
| 125                           | 150   | 52    | 0.37427                       | 0.44067 | 2     | 0.158142                      | 0.216394 | 9023  | 2.723                         | 4.146  | 0     |
| 150                           | 175   | 55    | 0.44067                       | 0.50707 | 2884  | 0.216394                      | 0.274646 | 14881 | 4.146                         | 5.569  | 3     |
| 175                           | 200   | 114   | 0.50707                       | 0.57347 | 3884  | 0.274646                      | 0.332898 | 4589  | 5.569                         | 6.992  | 401   |
| 200                           | 225   | 365   | 0.57347                       | 0.63987 | 3262  | 0.332898                      | 0.39115  | 1585  | 6.992                         | 8.415  | 992   |
| 225                           | 250   | 1185  | 0.63987                       | 0.70627 | 4287  | 0.39115                       | 0.449402 | 735   | 8.415                         | 9.838  | 875   |
| 250                           | 275   | 1663  | 0.70627                       | 0.77267 | 3042  | 0.449402                      | 0.507654 | 71    | 9.838                         | 11.261 | 3770  |
| 275                           | 300   | 3109  | 0.77267                       | 0.83907 | 1931  | 0.507654                      | 0.565906 | 25    | 11.261                        | 12.684 | 3142  |
| 300                           | 325   | 2729  | 0.83907                       | 0.90547 | 2613  | 0.565906                      | 0.624158 | 5     | 12.684                        | 14.107 | 6507  |
| 325                           | 350   | 3438  | 0.90547                       | 0.97187 | 1900  | 0.624158                      | 0.68241  | 4     | 14.107                        | 15.53  | 3922  |
| 350                           | 375   | 3798  | 0.97187                       | 1.03827 | 2886  | 0.68241                       | 0.740662 | 33    | 15.53                         | 16.953 | 3423  |
| 375                           | 400   | 3640  | 1.03827                       | 1.10467 | 1955  | 0.740662                      | 0.798914 | 4     | 16.953                        | 18.376 | 2850  |
| 400                           | 425   | 3084  | 1.10467                       | 1.17107 | 798   | 0.798914                      | 0.857166 | 5     | 18.376                        | 19.799 | 1780  |
| 425                           | 450   | 2430  | 1.17107                       | 1.23747 | 789   | 0.857166                      | 0.915418 | 6     | 19.799                        | 21.222 | 1080  |
| 450                           | 475   | 2206  | 1.23747                       | 1.30387 | 434   | 0.915418                      | 0.97367  | 3     | 21.222                        | 22.645 | 593   |
| 475                           | 500   | 1361  | 1.30387                       | 1.37027 | 238   | 0.97367                       | 1.031922 | 2     | 22.645                        | 24.068 | 794   |
| 500                           | 525   | 866   | 1.37027                       | 1.43667 | 187   | 1.031922                      | 1.090174 | 6     | 24.068                        | 25.491 | 579   |
| 525                           | 550   | 536   | 1.43667                       | 1.50307 | 195   | 1.090174                      | 1.148426 | 61    | 25.491                        | 26.914 | 180   |
| 550                           | 575   | 213   | 1.50307                       | 1.56947 | 68    | 1.148426                      | 1.206678 | 0     | 26.914                        | 28.337 | 367   |
| 575                           | 600   | 62    | 1.56947                       | 1.63587 | 90    | 1.206678                      | 1.26493  | 0     | 28.337                        | 29.76  | 149   |
| 600                           | 625   | 97    | 1.63587                       | 1.70227 | 24    | 1.26493                       | 1.323182 | 0     | 29.76                         | 31.183 | 73    |
| 625                           | 650   | 72    | 1.70227                       | 1.76867 | 0     | 1.323182                      | 1.381434 | 0     | 31.183                        | 32.606 | 30    |
| 650                           | 675   | 60    | 1.76867                       | 1.83507 | 99    | 1.381434                      | 1.439686 | 0     | 32.606                        | 34.029 | 1     |
| 675                           | 700   | 85    | 1.83507                       | 1.90147 | 0     | 1.439686                      | 1.497938 | 0     | 34.029                        | 35.452 | 3     |
| 700                           | 725   | 19    | 1.90147                       | 1.96787 | 0     | 1.497938                      | 1.55619  | 2     | 35.452                        | 36.875 | 4     |
| 725                           | 750   | 9     | 1.96787                       | 2.03427 | 0     | 1.55619                       | 1.614442 | 0     | 36.875                        | 38.298 | 3     |
| 750                           | 775   | 162   | 2.03427                       | 2.10067 | 0     | 1.614442                      | 1.672694 | 4     | 38.298                        | 39.721 | 8     |
| 775                           | 800   | 14    | 2.10067                       | 2.16707 | 0     | 1.672694                      | 1.730946 | 3     | 39.721                        | 41.144 | 0     |
| 800                           | 825   | 23    | 2.16707                       | 2.23347 | 0     | 1.730946                      | 1.789198 | 1     | 41.144                        | 42.567 | 0     |
| 825                           | 850   | 73    | 2.23347                       | 2.29987 | 14    | 1.789198                      | 1.84745  | 2     | 42.567                        | 43.99  | 29    |

جدول (ضمیمه ۱-۳): ساول های تخمینى دسته بندی شده برای محاسبه رابطه غلظت - مساحت در هندسه فرکتال.

| Frequency Distribution for Cr |        |       | Frequency Distribution for cu |       |       | Frequency Distribution for Hg |           |       | Frequency Distribution for Mn |        |       |
|-------------------------------|--------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------------------------------|-----------|-------|-------------------------------|--------|-------|
| From(>=)                      | To(<)  | Count | From(>=)                      | To(<) | Count | From(>=)                      | To(<)     | Count | From(>=)                      | To(<)  | Count |
| 27                            | 356.1  | 15474 | 5                             | 7.7   | 137   | 0.018                         | 0.0226753 | 295   | 140                           | 186.5  | 17    |
| 356.1                         | 685.2  | 5253  | 7.7                           | 10.4  | 71    | 0.0226753                     | 0.0273506 | 1165  | 186.5                         | 233    | 154   |
| 685.2                         | 1014.3 | 3699  | 10.4                          | 13.1  | 67    | 0.0273506                     | 0.0320259 | 2936  | 233                           | 279.5  | 132   |
| 1014.3                        | 1343.4 | 2228  | 13.1                          | 15.8  | 249   | 0.0320259                     | 0.0367012 | 2657  | 279.5                         | 326    | 471   |
| 1343.4                        | 1672.5 | 1319  | 15.8                          | 18.5  | 946   | 0.0367012                     | 0.0413765 | 4168  | 326                           | 372.5  | 596   |
| 1672.5                        | 2001.6 | 968   | 18.5                          | 21.2  | 1590  | 0.0413765                     | 0.0460518 | 2473  | 372.5                         | 419    | 760   |
| 2001.6                        | 2330.7 | 500   | 21.2                          | 23.9  | 3540  | 0.0460518                     | 0.0507271 | 1789  | 419                           | 465.5  | 1355  |
| 2330.7                        | 2659.8 | 356   | 23.9                          | 26.6  | 5218  | 0.0507271                     | 0.0554024 | 2375  | 465.5                         | 512    | 1721  |
| 2659.8                        | 2988.9 | 491   | 26.6                          | 29.3  | 4138  | 0.0554024                     | 0.0600777 | 2727  | 512                           | 558.5  | 1353  |
| 2988.9                        | 3318   | 308   | 29.3                          | 32    | 3357  | 0.0600777                     | 0.064753  | 1352  | 558.5                         | 605    | 2086  |
| 3318                          | 3647.1 | 148   | 32                            | 34.7  | 3773  | 0.064753                      | 0.0694283 | 1210  | 605                           | 651.5  | 2254  |
| 3647.1                        | 3976.2 | 132   | 34.7                          | 37.4  | 2223  | 0.0694283                     | 0.0741036 | 1153  | 651.5                         | 698    | 2596  |
| 3976.2                        | 4305.3 | 91    | 37.4                          | 40.1  | 2112  | 0.0741036                     | 0.0787789 | 849   | 698                           | 744.5  | 2894  |
| 4305.3                        | 4634.4 | 41    | 40.1                          | 42.8  | 1178  | 0.0787789                     | 0.0834542 | 1426  | 744.5                         | 791    | 2778  |
| 4634.4                        | 4963.5 | 49    | 42.8                          | 45.5  | 1144  | 0.0834542                     | 0.0881295 | 1254  | 791                           | 837.5  | 2060  |
| 4963.5                        | 5292.6 | 50    | 45.5                          | 48.2  | 648   | 0.0881295                     | 0.0928048 | 1068  | 837.5                         | 884    | 1710  |
| 5292.6                        | 5621.7 | 22    | 48.2                          | 50.9  | 349   | 0.0928048                     | 0.0974801 | 593   | 884                           | 930.5  | 1268  |
| 5621.7                        | 5950.8 | 56    | 50.9                          | 53.6  | 334   | 0.0974801                     | 0.1021554 | 879   | 930.5                         | 977    | 1509  |
| 5950.8                        | 6279.9 | 20    | 53.6                          | 56.3  | 136   | 0.1021554                     | 0.1068307 | 170   | 977                           | 1023.5 | 1351  |
| 6279.9                        | 6609   | 9     | 56.3                          | 59    | 135   | 0.1068307                     | 0.111506  | 649   | 1023.5                        | 1070   | 692   |
| 6609                          | 6938.1 | 94    | 59                            | 61.7  | 136   | 0.111506                      | 0.1161813 | 79    | 1070                          | 1116.5 | 992   |
| 6938.1                        | 7267.2 | 25    | 61.7                          | 64.4  | 29    | 0.1161813                     | 0.1208566 | 283   | 1116.5                        | 1163   | 335   |
| 7267.2                        | 7596.3 | 3     | 64.4                          | 67.1  | 11    | 0.1208566                     | 0.1255319 | 4     | 1163                          | 1209.5 | 320   |
| 7596.3                        | 7925.4 | 28    | 67.1                          | 69.8  | 13    | 0.1255319                     | 0.1302072 | 0     | 1209.5                        | 1256   | 987   |
| 7925.4                        | 8254.5 | 4     | 69.8                          | 72.5  | 12    | 0.1302072                     | 0.1348825 | 0     | 1256                          | 1302.5 | 757   |
| 8254.5                        | 8583.6 | 0     | 72.5                          | 75.2  | 0     | 0.1348825                     | 0.1395578 | 5     | 1302.5                        | 1349   | 108   |
| 8583.6                        | 8912.7 | 179   | 75.2                          | 77.9  | 0     | 0.1395578                     | 0.1442331 | 4     | 1349                          | 1395.5 | 146   |
| 8912.7                        | 9241.8 | 0     | 77.9                          | 80.6  | 30    | 0.1442331                     | 0.1489084 | 4     | 1395.5                        | 1442   | 97    |
| 9241.8                        | 9570.9 | 0     | 80.6                          | 83.3  | 0     | 0.1489084                     | 0.1535837 | 4     | 1442                          | 1488.5 | 41    |
| 9570.9                        | 9900   | 42    | 83.3                          | 86    | 13    | 0.1535837                     | 0.158259  | 18    | 1488.5                        | 1535   | 49    |

