

فصل دوم
نمونه برداری،
آماده سازی و آنالیز نمونه ها

۱-۲- مقدمه

به منظور تشخیص آنومالیهای واقعی و تمیز انواع مرتبط با ذخایر معدنی از سایر انواع، در هر ناحیه‌ای لازم است تا جزء ثابتی از رسوبات آبراه‌های (برای مثال جزء ۸۰- مش) و یا کانی سنگین (جزء ۲۰- مش) مورد آزمایش قرار گیرد. قطر این جزء ثابت تابع شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و فاصله از منشاء کانی‌سازی می‌باشد. در مواردی که هاله‌های ثانوی اکسیدهای آهن و منگنز توسعه یافته‌اند برداشت نمونه از چنین هاله‌هایی ممکن است موجب شدت بخشی به هاله‌های هیدرومرفیکی شود که در این صورت باید احتیاط‌های لازم جهت تفسیر اطلاعات بدست آمده صورت پذیرد. علاوه بر موارد فوق در بررسی رسوبات آبراه‌های برداشت نمونه‌هایی همچون قطعات کانی‌سازی شده کف آبراه، قطعات پوشیده شده از اکسیدهای آهن و منگنز، قطعات حاوی سیلیس برای آنالیز یک یا چند عنصر یا کانی خاص، می‌تواند مفید واقع شود. البته هر یک از محیط‌های نمونه برداری فوق تحت شرایط خاصی می‌تواند بیشتر مفید واقع شوند. عواملی که باید در این خصوص در نظر گرفته شوند شامل تیپ کانسار مورد انتظار، سنگ درونگیر، محیط تکتونیکی و دامنه سنی واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد. از ترکیب نتایج بدست آمده از محیط‌های مختلف نمونه برداری در حوضه‌های آبریز، می‌توان به نتایج مناسب‌تری دست یافت. در پروژه حاضر نتایج حاصل از بررسی‌های مختلف با یکدیگر ترکیب و سپس مدل‌سازی شده‌اند و بدین دلیل نتایج نهایی بدست آمده چه در جهت مثبت و چه در جهت منفی می‌تواند معتبرتر باشد. کلیه نتایج بدست آمده از هر یک از این روشها تشکیل یک سیستم اطلاعاتی با امکانات حذف و انتخاب مکرر مناطق امیدبخش را می‌دهد که براساس سازگاری و ناسازگاری خواص مشاهده شده در مدل انجام می‌پذیرد و از این رو امکان بروز خطاهای ناهنجار در آن کمتر است.

بطور کلی چگالی نمونه برداری از رسوبات آبراه‌های، تابع دانسیته آبراه‌ها در حوضه آبریز است. برای مناطقی مانند منطقه تحت پوشش پروژه حاضر این مقدار می‌تواند یک نمونه برای هر ۱ تا چند کیلومتر مربع در نظر گرفته شود. در پروژه حاضر با توجه به تعداد متوسط ۸۰۰ نمونه برای هر برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ (معادل ۲۰۰ نمونه در هر برگه ۱:۵۰,۰۰۰)، متوسط مساحت تحت پوشش یک نمونه به طور متوسط ۳ کیلومتر مربع می‌باشد. برای استفاده بهینه از داده‌های حاصل از هر نمونه سعی شده است تا توزیع نمونه‌ها در نواحی کوهستانی حتی الامکان به روش مرکز ثقل حوضه‌های آبریز باشد. البته اینکه حوضه تحت پوشش هر نمونه وضعیت مناسبی برای تخمین شبکه‌ای داشته باشد نیز در انتخاب محل نمونه‌ها موثر بوده است.

۲-۲- عوامل مؤثر در طراحی نمونه برداری

طراحی نمونه برداری طوری صورت گرفته است که ۷۵۳ نمونه برداشت شده در این برگه، حداکثر سازگاری را با روش مرکز ثقل داشته باشد. درجه مرکز ثقل را عواملی نظیر چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی و

تکتونیک کنترل می‌کند. معمولاً در طراحی به روش مرکز ثقل چگالی نمونه‌برداری در اطراف توده‌های نفوذی و خروجی و نواحی مجاور آنها (کتناکت‌ها)، نواحی اطراف گسل‌ها و تقاطع آنها، زونهای دگرسان شده بعد از ماگمایی و مناطقی که در بخش فوقانی توده‌های نفوذی نیمه عمیق قرار دارند (این توده‌ها از روی نقشه ژئوفیزیک هوایی مشخص می‌شوند) به علت پتانسیل معدنی بالاتر، از مقدار بالاتری برخوردار می‌باشند. معمولاً آبراهه‌هایی که بوسیله گسل‌های عمیق مشخص شده به روش ژئوفیزیک هوایی قطع می‌شوند، ۵۰۰ متر پائین‌تر از محل تلاقی آبراهه با گسل مورد نمونه‌برداری قرار می‌گیرند. در مواردی که آلتراسیون‌های شدید مشاهده شده است، بخصوص در اطراف سنگ‌های نفوذی یا خروجی موجود در نواحی کم ارتفاع (این نواحی بیشترین مقدار آلتراسیون را چه از نظر وسعت و چه از نظر شدت نشان می‌دهند)، درجه مرکز ثقل آبراهه‌ها باید به طور محلی افزایش یابد. این امر به دلیل اهمیت چنین مناطقی می‌باشد.

به دلیل فعال بودن پدیده رقیق‌شدگی و اثر سرشکن‌شدگی در حوضه‌های آبریز وسیع (با بیش از ۳۰ سر شاخه) و کاهش شدت آنومالی‌های احتمالی در محل اتصال آبراهه‌ها به یکدیگر لازم است چنین حوضه‌های آبریزی بخصوص در مواردی که آبراهه سنگ بستر را قطع نمی‌کند به حوضه‌های کوچکتر تقسیم گردند. این امر موجب می‌گردد تا اختلاط رسوبات از آبراهه‌های مرتبط با کانی‌سازی احتمالی با آبراهه‌های بدون کانی‌سازی موجب تضعیف بیش از حد شدت آنومالی‌ها و ارزیابی منفی آنها نگردد. به علاوه این امر موجب می‌گردد تا احتمال قطع سنگ بستر در آبراهه افزایش یابد و این امر خود موجب افزایش ارزش داده‌ها می‌گردد. علاوه بر عوامل فوق، یکی دیگر از عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری تقسیم یک حوضه آبریز بزرگ به حوضه‌های کوچکتر، احتمال وجود آلودگی‌های ناشی از فعالیتهای کشاورزی در حاشیه رودخانه‌هایی است که نواحی با توپوگرافی آرام (قابل کشت) در اطراف آنها وجود داشته است. بدیهی است مصرف کودهای شیمیایی و سموم نباتی احتمال وجود آلودگی به عناصر کمیاب را در رسوبات پائین دست آنها افزایش می‌دهد. در چنین مواردی فقط مرکز ثقل بخشهای فوقانی آنها، که از آلودگی مصون می‌باشد، می‌تواند محاسبه گردد.

۲-۳- عملیات نمونه برداری

نظر به وسعت فوق العاده زیاد منطقه تحت پوشش اکتشاف ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰، لازم است محیط‌های ثانوی تحت پوشش نمونه برداری قرار گیرند. اساس این مطالعات بر نحوه توزیع عناصر در هاله‌های ثانوی سطحی به خصوص رسوبات رودخانه‌ای و خاکها قرار دارد. در این بخش تنها به تشریح عملیات صحرائی در این پروژه اشاره می‌گردد.

در خلال این عملیات ۶ اکیپ کارشناس به مدت ۱۲ روز در یک کمپ واقع در شهرستان آب بر و ۶ اکیپ کارشناس به مدت ۱۳ روز در یک کمپ واقع در شهر زنجان شرکت داشته‌اند. در این عملیات هر

اکیپ عموماً دارای وسیله نقلیه مخصوص به خود، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ با محل نمونه‌های از پیش تعیین شده و دستگاه موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) بوده است. هر نمونه ژئوشیمیایی متشکل از حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم جزء ۸۰- مش رسوبات آبراه‌ای می‌باشد که پس از الک‌کردن رسوب خشک در محل، درون کیسه‌های پلاستیکی نو ریخته شده و شماره‌گذاری گردیده است.