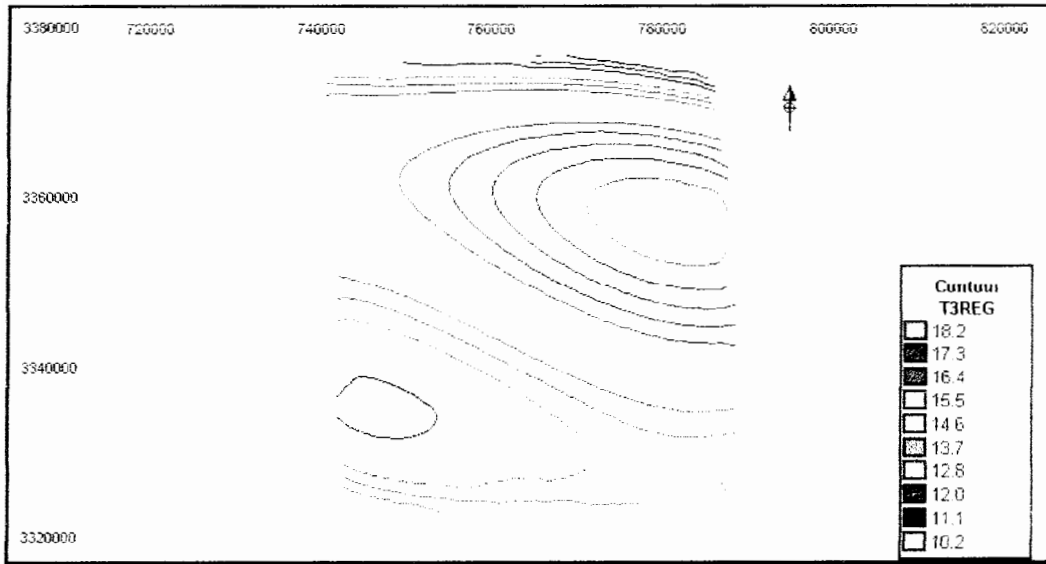
جدول (ضمیمه ۴-۱): سلول‌های تخصیصی دستهبندی شده برای محاسبه رابطه غلظت - مساحت در هندسه فرکتال.

| Frequency Distribution for Mo |         |       | Frequency Distribution for Ni |        |       | Frequency Distribution for Pb |          |       | Frequency Distribution for Sb |          |       |
|-------------------------------|---------|-------|-------------------------------|--------|-------|-------------------------------|----------|-------|-------------------------------|----------|-------|
| From(>=)                      | To(<)   | Count | From(>=)                      | To(<)  | Count | From(>=)                      | To(<)    | Count | From(>=)                      | To(<)    | Count |
| 0.3                           | 0.34778 | 8     | 8.7                           | 23.07  | 870   | 2.69586                       | 5.34586  | 408   | 0.16018                       | 0.259825 | 1759  |
| 0.34778                       | 0.39556 | 2     | 23.07                         | 37.44  | 2710  | 5.34586                       | 7.99586  | 3755  | 0.259825                      | 0.35947  | 2825  |
| 0.39556                       | 0.44334 | 81    | 37.44                         | 51.81  | 6276  | 7.99586                       | 10.64586 | 8094  | 0.35947                       | 0.459115 | 7486  |
| 0.44334                       | 0.49112 | 18    | 51.81                         | 66.18  | 5915  | 10.64586                      | 13.29586 | 6428  | 0.459115                      | 0.55876  | 8841  |
| 0.49112                       | 0.5389  | 14137 | 66.18                         | 80.55  | 4719  | 13.29586                      | 15.94586 | 4634  | 0.55876                       | 0.658405 | 6285  |
| 0.5389                        | 0.58668 | 3082  | 80.55                         | 94.92  | 4299  | 15.94586                      | 18.59586 | 3668  | 0.658405                      | 0.75805  | 1262  |
| 0.58668                       | 0.63446 | 2390  | 94.92                         | 109.29 | 1797  | 18.59586                      | 21.24586 | 2100  | 0.75805                       | 0.857695 | 786   |
| 0.63446                       | 0.68224 | 2261  | 109.29                        | 123.66 | 1957  | 21.24586                      | 23.89586 | 991   | 0.857695                      | 0.95734  | 634   |
| 0.68224                       | 0.73002 | 1678  | 123.66                        | 138.03 | 678   | 23.89586                      | 26.54586 | 483   | 0.95734                       | 1.056985 | 309   |
| 0.73002                       | 0.7778  | 1272  | 138.03                        | 152.4  | 583   | 26.54586                      | 29.19586 | 242   | 1.056985                      | 1.15663  | 411   |
| 0.7778                        | 0.82558 | 2150  | 152.4                         | 166.77 | 319   | 29.19586                      | 31.84586 | 124   | 1.15663                       | 1.256275 | 293   |
| 0.82558                       | 0.87336 | 1782  | 166.77                        | 181.14 | 405   | 31.84586                      | 34.49586 | 93    | 1.256275                      | 1.35592  | 404   |
| 0.87336                       | 0.92114 | 595   | 181.14                        | 195.51 | 298   | 34.49586                      | 37.14586 | 34    | 1.35592                       | 1.455565 | 113   |
| 0.92114                       | 0.96892 | 362   | 195.51                        | 209.88 | 58    | 37.14586                      | 39.79586 | 15    | 1.455565                      | 1.55521  | 14    |
| 0.96892                       | 1.0167  | 370   | 209.88                        | 224.25 | 105   | 39.79586                      | 42.44586 | 18    | 1.55521                       | 1.654855 | 21    |
| 1.0167                        | 1.06448 | 408   | 224.25                        | 238.62 | 85    | 42.44586                      | 45.09586 | 17    | 1.654855                      | 1.7545   | 28    |
| 1.06448                       | 1.11226 | 282   | 238.62                        | 252.99 | 107   | 45.09586                      | 47.74586 | 28    | 1.7545                        | 1.854145 | 1     |
| 1.11226                       | 1.16004 | 124   | 252.99                        | 267.36 | 120   | 47.74586                      | 50.39586 | 14    | 1.854145                      | 1.95379  | 48    |
| 1.16004                       | 1.20782 | 92    | 267.36                        | 281.73 | 87    | 50.39586                      | 53.04586 | 20    | 1.95379                       | 2.053435 | 1     |
| 1.20782                       | 1.2556  | 110   | 281.73                        | 296.1  | 78    | 53.04586                      | 55.69586 | 31    | 2.053435                      | 2.15308  | 2     |
| 1.2556                        | 1.30338 | 123   | 296.1                         | 310.47 | 7     | 55.69586                      | 58.34586 | 43    | 2.15308                       | 2.252725 | 2     |
| 1.30338                       | 1.35116 | 82    | 310.47                        | 324.84 | 38    | 58.34586                      | 60.99586 | 43    | 2.252725                      | 2.35237  | 1     |
| 1.35116                       | 1.39894 | 18    | 324.84                        | 339.21 | 18    | 60.99586                      | 63.64586 | 49    | 2.35237                       | 2.452015 | 3     |
| 1.39894                       | 1.44672 | 19    | 339.21                        | 353.58 | 54    | 63.64586                      | 66.29586 | 38    | 2.452015                      | 2.55166  | 2     |
| 1.44672                       | 1.4945  | 47    | 353.58                        | 367.95 | 2     | 66.29586                      | 68.94586 | 32    | 2.55166                       | 2.651305 | 3     |
| 1.4945                        | 1.54228 | 24    | 367.95                        | 382.32 | 1     | 68.94586                      | 71.59586 | 30    | 2.651305                      | 2.75095  | 1     |
| 1.54228                       | 1.59006 | 43    | 382.32                        | 396.69 | 1     | 71.59586                      | 74.24586 | 62    | 2.75095                       | 2.850595 | 2     |
| 1.59006                       | 1.63784 | 18    | 396.69                        | 411.06 | 0     | 74.24586                      | 76.89586 | 0     | 2.850595                      | 2.95024  | 5     |
| 1.63784                       | 1.68562 | 4     | 411.06                        | 425.43 | 0     | 76.89586                      | 79.54586 | 0     | 2.95024                       | 3.049885 | 10    |
| 1.68562                       | 1.7334  | 7     | 425.43                        | 439.8  | 2     | 79.54586                      | 82.19586 | 95    | 3.049885                      | 3.14953  | 37    |

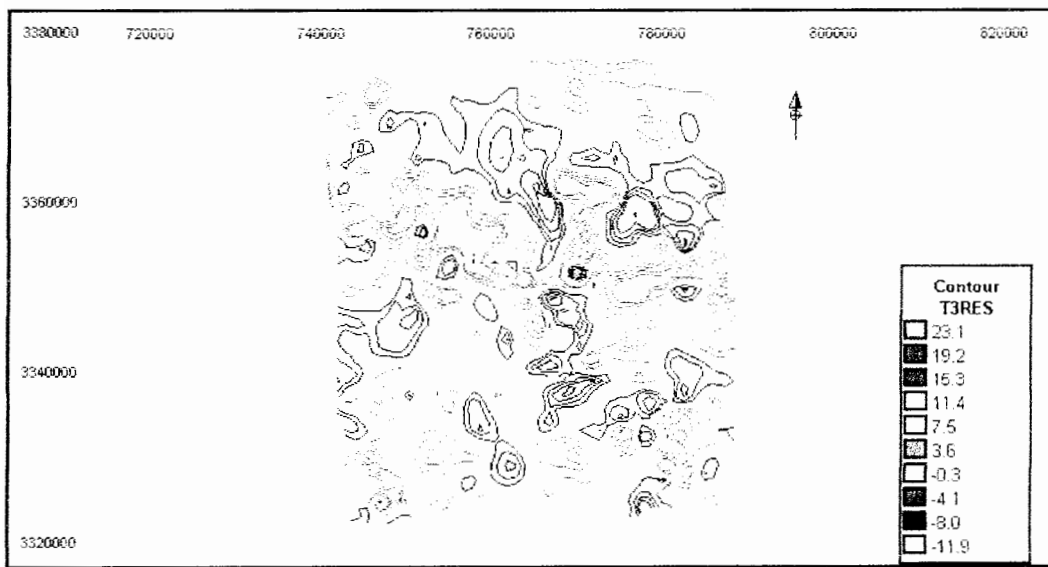
جدول (ضمیمه ۱-۵): سلول‌های تخمینی دسته‌بندی شده برای محاسبه رابطه غلظت - مساحت در هندسه فرکتال.

| Frequency Distribution for Sn |       |       | Frequency Distribution for Ti |           |       | Frequency Distribution for W |          |       | Frequency Distribution for Zn |         |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------------------------------|-----------|-------|------------------------------|----------|-------|-------------------------------|---------|-------|
| From(>=)                      | To(<) | Count | From(>=)                      | To(<)     | Count | From(>=)                     | To(<)    | Count | From(>=)                      | To(<)   | Count |
| 2                             | 2.202 | 12019 | 674.05325                     | 1051.5848 | 273   | 0.36373                      | 0.473144 | 255   | 0.084                         | 3.834   | 83    |
| 2.202                         | 2.404 | 5979  | 1051.5848                     | 1429.1163 | 803   | 0.473144                     | 0.582558 | 21779 | 3.834                         | 7.584   | 0     |
| 2.404                         | 2.606 | 3730  | 1429.1163                     | 1806.6478 | 1344  | 0.582558                     | 0.691972 | 4818  | 7.584                         | 11.334  | 0     |
| 2.606                         | 2.808 | 3642  | 1806.6478                     | 2184.1793 | 1831  | 0.691972                     | 0.801386 | 2349  | 11.334                        | 15.084  | 0     |
| 2.808                         | 3.01  | 3348  | 2184.1793                     | 2561.7108 | 2814  | 0.801386                     | 0.9108   | 848   | 15.084                        | 18.834  | 10    |
| 3.01                          | 3.212 | 1019  | 2561.7108                     | 2939.2423 | 2467  | 0.9108                       | 1.020214 | 541   | 18.834                        | 22.584  | 11    |
| 3.212                         | 3.414 | 591   | 2939.2423                     | 3316.7738 | 2920  | 1.020214                     | 1.129628 | 358   | 22.584                        | 26.334  | 61    |
| 3.414                         | 3.616 | 535   | 3316.7738                     | 3694.3053 | 4475  | 1.129628                     | 1.239042 | 143   | 26.334                        | 30.084  | 93    |
| 3.616                         | 3.818 | 201   | 3694.3053                     | 4071.8368 | 3388  | 1.239042                     | 1.348456 | 135   | 30.084                        | 33.834  | 10    |
| 3.818                         | 4.02  | 74    | 4071.8368                     | 4449.3683 | 2650  | 1.348456                     | 1.45787  | 129   | 33.834                        | 37.584  | 16    |
| 4.02                          | 4.222 | 226   | 4449.3683                     | 4826.8998 | 2648  | 1.45787                      | 1.567284 | 52    | 37.584                        | 41.334  | 27    |
| 4.222                         | 4.424 | 3     | 4826.8998                     | 5204.4313 | 2197  | 1.567284                     | 1.676698 | 44    | 41.334                        | 45.084  | 41    |
| 4.424                         | 4.626 | 96    | 5204.4313                     | 5581.9628 | 1350  | 1.676698                     | 1.786112 | 16    | 45.084                        | 48.834  | 18    |
| 4.626                         | 4.828 | 1     | 5581.9628                     | 5959.4943 | 551   | 1.786112                     | 1.895526 | 30    | 48.834                        | 52.584  | 36    |
| 4.828                         | 5.03  | 1     | 5959.4943                     | 6337.0258 | 313   | 1.895526                     | 2.00494  | 2     | 52.584                        | 56.334  | 77    |
| 5.03                          | 5.232 | 2     | 6337.0258                     | 6714.5573 | 497   | 2.00494                      | 2.114354 | 5     | 56.334                        | 60.084  | 757   |
| 5.232                         | 5.434 | 97    | 6714.5573                     | 7092.0888 | 364   | 2.114354                     | 2.223768 | 5     | 60.084                        | 63.834  | 261   |
| 5.434                         | 5.636 | 8     | 7092.0888                     | 7469.6203 | 204   | 2.223768                     | 2.333182 | 7     | 63.834                        | 67.584  | 818   |
| 5.636                         | 5.838 | 0     | 7469.6203                     | 7847.1518 | 56    | 2.333182                     | 2.442596 | 3     | 67.584                        | 71.334  | 1329  |
| 5.838                         | 6.04  | 0     | 7847.1518                     | 8224.6833 | 118   | 2.442596                     | 2.55201  | 0     | 71.334                        | 75.084  | 2026  |
| 6.04                          | 6.242 | 0     | 8224.6833                     | 8602.2148 | 54    | 2.55201                      | 2.661424 | 13    | 75.084                        | 78.834  | 2688  |
| 6.242                         | 6.444 | 0     | 8602.2148                     | 8979.7463 | 56    | 2.661424                     | 2.770838 | 1     | 78.834                        | 82.584  | 3271  |
| 6.444                         | 6.646 | 1     | 8979.7463                     | 9357.2778 | 147   | 2.770838                     | 2.880252 | 2     | 82.584                        | 86.334  | 3557  |
| 6.646                         | 6.848 | 1     | 9357.2778                     | 9734.8093 | 5     | 2.880252                     | 2.989666 | 1     | 86.334                        | 90.084  | 4689  |
| 6.848                         | 7.05  | 0     | 9734.8093                     | 10112.341 | 18    | 2.989666                     | 3.09908  | 4     | 90.084                        | 93.834  | 2896  |
| 7.05                          | 7.252 | 2     | 10112.341                     | 10489.872 | 3     | 3.09908                      | 3.208494 | 15    | 93.834                        | 97.584  | 2697  |
| 7.252                         | 7.454 | 1     | 10489.872                     | 10867.404 | 4     | 3.208494                     | 3.317908 | 4     | 97.584                        | 101.334 | 1548  |
| 7.454                         | 7.656 | 3     | 10867.404                     | 11244.935 | 10    | 3.317908                     | 3.427322 | 10    | 101.334                       | 105.084 | 1734  |
| 7.656                         | 7.858 | 3     | 11244.935                     | 11622.467 | 1     | 3.427322                     | 3.536736 | 10    | 105.084                       | 108.834 | 1551  |
| 7.858                         | 8.06  | 6     | 11622.467                     | 11999.998 | 28    | 3.536736                     | 3.64615  | 10    | 108.834                       | 112.584 | 1284  |

« ضميمه »

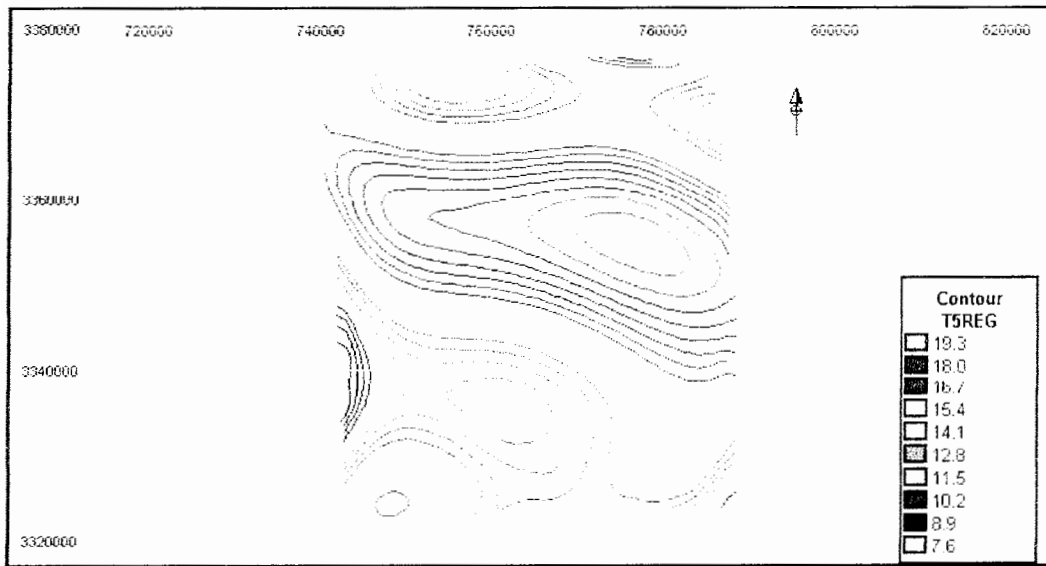


شکل (ضمیمه ۲-۱): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۳.

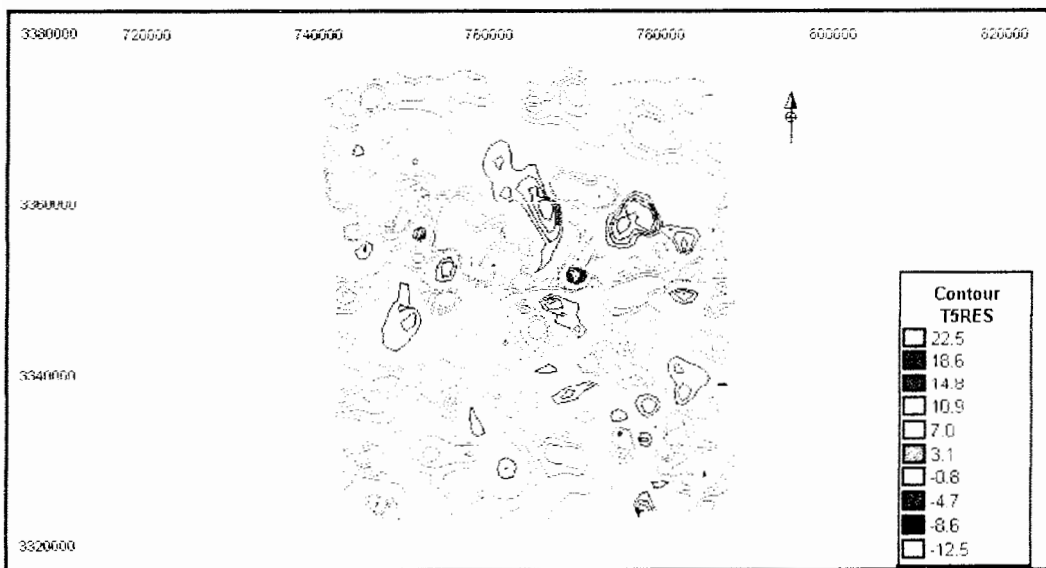


شکل (ضمیمه ۲-۲): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۳.

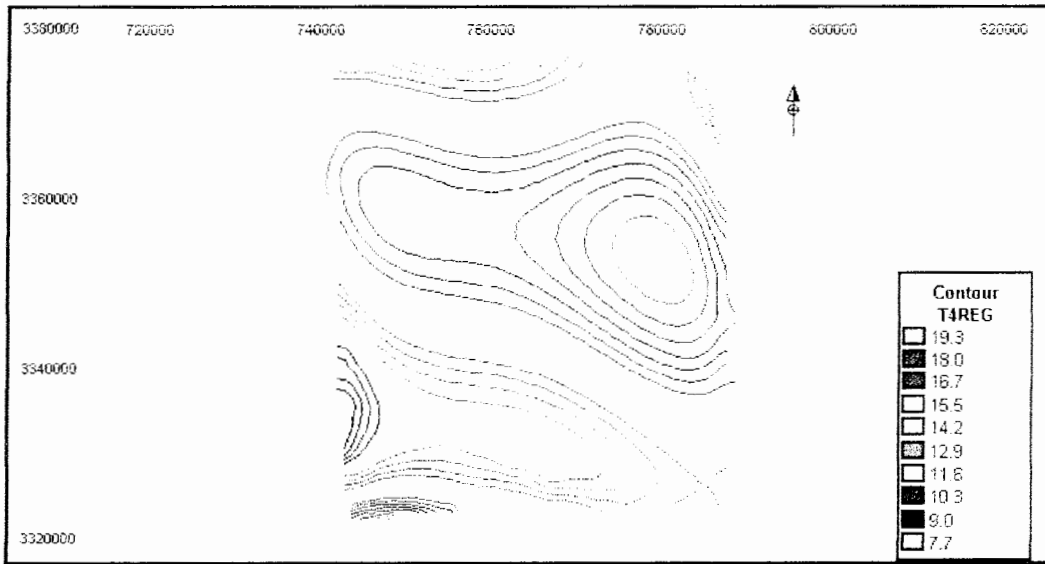




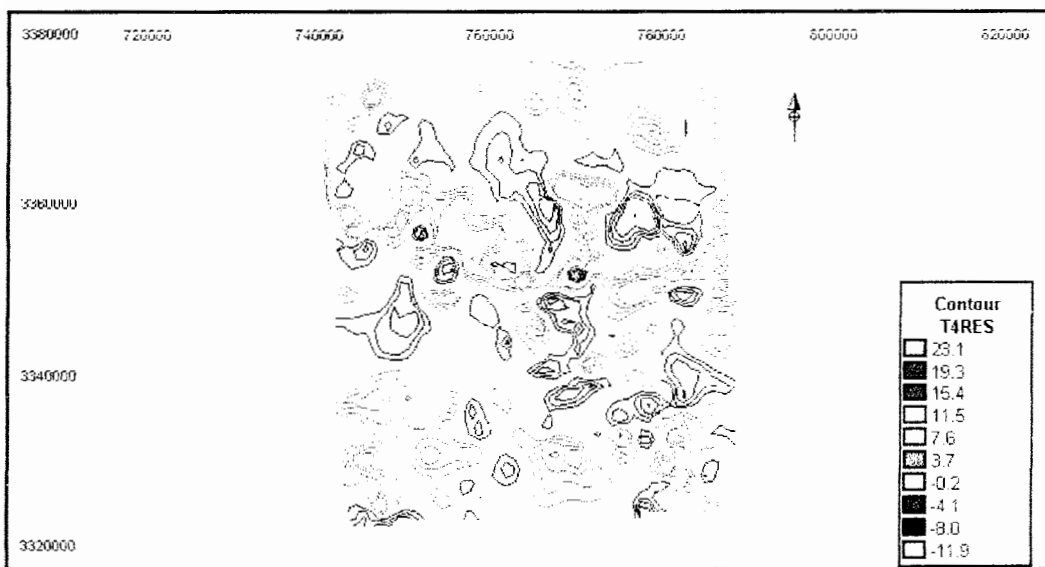
شکل (ضمیمه ۲-۵): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۵.