هر اکیپ نمونه برداری برای نمونه‌های برداشت شده، شماره مسلسلی انتخاب و در کمپ با هماهنگی با اکیپ‌های دیگر شماره نمونه‌های خود را به یک سیستم شماره گذاری واحد با شماره سریال منفرد تبدیل می‌نموده‌اند که روی نقشه نمونه برداری (۱:۱۰۰,۰۰۰) مشخص گردیده است. محل نمونه‌های برداشت شده به همراه شماره مسلسل نهایی در کمپ، بر روی یک نقشه واحد پیاده می‌شده است. نقاط نمونه‌برداری شده در این برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ به صورت نقشه در پیوست گزارش (نقشه شماره Apx.1) نشان داده شده است. راهنمای نقشه، علائم بکار رفته در نقشه را تعریف می‌کند. نمونه‌های برداشت شده (محل و شماره آنها) در کمپ دوباره کنترل شده که این عمل از طریق مقایسه کردن با لیست‌هایی که قبلاً تهیه گردیده بود انجام می‌شده است. این کار یک مرتبه پس از حمل نمونه‌ها به کمپ و بطور روزانه انجام می‌شده و بار دیگر در خاتمه عملیات انجام گردیده است. لازم به توضیح است که ۷۵۳ نمونه در این برگه برداشت شده است. در شماره‌گذاری نمونه‌ها از یک کد چهار رقمی استفاده گردیده است. این کد متشکل از یک حرف و یک عدد حداکثر سه رقمی است. اولین حرف از سمت چپ هر کد معرف اولین حرف از برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ مربوطه می‌باشد (حرف T برای طارم). در این برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ از ترکیب حرف فوق در اول کد چهار رقمی هر نمونه استفاده شده است. نمونه‌هایی که به حرف H ختم می‌شوند، معرف نمونه‌های کانی‌سنگین می‌باشند و نمونه‌هایی که با حرف G ختم می‌شوند معرف نمونه‌های ژئوشیمی می‌باشند. نمونه‌هایی که به حرف M ختم می‌شوند معرف نمونه‌های مینرالیزه احتمالی می‌باشند که در مرحله کنترل آنومالی‌ها در محل مناطق آنومال برداشت شده‌اند.

۲-۴- آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی

کلیه نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده توسط شرکت زر آزما به شرکت AMDEL استرالیا فرستاده شد تا پس از آماده‌سازی برای ۴۴ عنصر مورد آنالیز قرار گیرند (به شماره پرونده 6ZR0363). روش اندازه‌گیری برای همه عناصر بجز طلا روش ICP-MS و ICP-OES بوده است. طلا به روش غال‌گذاری (Fire Assay) اندازه‌گیری شده است.

حد حساسیت‌های آنالیز، واحدهای اندازه‌گیری و روش اندازه‌گیری برای ۴۴ عنصر آنالیز شده در این برگه به شرح زیر انجام شده است که حدود حساسیت قابل قبول در آن رعایت گردیده است. (جدول شماره ۲-۱).

جدول (۲-۱): حد حساسیت‌های آنالیز برای ۴۴ عنصر اندازه گیری شده (طبق گزارش شرکت زرآرما)

ANALYTE	UNITS	DETECTION	METHOD	ANALYTE	UNITS	DETECTION	METHOD
<i>Au</i>	ppb	1	PM-01	<i>Mo</i>	ppm	0.1	IC3E
<i>Ag</i>	ppm	0.01	IC3E	<i>Na</i>	ppm	10	IC3E
<i>Al</i>	ppm	10	IC3E	<i>Nb</i>	ppm	0.5	IC3E
<i>As</i>	ppm	0.5	IC3E	<i>Ni</i>	ppm	2	IC3E
<i>B</i>	ppm	0.5	IC3E	<i>P</i>	ppm	5	IC3E
<i>Ba</i>	ppm	0.2	IC3E	<i>Pb</i>	ppm	0.2	IC3E
<i>Be</i>	ppm	0.2	IC3E	<i>Rb</i>	ppm	0.1	IC3E
<i>Bi</i>	ppm	0.1	IC3E	<i>S</i>	ppm	50	IC3E
<i>Ca</i>	ppm	10	IC3E	<i>Sb</i>	ppm	0.1	IC3E
<i>Cd</i>	ppm	0.1	IC3E	<i>Sc</i>	ppm	1	IC3E
<i>Ce</i>	ppm	0.5	IC3E	<i>Sn</i>	ppm	0.2	IC3E
<i>Co</i>	ppm	0.2	IC3E	<i>Sr</i>	ppm	0.1	IC3E
<i>Cr</i>	ppm	2	IC3E	<i>Te</i>	ppm	0.2	IC3E
<i>Cs</i>	ppm	0.1	IC3E	<i>Th</i>	ppm	0.02	IC3E
<i>Cu</i>	ppm	0.2	IC3E	<i>Ti</i>	ppm	10	IC3E
<i>Fe</i>	ppm	100	IC3E	<i>Tl</i>	ppm	0.1	IC3E
<i>Hg</i>	ppm	0.05	IC3E	<i>U</i>	ppm	0.02	IC3E
<i>K</i>	ppm	10	IC3E	<i>V</i>	ppm	2	IC3E
<i>La</i>	ppm	10	IC3E	<i>W</i>	ppm	0.1	IC3E
<i>Li</i>	ppm	0.5	IC3E	<i>Y</i>	ppm	0.05	IC3E
<i>Mg</i>	ppm	10	IC3E	<i>Zn</i>	ppm	0.2	IC3E
<i>Mn</i>	ppm	2	IC3E	<i>Zr</i>	ppm	5	IC3E

۲-۵- محاسبه خطای آنالیز آزمایشگاه

در بررسی‌های ژئوشیمیایی اکتشافی، تعیین دقت آنالیز و تحلیل آن‌ها با اهمیت است. از آنجا که تعیین محدوده‌های آنومالی ماهیت نسبی دارد، لذا تعیین دقت هر یک از روشهای آنالیز الزامی است، ولی تعیین صحت آنها در درجه بعد قرار می‌گیرد.

برای تعیین خطای اندازه گیری آنالیزهای شیمیایی اقدام به تهیه ۳۰ نمونه خریداری شده زیر ۲۰۰ مش (تحت دیگر شرایط یکسان) گردیده است. این نمونه‌ها که پس از پودرشدن تا حد ۲۰۰- مش تهیه و مورد آنالیز تکراری قرار می‌گیرند می‌توانند خطای مرحله آنالیز را منعکس سازند زیرا فاقد خطای نمونه برداری و آماده سازی می‌باشند. این نمونه‌ها با کد رمزدار طبق صورت جلسه تهیه و در اختیار آزمایشگاه قرار گرفت. جدول (۲-۲) برای کلیه عناصر مقادیر اصلی و تکراری را نشان می‌دهد.

برای محاسبه خطا لازم است تا داده‌های حاصل از دوبار آزمایش برای عناصر مختلف موجود باشد. میانگین دو آزمایش و اختلاف آنها نیز لازم است تعیین گردد. در بررسی‌های اکتشافی ناحیه‌ای آنچه حائز اهمیت است تعیین دقت عملیات است که در واقع همان قابلیت تکرار آزمایش با نتایج مشابه است. صحت اندازه‌گیری‌ها که مقدار تطابق آنها را با واقعیت نشان می‌دهد و از طریق به کارگیری نمونه‌های استاندارد با غلظت معین تعیین می‌شود، در شرح خدمات این پروژه مدنظر نبوده است. البته آزمایشگاهها از چنین نمونه‌هایی در جهت کنترل کیفیت کار خود استفاده می‌کنند.

روش رایج برای بررسی خطای آنالیز استفاده از روش گرافیکی تامسون- هوارث است. در این روش در یک دستگاه مختصات لگاریتمی، روی محور افقی میانگین دوبار اندازه‌گیری و روی محور عمودی اختلاف دو مقدار اندازه‌گیری شده نشان داده می‌شود. در این دیاگرام خطوط مایلی دیده می‌شود که می‌توانند سطح دقت دلخواه را (که در این پروژه معادل ۱۰٪ انتخاب گردیده است) نشان دهند. نحوه کار به این صورت است که به وسیله دو کمیت تشریح شده قبلی هر جفت نمونه تکراری طوری در صفحه مختصات توزیع شوند که اگر ۹۰٪ آنها زیر خط پایینی (خط ۹۰٪) و ۹۹٪ آنها زیر خط بالایی (خط ۹۹٪) قرار گیرند، در این صورت خطای کل این مجموعه نمونه تکراری برای آن عنصر خاص ۱۰٪ ارزیابی می‌شود که خطای قابل قبول و مجاز در امور اکتشافی است. بنابراین برای هر عنصر باید دیاگرام جداگانه‌ای رسم گردد (نمودارهای شماره ۱-۲). همچنین میانگین درصد خطا نیز با استفاده از فرمول محاسبه و بصورت نمودار شماره (۲-۲) نمایش داده شده است.

عناصر Ag, Hg, B, Te و Cd به دلیل سنسورد بودن داده‌ها، قابل ارزیابی نبوده و برای آنها نمودار ترسیم نشده است. دامنه درصد خطای آنالیز سایر عناصر نیز از حدود ۴٪ برای منیزیم تا ۵۵٪ برای طلا متغیر می‌باشند. بررسی نمودار ۲-۲ نشان می‌دهد که عناصر دارای مقادیر بالا همچون آلومینیم و آهن دارای درصد خطای ناچیز می‌باشند. در میان عناصر کانسار ساز نیز مس و روی دارای خطای آنالیزی پایین تر از ۱۰٪ هستند در حالیکه سرب، آنتیموان و کبالت بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و مولیبدن، آرسنیک، بیسموت، تنگستن و طلا بیش از ۲۰٪ خطای آنالیز نشان می‌دهند. خطای آنالیزی بالای ۱۰٪ برای این عناصر را می‌توان بیشتر به دلیل پایین بودن مقادیر آنها دانست. پایین بودن مقادیر این عناصر باعث می‌شود با وجود اختلاف ناچیز میان اندازه‌گیری اصلی و تکراری درصد خطای بالایی برای آن توسط فرمول میانگین درصد خطای آنالیز محاسبه گردد. مثال بارز این تاثیر طلا است. حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده طلا در نمونه‌های اصلی و تکراری ۴ ppb می‌باشد. بالاترین مقدار اختلاف بین عیار نمونه‌های اصلی و تکراری ۲ ppb بوده است که میزان ۱۰۰٪ خطای آنالیز را نشان می‌دهد در حالیکه در واقعیت این میزان خطا قابل چشم‌پوشی است. در مجموع آنالیزهای محدوده طارم دارای تکرار پذیری قابل قبولی می‌باشند.

جدول ۲-۲: مقادیر اندازه گیری شده اصلی و تکراری در محدوده اکتشافی طارم

Au(ppb)		Ag		Al		As		B		Ba		Be	
اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
1	1	0.66	0.5	82200	82000	21.3	20	0	<5	590	579	1.6	1.2
1	1	0.31	<0.5	74400	69400	17.4	15	0	<5	413	423	1.5	1.1
1	1	1.02	<0.5	71600	71200	19.5	16	0	<5	746	809	1.3	1.1
1	1	0.35	<0.5	70900	65600	9.7	9	0	<5	437	459	0.8	0.8
2	3	0.89	1	99900	94600	22.5	24	0	<5	505	548	2	1.2
3	3	0.34	<0.5	83600	77500	14.3	14	0	<5	603	625	2.2	0.9
0	1	0.3	<0.5	87900	79400	27.8	24	0	<5	614	620	1.7	0.9
0	1	0.68	<0.5	75300	75500	19.5	12	0	<5	482	504	0.9	0.8
1	2	0.22	<0.5	75600	72000	33.7	24	0	<5	675	632	1.3	0.9
1	2	0.33	<0.5	90800	85500	38.9	24	0	<5	656	671	1	0.9
1	1	0.34	<0.5	91700	89100	42	27	0	<5	658	633	1	1
3	4	0.21	<0.5	80000	74900	17.5	13	0	<5	431	455	1.1	1
2	2	0.48	<0.5	71800	68600	7	13	0	<5	437	444	0.9	0.8
3	3	0.4	<0.5	75300	73100	20	23	0	<5	449	472	1.6	1
3	4	0.13	<0.5	60100	60600	25.6	19	0	<5	430	461	1.2	0.8
0	2	0.49	<0.5	44700	44500	26.2	17	0	<5	397	445	0.7	0.5
1	0	0.15	<0.5	69000	64400	21.8	16	0	<5	442	486	1.2	0.8
1	1	0.44	<0.5	86500	75500	16	13	0	<5	565	607	2.3	1.3
1	1	0.39	<0.5	88400	85800	13.4	15	0	<5	604	607	1.5	1
1	0	0.6	<0.5	82100	83600	20.6	23	0	<5	538	520	1.7	1.2
2	3	0.2	<0.5	56100	55900	7.9	9	0	<5	222	348	0.8	0.6
1	1	0.23	<0.5	77900	79500	23.6	16	0	<5	544	504	1.6	1.1
1	1	0.32	<0.5	80700	81700	18.4	17	0	<5	514	606	0.9	0.8
0	0	0.2	<0.5	84900	76300	22.9	19	0	<5	806	781	2	1.5
2	2	0.36	<0.5	75600	69800	22	17	0	<5	481	503	1.2	0.9
0	2	0.37	<0.5	83600	75600	24.8	28	0	<5	676	733	1.8	1.1
2	4	0.3	<0.5	81900	76200	18.7	19	0	<5	535	602	1.4	1.1
1	2	0.83	<0.5	92600	75600	36.1	29	0	<5	637	641	2.6	1.2
1	2	0.22	<0.5	66900	78300	20.3	31	0	<5	413	587	1.1	0.8
1	1	0.27	<0.5	83800	83000	13.3	15	0	<5	551	635	1.4	0.8
Bi		Ca		Cd		Ce		Co		Cr		Cs	
اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
0.4	0.4	24000	25700	1.9	2	67.8	62.1	23.6	20	89	80	4.2	4.2
0.2	0.2	46700	50200	0.8	0.5	62.8	58.2	23.5	25	95	70	5.2	5.4
0.5	0.4	56200	62100	0.4	<0.5	78.8	72.1	18.8	15	54	70	9.4	9.3
0.2	0.1	30000	30900	0.3	<0.5	45.1	43.3	21.1	20	82	70	7	7.3
0.7	0.6	9760	9700	6.4	6	52.3	52.5	20.1	15	40	40	15.5	16.4
0.2	0.2	32800	31700	0.5	<0.5	52.3	52.7	19.7	20	81	70	4.6	3.7
0.2	0.2	40200	38400	0.3	<0.5	53.1	48.8	23.7	20	63	50	7.9	6.4
0	<0.1	51300	56600	0.3	<0.5	50.4	47.6	31.7	35	44	40	3.9	3.9
0.6	0.4	32200	32800	0.5	<0.5	98.2	73.9	20.9	15	42	40	5.3	3.7
0.2	0.2	24500	26500	0.3	<0.5	56.5	50.6	21.4	20	68	40	7.8	8
0.2	0.2	22000	22800	0.8	0.5	66.9	58.2	17.4	15	23	20	3.4	3.4
0.3	0.2	33800	35200	1.1	1	68.2	65.7	13.6	15	65	60	4.3	4.5
0.2	<0.1	43600	45300	0.2	<0.5	54.3	54.2	27.3	25	139	120	3.1	3.1
0.2	0.2	60100	62500	0.8	0.5	55.4	55.1	16.2	15	63	60	5.7	6
0.2	0.2	50300	53300	0.3	<0.5	59.2	59	16.1	15	93	70	5.3	5
0.1	0.1	52900	58000	0.4	<0.5	51.8	52.4	14.8	15	56	70	2.5	2.2
0.2	0.2	54500	58100	0.5	<0.5	54.1	55.2	17.7	20	83	100	4.2	4.2
0.1	0.1	49600	53400	0.2	<0.5	59.6	55.2	24.1	25	148	120	4.4	3.9
0.2	0.1	37200	39300	0.5	<0.5	60.5	57.7	18.7	25	78	60	7	6.6
0.3	0.3	18400	18400	0.8	0.5	65.9	71	15.6	15	69	60	5.9	6.4
0.3	0.3	78400	87300	0.3	<0.5	28.5	29.2	30.9	30	56	40	3.9	3.9
0.3	0.2	20900	21800	0.3	<0.5	76.5	76.5	19.8	20	68	70	6.5	7.1
0.1	0.1	25700	31700	0.3	<0.5	41.4	45.9	26.2	30	52	50	7.3	7.7
0.8	0.7	38500	41000	0.8	0.5	69.5	66.6	18	20	55	50	5.1	4.6
0.2	0.2	50600	56600	0.4	<0.5	52.6	48.8	21.7	20	106	70	7.1	6.3
0.5	0.4	34300	37300	0.4	<0.5	78.8	74.6	14.7	20	82	60	3	2.9
0.3	0.3	48400	57800	0.3	<0.5	112	122	18.1	15	66	70	5.6	5.9
0.4	0.3	34900	45100	0.5	<0.5	66.4	61.9	25	25	171	150	12.7	10.4
0	0.1	28900	38300	0.2	<0.5	36	43	18.9	25	61	60	5	7.1
0.2	0.2	30000	33300	0.3	<0.5	63.8	58.6	24	25	113	110	2.1	2