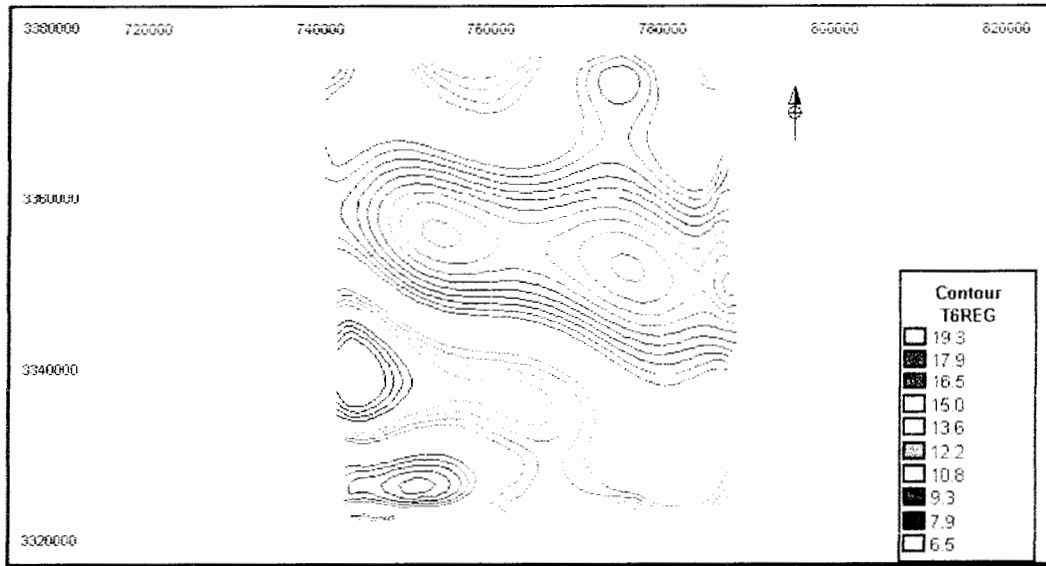
شکل (ضمیمه ۲-۶): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۵.



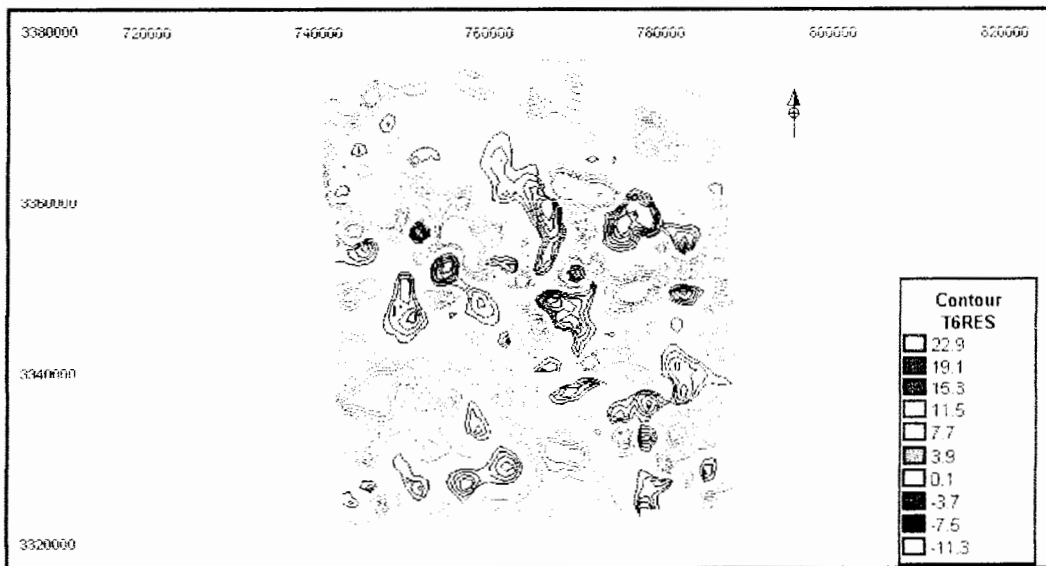
شکل (ضمیمه ۲-۳): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۴.



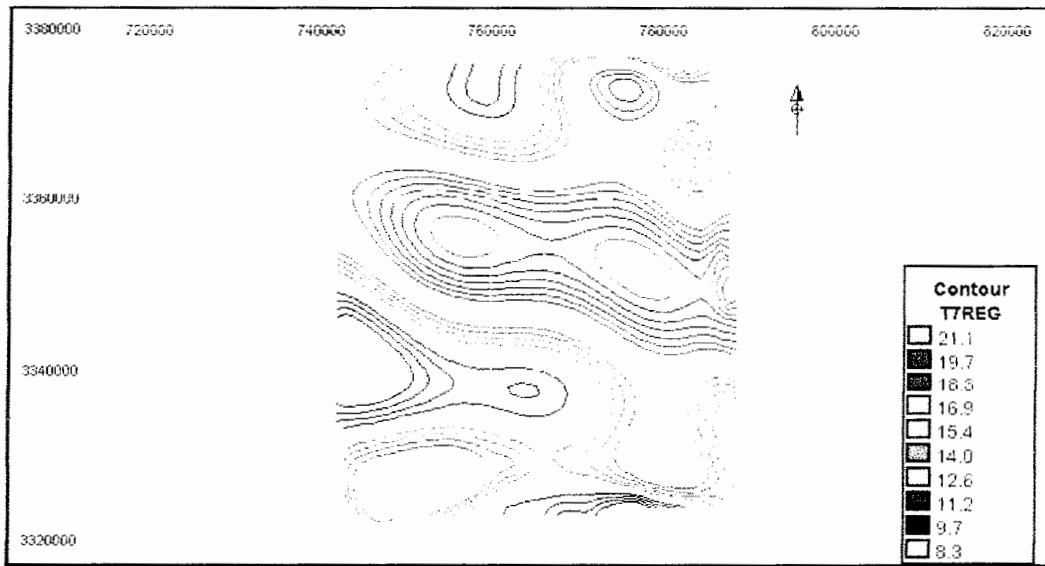
شکل (ضمیمه ۲-۴): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۴.



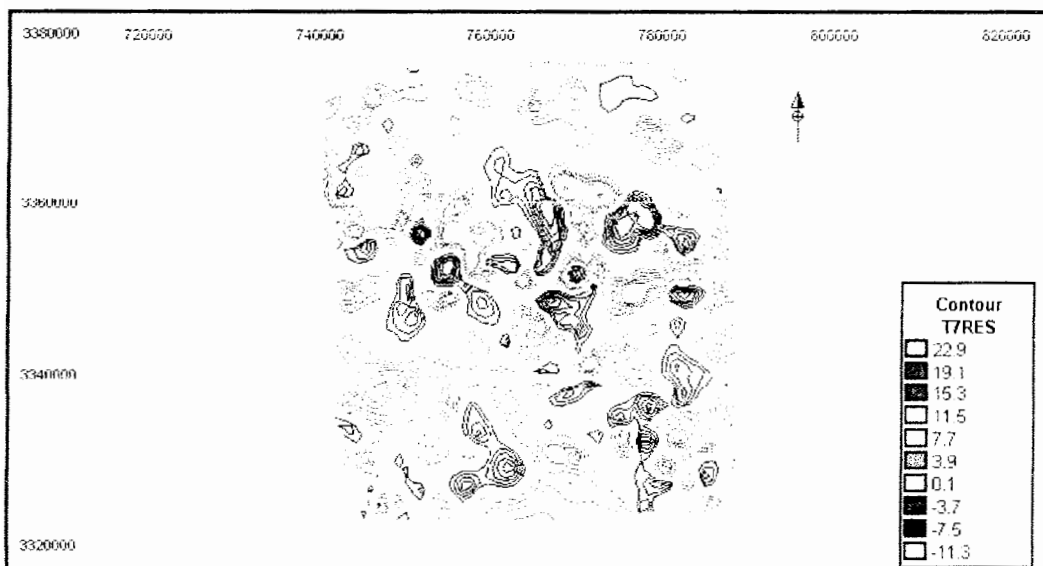
شکل (ضمیمه ۲-۷): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۶.



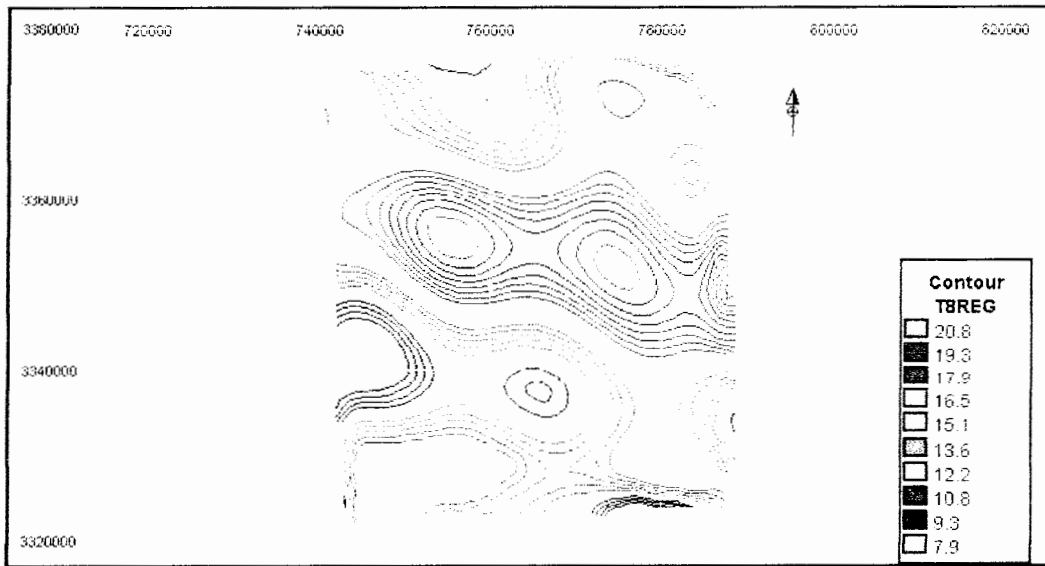
شکل (ضمیمه ۲-۸): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۶.



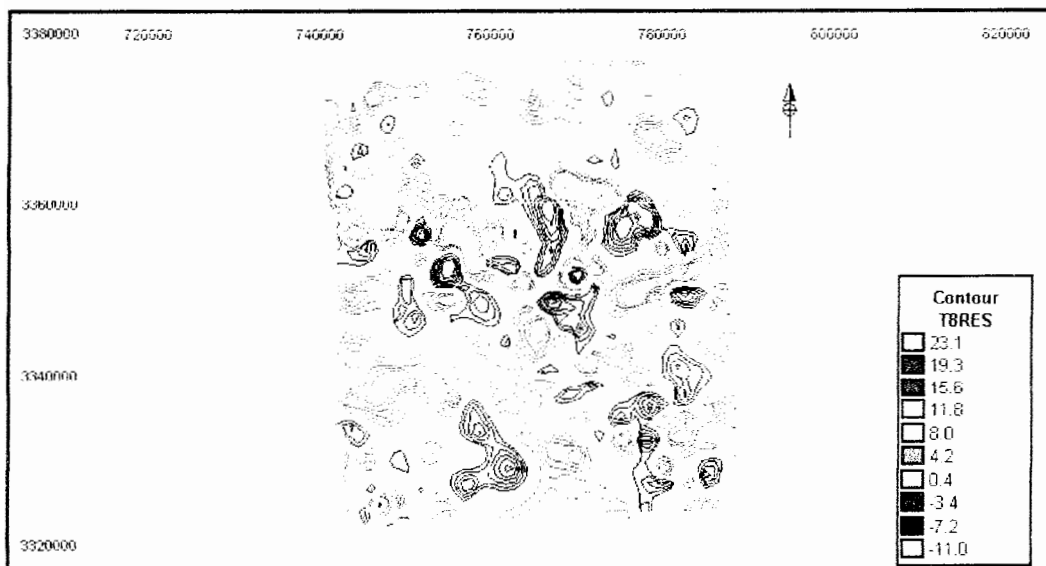
شکل (ضمیمه ۲-۹): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۷.