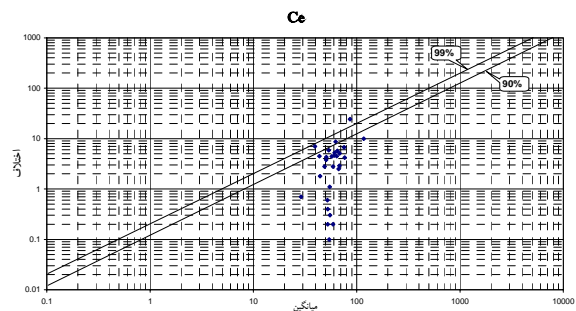
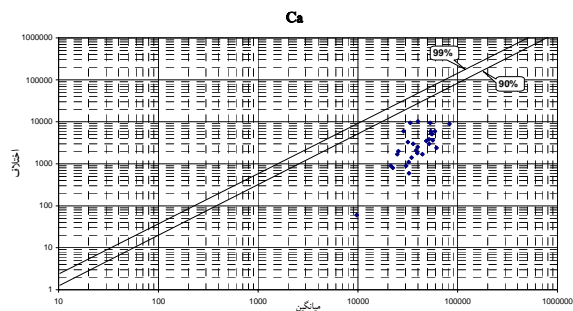
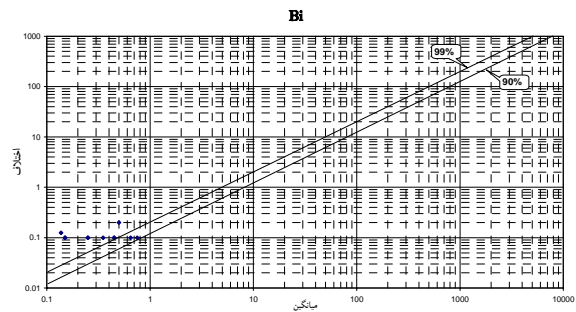
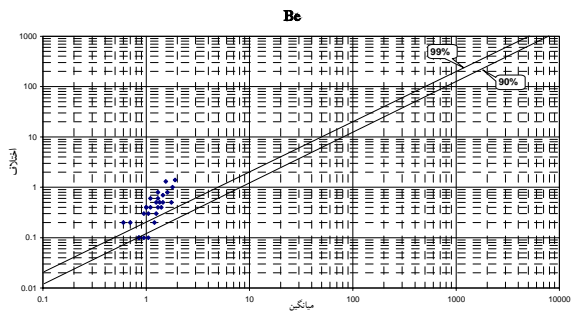
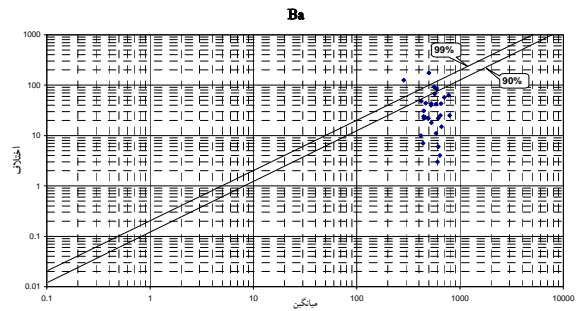
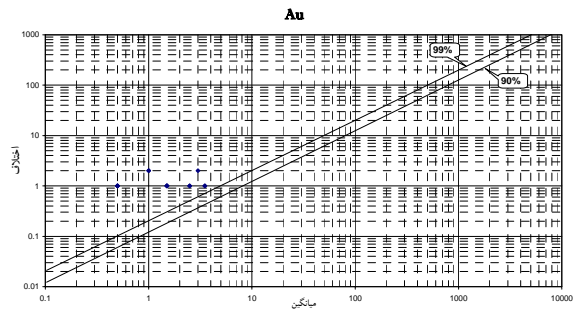
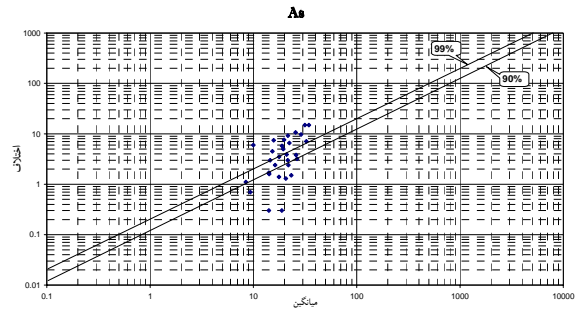
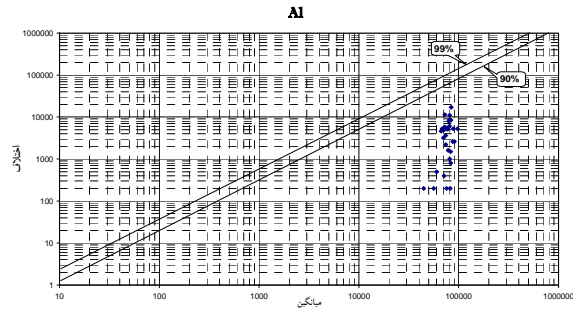
جدول ۲-۲: ادامه

Cu		Fe		Hg		K		La		Li		Mg	
اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
471	462	55500	57300	0.07	<1	17800	23100	30	28.5	29.4	29	17400	17300
68.9	66	60400	57000	0.09	<1	16100	19300	30	28.9	22.8	22	22900	22200
182	162	85600	89200	0.12	<1	18100	22800	42	38.3	20.9	21	17900	18200
71.8	64	57300	59200	0.08	<1	16900	19500	23	21.5	23.7	23	18500	17600
252	232	46100	48000	0	<1	28100	34900	24	24.8	31.3	29.5	8300	8100
63	64	59400	60700	0.11	<1	25100	23900	27	26.4	24.9	25.5	16300	16600
65.6	64	69500	68700	0.12	<1	19500	21500	25	23.6	30.3	32	18900	19000
92.6	94	78200	79300	0.06	<1	16900	15800	21	22.5	28.8	27.5	30000	30900
51.9	38	65100	63200	0	<1	19000	23100	38	33.5	18.5	18.5	10600	10400
70.9	60	63600	59600	0	<1	17800	25200	27	24.7	36.9	34	18400	17800
32	30	46400	46800	0	<1	16400	25300	33	28.7	11.6	12	6630	6500
37.1	38	42900	41200	0	<1	11300	17200	32	31.5	23.9	23	11200	10700
52.8	46	85500	85500	0.14	<1	16800	16200	24	23.4	24.1	22	24900	23500
40.8	40	42000	42600	0.07	<1	20300	20000	28	28.3	33.6	33.5	17800	17400
24.7	24	36600	36900	0	<1	12100	15700	32	28.4	32.9	34	11300	11300
20.2	18	48700	51400	0.07	<1	9380	11900	27	25.3	21.9	22.5	7770	8100
38	34	60700	59300	0.1	<1	14200	16500	31	27	27.4	27.5	16500	15900
69.3	62	69100	69700	0.11	<1	24500	23400	30	27.4	20.2	21	26800	26600
93.7	96	56500	57100	0	<1	27300	26100	30	28.3	30.4	30.5	15000	14600
39.2	40	49000	48800	0.14	<1	21800	21100	35	34.5	31.7	33	13900	13300
74.5	90	60100	61000	0.16	<1	13000	13300	14	13.8	17.4	16.5	26400	27400
70.7	70	46600	48000	0.08	<1	19000	24800	36	36.2	28.7	29	13700	13500
80	84	74300	85400	0.06	<1	13200	19400	21	20.9	30.9	34	17300	18800
84.7	82	48600	47200	0.09	<1	25600	29500	36	32.1	20.1	21	14500	13700
65.8	68	56800	58400	0.12	<1	17700	22200	27	24.5	28.4	28.5	24700	24600
35.6	36	73200	70900	0.06	<1	23800	21300	41	37.7	17.5	17.5	12900	12300
35.2	36	48800	52000	0.1	<1	16700	20700	53	57	41.6	43.5	14800	15800
66.3	64	111000	106000	0	<1	26200	21800	36	32.2	23.5	22	25000	22400
55.1	76	62500	81700	0.08	<1	19200	20800	17	20	22.7	29	18300	22500
49	46	60900	67200	0.07	<1	27000	24500	28	28	22.8	24	23900	24800
Mn		Mo		Na		Nb		Ni		P		Pb	
اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
1530	1630	1.9	2	13900	14100	13.5	15	46	44	962	950	606	706
1120	1120	3.2	2	11800	11200	11.9	13	37	36	1390	1300	74	81
1130	1250	2.7	2.5	11600	11200	15.7	16	23	20	1360	1500	54	45
1010	986	1	1	12900	11400	9.2	10	32	32	1480	1400	18.8	15
1900	1940	5.2	4.5	7750	7600	8.3	8.5	13	14	1250	1250	734	706
1040	1060	2	1	14400	15200	11.8	11.5	31	38	1300	1250	24.6	26
1610	1540	2	1.5	17600	18300	8.4	9.5	24	28	1130	1150	35.6	37
1570	1730	1.2	1	15800	15000	7.2	7.5	36	38	1280	1300	17.9	20
1500	1490	2.3	1.5	13400	12700	18.2	16.5	25	34	899	950	57.4	47
1150	1120	2.2	1.5	21800	21100	9.5	12	25	28	1150	1050	30	29
1420	1410	2.4	1.5	21600	20900	9	12.5	19	20	879	750	79.7	69
1180	1180	1.7	1	16400	15400	8.8	13.5	41	38	1050	950	46.8	44
1940	2050	1.6	1.5	15600	14700	7.9	13	40	46	539	700	17.9	17
874	940	1	1	7500	7100	9.7	12	67	72	695	800	56.9	51
806	824	0.9	1	7290	7100	9.6	12.5	64	64	433	400	23.8	23
826	902	1.1	1	9380	9100	9.2	11.5	27	30	436	450	20.4	21
1230	1230	1.2	1.5	9610	8700	11.7	13	50	78	647	650	24	25
1340	1380	1.4	1	17700	17800	10.6	11.5	34	42	1420	1300	15.3	15
1050	1140	1.8	1.5	17100	16100	14.2	10	31	32	944	950	52.3	49
1390	1340	1.5	1.5	14000	12600	12.5	13.5	58	58	837	900	68	59
1080	1110	2.2	2	13900	14000	8.2	8	23	28	1050	1150	50.9	46
1050	1090	2.3	1.5	11900	11900	13	15.5	51	48	967	1300	26.5	21
2730	3180	1.5	1.5	11500	12900	5.6	8.5	25	26	781	1200	18.8	29
1730	1710	2.4	2	16600	16300	15.4	18	31	36	952	1700	88.3	76
1170	1210	1.7	1.5	12200	12800	10.8	10	37	42	694	1200	22.5	23
1440	1390	2.4	2	24000	22300	16.9	18	16	26	1210	1450	41.6	34
1040	1090	1	1	9560	10100	10.8	15.5	50	56	1220	850	24.5	25
1770	1820	3.1	2	21100	20300	15.4	14	28	32	1880	1500	17.4	21
1460	1840	1.7	1.5	15100	18200	5.2	8	20	28	873	1150	29.4	46
1490	1600	1.9	1	18600	18800	9.7	10.5	34	34	900	1000	19.9	21

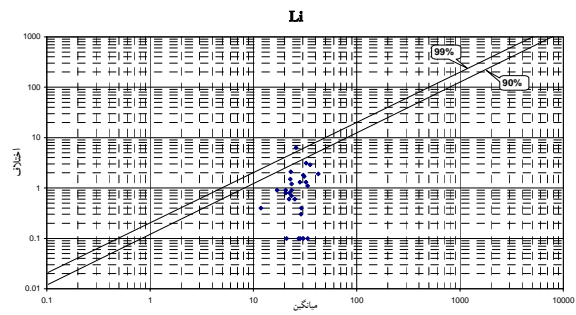
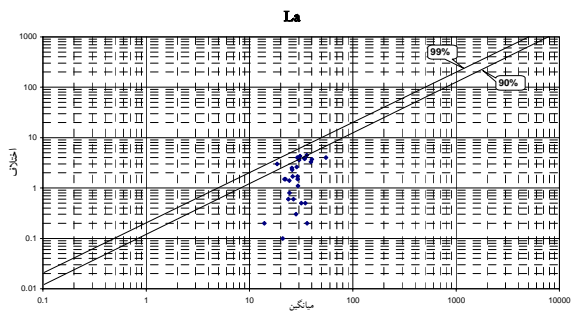
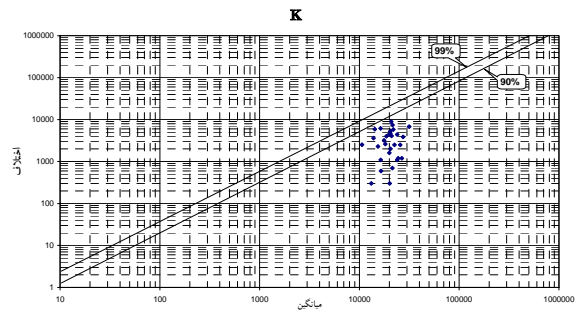
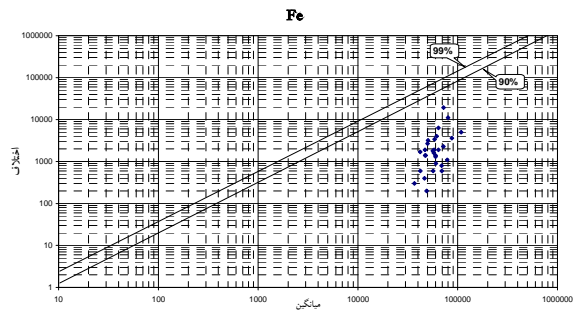
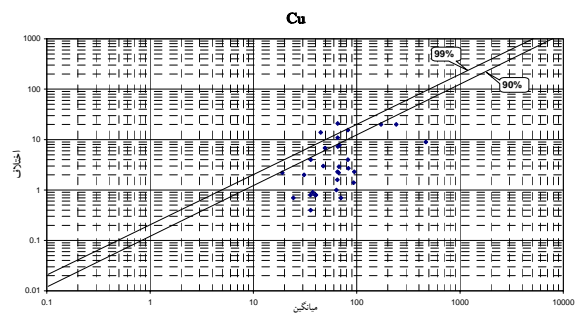
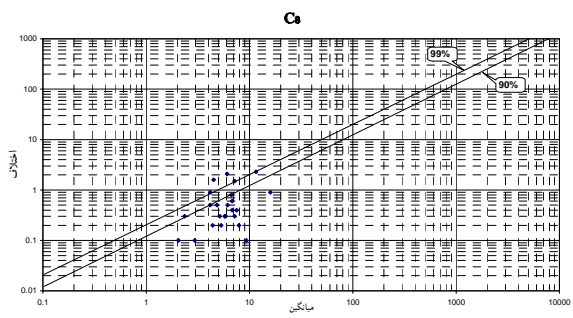
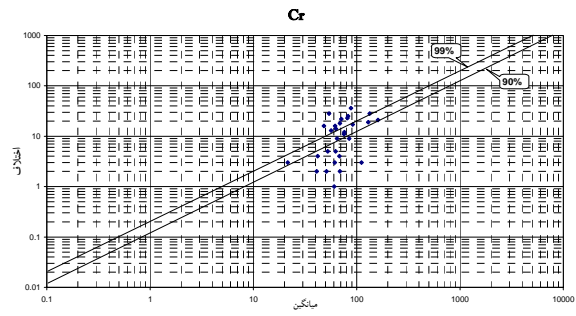
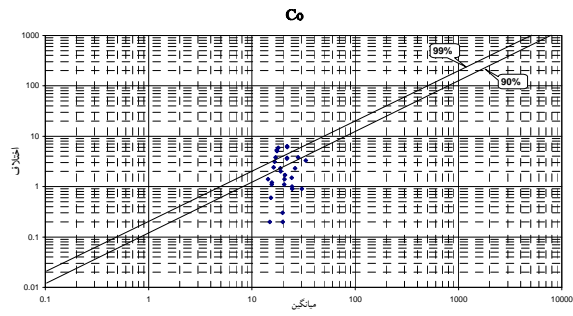
جدول ۲-۲: ادامه