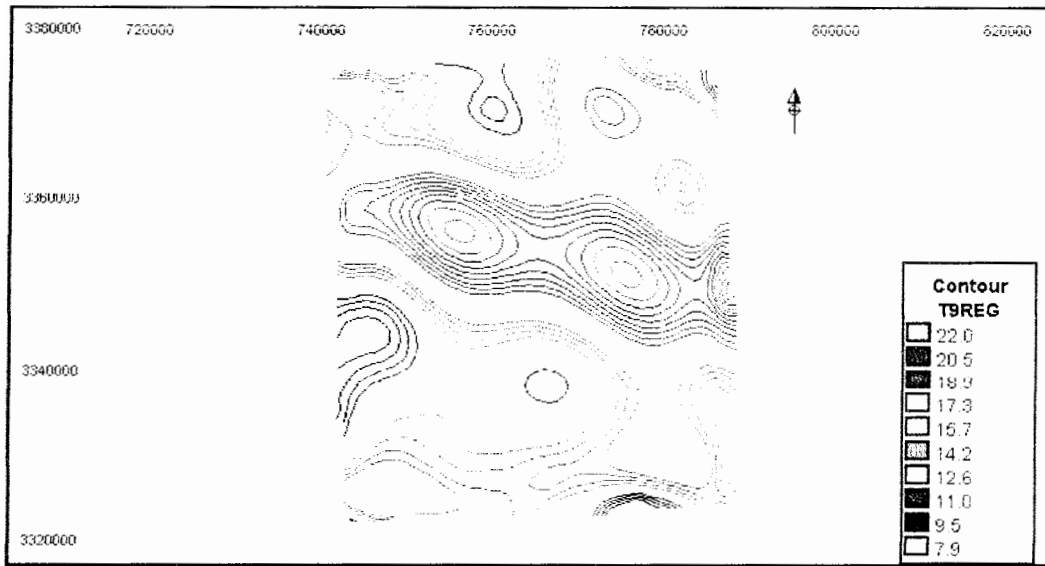
شکل (ضمیمه ۲-۱۰): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۷.



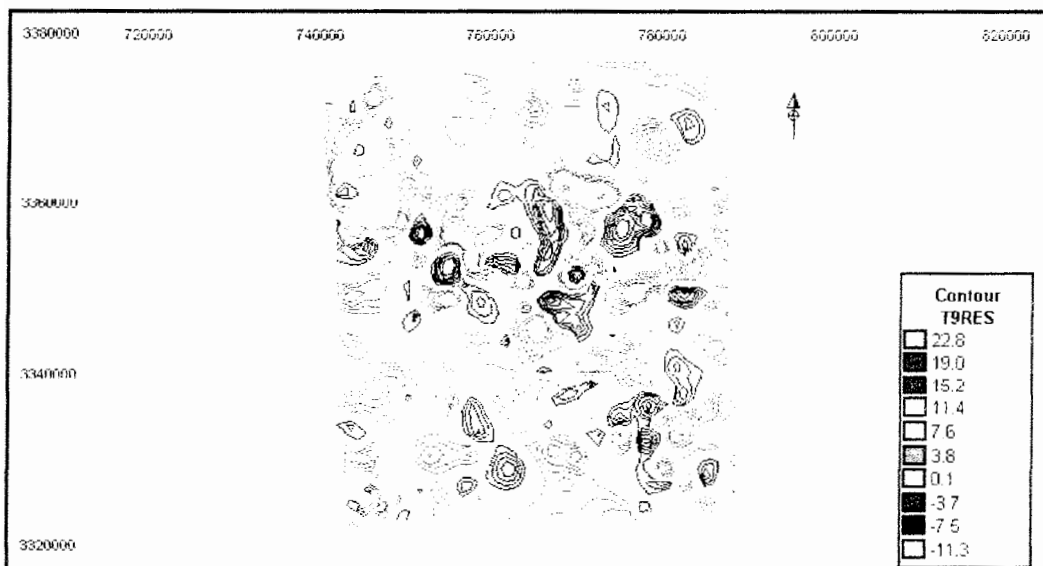
شکل (ضمیمه ۲-۱): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۸.



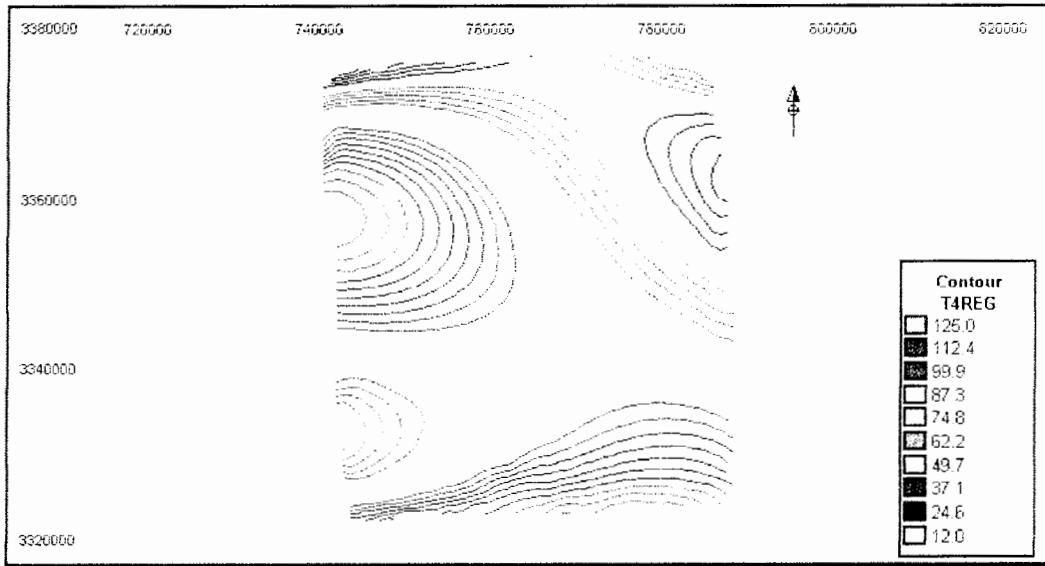
شکل (ضمیمه ۲-۱۲): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۸.



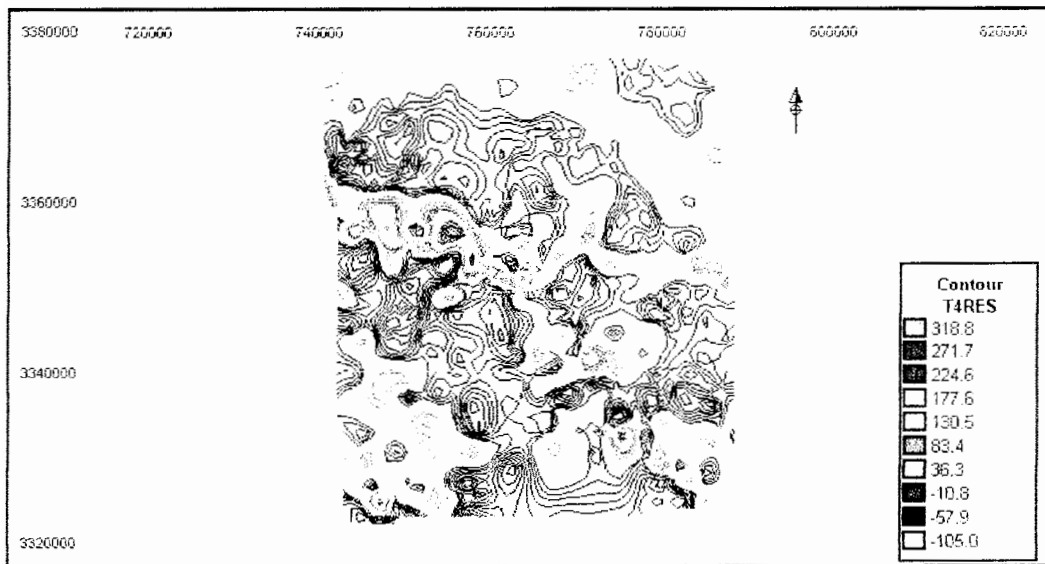
شکل (ضمیمه ۲-۱۳): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر کبالت برای روند درجه ۹.



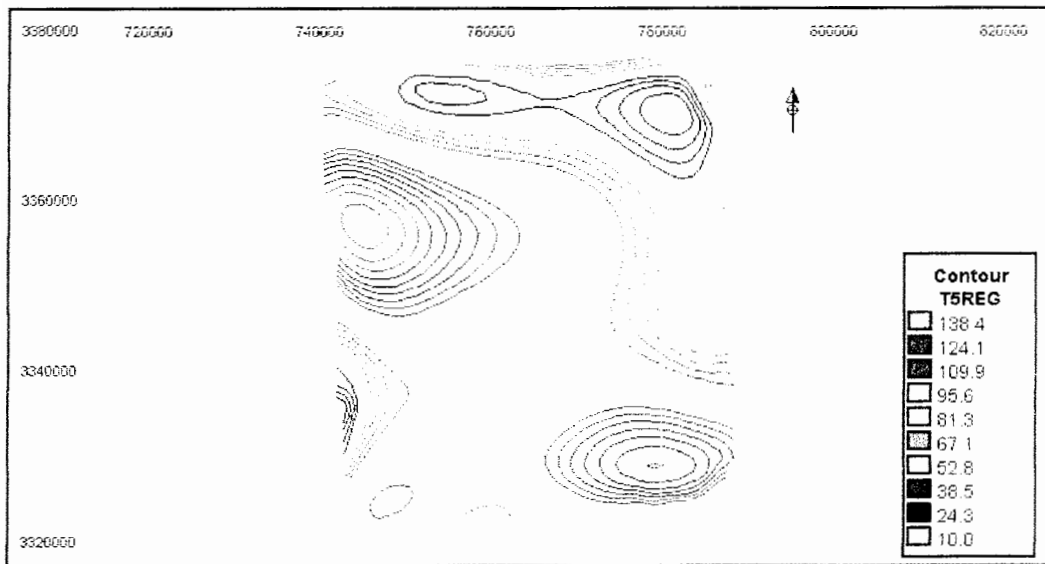
شکل (ضمیمه ۲-۱۴): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر کبالت برای روند درجه ۹.



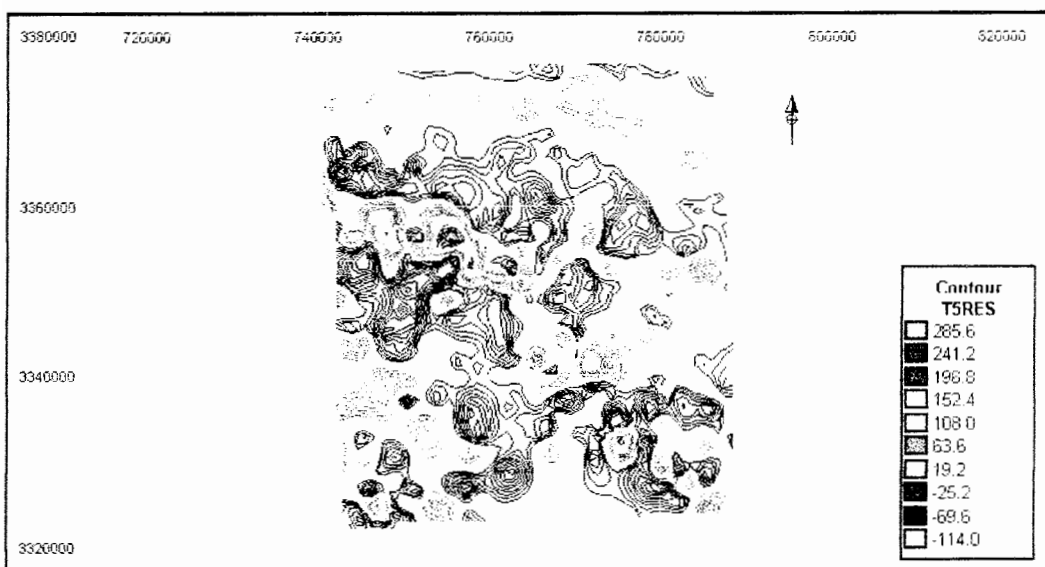
شکل (ضمیمه ۲-۱۵): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر نیکل برای روند درجه ۴.



شکل (ضمیمه ۲-۱۶): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر نیکل برای روند درجه ۴.

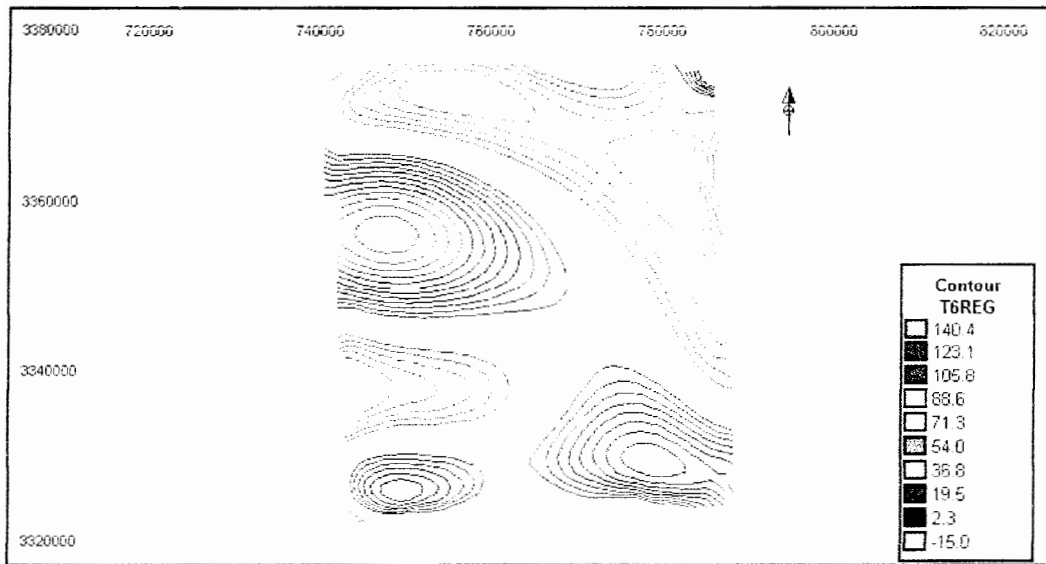


شکل (ضمیمه ۲-۱۷): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر نیکل برای روند درجه ۵.

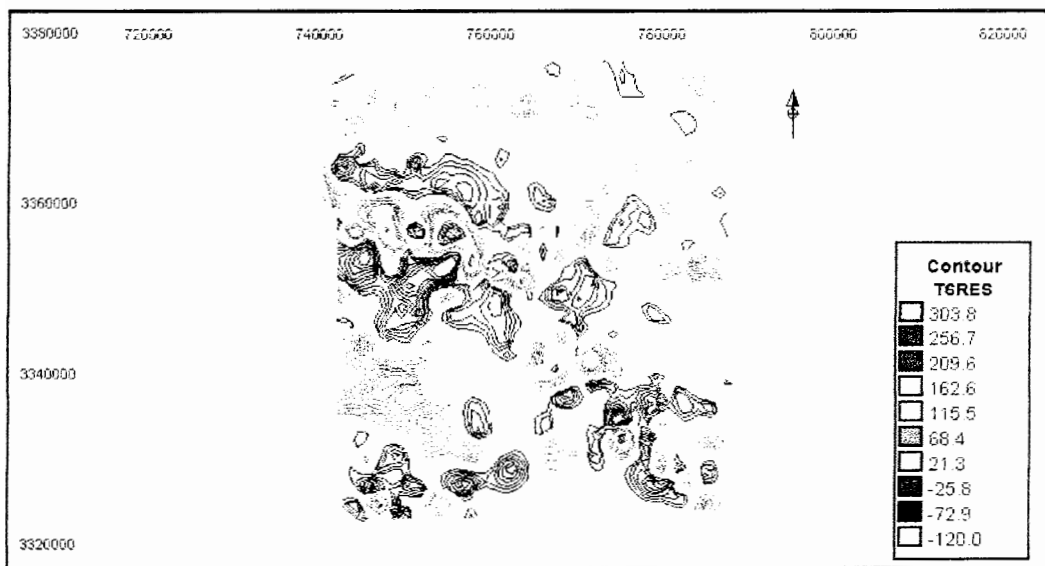


شکل (ضمیمه ۲-۱۸): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر نیکل برای روند درجه ۵.

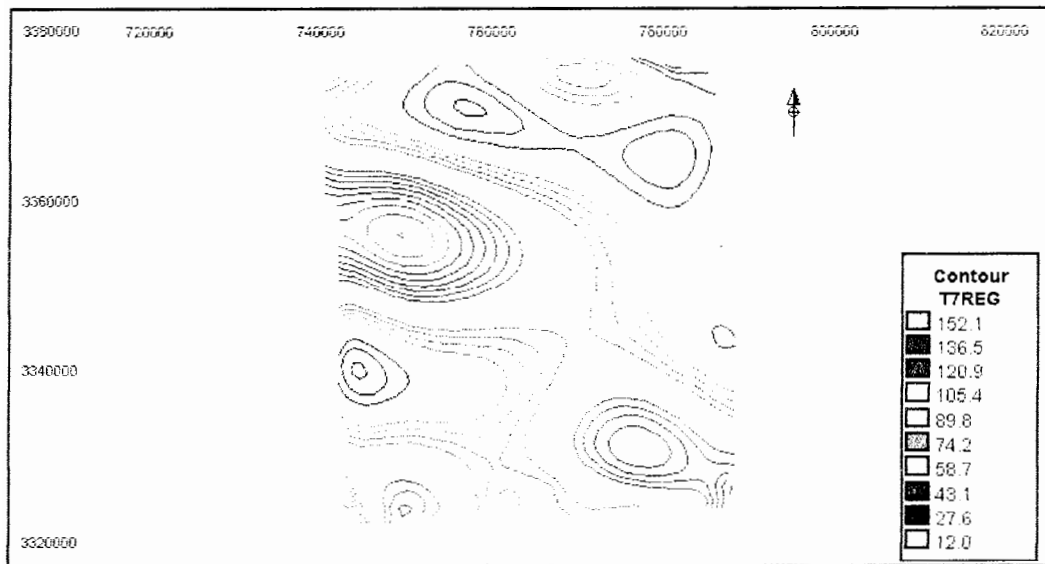




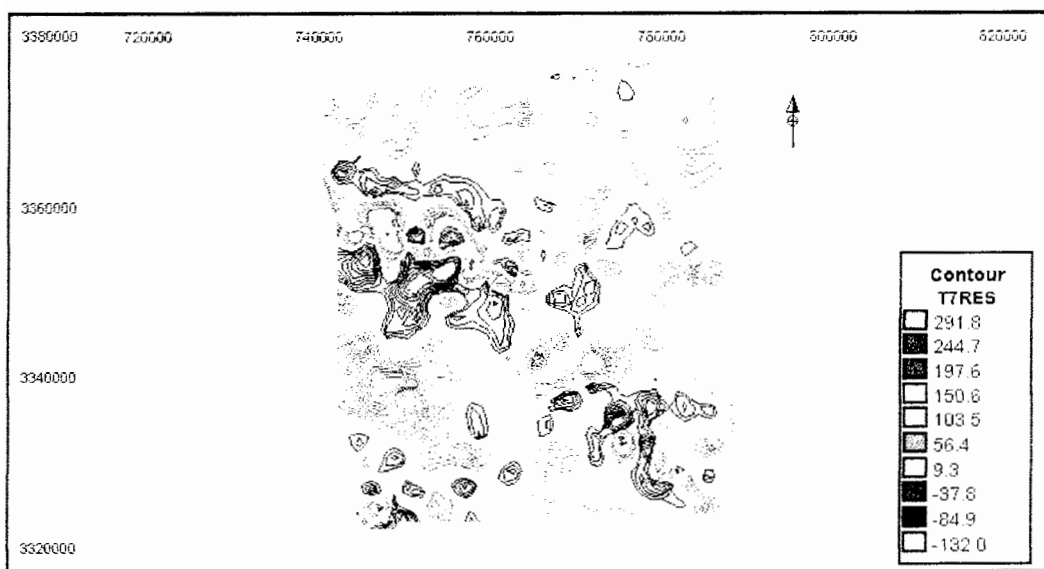
شکل (ضمیمه ۲-۱۹): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر نیکل برای روند درجه ۶.



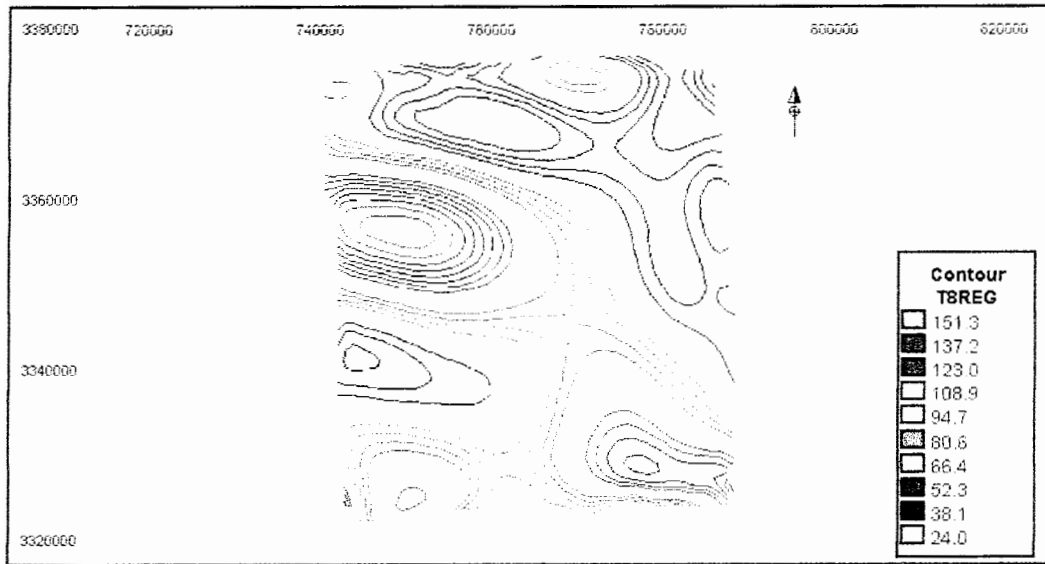
شکل (ضمیمه ۲-۲۰): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر نیکل برای روند درجه ۶.



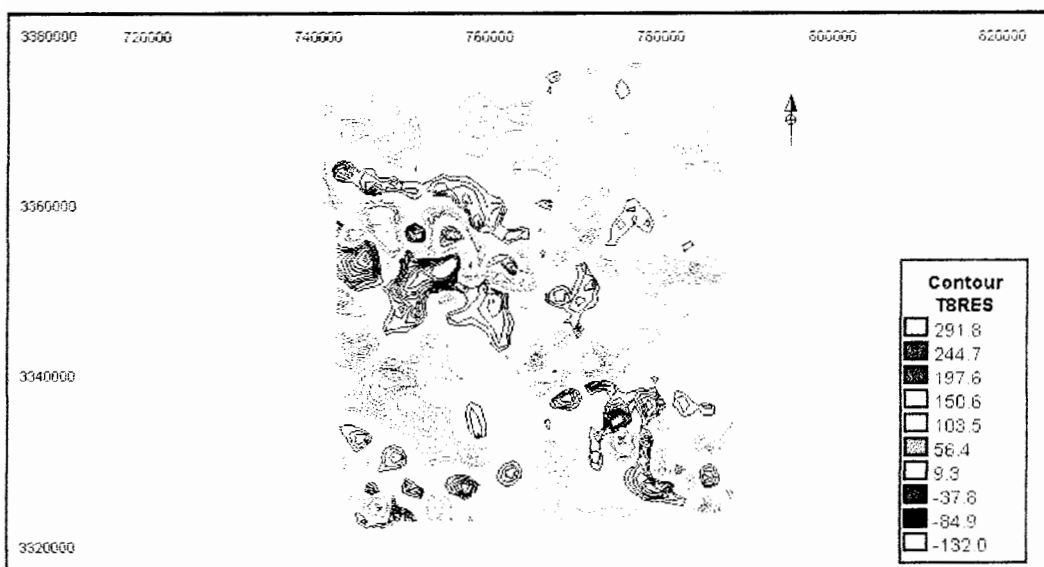
شکل (ضمیمه ۲-۲۱): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر نیکل برای روند درجه ۷.