Rb		S		Sb		Sc		Sn		Sr		Te		Th	
اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
105	88.6	370	300	1.9	1.8	22	16	2.2	2	291	293	0	<0.2	9.43	7.3
97.8	81.2	580	400	1.9	1.8	18	18	4.5	2	362	359	0	<0.2	11.8	9.2
110	90.4	520	250	3.9	3.2	20	21	2.4	2	281	268	0.3	<0.2	10.2	8.9
98.9	78.6	1170	800	1.4	1.4	23	14	1.6	2	340	326	0	<0.2	5.79	5.8
207	166	1050	900	2.9	3.2	13	21	1.8	1	181	184	0.6	0.4	4.68	5.7
78.2	86.6	540	500	1.4	1.4	25	21	1.5	2	398	386	0.4	<0.2	7.12	7.1
61.3	75.4	290	200	1.2	1.4	26	24	1.2	2	394	364	0	<0.2	6.17	5.7
57.7	45.8	450	200	0.4	0.4	27	17	1.2	1	447	440	0	<0.2	3.95	3.3
106	81.8	480	250	4	2.8	19	19	4.3	3	263	244	0.4	0.2	15.2	9.9
105	95.6	380	200	2.1	2	24	11	1.7	2	407	367	0	<0.2	7.76	7.6
88.7	86.2	380	250	2.5	2.4	14	13	2.4	2	309	289	0.8	1.2	11.7	9.6
66.9	68.4	650	400	1.5	1.6	16	30	2.2	2	254	241	0	<0.2	11.7	11.1
59.2	50.8	200	200	0.6	0.8	34	14	3.7	2	238	227	0	<0.2	6.66	6.2
95.8	84.4	440	300	1.8	2	14	11	2.2	2	200	189	0	<0.2	9.45	8.6
54.3	63.6	270	200	1.1	1.2	11	10	1.5	2	218	195	0.2	<0.2	7.21	7.2
36	39.4	320	250	1.9	1.8	10	17	1.9	2	290	266	0.2	<0.2	5.78	5.6
55.6	64.4	280	200	1.3	1.2	17	26	0.7	2	333	293	0.2	<0.2	7.03	7.1
76.9	78.4	110	150	0.8	0.8	32	16	3.4	2	450	445	0	<0.2	7.38	6.4
59.6	92.8	440	250	1.1	1	19	15	3	2	400	372	0.3	<0.2	8.41	8.5
46.9	88.8	450	300	2.8	2.8	16	20	2.9	2	204	195	0.3	<0.2	8.63	9.3
30.3	50.8	60300	60900	0.6	0.6	22	14	3.5	3	458	473	0	<0.2	4.23	3.9
64.5	103	710	500	2.6	2.8	16	27	5.9	3	174	167	0	<0.2	10.1	8.7
48.3	68.4	270	150	1	2.4	26	14	1	2	281	329	0	<0.2	4.36	4.8
98.8	123	490	400	1	2	17	19	2.3	2	321	323	0	<0.2	13.6	11.7
58.6	73	530	400	1	1.2	20	17	1.2	2	309	333	0	<0.2	6.07	5.7
56.3	81.2	370	150	2.9	2.6	20	13	1.8	2	428	423	0	<0.2	10.6	10.9
60.9	91.2	710	400	1.6	1.6	15	24	3.8	3	203	206	0	<0.2	9.25	9.8
88.9	77.6	280	150	2.3	2	27	25	3.1	2	539	605	0.3	<0.2	9.88	7.6
36.7	73.8	280	150	1.2	1.6	22	22	1.2	2	274	378	0	<0.2	3.61	4.4
53.4	80.2	380	150	1.5	1.4	24	24	2.4	2	272	287	0	<0.2	5.84	5.9
Ti		U		V		W		Y		Zn		Zr			
اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری		
6470	6100	0.5	0.5	1.95	1.8	193	195	3.5	4.5	21.4	21.8	200	180	63	101
4930	4350	0.6	0.4	1.82	1.8	180	180	1.2	1.5	22.5	20.4	172	178	34	51
7990	7500	0.6	0.6	5.07	4.2	285	285	2.5	2.5	20.2	21.2	86.6	84	177	183
6980	5700	0.5	0.4	1.71	1.6	247	240	1	1.5	16.3	18.1	107	106	92	122
5290	4500	1.3	1.1	1.7	2	141	145	6.9	7	15	20.3	834	636	65	115
6890	6150	0.6	0.5	1.98	1.8	241	230	1.3	1.5	23.3	20.9	121	114	95	135
7400	6800	0.5	0.5	1.82	1.6	269	250	1.3	2	24.4	20	186	178	95	102
7470	6950	0.2	0.2	1.35	1.1	252	270	0.6	1	22.5	22.2	145	140	90	103
8090	7600	0.2	0.4	3.56	2.2	181	190	0.3	1.5	35.7	27.3	233	170	52	66
6320	5800	0.8	0.7	2.13	2.2	217	205	1.9	2	18.9	20.1	118	122	94	127
4610	4600	0.5	0.4	2.46	2.3	113	110	2	2.5	22.7	23	170	176	63	89
4440	4550	0.4	0.4	1.65	1.7	118	115	1.1	1.5	25.4	26.5	197	212	47	61
9940	12600	0.2	0.2	2.11	1.9	348	405	1.2	0.5	23.7	25.4	225	302	117	140
3770	4050	0.6	0.5	1.64	1.5	107	115	1.2	1.5	18.2	19.3	115	156	85	83
4330	4550	0.4	0.4	1.46	1.5	97	100	0.7	1	15.3	16.8	105	98	64	85
6730	6900	0.3	0.2	1.5	1.4	178	195	0.7	1	14.2	15.2	107	102	60	78
8300	7100	0.5	0.4	1.73	1.6	206	205	0.9	1.5	20.2	22	142	134	93	100
6990	6350	0.4	0.4	2.19	2	252	250	2.5	1.5	26.9	23.5	105	98	127	145
6970	6050	0.6	0.5	2.45	2.5	178	195	2	1	21.4	21.8	103	110	123	153
5520	5400	0.6	0.6	1.88	1.9	125	135	1.7	2	22.9	26.4	204	198	68	110
5640	4950	0.5	0.5	1.03	1	172	205	0.7	0.5	14.4	14.1	117	128	50	25
5370	5350	0.5	0.5	1.81	2	112	120	3.1	2	21.5	24.7	96.5	98	81	110
8140	8350	0.4	0.4	1.2	1.2	301	350	1.1	1	17.9	21.4	188	202	72	94
4990	4500	0.4	0.4	2.02	1.8	121	125	2.1	2.5	24.4	23.2	201	194	31	41
6060	5950	0.5	0.5	1.72	1.6	192	205	1.1	1	18.3	19	127	132	86	95
7810	6700	0.5	0.5	2.74	3.2	222	240	3.4	3.5	22.6	24	112	124	95	96
5240	6350	0.5	0.5	1.32	1.8	128	145	0.8	1.5	12.8	17.3	99.2	102	49	82
10900	9400	0.7	0.6	4.14	3.3	443	435	4.7	2.5	26.2	23.2	197	178	164	171
6620	7150	0.4	0.5	1.13	1.4	226	325	1.2	2	15.1	19.5	173	218	64	97
6330	5750	0.5	0.4	1.71	1.7	192	225	5	2	23.4	22	111	94	71	96

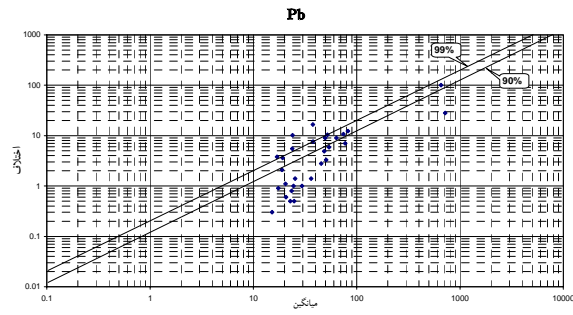
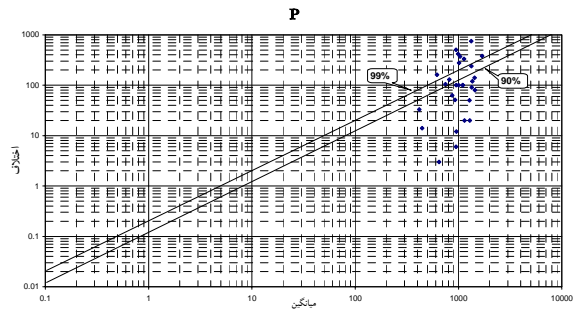
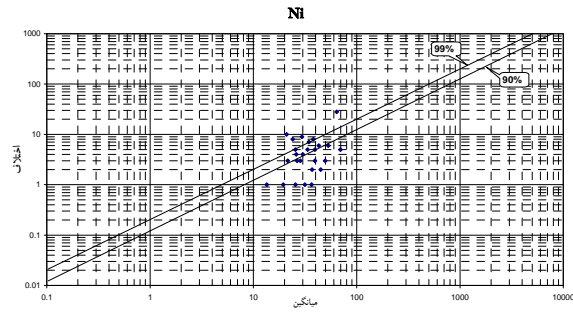
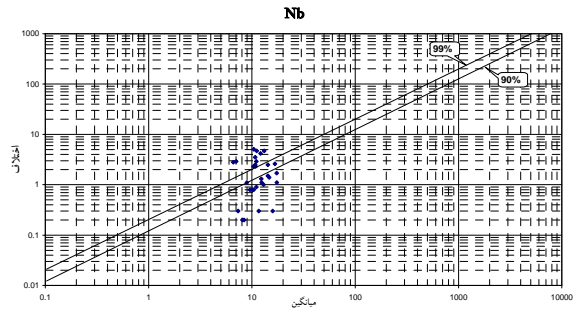
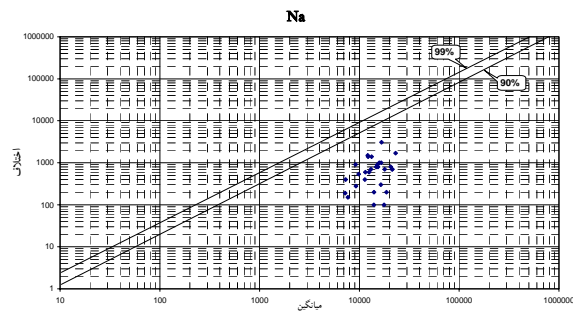
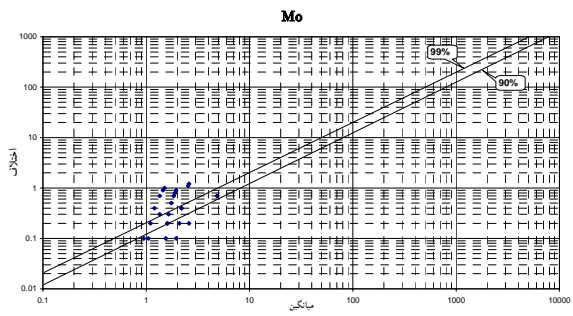
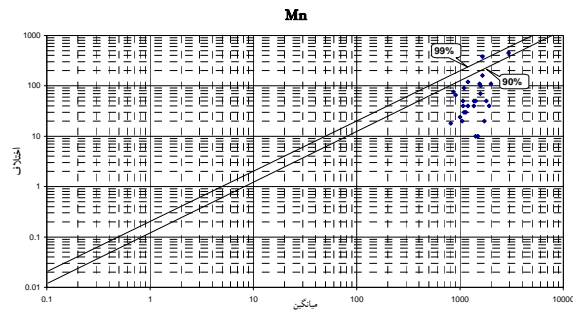
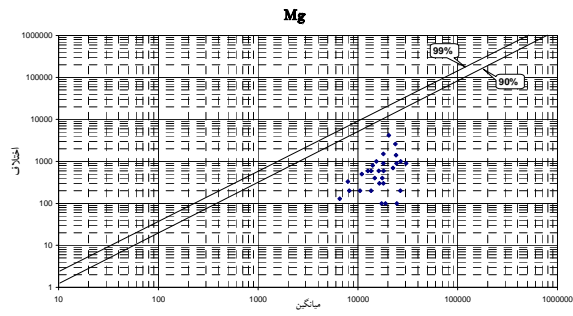
نمودار ۲-۱: بررسی خطای آنالیز با استفاده از روش گرافیکی تامسون - هوارث



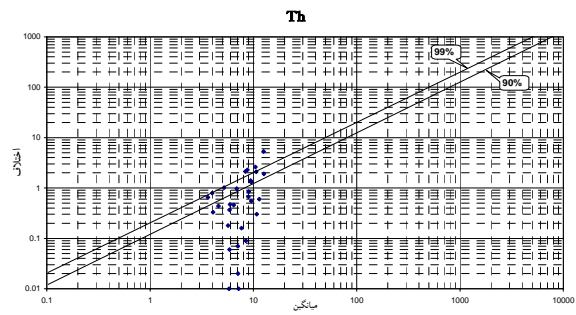
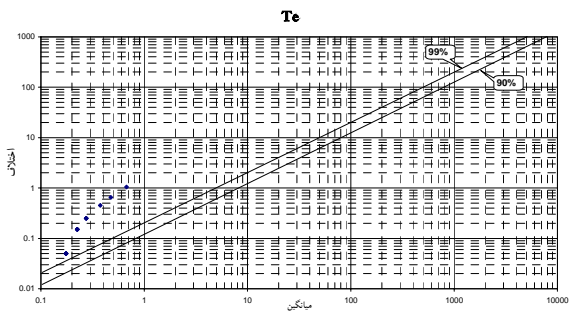
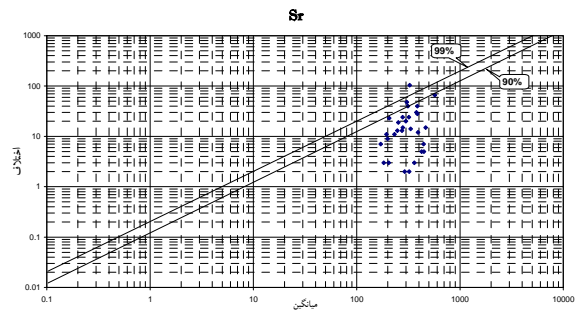
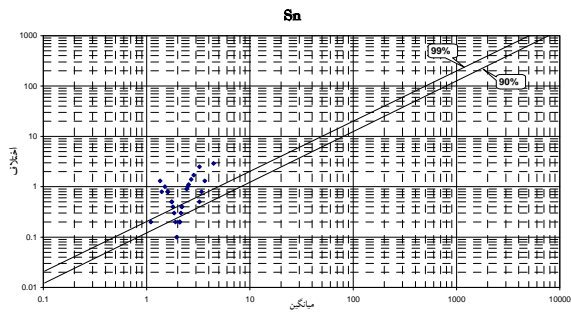
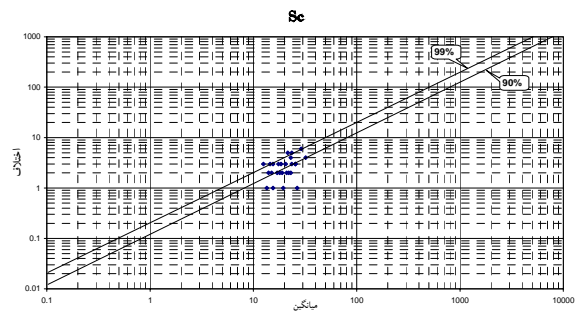
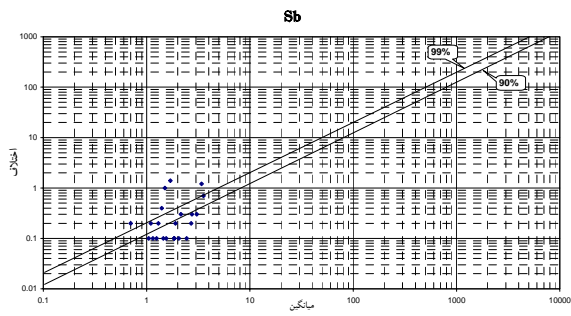
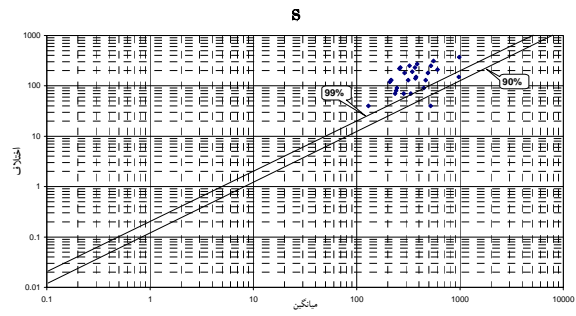
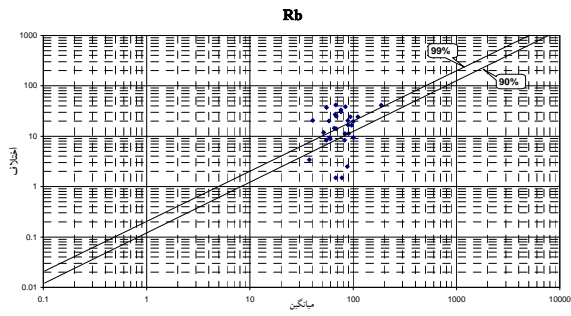
نمودار ۱-۲ : ادامه



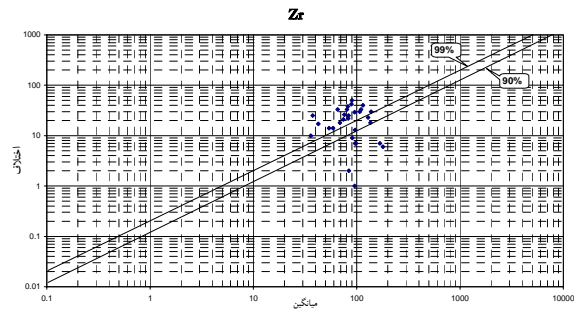
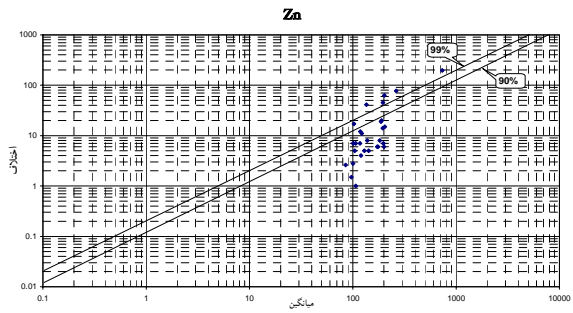
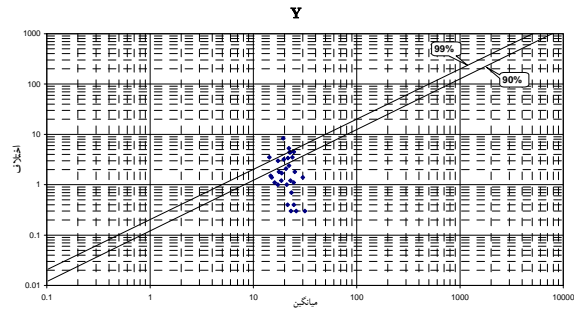
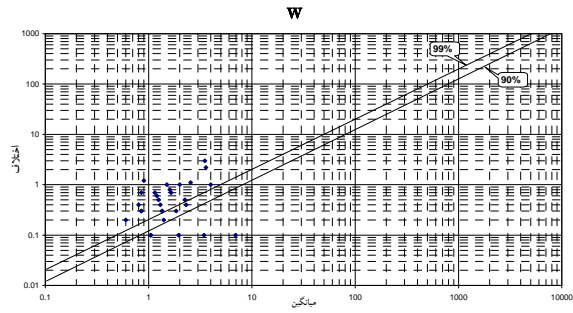
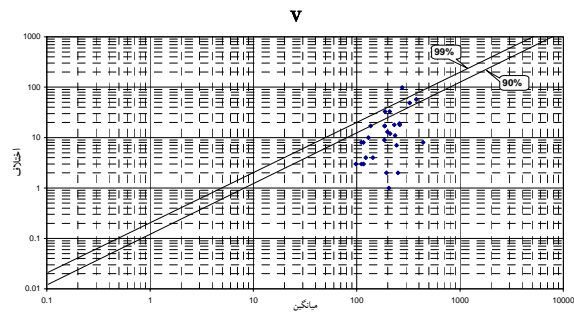
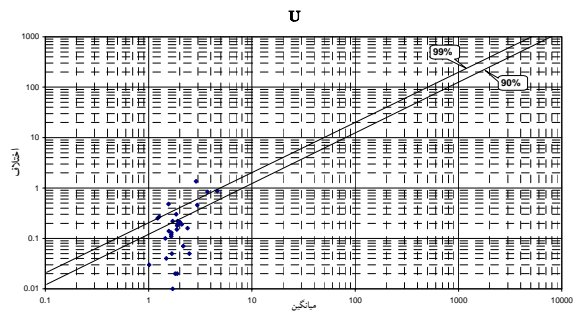
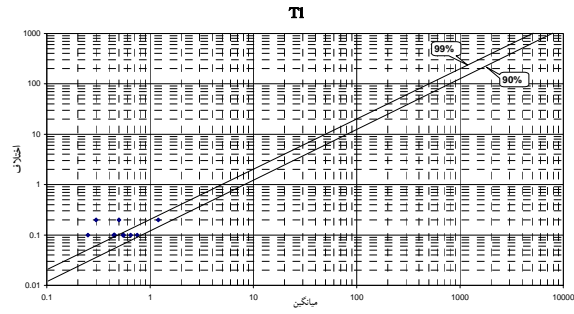
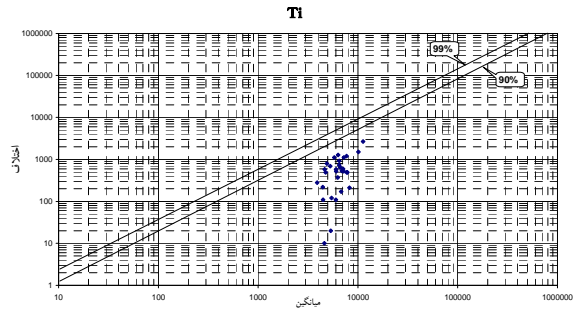
نمودار ۱-۲ : ادامه



نمودار ۱-۲ : ادامه



نمودار ۱-۲ : ادامه



نمودار ۲-۲: نمودار بررسی خطای آنالیز با استفاده فرمول محاسبه میانگین درصد خطای آنالیز