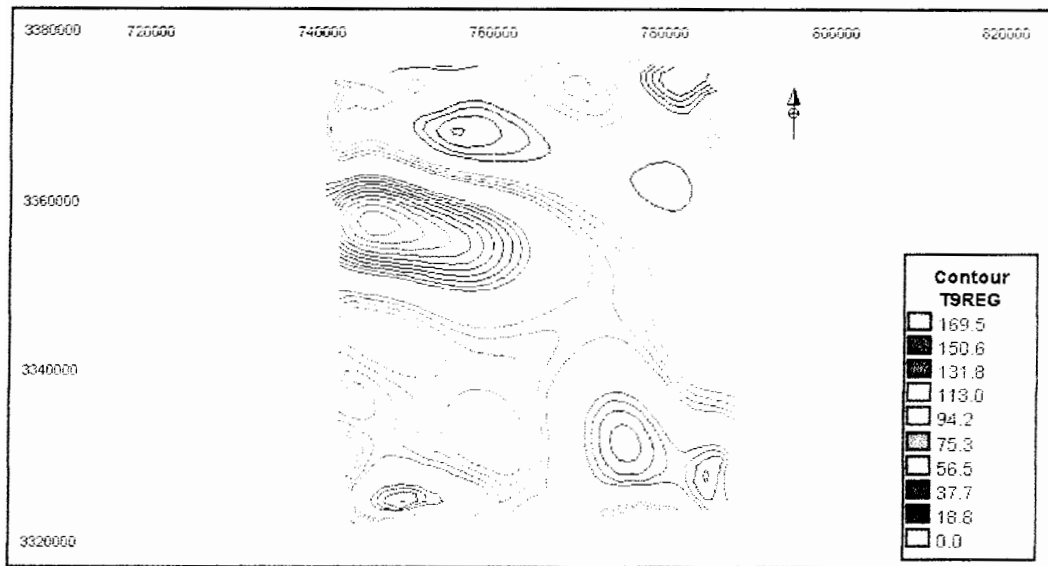
شکل (ضمیمه ۲-۲۲): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر نیکل برای روند درجه ۷.



شکل (ضمیمه ۲-۲۳): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر نیکل برای روند درجه ۸.



شکل (ضمیمه ۲-۲۴): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر نیکل برای روند درجه ۸.

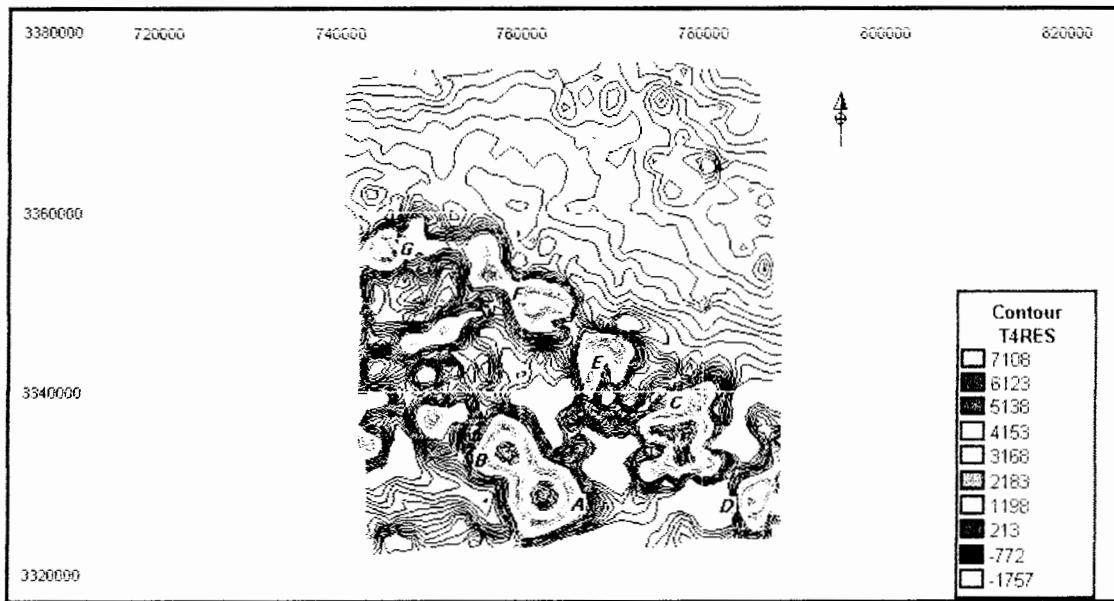


شکل (ضمیمه ۲-۲۵): نقشه اثر ناحیه ای (زمینه) عنصر نیکل برای روند درجه ۹.

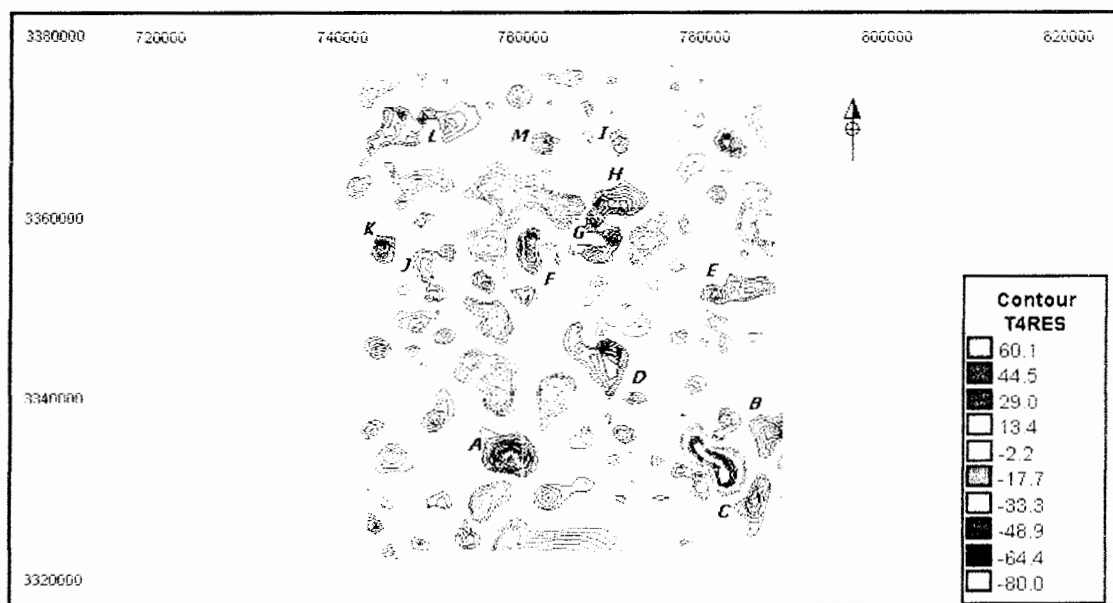


شکل (ضمیمه ۲-۲۶): نقشه اثر باقی مانده (آنومالی) عنصر نیکل برای روند درجه ۹.

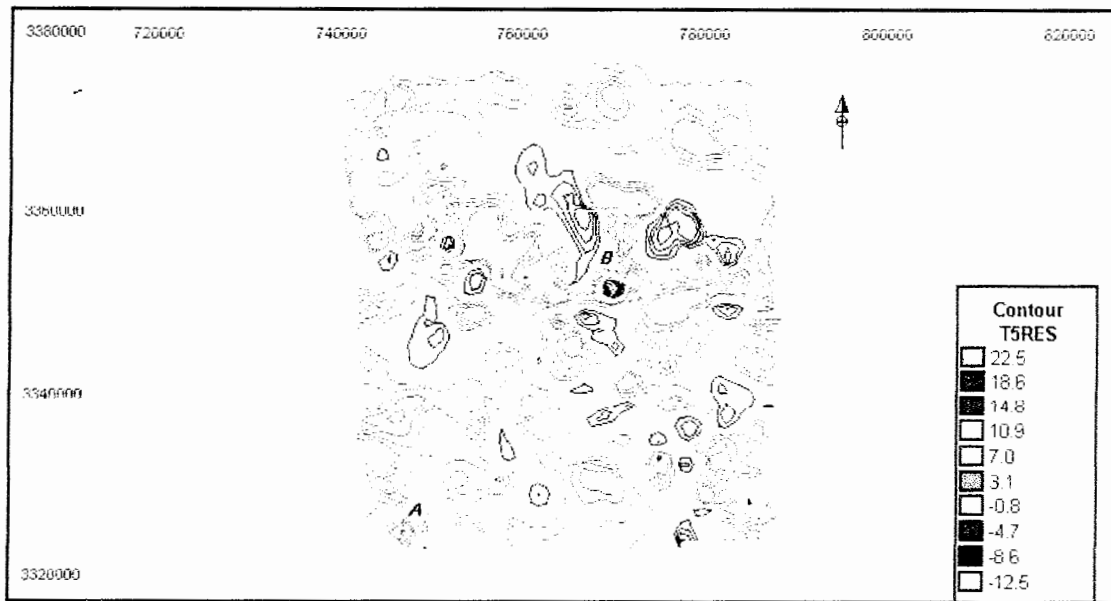
« ضمیمہ ۳ »



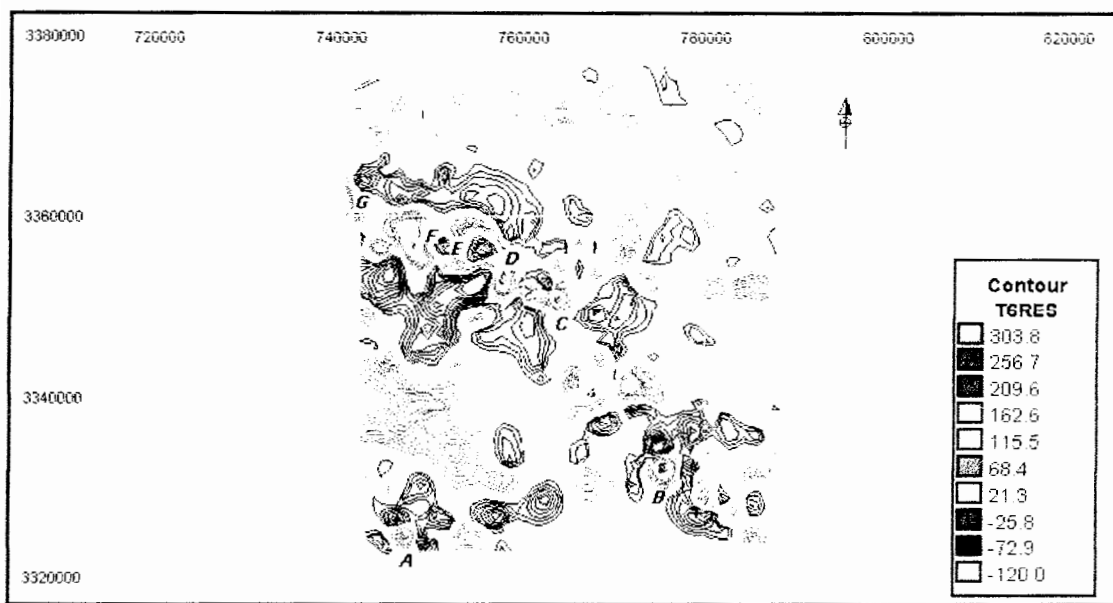
شکل (ضمیمه ۳-۱): نقشه موقعیت آنومالی های ژئوشیمیایی عنصر کروم با استفاده از روش روند سطحی ارتونرمال، برای روند چهارم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



شکل (ضمیمه ۳-۲): نقشه موقعیت آنومالی های ژئوشیمیایی عنصر روی با استفاده از روش روند سطحی ارتونرمال، برای روند چهارم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.



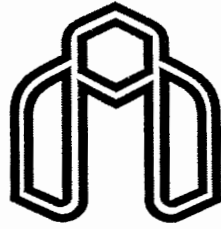
شکل (ضمیمه ۳-۳): نقشه موقعیت آنومالی های ژئو شیمیایی عنصر کبالت با استفاده از روش روند سطحی ارتونرمال، برای روند پنجم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.



شکل (ضمیمه ۳-۴): نقشه موقعیت آنومالی های ژئو شیمیایی عنصر نیکل با استفاده از روش روند سطحی ارتونرمال، برای روند ششم، در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوربان.







دانشگاه صنعتی شاهرود

**Shahrood University of Technology**  
Faculty of Mining Engineering and Geophysics

**Geochemical anomaly separation in surian  
1:10000 sheet with fractal geometry and trend  
surface analysis**

This thesis submitted in part fulfillment of the degree of Master  
of Engineering in Mining Exploration

**By:**

H. Sarkheil

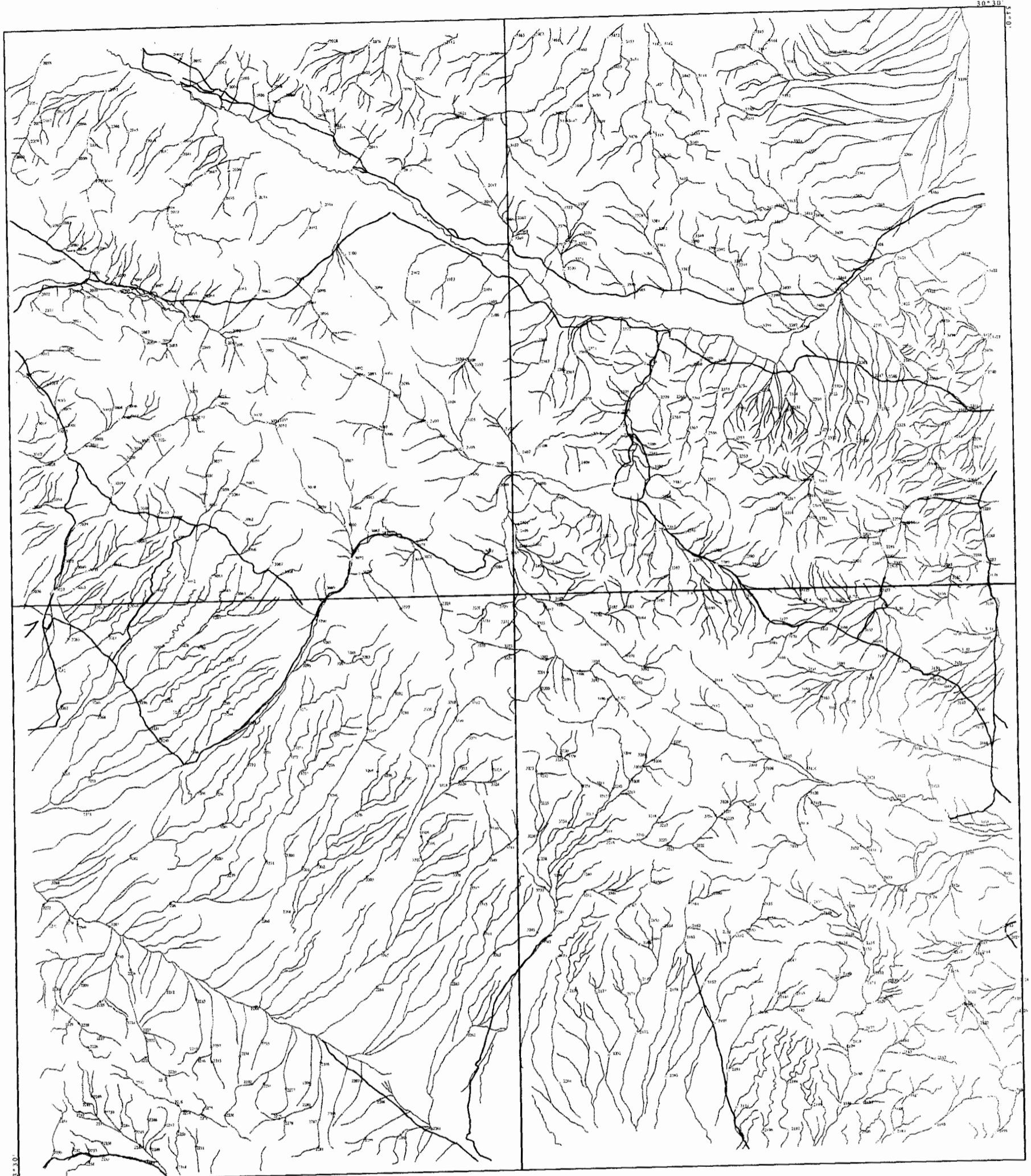
**Supervisors:**

Dr. R. Kakaei

Dr. F. Dolati Ardejani

June 2005

# Surian Sample Location Map



**LEGEND**

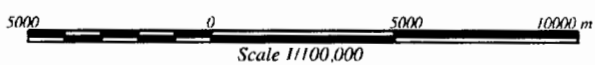
- Contour
- Geochemical Sample
- Heavy metal Sample
- Road
- Village or City
- Ore Indication
- Abandoned Mine
- Mine in Operation

MINISTRY OF MINES & METALS  
GEOLOGICAL SURVEY AND MINERAL  
EXPLORATION OF IRAN

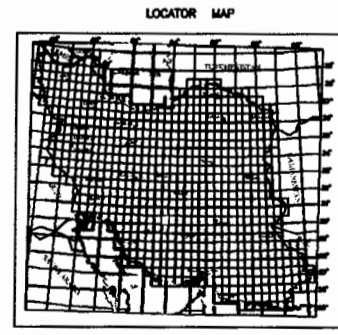
Geochemical Exploration Department

Geochemical Distribution  
Map of " Sample Location "

Scale=1:100,000    Date: March 2002    Map No. 11

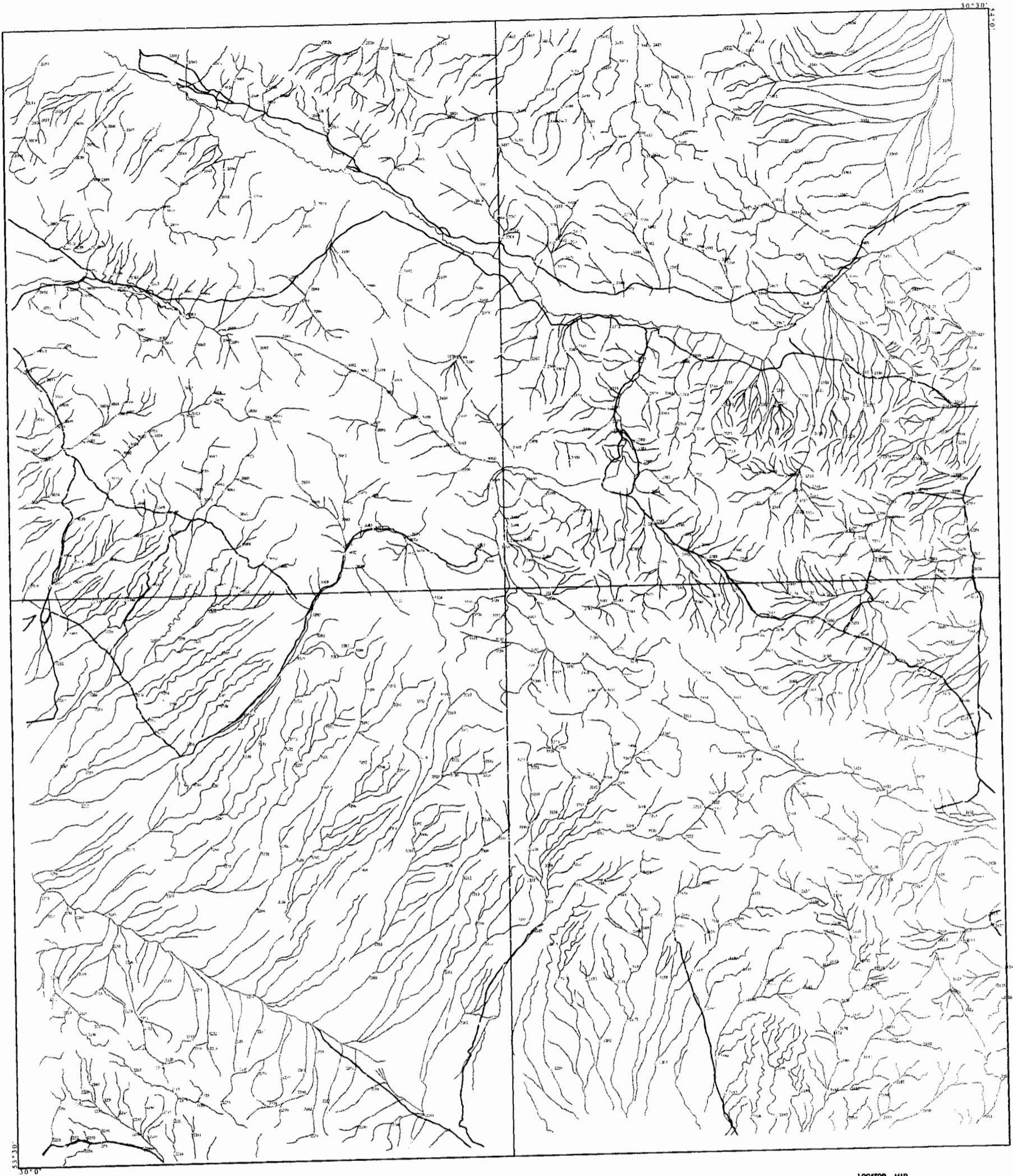


Scale 1/100,000  
Coordinate System UTM (Hayford 1909)



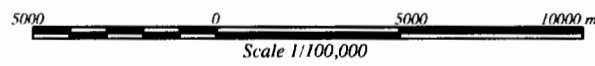
شکل (۱-۳): نقاط نمونه برداری شده در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان [سازمان زمین شناسی، ۲۰۰۲].

# Surian Polygons Map

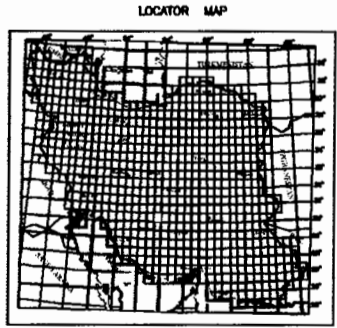


| LEGEND |                    |
|--------|--------------------|
|        | Drainage           |
|        | Geochemical Sample |
|        | Heavy metal Sample |
|        | Road               |
|        | Village or City    |
|        | Ore Indication     |
|        | Abandoned Mine     |
|        | Mine in Operation  |

|  |                  |            |
|--|------------------|------------|
| MINISTRY OF MINES & METALS<br>GEOLOGICAL SURVEY AND MINERAL<br>EXPLORATION OF IRAN |                  |            |
| Geochemical Exploration Department   |                  |            |
| Polygons Map in surian   |                  |            |
| Scale: 1:100,000   | Date: March 2002 | Map No. 11 |



Scale 1/100,000  
Coordinate System UTM (Hayford 1909)



شکل (۵-۳۴): پلی گون های استفاده شده در تخمین شبکه ای در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان.