



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

مطالعات لیتوژئوشیمیایی بمنظور شناسایی و بررسی

نشانگرهای ژئوترمالی (مثال موردی استان آذربایجان شرقی)

فاطمه پاک

اساتید راهنما:

دکتر قوامی ریابی و دکتر پرخیال

زمستان ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده : معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : اکتشاف

مطالعات لیتوژئوشیمیایی بمنظور شناسایی و بررسی

نشانگرهای ژئوترمالی (مثال موردی استان آذربایجان شرقی)

فاطمه پاک

اساتید راهنما :

دکتر قوامی ریابی و دکتر پرخیال

اساتید مشاور:

مهندس رحمانی و مهندس جهانگیری

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

زمستان ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : اکتشاف

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه پاک

تحت عنوان: مطالعات لیتوژئوشیمیایی بمنظور شناسایی و بررسی

نشانگرهای ژئوترمالی (مثال موردی استان آذربایجان شرقی)

در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۸..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجهخوب..... مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی: محمدرضا رحمانی		نام و نام خانوادگی: رضا قوامی ریایی
	نام و نام خانوادگی: محرم جهانگیری		نام و نام خانوادگی: سهیل پرخیال

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی: سوسن ابراهیمی		نام و نام خانوادگی: رضا خالو کاکائی
			نام و نام خانوادگی: علیرضا عرب امیری

تقدیم به

۱. همه انسانهای آزاده ای که از ابتدای خلقت آدمی تاکنون، در راه اعتلای کرامت انسانی متحمل رنجها و مرارت‌های بیشمار

شده‌اند.

۲. تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید معدن که عمر خود را وقف ارتقاء و غنای دانش دانشجویان نموده و آنها را در کنجند دانش خود

سهیم نموده‌اند.

۳. به خانواده (پدر و مادر، برادر و خواهرانم) که با صبر و تحمل خویش، مراد انجام این تحقیق یاری نموده‌اند.

تقدیر و تشکر

از همه اساتید، نویسندگان و دوستانی که به نحوی از کمالات و کنجینه دانش خود اینجانب را در تدوین این نوشتار بهره مند نمودند سپاسگزار می

می‌کنم و به صورت ویژه از اساتید گرامتدر جناب آقای دکتر قوامی و پرخیال اساتید محترم راهنما و جناب آقای مهندس جهانگیری و

رحمانی اساتید محترم مشاور که راهنمایی‌های دایمیانه خویش را از اینجانب دریغ نفرموده و بخششی از وقت گرانبهایشان را در اختیار اینجانب

قرار دادند، صمیمانه قدر دانی می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب فاطمه پاک دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اکتشاف معدن دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مطالعات لیتوژئوشیمیایی بمنظور شناسایی و بررسی نشانگرهای ژئوترمالی (مثال موردی استان آذربایجان شرقی) تحت راهنمایی دکتر رضا قوامی ریایی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

مطالعات ژئوشیمیایی در تلفیق با اطلاعات زمین شناسی، دورسنجی و ژئوفیزیکی مبنای پی جویی و تعیین مناطق با پتانسیل ژئوترمالی محسوب می شود. در این تحقیق از اطلاعات لیتوژئوشیمیایی استان آذربایجان شرقی به منظور شناسایی نشانگرهای ژئوشیمیایی مرتبط با مناطق احتمالی پتانسیل ژئوترمالی کمک گرفته شده است. با توجه به این که در بخش هایی از استان دسترسی به داده های کامل ژئوشیمیایی وجود ندارد، لذا تمرکز مطالعات در این تحقیق بر روی بخش جنوبی استان آذربایجان شرقی شامل مناطق بستان آباد، هشتگرد، قره چمن و تخت سلیمان است که داده های کامل لیتوژئوشیمیایی در این مناطق موجود است و همچنین حضور ولکانیک های جوان (سهند و سبلان)، چشمه های آبگرم و مناطق دگرسان شده به چشم می خورد، صورت گرفته است.

هدف این پایان نامه، تعیین عناصر ردیاب و مهم به لحاظ ژئوترمالی و همچنین تعیین مناطقی که براساس مجموع اطلاعات اکتشافی ارزش مطالعات بیشتری به لحاظ زمین گرمایی دارند. در مرحله اول، تحلیل های آماری تک متغیره، دو متغیره و چند متغیره داده های لیتوژئوشیمیایی به منظور ارزیابی متغیرهای کنترل کننده تغییر پذیری انجام گرفت.

نتایج حاصل از بررسی پارامترهای مرکزیت، پراکندگی و توزیع عناصر مشخص می کند که Ba, Ag, As, Bi, Ce, Cr, Pb, Te, Hg, Ni, W, Th, S, Cd, Zn به عنوان عناصر بااهمیت در مرحله اول بررسی ها تعیین شده اند. در ادامه برای تعیین رابطه های همسویی و یا غیر همسویی و میزان همبستگی عناصر از ضرائب همبستگی سه گانه ی پیرسون، اسپرمن و کندال استفاده شده و عناصر Hg, Cs, Cd, Bi, As, Ag, Na, Pb, S, Sb, Te, Th, Tl, Zr با اهمیت بوده اند. در تحلیل خوشه ای که طبقه بندی بر مبنای همبستگی و تشابه هر چه بیشتر درون گروهی و اختلاف هر چه بیشتر بین گروهی صورت گرفته عناصر Cs, Hg, Ag, Sb, As, Ba, Ti, V, Fe, Co, Mn, Al, Na قابل توجه بوده اند و در

نهایت با توجه به تحلیل فاکتوری عناصر As, Bi, Cd, Cs, Hg, S, Sb را می توان جز مولفه های با اهمیت معرفی نمود. نتیجه گیری کلی از تحلیل ها نشان می دهد که As, S, Sb از عناصر با اهمیت در این تحقیق می باشند.

برداشت های صحرائی از نمونه خاک ها ، سنگ های تازه دگرسان شده اطراف چشمه های آبگرم صورت گرفته و با روش ICP-OES برای ۴۲ عنصر مورد آنالیز قرار گرفته است . نتایج بررسی این نمونه ها، غلظت های بالایی را در مجاورت برخی از چشمه های آبگرم برای عناصر Ca, Fe, Al, Sb, S, As نشان داده است. که در این میان غلظت های Sb, S, As بطور غیر طبیعی در منطقه بالا بوده و برای بررسی مناطق با پتانسیل ژئوترمالی از آنها استفاده شده است.

بر این اساس حدود غلظت های با اهمیت و قابل توجه Sb, S, As با توجه به مدل سازی داده های لیتوژئوشیمیایی تعیین شده است. در نهایت نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی غلظت عناصر به انضمام اطلاعات زمین شناسی (ولکانیک های جوان)، چشمه های آبگرم، آلتراسیون های زمین شناسی، گسل های اصلی، معادن مرتبط با فعالیت های ژئوترمالی و مقدار زمینه و آنومالی غلظت های عناصر به تعیین مناطق با احتمال پتانسیل ژئوترمالی منجر شده است و بعنوان نتیجه گیری مدلی برای اولین اولویت منطقه با احتمال پتانسیل ژئوترمالی (منطقه چاراویماق) ارائه شده که در آن کلیه اطلاعات زمین شناسی، هیدروژئوشیمیایی، لیتوژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی مدنظر قرار گرفته شده اند.

واژه های کلیدی: نشانگر؛ ژئوشیمیایی؛ ژئوترمال؛ لیتو ژئوشیمیایی؛ چشمه های آب گرم؛ آذربایجان

شرقی

پاک ف، قوامی ریابی ر، (۱۳۹۰)، "پیش نشانگرهای ژئوترمالی در استان آذربایجان شرقی" اولین
کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی" شاهرود، ایران، ص ۱۲۶.

فهرست مطالب

فصل اول - کلیات	۱
۱-۱	م
قدمه	۲
۲-۱	ا
نرژى زمین گرمایی	۳
۳-۱	ت
اریخچه ژئوترمال	۴
۴-۱	ا
همیت جایگزینی انرژی زمین گرمایی	۷
۵-۱	ک
اربرد های انرژی زمین گرمایی	۸
۱-۵-۱ گرمایش ساختمان ها	۹
۲-۵-۱ کشاورزی	۹
۳-۵-۱ دامپروری	۹
۴-۵-۱ کاربردهای صنعتی	۱۰
۵-۵-۱ درمان بیماری ها	۱
۶-۵-۱ ذوب برف جاده ها	۱۰
۶-۱	م
ناطق مناسب برای بهره برداری از انرژی زمین گرمایی	۱۱
۷-۱	م
روری بر فصل های پایان نامه	۱۲
فصل دوم- زمین شناسی و نمونه برداری	۱۳
۱-۲ مقدمه	۱۴

- ۲-۲ پیشینه‌ای از بررسی های ژئوشیمیایی (لیتوزئوشیمیایی - هیدروژئوشیمیایی) در اکتشاف ذخایر ژئوترمالی..... ۱۴
- ۳-۲ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۱۶
- ۴-۲ خلاصه‌ای از وضعیت زمین شناسی استان آذربایجان شرقی..... ۱۸
- ۵-۲ انتخاب منطقه مورد مطالعه ۲۶
- ۱-۵-۲ چشمه آبگرم ایستی سو- ليقوان ۲۶
- ۲-۵-۱ چشمه معدنی ساری سو ۲۶
- ۳-۵-۱ چشمه آبگرم تاب تاپان ۲۷
- ۴-۵-۱ چشمه آبگرم بستان آباد ۲۷
- ۵-۵-۱ چشمه آبگرم الله حق ۲۷
- ۶-۵-۱ چشمه معدنی شورشویی ۲۷
- ۷-۵-۱ چشمه معدنی ساری سو ۲۷
- ۸-۵-۱ چشمه آبگرم اسبفروشان ۲۸
- ۹-۵-۱ چشمه آبگرم جلده‌بخوان ۲۸
- ۱۰-۵-۱ چشمه آبگرم قلعه‌کندی ۲۸
- ۱۱-۵-۱ چشمه آبگرم ایستی سو- شالقون ۲۸
- ۱-۵-۱ چشمه آبگرم آیش احمد ۲۹
- ۱-۵-۱ چشمه آبگرم استی سو ۲۹
- ۱-۵-۱ چشمه آبگرم منشگه ۲۹
- ۶-۲ اکتشافات ژئوشیمیایی..... ۳۱
- ۷-۲ داده‌های لیتوزئوشیمیایی..... ۳۲
- ۸-۲ موقعیت نمونه‌های لیتوزئوشیمیایی..... ۳۲
- فصل سوم- تحلیل و آنالیز داده های لیتوزئوشیمیایی..... ۳۵
- ۱-۳ مقدمه ۳۶

۳۶	۲-۳ مطالعات آماری تک متغیره.....
۴۹	۳-۳ تحلیل دو متغیره.....
۵۲	۴-۳ تحلیل آماری چند متغیره.....
۵۲	۳-۴-۱ تحلیل خوشه ای
۵۷	۳-۴-۲ تحلیل مؤلفه های اصلی
۶۹	۳-۵ مدل سازی عناصر مهم
۷۳	فصل چهارم- بحث و نتیجه گیری
۷۴	۴-۱ مقدمه
۷۴	۴-۲ بررسی پراکندگی غلظت ها در منطقه و تلفیق نتایج.....
۷۸	۴-۳ تعیین مناطقی با احتمال ژئوترمالی.....
۸۰	۴-۴ نتیجه گیری.....
۸۰	۴-۵ پیشنهادات.....
۸۲	منابع
۸۹	پیوست ها

فهرست اشکال

فصل دوم ۱۳

شکل (۱-۲) موقعیت و راه های ارتباطی استان آذربایجان شرقی و تعیین محدوده ی مورد مطالعه ۱۷

شکل (۲-۲) موقعیت جغرافیایی و نقشه ی توده های آذرین جوان (کواترنر و پلی کواترنر) ۲۴

به همراه چشمه های آبگرم و دگرسانی های استان آذربایجان شرقی

شکل (۳-۲) موقعیت نمونه های برداشت شده در منطقه ی مورد مطالعه ۳۳

فصل سوم ۳۵

شکل (۱-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Al ۳۹

شکل (۲-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Na ۳۹

شکل (۳-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Be ۴۰

شکل (۴-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Fe ۴۰

شکل (۵-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ti ۴۱

شکل (۶-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Be ۴۱

شکل (۷-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Fe ۴۲

شکل (۸-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ti ۴۲

شکل (۹-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) As ۴۳

شکل (۱۰-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) S ۴۳

شکل (۱۱-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم As ۴۴

شکل (۱۲-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم S ۴۴

شکل (۱۳-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ag ۴۵

شکل (۱۴-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Bi ۴۵

شکل (۱۵-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Hg ۴۶

- شکل (۱۶-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Sb ۴۶
- شکل (۱۷-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ag ۴۷
- شکل (۱۸-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Bi ۴۷
- شکل (۱۹-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Hg ۴۷
- شکل (۲۰-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Sb ۴۸
- شکل (۲۱-۳) نمودار خوشه ای ۵۶
- شکل (۲۲-۳) نمودار نقطه ایی فاکتور آنالیز بر اساس مقادیر ویژه ۵۹
- شکل (۲۳-۳) مدل سازی داده های نمودار احتمال As ۶۹
- شکل (۲۴-۳) مدل سازی داده های نمودار احتمال S ۷۱
- شکل (۲۵-۳) مدل سازی داده های نمودار احتمال Sb ۷۲
- فصل چهارم ۷۳
- شکل (۱-۴) نقشه پراکندگی غلظت As با زمین شناسی منطقه ۷۵
- شکل (۲-۴) نقشه پراکندگی غلظت S با زمین شناسی منطقه ۷۶
- شکل (۳-۴) نقشه پراکندگی غلظت Sb با زمین شناسی منطقه ۷۷
- شکل (۴-۴) نقشه تعیین مناطق امید بخش ژئوترمال در محدوده ی مورد مطالعه ۷۹
- شکل (۵-۴) مراحل اضافه شدن لایه های اطلاعات اکتشافی ۸۱

(۱-زمین شناسی، ۲-چشمه های آبگرم، ۳-معادن مرتبط، ۴-مغناطیس)

فهرست جداول

فصل دوم.....	۱۳
جدول (۱-۲) علائم بکار رفته برای تعیین نمودن واحدهای سنی.....	۲۱
جدول (۲-۲) علائم بکار رفته برای تعیین نمودن جنس واحدهای مختلف زمین شناسی.....	۲۲
فصل سوم.....	۳۵
جدول (۱-۳) شاخص های مرکزی و پراکندگی داده ها	۳۷
جدول (۲-۳) عناصر گروه ۱	۳۸
جدول (۳-۳) عناصر گروه ۲	۳۸
جدول (۴-۳) تقسیم بندی عناصر در چهار گروه	۴۸
جدول (۵-۳) طبقه بندی عناصر براساس تحلیل تک متغیره	۴۸
جدول (۶-۳) ضریب همبستگی اسپرمن	۵۱
جدول (۷-۳) عناصر با اهمیت ضرایب اسپرمن	۵۲
جدول (۸-۳) فاکتور آنالیز	۶۰
جدول (۹-۳) مقدار فاکتور آنالیز برای عناصر	۶۲
جدول (۱۰-۳) تفکیک عناصر براساس کلیه ی تحلیل ها	۶۳
جدول (۱۱-۳) آنالیز عناصر در نمونه های خاک اطراف چشمه های آبگرم	۶۵
جدول (۱۲-۳) آنالیز عناصر در نمونه های سنگ اطراف چشمه های آبگرم	۶۶
جدول (۱۳-۳) آنالیز عناصر در نمونه های آب برخی از چشمه های استان.....	۶۷
جدول (۱۴-۳) آنالیز یون ها در برخی از چشمه های استان	۶۸
جدول (۱۵-۳) حدود آستانه و زیر جوامع داده های AS بعد از مدل سازی	۷۰
جدول (۱۶-۳) حدود آستانه و زیر جوامع داده های S بعد از مدل سازی	۷۱
جدول (۱۷-۳) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Sb بعد از مدل سازی	۷۲

فصل اول

کلیات

از آغاز دوره صنعتی به این سو، جمعیت جهان از چند صد میلیون نفر به هفت میلیارد نفر رسیده است. الگوی زندگی ساده و مقتصدانه انسان دویست سال پیش به الگوی زندگی جاه طلبانه و مسرفانه انسان سده بیست و یکم تغییر یافته است (ثبوتی، ۱۳۹۰). وابستگی شدید و نیاز فزاینده جهان به منابع انرژی که به عنوان عامل اساسی رشد و فعالیت‌های اقتصادی محسوب می شود از یک طرف و محدودیت ذخایر نفتی و سایر سوخت‌های فسیلی از طرف دیگر، جهان را در سالهای اخیر با مسأله بسیار پیچیده تامین انرژی مورد نیاز آینده مواجه ساخته است. محدودیت استفاده از سوخت‌های فسیلی به خاطر تجدیدنپذیر بودن آن‌ها و نیز آلودگی‌هایی که به وجود آورده‌اند؛ مانند گرم شدن زمین و آب شدن یخ‌ها و به هم خوردن اکوسیستم طبیعی کره زمین؛ باعث محدودتر شدن استفاده از این منابع انرژی شده است. همچنین نفت و مشتقات آن از ارزشمند ملی و حیاتی کشورهاست. مصرف نابهینه از آنها به دور از خرد است (Fridleifsson, 2008, Glassley, 2010). گرچه هنوز سوخت‌های فسیلی و بخصوص نفت، در تامین انرژی مورد نیاز جهان نقش مسلطی را ایفا می‌کند با این حال بحران دهه هفتاد برای اولین بار آسیب پذیری امنیت عرضه آن را برای کشورهای صنعتی به وضوح آشکار نموده است. از این رو جهان در تکاپوی گذر از این تنگنای انرژی به منابع تجدید شونده، بویژه انرژی‌های نو و تجدید پذیر چشم دوخته و در راستای تکوین و توسعه فناوری بهره‌وری از آن به سرعت گام برمیدارد (کاوپانی، ۱۳۷۴). با پیشرفت علوم و تکنولوژی‌های مربوط به استفاده از منابع انرژی تجدید شونده در جهان، نیاز به تحقیق و بررسی‌های فراوان در این ارتباط و افزایش سقف منابع انرژی تجدید شونده در سبد انرژی کشور وجود دارد. در این میان بایستی تحلیلی جامع صورت گیرد که با استفاده از کدامیک از روشها می توان به بهترین صرفه جویی اقتصادی دست یافت (قرشی، ۱۳۷۶).

به طور عمده انرژی‌های نو و تجدید پذیر را در چهار بخش تقسیم می کنند: (۱) انرژی خورشید (۲) انرژی باد، آب و امواج (۳) انرژی زمین گرمایی (۴) فن آوری هیدروژن، پیل سوختی و زیست توده.

در حال حاضر از میان انرژی های تجدید پذیر، انرژی آب برای تولید برق کم هزینه ترین و انرژی خورشیدی پرهزینه ترین است. استفاده از هر کدام از این انرژی ها بسته به منابع و امکانات محیطی است. در کشور ما ایران با توجه به ویژگی های جغرافیایی و آب و هوایی از اکثر انرژی های نو و تجدید پذیر می توان بهره برداری کرد. یکی از این انرژی ها انرژی زمین گرمایی می باشد (یوسفی و همکاران ۱۳۸۲). امکان وجود انرژی ژئوترمال در هر جایی وجود دارد ولی مناطق زلزله خیز و کوه های آتشفشانی جوان بهترین مناطق می باشند (بومری، ۱۳۸۴).

در این فصل ابتدا به تعریف ژئوترمال و پیشینه اکتشاف منابع ژئوترمالی دنیا و ایران پرداخته شده است در ادامه شرحی از کاربرد این انرژی و مزایای استفاده از آن و همچنین مناطق مستعد برای بهره برداری از این انرژی داده شده است.

۱-۲- انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال)

اصطلاح زمین گرمایی ترجمه واژه Geothermal است که ریشه یونانی داشته و از کلمات Geo به معنای زمین و Therme به معنی حرارت تشکیل شده است بنابراین، انرژی ژئوترمال به معنای انرژی با منشا درونی زمین است. این انرژی، به شکل گرمای محسوس، از بخش درونی زمین منشا و به سنگ ها و آب های موجود در شکاف ها و منافذ پوسته ی زمین منتقل می شود (کامیار، ۱۳۸۲). تقریباً به ازای هر ۱۰۰ متر عمق حدود 3°C درجه به دمای زمین اضافه می شود. به طوری که درجه حرارت در لایه های پایینی پوسته زمین حدود 1300°C و در هسته مرکزی زمین حدود 5000°C است (شیخ احمدی و همکاران، ۱۳۸۳). این حرارت به طریقه های متفاوتی از جمله فورانهای آتشفشانی، نقاط داغ حرارتی در درون زمین و یا بواسطه خاصیت رسانایی از بخش هایی از زمین به سطح هدایت می شود. در یک سیستم زمین گرمایی حرارت ذخیره شده در سنگها و مواد مذاب اعماق زمین بواسطه یک سیال حامل به سطح زمین منتقل می شود. این سیال عمدتاً نزولات جوی

می‌باشد که پس از نفوذ به اعماق زمین و مجاورت با سنگهای داغ حرارت آنها را جذب کرده و در اثر کاهش چگالی مجدداً به طرف سطح زمین، صعود می‌نمایند و از طریق گسل‌ها و شکست‌های زمین به سطح زمین می‌رسند که موجب پیدایش مظاهر حرارتی مختلفی از قبیل چشمه‌های آبگرم، آب فشانها و گل فشانها در نقاط مختلف سطح زمین می‌گردند. اما بیشتر این آب‌ها در اعماق زمین، در شکاف‌ها و سنگ‌های متخلخل محبوس می‌مانند و منابع زمین‌گرم را به وجود می‌آورند که امروزه بعنوان انرژی نامحدودی در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گیرد (فتوحی و نورالهی، ۱۳۸۰).

به کارگیری انرژی زمین‌گرمایی بعنوان یکی از منابع مهم انرژی، از دیرباز مطرح بوده است. در سال ۱۹۰۸ در ایتالیا نخستین نیروگاه زمین‌گرمایی به ظرفیت ۲۰ کیلووات راه‌اندازی شد که در سال ۱۹۴۰ ظرفیت آن به ۱۲۷ مگاوات افزایش یافت. تا سال ۱۹۵۰ بهره‌گیری از انرژی زمین‌گرمایی رشد چندانی نداشت، اما حد فاصل سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۳ بدلیل گران شدن بی‌سابقه و ناگهانی نفت، و ترس از پایان یافتن سوخت‌های فسیلی و مسایل زیست‌محیطی مربوطه توجه بسیاری از کشورهای جهان به استفاده از انرژی زمین‌گرمایی معطوف شده، و به تدریج کشورهای چون آمریکا، ایسلند، فیلیپین، اندونزی و اغلب کشورهای که بر روی کمر بند زمین‌گرمایی جهانی قرار داشتند بهره‌برداری از این انرژی را شروع کردند (فتوحی و نورالهی، ۱۳۸۰).

۱-۳- تاریخچه ژئوترمال

ایتالیا نخستین کشوری است که برای شبکه راه آهن برقی خود از انرژی ژئوترمال استفاده کرده است. نخستین تلاشها برای تولید برق از بخار آب ژئوترمال در سال ۱۹۰۴ میلادی در ناحیه ی لاردولو انجام پذیرفت. موفقیت این آزمایش، ارزش صنعتی انرژی ژئوترمال را بخوبی نشان داد و این آغازی بود بر بهره‌برداری خاصی که قرار بود بعدها بطور قابل توجهی توسعه داده شود. در همان زمان در ناحیه لاردولو با به جریان انداختن بخار آب کیفیت پایین در مبدل‌های حرارتی، نیاز حرارتی منازل روستایی

و آب داغ مصرفی آنها تامین می گردید. در سال ۱۹۰۸ در منطقه مذکور نخستین نیروگاه زمین گرمایی به ظرفیت ۲۰ کیلووات راه اندازی شد که در سال ۱۹۴۰ ظرفیت آن به ۱۲۷ مگاوات افزایش یافت (طاهری فرد و شهاب، ۱۳۸۹). این کشور هم اکنون با توان تولید معادل ۸۰۰ مگاوات برق از جمله کشورهای پیشرو در این صنعت می باشد. سیستم نمونه ای که در کشور ایتالیا راه اندازی شد، به سرعت توسط چند کشور دیگر الگو برداری شد. نخستین چاه های ژئو ترمال در سال ۱۹۱۹ در Beppu ژاپن و در سال ۱۹۲۱ در Geysers کالیفرنیا (آمریکا) حفر شدند که البته در آن زمان با موفقیت چندانی همراه نبودند. در سال ۱۹۲۸ کشور ایسلند، کار استخراج سیالات ژئوترمال (بوژه آب داغ) را برای تامین نیاز حرارتی منازل آغاز نمود (ثقفی، ۱۳۸۲).

پس از جنگ جهانی دوم، در سال ۱۹۵۸ نیوزلند بعنوان دومین کشور فعال در این زمینه اقدام به تولید نیروی برق با استفاده از انرژی زمین گرمایی نمود. که اینک معادل ۴۵۰ مگاوات ظرفیت نیروگاههای نصب شده زمین گرمایی در این کشور می باشد. فرانسه از سال ۱۹۷۱ استفاده از انرژی زمین گرمایی را شروع کرده است. در حال حاضر بیش از ۲۰ کشور جهان با نصب نیروگاههای زمین گرمایی از این منبع عظیم انرژی برای تولید برق استفاده می نمایند (آمریکا با ۲۲۰۰ مگاوات، فیلیپین با ۱۹۰۰ مگاوات، ایتالیا با ۸۰۰ مگاوات، مکزیک با ۷۵۰ مگاوات، اندونزی با ۶۰۰ مگاوات، ژاپن با ۵۵۰ مگاوات، نیوزلند با ۴۵۰ مگاوات، ایسلند با ۱۷۰ مگاوات) که مجموع ظرفیت نصب شده بالغ بر ۸۴۰۰ مگاوات می باشد.

سهم برق تولید شده در جهان از برخی انرژی های نو شامل ۱/۶٪ انرژی زمین گرمایی، ۵/۵٪ زیست توده، ۰/۶٪ انرژی باد و انرژی خورشیدی ۰/۰۵٪ است. در بین کشورهایی که بهترین بهره برداری را از انرژی ژئوترمال دارند، می توان ایسلند را نام برد. کشور ایسلند حدود ۵۳٪ انرژی مورد نیاز خود را از انرژی ژئوترمال تأمین می کند (Ragnarsson, 2010).

در کشور ما ایران از سال ۱۳۵۴ و بمنظور شناسایی پتانسیل های منبع انرژی زمین گرمایی مطالعات گسترده ای توسط وزارت نیرو با همکاری مهندسين مشاور ایتالیایی شرکت ENEL در نواحی شمال و شمال غرب ایران در محدوده ای به وسعت ۲۶۰ هزار کیلومتر مربع آغاز گردید. نتیجه این تحقیقات مشخص نمود که مناطق سبلان، دماوند، خوی، ماکو و سهند با مساحتی بالغ بر ۳۱ هزار کیلومتر مربع جهت انجام مطالعات تکمیلی و بهره برداری از انرژی زمین گرمایی مناسب می باشند. در همین راستا برنامه اکتشاف، مشتمل بر بررسی های زمین شناسی، ژئوفیزیک و ژئوشیمیایی برنامه ریزی شد (Noorollahi & Fotouhi, 2000).

در سال ۱۳۶۱ با پایان یافتن مطالعات اکتشاف مقدماتی در هر یک از مناطق ذکر شده، نواحی مستعد با دقت بیشتری شناسایی شده و در نتیجه در منطقه سبلان (نواحی مشکین شهر، سرعین و بوشلی)، در منطقه دماوند (ناحیه نونال)، در منطقه ماکو خوی (نواحی سیاه چشمه و قطور) و در منطقه سهند (پنج ناحیه کوچکتر) جهت تمرکز فعالیتهای فاز اکتشاف تکمیلی انتخاب شدند.

پس از یک وقفه نسبتاً طولانی و با هدف فعال نمودن مجدد طرح، گزارشهای موجود مجدداً در سال ۱۳۶۹ توسط کارشناسان بازنگری شده و منطقه زمین گرمایی مشکین شهر بعنوان اولین اولویت جهت ادامه مطالعات اکتشافی معرفی شد. علاوه بر مناطق یاد شده اخیراً توسط سازمان انرژیهای نو ایران ۱۰ پتانسیل جدید و مستعد دیگر در نواحی مرکزی و جنوب کشور در غالب طرح پتانسیل سنجی انرژی زمین گرمایی ایران شناسایی شده است که طرح اکتشافی آنها در دست تهیه است (Saffarzadeh et al, 2005).

در اولویت اول بمنظور ادامه مطالعات قبلی و تکمیل نمودن فاز اکتشاف در ناحیه مشکین شهر در سال ۱۳۷۴ کارشناسان معاونت امور انرژی وزارت نیرو با هدف نصب اولین نیروگاه زمین گرمایی در کشور برنامه فاز اکتشاف تکمیلی را تهیه و بخش مطالعات سطح الارضی شامل عملیات ژئوفیزیکی، زمین شناسی و بررسی های ژئوشیمیایی و ماهواره ای با اعتباری معادل ۸۲۶ هزار دلار آغاز گردید این مطالعات توسط مهندسين مشاور کینگستون موريسون از کشور نیوزلند و با مدیریت سازمان انرژیهای

نو ایران طی سال ۱۳۷۷ به انجام رسید که حاصل این مطالعات منجر به تخمین درجه حرارت احتمالی مخزن در حد 240°C و تعیین نقاط حفاریهای اکتشافی در دامنه های شمالی سبلان مشرف به جنوب شهرستان مشکین شهر گردید (سازمان انرژی های نو ایران، ۱۳۹۲).

در سال ۱۳۸۷ پتانسیل انرژی زمین گرمایی در ایران بر اساس مطالعات انجام شده در بیش از ۱۰ منطقه و جمعاً ۱۸ نقطه در شمال غرب، مرکز، جنوب، شرق و جنوب شرقی شناسایی شده است. این مناطق بر اساس میزان فعالیت های تکتونیکی، میزان چشمه های آبگرم و شواهد سطح الارضی و زمین شناسی شناسایی شده اند که بر اساس گزارش ارائه شده توسط سازمان انرژی های نو ایران در سال ۱۳۷۷ که شامل (منطقه تفتان- بزمان، منطقه نایبند، منطقه بیرجند - فردوس، منطقه تکاب هشتگرد، منطقه خور - بیابانک، منطقه اصفهان - محلات، منطقه رامسر، منطقه بندرعباس - میناب، منطقه بوشهر - کازرون و منطقه لار - بستک) می باشند (Yusefi et al, 2010).

۴-۱- اهمیت جایگزینی انرژی زمین گرمایی

در کنفرانس جهانی زمین گرمایی در سال ۱۹۹۲ هشدار داده شده است که استفاده بی رویه از سوخت های فسیلی باعث صدمات جبران ناپذیری بر محیط زیست می شود و برآورد شده است که به ازاء هر کیلووات ساعت برق تولید شده از سوخت ذغال سنگ حدود $2/1$ کیلو گرم گاز دی اکسید کربن (CO_2) ایجاد و به اتمسفر راه می یابد. این مقدار گاز دی اکسید کربن با جایگزین کردن ذغال سنگ توسط نفت به $0/9$ کیلوگرم، توسط گاز طبیعی به $4/0$ کیلوگرم و توسط انرژی ژئوترمال به $0/13$ کیلوگرم تقلیل می یابد. همچنین هزینه تولید برق از انرژی زمین گرمایی ۲۵ تا ۳۰ درصد کمتر از هزینه تولید برق از ذغال سنگ، نفت یا انرژی هسته ای است.

بطور کلی مزیت های انرژی زمین گرمایی را می توان به دو دسته کلی مزایای زیست محیطی و کاربردی تقسیم بندی کرد.

مزیت های زیست محیطی کاربرد انرژی زمین گرمایی عبارتند از عدم آلودگی هوا، تولید CO₂ کم، تولید H₂S پایین و عدم تولید NO_x و عدم آلودگی منابع آب های زیرزمینی. امروزه بدلیل تزریق سیال خروجی از نیروگاه ها و سایر طرح های کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی، میزان آلایندهای این قبیل طرح ها به حداقل مقدار خود رسیده است.

مزایای کاربردی عبارتند از صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی، طولانی بودن زمان دسترسی، گستردگی موارد کاربرد، مستقل بودن از شرایط جوی، امکان تولید برق به وسیله واحدهای قابل حمل (نصیری، ۱۳۷۶).

۱-۵- کاربردهای انرژی زمین گرمایی

کاربرد انرژی زمین گرمایی به دو دسته مستقیم و غیر مستقیم (نیروگاهی) تقسیم می شود. امروزه، با حفر چاه به درون مخازن زمین گرمایی، و مهار آب داغ و بخار، از آن برای تولید نیروی الکتریسیته در نیروگاه زمین گرمایی و یا مصارف دیگر بهره برداری می کنند. در نیروگاه زمین گرمایی، آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین گرمایی که دماهای بالا ۱۵۰°C دارند، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می آورد و انرژی الکتریسیته تولید می کند (دانشور، ۱۳۶۴). و بصورت غیر مستقیم از این انرژی استفاده می شود. در مخازن زمین گرمایی که دمایی بین ۶۵ °C تا ۱۵۰°C دارند و برای تولید برق (نیروگاه) دارای توجیه اقتصادی نمی باشد در این موارد از این انرژی حرارتی بصورت مستقیم استفاده می شود و شامل مواردی مانند گرمایش ساختمان ها، کشاورزی، دامپروری، کاربردهای صنعتی، درمان بیماری ها و ذوب برف جاده ها که در ادامه شرح مختصری از آن ها داده می شود (باسپور، ۱۳۷۶).

۱-۵-۱ گرمایش ساختمان ها

این مورد متداول ترین کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی است. حدود ۳۷٪ کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در سراسر جهان را گرمایش فضاهای مختلف مسکونی، تجاری، اداری و غیره به خود اختصاص می دهد. یکی از مزیت های مهم سیستم های گرمایشی این است که آب داغ پس از تأمین حرارت فضاهای مختلف، مجدداً به درون مخزن زمین گرمایی تزریق می شود و در نتیجه میزان آلودگی زیست محیطی آن بسیار پایین است. امروزه کشورهای ایسلند، فرانسه، مجارستان و ژاپن برای تأمین حرارت سیستم های گرمایش مرکزی خود از انرژی زمین گرمایی استفاده می کنند (Barbier, 1997).

۱-۵-۲ کشاورزی

عمده ترین کاربرد انرژی زمین گرمایی در زمینه فعالیت های کشاورزی، تأمین گرمایش گلخانه ها است. البته در برخی از مناطق سردسیر از حرارت آب داغ مخزن های زمین گرمایی برای گرم کردن خاک های کشاورزی نیز به کار می رود. این نوع کاربرد در کشورهای سردسیر بسیار گسترش دارد. از جمله محصولات که به کمک این انرژی کشت می شوند می توان به خیار، گوجه فرنگی، انواع گل ها، گیاهان خانگی، نهال درختان و انواع کاکتوس ها اشاره کرد. در بین کشورهای جهان مجارستان از نظر استفاده از گلخانه های زمین گرمایی مقام نخست را دارد. علاوه بر مجارستان کشورهای نظیر ایسلند، چین، یونان، نیوزیلند و روسیه نیز در زمینه گلخانه های زمین گرمایی فعال هستند (باسپور، ۱۳۷۶).

۱-۵-۳ دامپروری

به کمک انرژی زمین گرمایی می توان انواع مختلف آبزیان را نیز پرورش داد. امروزه در سطح جهان از انرژی زمین گرمایی برای پرورش و رشد آبزیانی نظیر میگو، قزل آلا، صدف و همچنین آبزیان آکواریومی استفاده می شود. نظر به اینکه درجه حرارت بهینه برای پرورش انواع مختلف آبزیان برای هر یک از آنها میزان مشخصی است، با استفاده از انرژی زمین گرمایی می توان درجه حرارت حوضچه های پرورش را در حد مطلوب تأمین کرد و آن را در تمام طول سال ثابت نگه داشت. بدین ترتیب می

توان مقدار تولید انواع مختلف آبیان را به میزان قابل توجهی افزایش داد. کشورهایمانند ایسلند، گرجستان، ترکیه، نیوزیلند، ژاپن و چین از جمله کشورهای پیشرو در زمینه استفاده از انرژی زمین گرمایی برای پرورش آبیان هستند (باسپور، ۱۳۷۶).

۱-۵-۴ کاربردهای صنعتی

این دسته از کاربردهای انرژی زمین گرمایی هنوز مانند سایر مصارف انرژی زمین گرمایی در سطح جهان گستردگی چشمگیری ندارد. با این وجود، در حال حاضر حدود ۱۹ کشور جهان از این انرژی در فرآیندهای مختلف صنعتی استفاده می کنند. بعنوان مثال می توان به تولید برات و اسید بوریک از سیال های زمین گرمایی در ایتالیا اشاره کرد (باسپور، ۱۳۷۶).

۱-۵-۵ درمان بیماری ها

امروزه از آب های گرم دارای حرارت بیش از 50°C برای درمان بیماری هایی نظیر فشار خون بالا، روماتیسم، بیماری های پوستی و بیماری های دستگاه عصبی استفاده می شود. در حال حاضر حدود ۴۵ کشور جهان از چشمه های آبگرم خود برای این منظور استفاده می کنند (صرامی و نظری پور، ۱۳۸۶).

۱-۵-۶ ذوب برف جاده ها

به کمک انرژی زمین گرمایی می توان برف یا یخ جاده ها و پیاده روها را نیز ذوب کرد. گسترش این نوع کاربرد نسبت به سایر موارد انرژی زمین گرمایی محدودتر است. سیستم ذوب برف زمین گرمایی متشکل از لوله هایی است که به صورت شبکه ای در معابر و نقاط حادثه خیز جاده ها و پل ها جاسازی شده اند در این شبکه سیالی را که با انرژی زمین گرمایی گرم می شود، به داخل لوله ها می فرستند تا برف ها را ذوب کند. در حال حاضر به جز کشور ایسلند، کشورهای چین آرژانتین، آمریکا و ژاپن نیز

برای ذوب برف جاده‌های خود از انرژی زمین‌گرمایی بهره می‌گیرند (Tester, 2006؛ پرخیال و همکاران، ۱۳۸۶).

۱-۶- مناطق مناسب برای بهره برداری از انرژی زمین‌گرمایی

مناطق دارای چشمه‌های آبگرم و آبفشان‌ها، یکی از معیارهای مناطقی هستند که در آن‌ها انرژی زمین‌گرمایی مورد بهره برداری قرار گرفته و توسعه یافته است. در حال حاضر، تقریباً تمام نیروی الکتریسیته حاصل از انرژی زمین‌گرمایی از چنین مکان‌هایی بدست می‌آید (دانشور، ۱۳۶۴). در مناطقی، که تزریق ماگما به درون پوسته‌ی زمین به اندازه‌ی کافی جدید باشد مناطق هنوز خیلی داغ می‌ماند. در این نواحی، درجه‌ی حرارت سنگ ممکن است به 300°C برسد و مقادیر عظیمی انرژی‌گرمایی فراهم کند. لذا در مکان‌هایی که فرآیندهای زمین‌شناسی اجازه داده اند ماگما تا نزدیکی سطح زمین بالا بیاید و یا به صورت گدازه جریان یابد، می‌تواند انرژی زمین‌گرمایی تشکیل شود. ماگما نیز درسه منطقه می‌تواند به سطح زمین نزدیک شود:

۱- محل برخورد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (فرورانش)

۲- مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره‌ای از هم دور می‌شوند

۳- نقاط داغ زمین؛ نقاطی که ماگما را پیوسته از جبهه به طرف سطح زمین می‌فرستند و ردیفی از آتشفشان را تشکیل می‌دهند (داودی راد، ۱۳۶۴).

بنابراین برخی از شواهد زمین‌شناسی منابع زمین‌گرمایی عبارتند از سنگ‌های آتشفشانی جوان چشمه‌های آبگرم، بخارفشان یا گازفشان، آب فشان، گل فشان، نواحی دگرسان شده، کوه‌های آتشفشانی فعال می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که برای آغاز بررسی‌های اکتشافی در یک منطقه زمین‌گرمایی، بیش از یک نشانه باید در منطقه وجود داشته باشد (Huenges, 2009).

۷-۱- مروری بر فصل های پایان نامه

در فصل اول این پایان نامه بعنوان کلیات همان گونه که ملاحظه گردید، انرژی ژئوترمال تعریف شده و شرایط و نحوه ی تشکیل این ذخایر و همچنین مناطق مساعد برای بهره برداری از این انرژی شرح داده شده است. در ادامه به اهمیت پروژه و نیاز جامعه به جایگزینی این انرژی اشاره شده و در نهایت به شواهد وجود این منابع در ایران و خصوصاً در منطقه آذربایجان و هدف کلی از این پروژه پرداخته شده است .

زمین شناسی استان آذربایجان شرقی و بررسی حضور ولکانیک های جوان مرتبط با فعالیت های ژئوترمالی در فصل دوم آورده شده است. همچنین اهمیت منطقه مورد مطالعه و معرفی داده های لیتوژئوشیمیایی در این بخش می باشد.

فصل سوم با عنوان تحلیل و آنالیز داده های لیتوژئوشیمیایی است که به تحلیل های تک متغیره، دو متغیره و چند متغیره داده ها می پردازد. در پایان هر بخش از این فصل عناصر با اهمیت در بررسی های ژئوترمالی تعیین می شوند. و در نهایت با ارائه مدل های برای عناصر با اهمیت مقدار زمینه و آنومالی آنها مشخص گردیده است تا با استفاده از این مقادیر نقشه پراکندگی این غلظت ها رسم شود. فصل چهارم که با عنوان بحث و نتیجه گیری آورده شده است که به بحث درمورد نتایج بدست آمده و تلفیق اطلاعات (زمین شناسی، دگرسانی، هیدروژئوشیمیایی، گسل ها و معادن) بصورت نقشه های پراکندگی غلظت می پردازد. در بخش نتیجه گیری نیز مدلی از منطقه ی امید بخش ارائه شده است که کلیه ی اطلاعات زمین شناسی، هیدروژئوشیمیایی، لیتوژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی در نظر گرفته شده اند.

فصل دوم

زمین شناسی و نمونه برداری

۲-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا به پیشینه ای از بررسی های ژئوشیمیایی (لیتوژئوشیمیایی - هیدروژئوشیمیایی) در اکتشاف و پی جویی مناطق با پتانسیل ژئوترمالی اشاره می شود. در ادامه به معرفی زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و اهمیت منطقه مورد مطالعه پرداخته خواهد شد. سپس در خصوص داده های ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه توضیحاتی ارائه شده است.

۲-۲- پیشینه ای از بررسی های ژئوشیمیایی (لیتوژئوشیمیایی - هیدروژئوشیمیایی)

در اکتشاف ذخایر ژئوترمالی

در مطالعات لیتوژئوشیمیایی انجام شده توسط Bingqin and Hui (1995) که بمنظور تعیین عناصر ردیاب ژئوشیمیایی در اکتشاف مناطق ژئوترمالی در چین صورت پذیرفت، نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه های برداشت شده از خاک، سنگ های آتزه و سالم و رسوبات چشمه های آبگرم و سرد، مشخص نمود که:

۱. در نمونه های خاک، غلظت عناصری مانند As, Bi, Hg, Sb بالا می باشد و تغییرات غلظت این عناصر با تغییرات دما رابطه ای مستقیم دارد .

۲. در نمونه های سنگ های آتزه و غیر آتزه مشخص شده است که عناصری مانند As, Be, Bi, Hg, Sb در سنگ های آتزه ، غلظت بالاتری نسبت به سنگ های غیر آتزه دارند.

۳. و در نمونه های جمع آوری شده از رسوبات اطراف چشمه های آبگرم و سرد ، غلظت های بالایی از As, Ba, Be, Bi, Fe, Hg, Sb, Ti وجود دارد.

همچنین در تعیین شاخص های مستقیم (نزدیک چشمه های آبگرم) و غیر مستقیم (در فاصله ی دورتری از چشمه های آبگرم)، به این نتیجه رسیده اند که :

شاخص های مستقیم عبارتند از عناصر Ag, As, Au, B, Be, Bi, Cs, Hg, Li, Rb, Sb و شاخص های غیر مستقیم عبارتند از عناصر Co, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn.

در بررسی های زمین شناسی و ژئوشیمیایی در منطقه ژئوترمالی sanjiangorog توسط wang (2001) مشخص شده که نمونه های خاک و سنگ برداشت شده از نزدیکی چشمه های آبگرم غلظت های بالایی از عناصر As, Bi, Hg, Li, Rb, Sb, Sn دیده می شود و نمونه های خاک و سنگ جمع آوری شده در فاصله ی دورتری از چشمه های آبگرم غلظت عناصری مانند Mn, Ni, Co, Pb, Zn بالا می باشد.

همچنین تحقیقات Kolker (2009) در منطقه ی Akutan (منطقه ی ولکانیکی ایسلند دارای بیشترین سیستم های ژئوترمالی) در زمینه ی ژئوشیمیایی خاک نشان می دهد که غلظت های بالایی از As, B و Hg را در اطراف چشمه های آبگرم و در امتداد گسل ها وجود دارد . لذا این عناصر بعنوان شاخص هایی برای ذخایر ژئوترمالی در این بررسی ها بودند.

علاوه بر مطالعات انجام شده در زمینه ی لیتوژئوشیمیایی، تحقیقات هیدروژئوشیمیایی صورت پذیرفته شده در رابطه با اکتشاف مناطق ژئوترمالی، گویای آن می باشند که :

در رابطه با نحوه ی توزیع عناصر As, Hg, Sb در آب های ژئوترمالی ژاپن توسط Sakamota و همکاران (1998) بیان شده است که همبستگی مثبت بالایی بین As, Sb در آب های ژئوترمالی وجود دارد . ولی در مورد رابطه As با Hg و یا Sb با Hg همبستگی معینی ملاحظه نشده و در نتیجه مشخص می شود که رفتار متفاوتی با As و Sb از خود نشان می دهد و مقدار Hg در آب های ژئوترمالی نسبت به غلظت های As و Sb در حدود پایین تری تمرکز می یابد.

بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط Hui and Bingqin (1995) در چشمه‌های آبگرم مناطق ژئوترمالی چین، نشان داد که غلظت عناصری مانند As, Be, Cs, Cl, F, Hg, Li, Rb, Sb در چشمه های آبگرم بالا می‌باشد و با افزایش دما غلظت این عناصر هم افزایش می‌یابد.

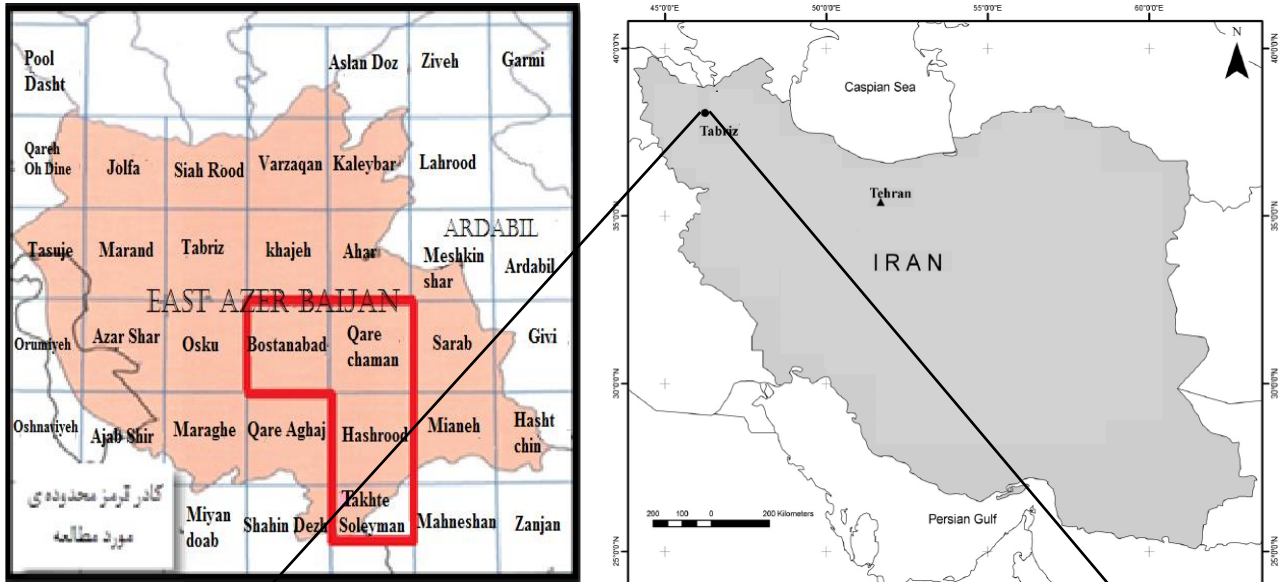
در بررسی‌های انجام شده در منطقه‌ی ژئوترمالی Rehai&Ruidian چین توسط Zhang و همکارانش (2008) مشخص شده است که غلظت های عناصری مانند As, Cs, Ge, Rb, Sb, Sc در آب های آلكالی نسبت به آب های اسیدی بالاتر می‌باشد و در مقابل غلظت عناصری مانند Fe, Mn در آب های اسیدی منطقه ژئوترمالی مورد نظر بالاتر می‌باشد.

بر اساس تحقیقات صورت گرفته و مطالعات انجام شده در محیط‌های لیتوژئوشیمیایی و هیدروژئوشیمیایی می‌توان نتیجه گرفت که عناصری مانند As, Bi, Hg, Sb غالباً مشترک بنظر می‌رسند و از آنها می‌توان به عنوان ردیاب‌های ژئوشیمیایی در اکتشافات ذخایر ژئوترمالی نام برد. گرچه که وجود عناصری مانند Mn, Fe و یا B و هالوژن‌ها نیز مطرح می‌باشند.

۲-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان شرقی از استان‌های مهم و پرجمعیت ایران است که در گوشه شمال غرب کشور واقع گردیده است (شکل ۱-۲). به لحاظ جغرافیایی این استان بین ۷' و ۴۵° الی ۲۰' و ۴۸° شرقی و ۴۵' و ۳۶° الی ۲۶' و ۳۹° عرض شمالی واقع گردیده است. مساحت این استان ۴۵۴۹۱ کیلومتر مربع است که حدود ۲/۸٪ از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. این استان از نظر موقعیت طبیعی در محل برخورد دو رشته کوه البرز و زاگرس، به عبارتی در زون البرز و آذربایجان و در گوشه شمال غرب فلات ایران واقع شده است. در حالت کلی، استان آذربایجان شرقی یک منطقه کوهستانی محسوب می‌شود که حدود ۴۰ درصد از سطح آن را کوهستان فرا گرفته است. از مناطق کوهستانی معروف منطقه می‌توان توده آتشفشانی سبلان در شرق، سه‌پند در غرب و جنوب غربی، رشته کوه‌های قره‌داغ در شمال، رشته

کوه‌های تخت سلیمان و اربط در جنوب، ارتفاعات بزقوش در جنوب شرق و قوشاداغ در شمال شرق استان را نام برد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۹۲).



شکل (۱-۲) موقعیت و راه‌های ارتباطی استان آذربایجان شرقی (استانداری آذربایجان شرقی، ۱۳۹۲)

۲-۴- خلاصه ای از وضعیت زمین شناسی استان آذربایجان شرقی

این منطقه از سرزمین ایران، حوادث زیادی را پشت سر گذاشته که آثار آن از پرکامبرین (مناطق دگرگونی میانه) تا به امروز (ولکانیسم سبلان و سهند) قابل مشاهده است. در ادامه بطور مختصری به وضعیت زمین شناسی استان از قدیم به جدید اشاره شده است (درویش زاده، ۱۳۷۰).

پرکامبرین

واحدهای سنگی دوران پرکامبرین به دو صورت دگرگونی و رسوبی در نقاط مختلف پوخته استان آذربایجان شرقی، مشخص شده‌اند. دگرگونه‌های با رخساره درجه بالا در سه منطقه، شمال شرق شهرستان میانه (اطراف رودخانه گرمی چای در شمال شرق روستای ساری قمیش)، جنوب شرقی شهرستان میانه (مجموعه دگرگونی آنابلاغی) و جنوب شرق شهرستان چاراویماق برونزد یافته‌اند که از نظر سنگ شناختی بطور عمده شامل سنگهای میکاشیست، آمفیبولیت، گنایس، مرمر و میگماتیت می‌باشند. واحدهای رسوبی دوران پرکامبرین و اینفراکامبرین آذربایجان شرقی نیز در حوالی شهرستانهای جلفا، مرند، تبریز و مراغه شناسایی شده است (آقانبانی، ۱۳۸۳).

پالئوزوئیک

به سبب حرکات پوخته‌ای فازهای کالدونین و هرسی نین در طول دوره‌های اردوسین، سیلورین، دونین و کربونيفر، در اکثر نواحی این بخش از ایران به استثنای پیرامون شهرستانهای جلفا، سیه رود و اسکو نبود چینه‌ای گسترده‌ای رخ داده است.

در سنگهای پالئوزوئیک میانی نشانه‌هایی، حاکی از فرسایش در سرتاسر آذربایجان دیده می‌شود که نمایانگر بالا آمدگی حاصل از حرکات خشکی‌زایی به سن کالدونین است و هیچ فاز کوهزایی طی پالئوزوئیک زیرین تا دونین، سرزمین آذربایجان را تحت تأثیر قرار نداده است. در اوایل دونین، حادثه نکتونیک مهمی موجب شکستگی و تقسیم بسیار مشخص رخساره‌ها در آذربایجان شده است (گسل

تبریز). گسل تبریز، یک گسل امتدادی راست لغز است که از کوه‌های زنجان-سلطانیه در ایران تا کوه های آارات در ترکیه تداوم دارد (Arshadi and Berberian, 1975). در طول این گسل در فاصله‌ی بستان آباد تا سلماس، پدیده های ژئومرفولوژیکی متنوعی وجود دارد که شامل جابجایی و قطع شدگی آبراهه‌ها، اختلاف ارتفاع و ایجاد پرتگاه گسلی، آب های زاینده، استخرهای طبیعی و دریاچه ارومیه است که در اثر فعالیت گسل تبریز ایجاد شده‌اند (شهرابی، ۱۳۷۳). دریاچه ارومیه قبل از تشکیل توسط یک کانال به رودخانه قطور چای و در نهایت به رودخانه ارس متصل می‌گردیده است (Eftekhar Nezhad, 1975). گفتنی است در اواخر این دوره و به دلیل حاکم شدن شرایط خشکی - قاره ای بعنوان مثال در شرق شهرستان عجب شیر، افق لاتریتی پرمین فوقانی از نظر وجود بوکسیت و کائولینیت (نسوز) حائز اهمیت می‌باشد (آقاناتی، ۱۳۸۳).

مزوزوئیک

باتوجه به آثار سنگ شناسی شناسایی شده در پوسته آذربایجان شرقی، محتوای لیتولوژیکی دوره کرتاسه نسبت به دوره های دیگر دوران مزوزوئیک گسترش بیشتری داشته و بطور عمده شامل نهشته های آهکی، ماسه سنگی، شیلی و گدازه ها و مواد آذرآواری متنوعی می گردد. از میان این رسوبات مجموعه های شیلی و ماسه سنگی ژوراسیک در شمال ملکان که حاوی ذخایری از زغالسنگ می باشد، قابل ذکر است در بخش شمالی آذر شهر، آهک های کرتاسه از خلوص خوبی برخوردار بوده و در حال حاضر جهت تولید آهک هیدراته و همچنین آهک مورد نیاز واحد تولید آلومینا از نفلین سینیت، مورد بهره برداری قرار گرفته است (آقاناتی، ۱۳۸۳).

سنوزوئیک

هر چند که اولین آثار آتشفشانی قابل توجه، مربوط به کرتاسه بالایی است ولی فعالیت آتشفشانی مهم و عمدتاً سنگ های زیردریایی طی ائوسن به ظهور رسیده است. فاز کششی پیرنه در زمان ائوسن، سبب رخداد آتشفشانهای آندزیتی - داسیتی مهم و بیشتر بصورت زیردریایی، در آذربایجان گردید. در

ادامه جنبش های فاز مزبور و در آغاز دوره الیگوسن، توده های پلوتونیک متعددی نظیر اهر، ورزقان، کلیبر و نفلین سینیت بزقوش به داخل سنگهای آتش فشانی ائوسن نفوذ کرده و موجب چین خوردگی ها در رسوبات تخریبی شرق و جنوب شرق آذربایجان شرقی شده‌اند.

حرکات تکتونیک در پلیوسن، اهمیت زیادی داشته و گواه آن فعالیت آتشفشانی عظیم این منطقه و ولکانیسم پلیو کواترنر سبلان، سه‌ند و وفور چشمه های آبگرم مناطق اردبیل و بستان آباد و زمین لرزه های این منطقه است. حتی فعالیت گسل‌های بی شمار، رسوبات عهد حاضر و نهشته های آبرفتی را خرد نموده است و این معلول همین جابجایی می باشد (آقابات، ۱۳۸۳).

واحدهای کواترنر منطقه عمدتاً در دشت های منطقه قابل مشاهده هستند که این واحدها شامل تراس های مرتفع قدیمی، تراس های کم ارتفاع جوان، گستره‌های تراورتن بویژه شهرستان آذرشهر و آبرفت های رودخانه‌ای هستند و همچنین در نقاط مختلف نهشته های مخروط افکنه و واریزه های دامنه ای نیز تشکیل شده اند (تهرانی و درویش زاده، ۱۳۶۳).

از نهشته های دوران چهارم (کواترنر) این منطقه، می‌توان به نهشته‌های دریاچه ای آب شیرین، مراغه، دیاتومیت های ممقان و انواع سنگهای ساختمانی تراورتن (مانند آذرشهر) اشاره نمود که پاره ای از آنها از جمله ذخایر معدنی استان بوده و ارزش اقتصادی دارند (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۹۲).

از آنجایی که در مطالعات منابع ژئوترمالی واحدهای سنگی آذرین جوان (خصوصاً سنگهای کواترنری و ترشیری) ارتباط نزدیکی با منابع ژئوترمالی دارند، سعی شده در نقشه منطقه مورد مطالعه، واحدهای آذرین جوانتر با جزئیات بیشتری نشان داده شوند و واحدهای قدیمی تر بیشتر از لحاظ سنی جدا گردند.

در نقشه زمین شناسی استان آذربایجان شرقی (شکل ۲-۲) سن واحدهای سنگی با حروف بزرگ مشخص گردیده است (بعنوان مثال E برای ائوسن و OLM برای الیگو- میوسن) و جنس واحدها با

حروف کوچک نشان داده شده‌اند (بعنوان مثال a یعنی آندزیت و ag یعنی آگومرا). این نقشه، نقشه‌ی زمین‌شناسی خلاصه شده‌ی واحدهای زمین‌شناسی جوان مدنظر برای مطالعات ژئوترمالی را شامل می‌شود. که بین علائم مختلف جنس واحدها، سن واحدها و جنس آنها فاصله گذاشته شده است. (بعنوان مثال PLQ p t l c یعنی سن واحد پلیوکواترنری است و جنس آن پیروکلاستیک، توف، لاهار و کنگلومرا می‌باشد). در جدول (۲-۱) علائم بکار رفته برای تعیین سن واحدها و در جدول (۲-۲) (۲) علائم بکار برده شده، جنس واحدهای زمین‌شناسی را معرفی شده است.

جدول (۲-۱) علائم بکار رفته برای تعیین نمودن واحدهای سنی

age symbols	Age
C	Cambrian
CO	Cambro-Ordovician
D	Devonian
E	Eocene
EOL	Eocene-Oligocene
J	Jurassic
JK	Jurassic-Cretaceous
K	Cretaceous
M	Miocene
MPL	Mio-Pliocene
O	Ordovician
OL	Oligocene
OLM	Oligo-Miocene
P	Permian
PA	Paleocene
PAL	Paleozoic
PE	Paleocene Eocene
PL	Pliocene
PLQ	Plio-Quaternary
Q	Quaternary
T	Tertiary
TR	Triassic
TRJ	Triassic-Jurassic

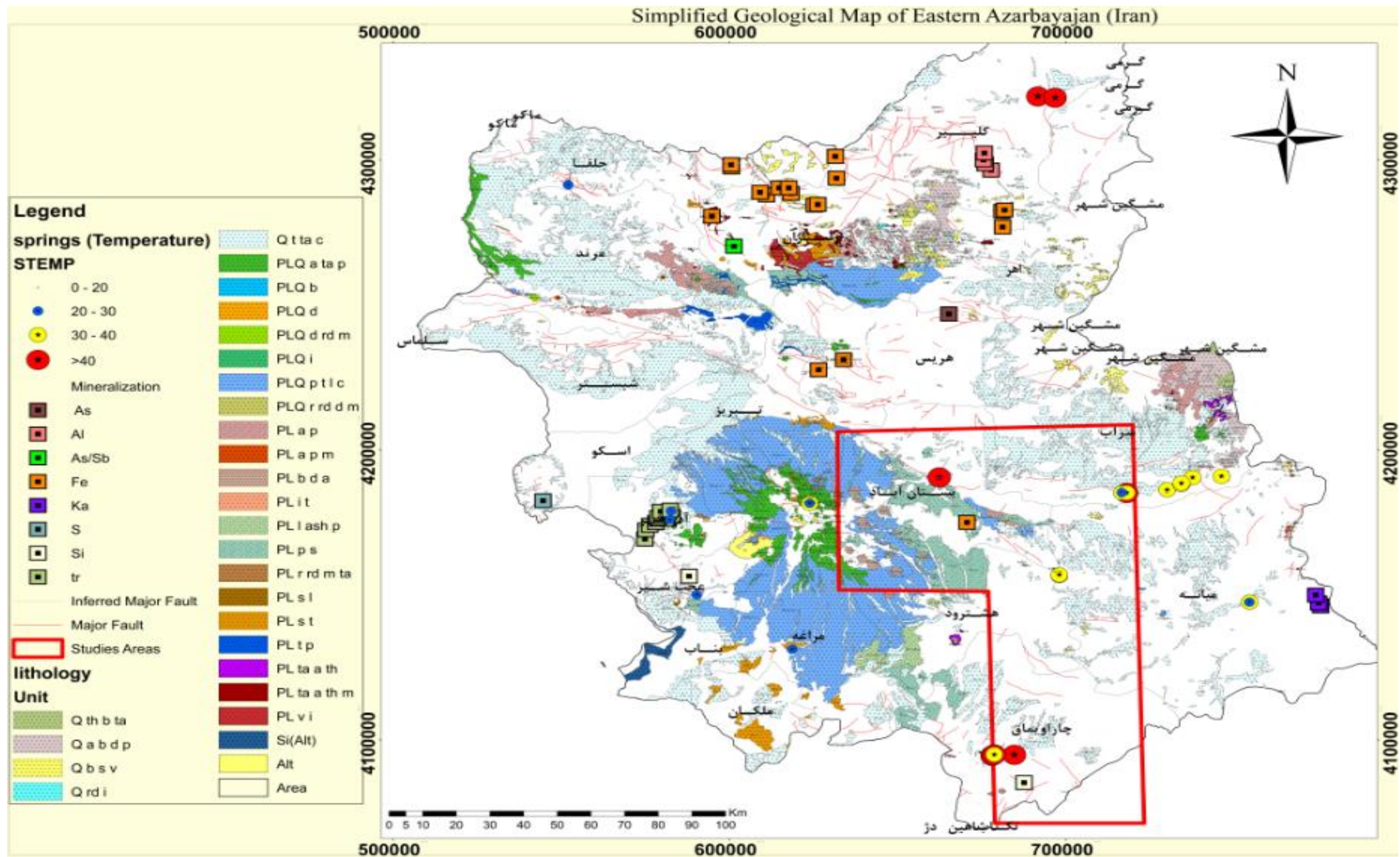
جدول (۲-۲) علائم بکار رفته برای تعیین نمودن جنس واحدهای زمین شناسی

Symbols	Description
A	Andesite
Ac	Acidic
Ag	Agglomerate
Al	Analcime
Alm	Analcimite
Alt	altered zone
Ap	Applite
Ash	Ash
B	Basalt
Ba	Basanite
Bi	Biotite
Bl	volcanic block deposits
Bs	Basic
C	Conglomerate
Cf	clay flat
Cl	cultivated land
D	Dacite
Db	Diabase
Di	Diorite
Dk	Dyke
F	fan deposits
G	Granite
Gb	Gabbro
Gd	Granodiorite
Gt	Gabbrodiorite
I	Ignimbrite
In	Intermediate
L	Lahar
Le	Leucite
Lm	Limestone
Ls	Landslide
M	Dome
Mc	Micro
Mf	marl flat
Mg	Monzogranite
Mo	Moraine
Msf	mudy salty flat
Mt	Metamorphic
Mz	Monzonite
N	Nepheline
P	Pyroclastic
Ph	Phonolite
Pm	Pumice
Po	Porphyry
Pr	Perlite
Q	Quartz
R	Rhyolite
RD	Rhyodacite
S	Sedimentary

ادامه جدول (۲-۲)

Symbols	Description
Sch	Schist
Sd	sand dune
Sf	silicified zone
Sl	Spilite
Sm	salt marsh
Sn	Syenite
St	salt flat
T	tuff = brecciated tuff = tuff breccia
Ta	trachyandesite = latite
Te	Tephrite
Th	Trachyte
Tl	Talus
Tr	Travertine
V	Volcanic
Vs	volcano-sedimentary

در نقشه‌ی زمین‌شناسی خلاصه شده استان آذربایجان شرقی (شکل ۲-۲) علاوه بر مشخص نمودن سن و جنس واحدهای زمین‌شناسی، موقعیت چشمه‌های آبگرم (دوایر با رنگ‌های متفاوت)، گسل‌های اصلی (صورتی رنگ)، همچنین معادن موجود در استان (مربع‌ها با رنگ متفاوت) و آلتراسیون‌ها (رنگ زرد) بدست آمده از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ استان مشخص گردیده است. این نقشه بعنوان نقشه پایه مورد نیاز برای مطالعات منابع زمین‌گرمایی استان مد نظر قرار خواهد گرفت.



شکل (۲-۲) موقعیت جغرافیایی و نقشه ی توده های آذرین جوان (کواترنر و پلی کواترنر) به همراه چشمه های آبگرم و دگرسانی های استان آذربایجان شرقی

۲-۵- انتخاب منطقه مورد مطالعه

برای تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه نکاتی را در تشکیل ذخایر ژئوترمالی مهم و اساسی می‌باشند در نظر گرفته شده است. که از آن جمله می‌توان به حضور ولکانیک های جوان و انتخاب محدوده ای که در ارتباط با مجموعه های آتشفشانی سهند و سبلان باشد اشاره کرد. آتشفشان سهند با گسترش جانبی وسیع خود عمدتاً از جنس گدازه های ریولیتی، داسیتی، آندزیتی تشکیل شده که در بین آنها توف ها و خاکستر های فراوان دیده می شود. وجود خاکستر با قطعات پامیس در فواصل بسیار دور از قله (مراغه، میانه، بستان آباد) نشان می‌دهد که فوران‌های سهند بسیار شدید بوده است (آقاناتی، ۱۳۸۳). منطقه سهند بین شهرهای تبریز و مراغه واقع است که کوه‌های آتشفشان خاموش سهند را نیز در بر دارد (اخوان فرشی و احمدی، ۱۳۹۲). یکی دیگر از ویژگی‌های مهم مناطق ژئوترمالی حضور چشمه‌های آبگرم با دماهای بالای 30°C می باشد. لذا در انتخاب منطقه، حضور چشمه‌های آبگرم با اهمیت می‌باشد. در ادامه به توضیح مختصری از چشمه‌های استان پرداخته می‌شود.

۲-۵-۱ چشمه آبگرم ایستی سو- ليقوان

این چشمه در مسیر جاده تبریز- اسپراخان- سفیدخانه- ليقوان قرار دارد. این چشمه از شکاف سنگ‌های آذرین آتشفشان سهند از زمین خارج می‌شود عامل تشکیل این چشمه آتشفشان سهند می‌باشد. آب این چشمه در ردیف آبهای کلروسدیم و سولفات کلسیم ولرم تا دمای 31°C می‌باشد.

۲-۵-۲ چشمه معدنی ساری سو

این چشمه در مسیر جاده آذرشهر- عجب‌شیر در شرق خط آهن از شکاف سنگ‌های آهکی کرتاسه از زمین خارج می‌شود. بالا بودن مقدار سیلیس و گاز دی‌اکسید کربن نشانگر عمیق بودن آب این چشمه است. در اطراف چشمه نهشته‌های متورق تراورتن رسوب نموده است. آب این چشمه در ردیف آبهای کربنات سرد با دمای $14/2^{\circ}\text{C}$ می‌باشد.

۲-۵-۳ چشمه آبگرم تاپ تاپان

این چشمه در ۵ کیلومتری آذرشهر در مسیر جاده آذرشهر-عجبشیر از زمین خارج می‌شود در اطراف این چشمه نهشته‌های متورق تراورتن و رسوبات اکسید آهن راسب شده است. وجود مقادیر زیاد گاز دی‌اکسید کربن در آب این چشمه نشان‌دهنده منشاء عمیق آب و ارتباط آن با آتشفشانی سهند می‌باشد. آب این چشمه در ردیف آبهای کربنات کلسیم ولرم $22/4^{\circ}\text{C}$ می‌باشد.

۲-۵-۴ چشمه آبگرم بستان آباد

با دمای $40/1^{\circ}\text{C}$ در جنوب شرق بستان آباد و در جنوب خروجی بستان آباد بطرف سراب واقع شده است. عامل تشکیل چشمه گسل تبریز می‌باشد. آب این چشمه در ردیف آبهای گرم می‌باشد.

۲-۵-۵ چشمه آبگرم الله حق

این چشمه در مسیر جاده سراب-هریس-اسب فروشان-الله حق قرار دارد. چشمه از شکاف سنگ‌های آتشفشانی خارج می‌شود، عامل گرمی آن به احتمال زیاد منشاء آتشفشانی دارد. دمای آب چشمه $40/4^{\circ}\text{C}$ و در ردیف آب‌های سولفات، کلروره همراه با کاتیون‌های مختلف است.

۲-۵-۶ چشمه معدنی شورسویی

این چشمه در ۱۰ کیلومتری مراغه و در مسیر جاده روستای ورجوی چهار باغ از شکاف سنگ‌های آهکی از زمین خارج می‌شود. در اطراف چشمه در مسیر جریان آب رسوبات متورق کربنات کلسیم (تراورتن) مشاهده می‌گردد. آب این چشمه مطبوع و ترش‌مزه است زیاد بودن گاز CO_2 در آب این چشمه نشان‌دهنده منشاء عمیق آن است. آب این چشمه در ردیف آبهای کربنات کلسیم سرد $25/7^{\circ}\text{C}$ می‌باشند.

۲-۵-۷ چشمه معدنی ساری سو

این چشمه در جنوب مراغه و در مسیر جاده مراغه به یوسف‌آباد که فاصله آن تا مراغه حدود ۶ کیلومتر است در اطراف چشمه نهشته‌های تراورتن مشاهده می‌شود. آب چشمه بصورت جوشان از

داخل یک حوضچه طبیعی خارج و به اطراف سرازیر می‌گردد. این چشمه نیز در ردیف آبهای کربنات کلسیم سرد با دمای $14/2^{\circ}\text{C}$ می‌باشد.

۲-۵-۸ چشمه آبگرم اسب‌فروشان

این چشمه در مسیر جاده سراب- هریس- اسب‌فروشان قرار گرفته و فاصله مظهر آن تا روستای اسب‌فروشان سه کیلومتر جاده خاکی و حدود ۳۰۰ متر جاده پیاده‌رو است. این چشمه از شکاف سنگ‌های آتشفشانی خارج می‌شود. عامل گرمی آب چشمه به احتمال زیاد منشاء آتشفشانی دارد. آب چشمه در ردیف آب‌های سولفات، کلروره همراه با کاتیون‌های مختلف گرم می‌باشد و دمای آب این چشمه 36°C می‌باشد.

۲-۵-۹ چشمه آبگرم جلد‌بخوان

این چشمه در مسیر جاده سراب- هولیق- شالقون- جلد‌بخوان قرار گرفته است. چشمه از شکاف سنگ‌های آتشفشانی خارج و عامل گرمی آب به احتمال زیاد منشاء آتشفشانی داشته و دمای آب چشمه $32/8^{\circ}\text{C}$ می‌باشد و آب این چشمه در ردیف آب‌های کربنات کلسیم می‌باشد.

۲-۵-۱۰ چشمه آبگرم قلعه‌کندی

این چشمه در شمال غرب چاراویماق واقع شده و از شکاف سنگ‌های آذرین ائوسن خارج می‌شود و دارای دمای $44/4^{\circ}\text{C}$ می‌باشد. علت تشکیل این چشمه نیز گسلی با راستای شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. آب این چشمه در ردیف آب‌های سولفات- کلره و همراه با کاتیون‌های مختلف گرم می‌باشد.

۲-۵-۱۱ چشمه آبگرم ایستی سو- شالقون

این چشمه در جنوب جاده اهر به مشکین شهر از شکاف سنگ‌های آتشفشانی از زمین خارج می‌شود. در مظهر چشمه دو حوضچه طبیعی که توسط خود چشمه ایجاد شده است وجود دارد. آب این چشمه در ردیف آبهای کلرورسدیم- سولفات کلسیم ولرم، دمای آن $32/8^{\circ}\text{C}$ می‌باشد.

۲-۵-۱۲ چشمه آبگرم آبیش احمد

این چشمه در مسیر جاده کلیبر به آبیش احمد و در شرق جاده از شکاف سنگ‌های آتشفشانی ائوسن از زمین خارج می‌شود. دمای آب آن حدود $53/5^{\circ}\text{C}$ می‌باشد. آب این چشمه در ردیف آب‌های کلره، سولفات‌ها همراه با کاتیون‌های مختلف می‌باشد (عاصم اصل، ۱۳۸۷).

۲-۵-۱۳ چشمه آبگرم استی سو

این چشمه در ۲۵ کیلومتری چاراویماق واقع شده است. که آب آن برای درمان مفاصل و امراض پوستی بسیار مفید بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. دمای آب چشمه $52/2^{\circ}\text{C}$ می‌باشد و برخلاف اغلب چشمه‌های آبگرم دیگر بی‌رنگ و بی‌بوست و تیپ آب چشمه بیکربنات سولفات کلسیک می‌باشد. این چشمه در امتداد گسل با جابجائی افقی و در کف دشت قرار گرفته است.

۲-۵-۱۴ چشمه آبگرم منشگه

این چشمه در یک کیلومتری جنوب غربی روستای منشگه قرار گرفته است و ارتفاع چشمه از سطح دریا ۲۲۵۰ متر می‌باشد. این چشمه در تقسیم چشمه‌های آبگرم جزء چشمه‌های خیلی گرم با دمای $52/8^{\circ}\text{C}$ محسوب می‌شود. از نظر ظاهری دارای آبی کاملاً شفاف بوده و خروج سیالات زمین گرمایی همراه با قلیان گاز است و بوی H_2S در کل منطقه به مشام می‌رسد. همچنین در حاشیه چشمه موجود و در امتداد مجاری جریان آب، گوگرد به صورت خالص و به رنگ زرد و یا به صورت رشته‌ای رسوبگذاری شده است (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۹۲).

از سویی، رسوبگذاری کانی‌های حاصله از فعالیت‌های چشمه‌های آبگرم (کانی‌های رسی یا سولفیدی و تشکیل اکسیدهای آهن) در بسیاری از مناطق زمین گرمایی قابل مشاهده می‌باشند. لذا رخنمون‌های سطحی سنگ‌هایی که تحت تأثیر آلتراسیون‌ها قرار گرفته‌اند می‌توانند از نظر وسعت و شدت عملکرد سیستم‌های زمین گرمایی در نظر گرفته شوند. از این رو در انتخاب محدوده‌ی مورد مطالعه حضور آلتراسیون‌ها با اهمیت می‌باشد. همچنین حضور گسل‌ها و شکستگی‌ها به عنوان عامل اصلی

انتقال سیالات زیر سطحی در میداین زمین‌گرایی، از مراحل اولیه اکتشاف تا آخرین مراحل بهره برداری مورد توجه بسیاری قرار می‌گیرند. علاوه بر نقش گسل‌ها در انتقال سیالات هیدروترمال به سطح، ارتباط مستقیم آنها با فعالیت‌های تکتونیکی منطقه نیز از دیگر دلایل اهمیت ویژه حضور گسل‌ها در انتخاب محدوده مورد مطالعه در این پایان نامه است. در این پروژه علاوه بر در نظر گرفتن نکات بالا، محدودیت وجود داده‌های ژئوشیمیایی نیز مد نظر گرفته شده است. با توجه به حضور نشانگرهای طبیعی مرتبط با فعالیت‌های ژئوترمالی (شامل ولکانیک‌های جوان، آتشفشان‌ها، چشمه های آبگرم، آلتراسیون‌ها (کانی‌سازی‌های رسی)، گسل‌ها اصلی و معادن فعال منطقه) مناطق قابل اهمیت در شیت‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ استان آذربایجان شرقی عبارت‌اند از سراب، بستان آباد، قره‌چمن، هشترو، تخت‌سلیمان، کلیبر. از مناطق انتخابی سراب و کلیبر بدلیل ناقص بودن داده‌های ژئوشیمیایی برخی عناصر با اهمیت در بررسی‌های ژئوترمالی مانند As, Bi, Hg, Sb حذف می‌شوند لذا مناطق مورد مطالعه در این پروژه شامل شیت‌های ۱ / ۱۰۰۰۰۰ بستان‌آباد، قره‌چمن، هشترو، تخت‌سلیمان می‌باشد.

کادر قرمز مشخص شده در (شکل ۲-۲) نشان‌دهنده‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه می‌باشد. که قسمت اعظم واحدهای زمین‌شناسی در این محدوده مربوط به Q t ta c (دارای سن کواترنری)، PLQ p t l c (دارای سن پلی‌کواترنری) و PL p s (دارای سن پلیئوسن) می‌باشند. که واحد Q t ta c را بیشتر در سراب، میانه و چاراویماق مشاهده می‌شود. همچنین واحد PLQ p t l c، بیشتر در تبریز و مراغه متمرکز می‌باشند و در نهایت واحد PL p s که در بستان‌آباد و اطراف هشترو قابل مشاهده است.

از نکات قابل توجه در نقشه‌ی زمین‌شناسی استان آذربایجان شرقی (شکل ۲-۲) وجود آلتراسیون‌های فراوان در اطراف چشمه‌های آبگرم قره‌آغاج، در نزدیکی چاراویماق و بطور پراکنده در میانه است. همچنین حضور آلتراسیون‌های سیلیسی در محدوده‌ی هشترو می‌باشد. آلتراسیون‌های موجود در اطراف چشمه‌های آبگرم مناطق ژئوترمالی حاصل جریان به

سمت پایین آب‌های اسیدی سولفات‌ها می‌باشد که طی حرکت آب‌های ژئوترمالی به سمت بالا، مجموعه‌ای از کان‌های رسی شکل می‌گیرد (با افزایش عمق کان‌های مونت موریونیت ، لایه های رس مخلوط شده، سرسیت، کوارتز، هماتیت و کلریت، پیریت، کوارتز و انیدریت یافت می‌شوند) (Ross et al, 1982).

در محدوده‌ی مورد مطالعه، موقعیت چشمه‌های آبگرم با دمای خیلی بالا و بالا به شرح زیر است. چشمه بستان‌آباد با دمای (۴۰/۱°C) واقع در شیت بستان‌آباد، الله‌حق با دمای (۴۰/۴°C) در شیت سراب، استی‌سو با دمای (۵۲/۱°C) و چاراویماق با دمای (۵۲/۸°C) واقع در شیت تخت‌سلیمان در محدوده‌ی چاراویماق، اشاره کرد که جزء چشمه‌های آبگرم با دماهای خیلی بالا می‌باشند و همچنین چشمه‌هایی مانند اسفروشان با دمای (۳۴/۲°C) در شیت سراب و گوگردق با دمای (۳۴/۹°C) در شیت هشت‌رود جزء چشمه‌های با دما بالا می‌باشند.

۲-۶- اکتشافات ژئوشیمیایی

تعیین ناهنجاری مثبت یا منفی ژئوشیمیایی (مقادیر غیر عادی عناصر و فلزات) مرتبط با فرآیندهای درگیر با برهم کنش سیالات هیدروترمالی با سنگ‌ها یکی از اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی است. در برخی مناطق براساس شرایط زمین‌شناسی منطقه ممکن است این واکنش‌ها کماکان در حال انجام نیز باشد که این امر مرتبط با مناطق ژئوترمالی می‌باشد. بمنظور دسترسی به این هدف در مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی اقدام به نمونه‌برداری، تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، پردازش و تفسیر داده‌ها می‌گردد. محیط‌های نمونه‌برداری شامل محیط سنگی، خاک، رسوبات آبراه‌های، آب‌های سطحی و زیر زمینی و گاز خاک است (یزدی، ۱۳۸۱؛ حسنی‌پاک، ۱۳۶۲؛ Levinson, 1974). با توجه به مقیاس اکتشافات، شرایط آب و هوایی، توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه محیط‌های نمونه‌برداری (هاله‌های اولیه یا ثانویه) انتخاب خواهد گردید. بعنوان مثال در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای معمولاً

از هاله های ثانویه (نمونه برداری از رسوبات رودخانه‌ای، آبرفت، یخرفت، شیب‌رفت، خاک، آب و گاز) بدلیل وسعت و همگنی بالاتر نمونه برداری می شود حال آنکه در اکتشافات ژئوشیمیایی تفصیلی ترجیح داده می‌شود از هاله‌های اولیه (سنگ‌های منطقه) که بطور مستقیم در ارتباط با کانی‌سازی هستند نمونه برداری صورت می‌پذیرد. در این پروژه با توجه به هدف طرح، نمونه‌های رسوبات رودخانه ای (نمونه های لیتوژئوشیمیایی) مورد مطالعه قرار داده شده‌اند.

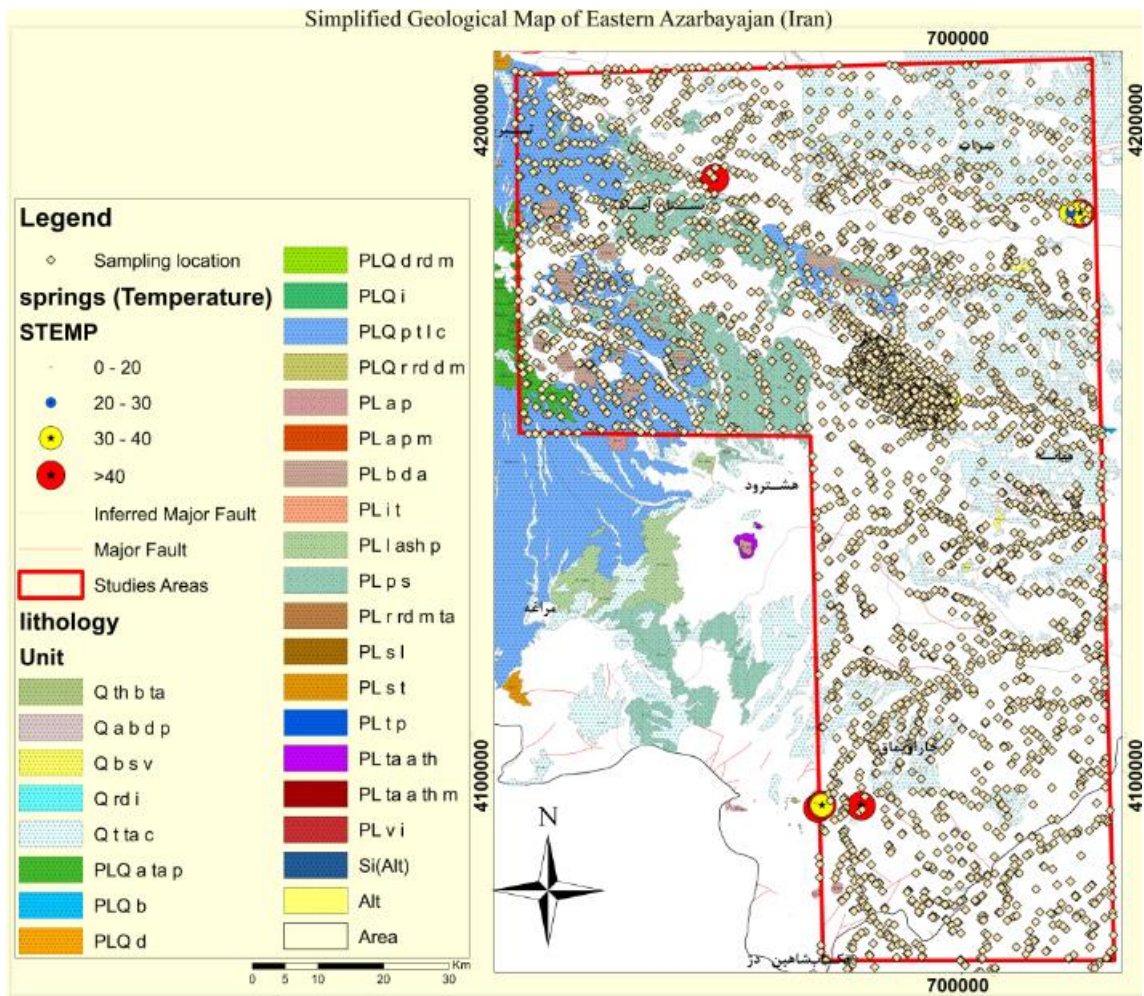
۲-۷- داده‌های لیتوژئوشیمیایی

براساس محدوده مشخص شده در این پایان نامه از داده‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه ۳۸۹۴ نمونه که برای ۴۲ عنصر آنالیز شده است کمک گرفته شده است. در مناطق بستان‌آباد، قره‌چمن و هشت‌رود آنالیز نمونه ها برای ۴۲ عنصر می‌باشد ولی با توجه به این که در منطقه تخت سلیمان عنصر Hg فاقد نتیجه آنالیز بوده لذا داده‌های این منطقه شامل ۴۱ عنصر خواهد بود.

همچنین از داده‌های نمونه سنگ (دگرسان و غیردگرسان) و خاک اطراف چشمه‌های استان مه در برداشت‌های صحرائی استان صورت گرفته است با روش ICP-OES آنالیز شده‌اند، بعنوان چک کردن کمک گرفته شده است.

۲-۸- موقعیت نمونه های لیتوژئوشیمیایی

شکل (۲-۳) موقعیت نمونه‌های برداشت شده در استان را مشخص می‌کند.



شکل (۲-۳) موقعیت نمونه‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه

فصل سوم

تحلیل و آنالیز داده‌های

لیتوژئوشیمیایی

۳-۱- مقدمه

در این فصل برای تحلیل و بررسی داده‌های لیتوژئوشیمیایی موجود از روش‌های آماری تک متغیره (بررسی پارامترهای مرکزیت، پراکندگی و نمودار احتمال)، تحلیل دومتغیره (همبستگی پیرسون، اسپرمن و کندال) و چندمتغیره (خوشه‌ای و تحلیل مؤلفه‌های اصلی) کمک گرفته شده که در ادامه به توصیف هر یک از آنها بر روی داده‌ها معرفی شده ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه پرداخته خواهد شد.

۳-۲- مطالعات آماری تک متغیره

هر عنصر برحسب شرایط محیط‌های ژئوشیمیایی دارای تابع توزیع خاصی بوده و رفتار ژئوشیمیایی عناصر در محیط‌ها و شرایط مختلف تغییر می نماید (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰؛ Levinson, 1986). برای بررسی اینکه چه عناصری تحت تأثیر فرآیندهای سیالات هیدروترمالی قرار گرفته‌اند مطالعات آماری تک‌متغیره، هیستوگرام فراوانی و نمودار احتمال بر روی داده‌ها منطقه صورت پذیرفت. پارامترهای آماری داده‌های خام، همانند میانگین، میانه، مد، واریانس، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی عناصر در جدول (۳-۱) مورد بررسی قرار گرفته است. اختلاف مقادیر میانه و میانگین گویای عدم تقارن نمودار توزیع داده‌های مربوطه می‌باشد. مقادیر واریانس حاکی از پراکندگی تغییرات غلظت متغیر مورد نظر در محدوده‌ی مطالعاتی می‌باشد. چولگی و کشیدگی نیز پارامترهای آماری هستند که درباره‌ی چگونگی توزیع داده‌ها اطلاعاتی در اختیار قرار می‌دهند. میزان عدم تقارن یا چولگی توزیع به معنی آن است که توزیع داده‌ها به چه میزان از حالت نرمال انحراف یافته‌اند (Joanes&Gell, 1998). شاخص‌های مرکزیت و پراکندگی می‌تواند مبنایی ارزیابی عناصری که نیازمند بررسی بیشتر هستند قرار گیرد. با استفاده از جداول آماری، نمودارهای احتمال و هیستوگرام‌های پارامتر مد نظر، می‌توان توزیع داده‌ها را توجیه نمود. شاخص‌های مرکزی و پراکندگی با در نظر قرار دادن زمینه‌ی عناصر در خاک، جهت مقایسه در جدول (۳-۱) ارائه شده است.

جدول (۳-۱) شاخص‌های مرکزی و پراکندگی داده‌ها (همه‌ی غلظت‌ها بر حسب ppm)

	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Mo
Mean	.24	72841	30	582	1.68	.92	53207	.53	55	16	71	5.04	42	52883	.08	18666	30	23	11091	958	1.85
Median	.20	71915	17	538	1.55	.30	48398	.23	52	15	52	4.25	36	48480	.09	17713	28	22	9700	893	1.50
Mode	.05	70900	15	465	1.30	.20	30100	.10	49	14	35	2.80	36	38800	.02	16100	27	22	10400	1030	1.00
Variance	.08	202684431	7630	69015	.35	2.56	798824934	27	324	36	13087	8.49	817	497368451	.00	42729752	101	57	28497017	178027	4.69
Skewness	11	.27	26	5.70	1.30	8.53	1.58	41	2.97	2.06	22	2.06	4.91	3.48	.18	.82	3.16	1.67	1.67	5.13	24
Kurtosis	237	.39	975	89	4.41	192	5.87	1990	28	10	789	8.68	56	25	-.52	1.08	32	11	4.59	64	910
Minimum	.00	10	1.01	.20	.20	.03	10	.00	10	3.39	1.67	.38	3.28	100	.01	10	9.38	.50	10	2.00	.01
Maximum	7.99	152000	3800	6583	7.30	47	308600	272	362	77	4765	36	559	369400	.33	51700	207	124	58880	9200	95
B G(Soil)	.10	.....	2	100-300	6	n d	.....	1	.06	1- 40,	5-1000	6	2-100	.....	.03	.....	n d	5-200	.....	850	2

ادامه جدول (۳-۱)

	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
Mean	15662	19	37	886	44	68	1984	3.36	12	2.72	405	.17	12	5135	.80	3.08	156	1.93	22	119	162
Median	14748	15	30	743	23	65	437	2.00	11	2.30	345	.10	10	4644	.79	2.76	130	1.67	21	83	124
Mode	15000	11	24	1080	16	102	110	1.50	10	2.40	341	.02	10	4550	.30	1.81	127	1.80	15	104	64
Variance	44696781	117	1181	345972	87352	787	72962936	275	22	3.50	75276	.03	45	4726776	.26	2.33	8972	4.34	82	380650	12319
Skewness	.97	2.24	19.597	7.27	38	.71	9.76	27	1.76	9.26	5.23	1.27	10	2.26	1.74	1.91	3.30	19	1.53	48	0.91
Kurtosis	2.00	6.33	700	108	1777	1.11	115	853	4.86	231	55	.45	238	9.75	6.92	9.35	19	557	11	2644	.21
Minimum	10	4.30	3.00	5.00	.10	8.30	27	.10	1.00	.40	2.70	.02	2.05	23	.08	.19	2.00	.10	4.30	22	5.00
Maximum	73700	107	1421	14500	15000	209	151100	610	43	60	5330	.93	206	25300	5.73	20	1250	77	149	35000	792
B G(Soil)	.....	n d	5-500	.....	2-200	20-500	.....	5	n d	10	5-1000	n d	n d	5000	0.1	1	20-500	n d	n d	10-300	300

*تعداد نمونه‌ها ۳۸۹۴ بوده از این میان عنصر Hg به تعداد ۸۶۸ نمونه فاقد نتیجه آنالیز بوده است.

*برای برخی از عناصر مقداری ذکر نشده زیرا مقداری برای آنها موجود نبوده است. nd به معنی غیر قابل اندازه‌گیری بودن آن عناصر می‌باشد (غلظت آنها پایین‌تر از حد حساسیت دستگاه بوده است).

نتیجه‌ی این مقایسه، انتخاب دو گروه عنصر می‌باشد :

۱. عناصر با اهمیت بیشتر، که ماکزیمم و میانگین با زمینه اختلاف زیادی دارد (جدول ۳-۲).

۲. عناصر با اهمیت کمتر، که ماکزیمم آنها بالاتر از مقدار زمینه‌ی می باشد (جدول ۳-۳).

جدول (۲-۳) عناصر گروه ۱

عناصر گروه ۱	As	Al	Bi	Ce	Fe	Hg	La	Nb	S	Sc	Te	Th	Tl	U	W	Y
Mean(ppm)	30	72841	.92	55	52883	.08	30	19	1984	12	.17	12	.80	3.08	1.93	22
Max(ppm)	3800	152000	47	362	369400	.33	207	107	151100	43	.93	206	5.73	20	77	149
B G(Soil)ppm	2	.....	n d	.06	.....	.03	n d	n d	.....	n d	n d	n d	n d	1	n d	n d

جدول (۳-۳) عناصر گروه ۲

عناصر گروه ۲	Ag	Ba	Ca	Cd	Cr	Cs	Cu	K	Mg	Mn
Mean(ppm)	.24	582	53207	.53	71	5.04	42	18666	11091	958
Max(ppm)	7.99	6583	308600	272	4765	36	559	51700	58880	9200
B G(Soil)ppm	.10	100-300	.....	1	5-1000	6	2-100	.....	.....	850

ادامه جدول (۳-۳)

گروه عناصر ۲	Na	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr
Mean(ppm)	15662	37	44	3.36	2.72	405	5135	156	119	162
Max(ppm)	73700	1421	15000	610	60	5330	25300	1250	35000	792
B G(Soil)ppm	....	5-500	2-200	5	10	5-1000	5000	20-500	10-300	300

نقش عناصر شیمیایی کمیاب در تشکیلات زمین‌گرمایی بوسیله‌ی محققین متعدد (Wissberg et al,

1969-1979; Ewers & Keays, 1977; White, 1983; Henneberger, 1981) مورد مطالعه قرار

گرفت و این مطالعات حاکی از آن بود که علاوه بر Ag, Au, تمرکز بالای عناصری مانند As, Sb, Hg,

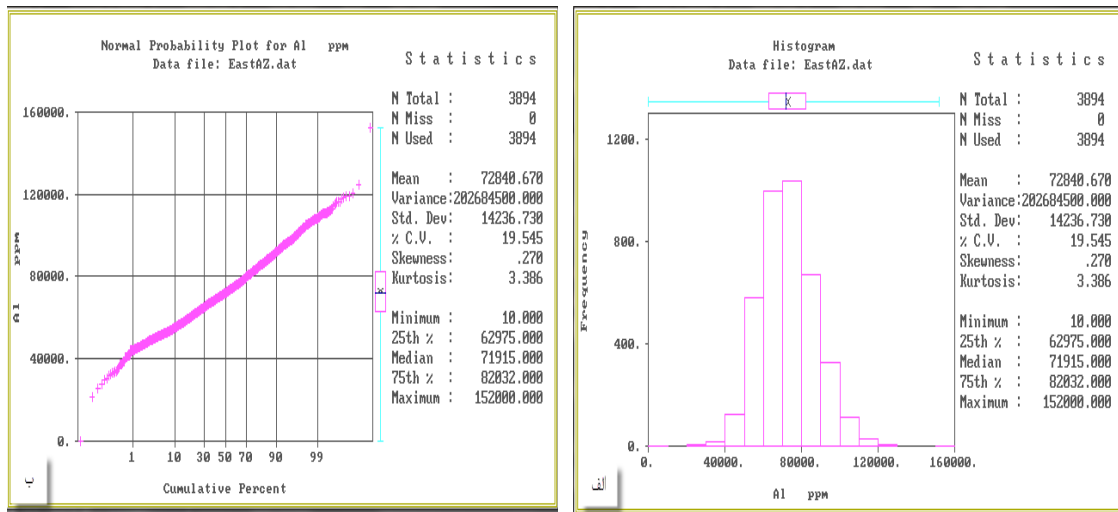
W, Tl در بخش بالای تشکیلات ژئوترمال قابل ثبت می‌باشد. براساس بررسی صورت گرفته در ادامه

نحوه توزیع عناصر در منطقه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

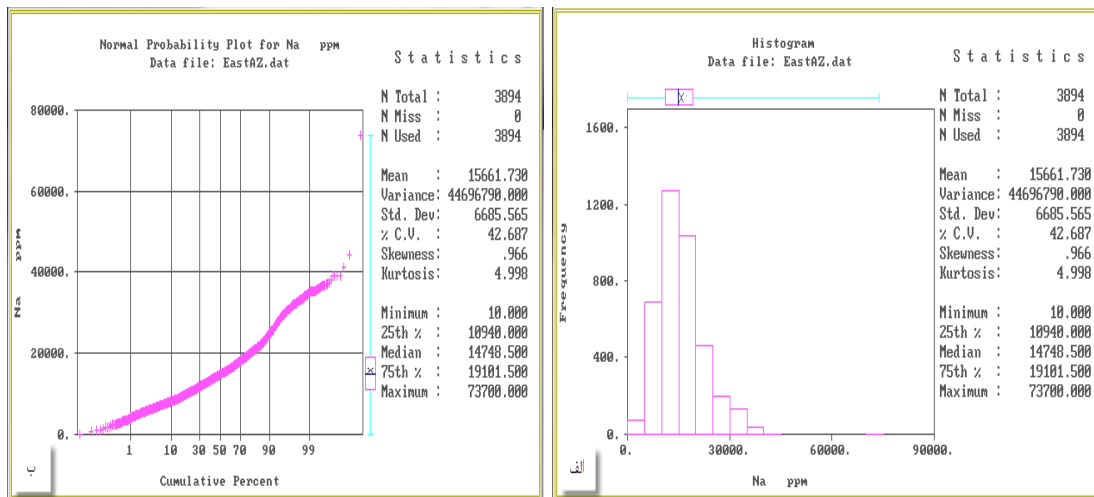
با توجه به روند کلی عناصر در هیستوگرام و نمودار احتمال عناصر موجود، به ۴ دسته کلی قابل تفکیک

می‌باشند:

۱- عناصر گروه اول: که شامل عناصری است که هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌های آنها بصورت نرمال بوده و تک‌مدی می‌باشند. عناصر این گروه شامل Al (شکل ۱-۳)، Na (شکل ۲-۳)، K, Rb (اشکال پ-۱) و پ-۱) می‌باشند. این گروه از عناصر در گروه بی‌اهمیت قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که متوسط Al و Na سنگهای منطقه بالا می‌باشند.



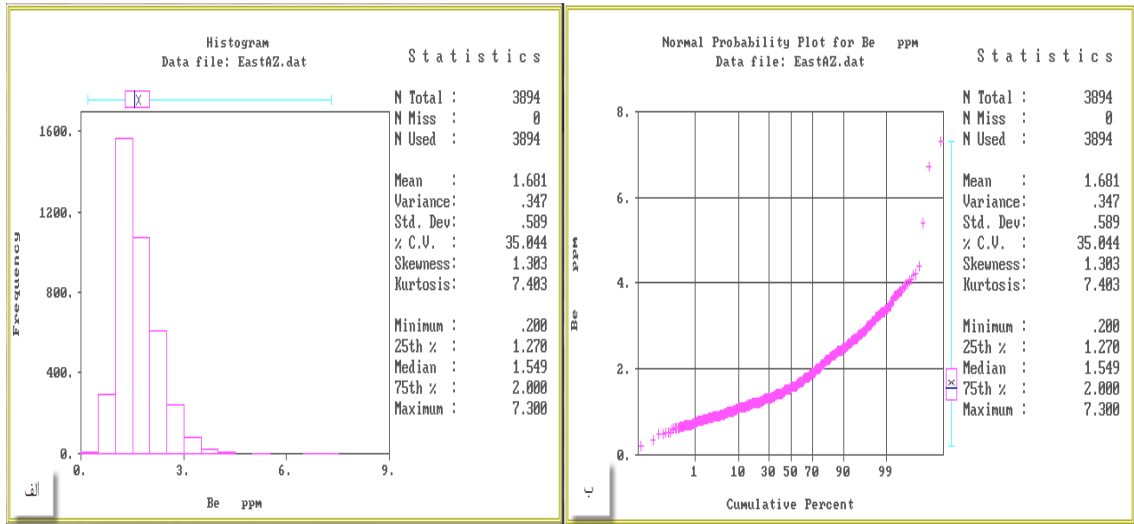
شکل (۱-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Al



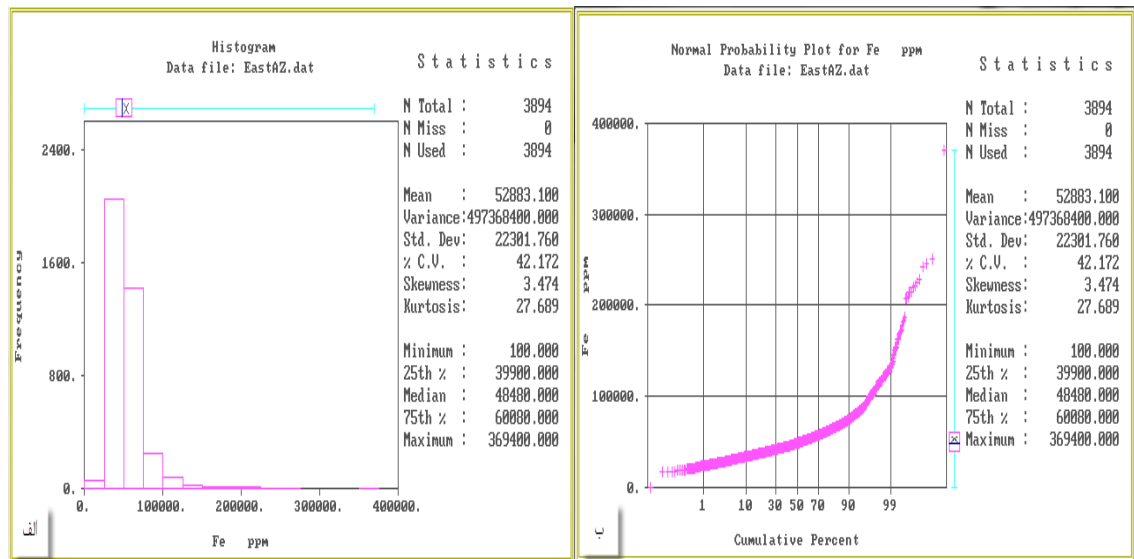
شکل (۲-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Na

۲- عناصر گروه دوم: شامل عناصری می‌باشند که هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌های آنها به غیر نرمال بوده ولی هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتم آنها نرمال و تک‌مدی می‌باشد که در درجه‌ی اهمیت کمتری می‌باشند و شامل:

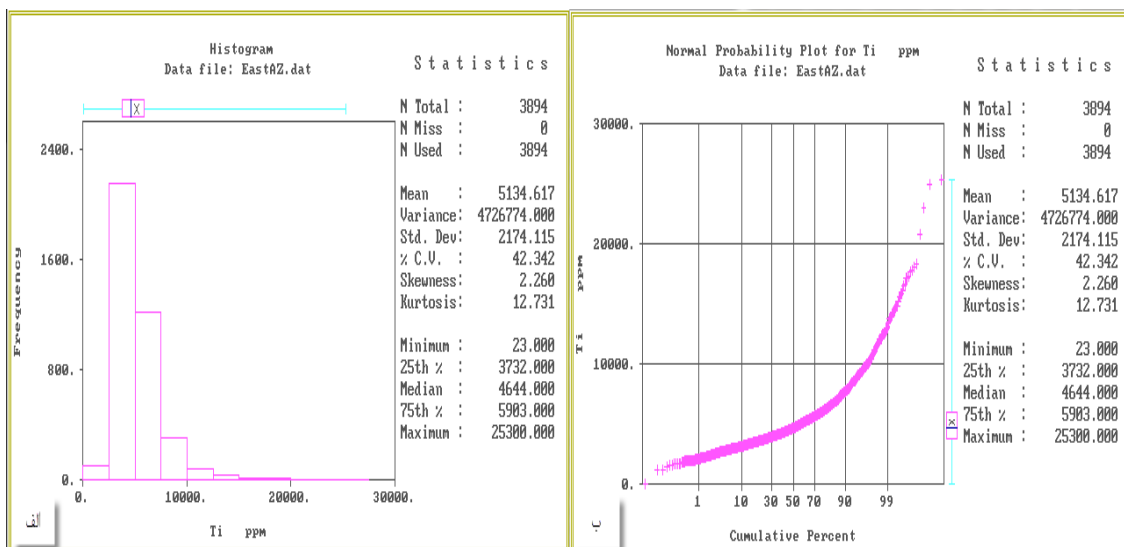
Be, Ca, Co, Cs, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, P, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zr
 در هیستوگرام و نمودار احتمال Be, Fe, Ti توزیع غلظتها از روند غیر نرمال پیروی می کند (شکل
 های ۳-۳ تا ۳-۵).



شکل (۳-۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Be

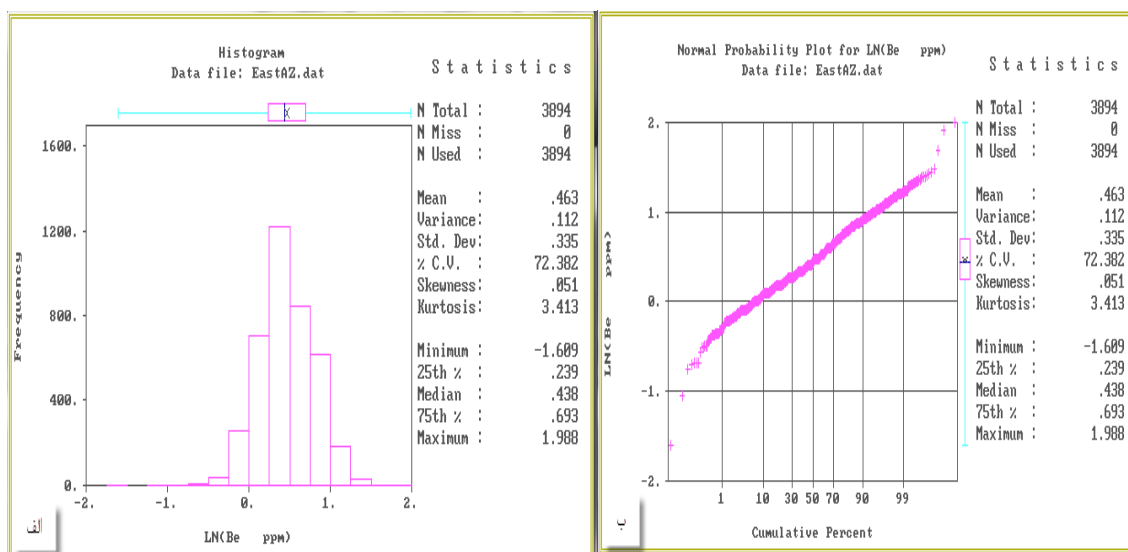


شکل (۳-۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Fe

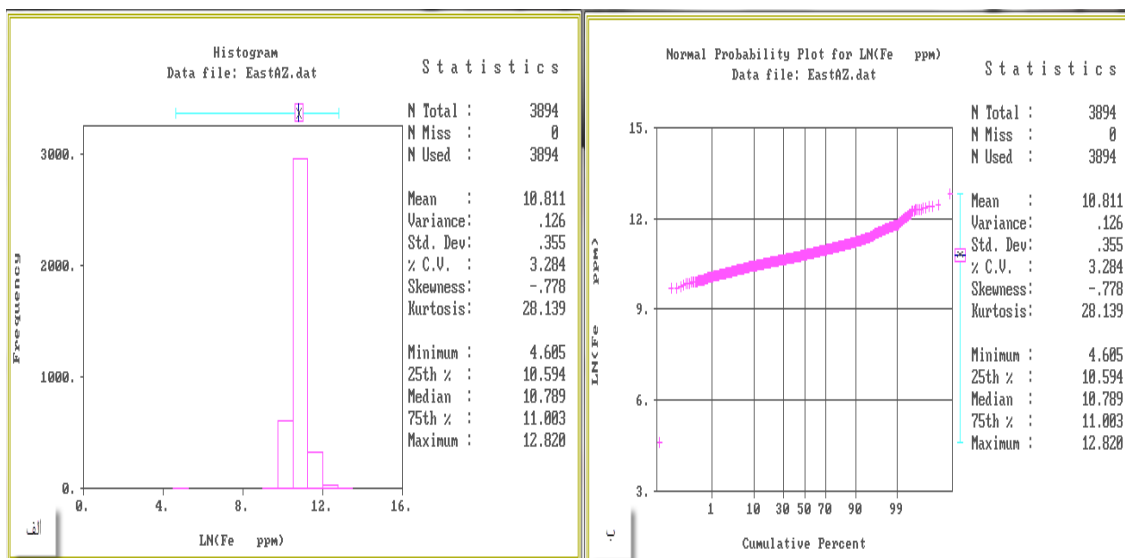


شکل (۳-۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ti

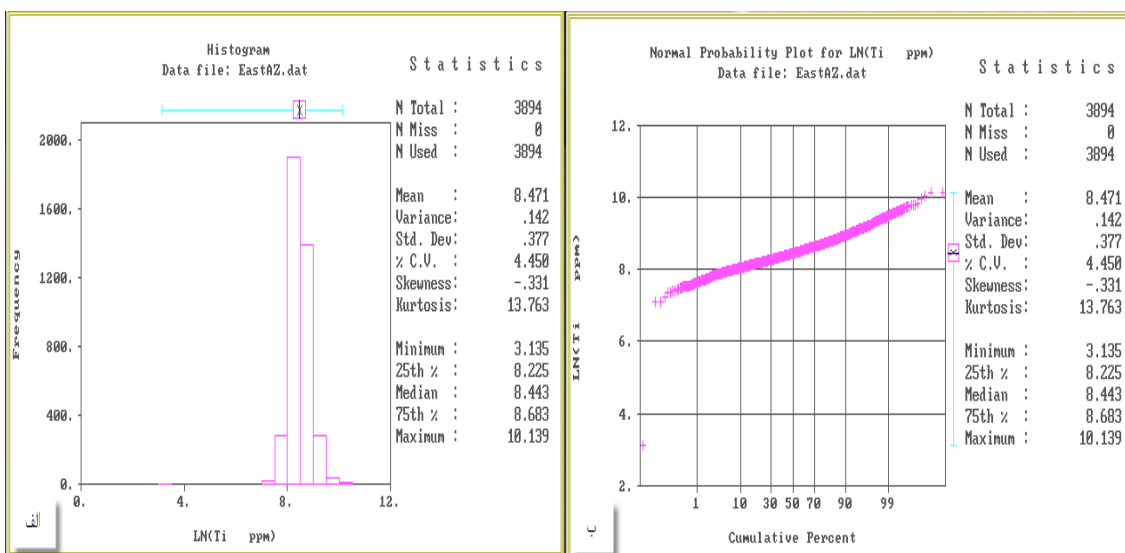
لگاریتم داده‌ها (هیستوگرام و نمودار احتمال) Be, Fe, Ti معرف یک تک مدی بوده و لذا در درجه اهمیت کمتری قرار گرفته است (شکل های ۳-۶ تا ۳-۸). لازم به ذکر است که متوسط Fe در سنگهای منطقه در مقایسه با زمینه بالا می‌باشد در منطقه ژئوترمالی Nizhne واقع در نیوزلند بخش های پیریتی و یا سیلیسی شده آن در ارتباط با مناطق با دمای بالا می‌باشند که در این بخش ها غلظت‌های بالایی از Au, Ag, Hg تشخیص داده شده‌اند و بطور کلی پیریت بعنوان یک جاذب برای این عناصر می‌باشد (Rychagov, 2010).



شکل (۳-۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Be



شکل (۳-۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Fe

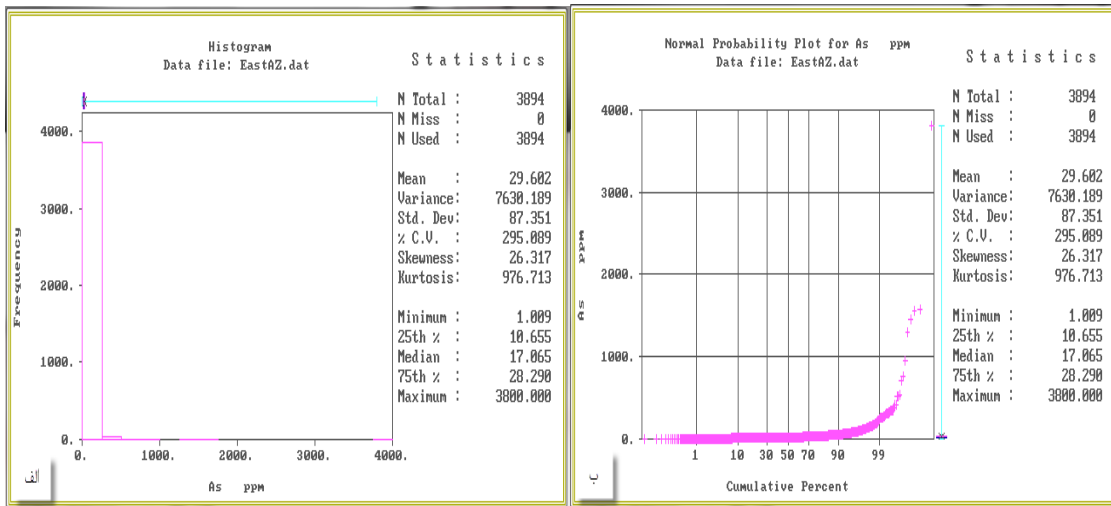


شکل (۳-۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ti

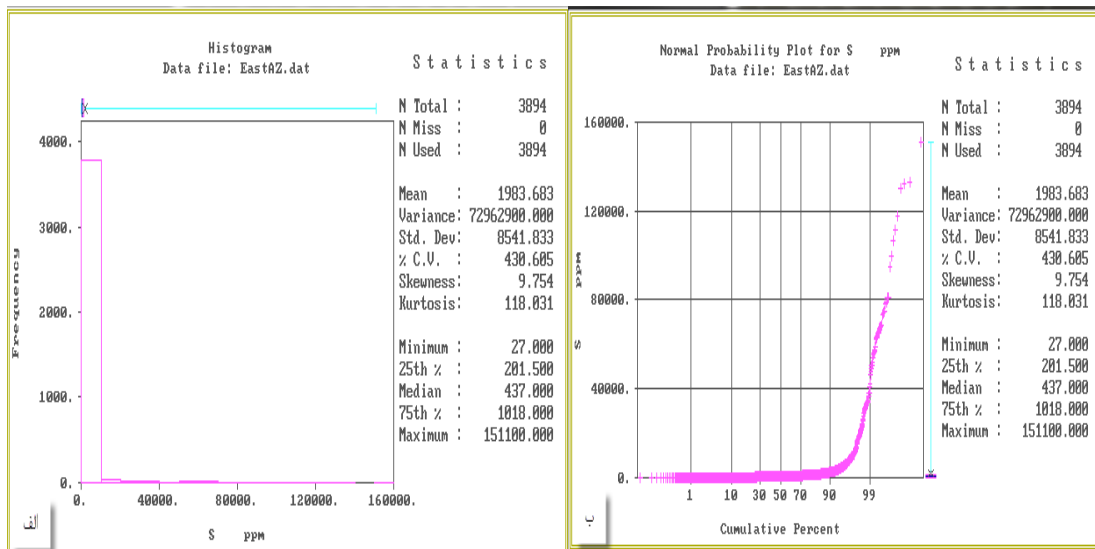
هیستوگرام و نمودار احتمال سایر عناصر این گروه در پیوست آورده شده است (اشکال پ-۱ تا پ-۳). (۴۱)

عناصر گروه سوم: عناصری می‌باشند که هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌ها بصورت غیر نرمال بوده ولی هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی داده‌ها به صورت نرمال است و دارای انحراف قابل توجهی (مانند S, As) و یا قابل چشم پوشی مانند Cd, Th دارند) از روند عمومی داده‌های لگاریتمی دارند و حالت تک مدی دارند.

هیستوگرام و نمودار احتمال As,S برای داده‌ها به صورت غیر نرمال می‌باشد (اشکال ۳-۹ و ۳-۱۰). در آب های ژئوترمالی همبستگی مثبت بالایی میان As,Cl وجود دارد بطوری که در آب های ژئوترمالی غنی از Cl غلظت های بالایی از As مشاهده می‌شوند و غلظت‌های بالای As در چشمه‌های بازی با pH ۹/۵ تا ۱۰ بطور چشمگیری بالا می‌باشد (Nyongesa, 2004).



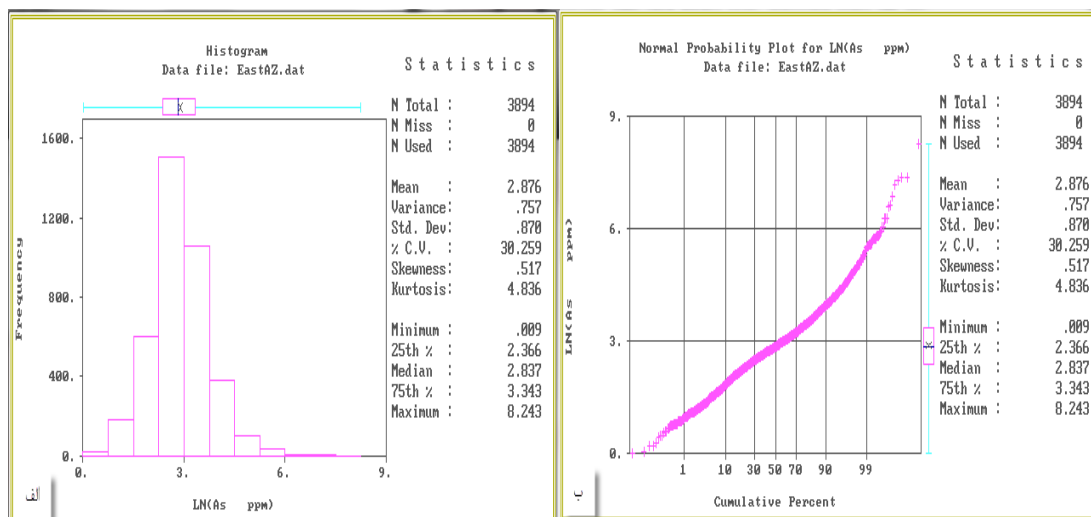
شکل (۳-۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) AS



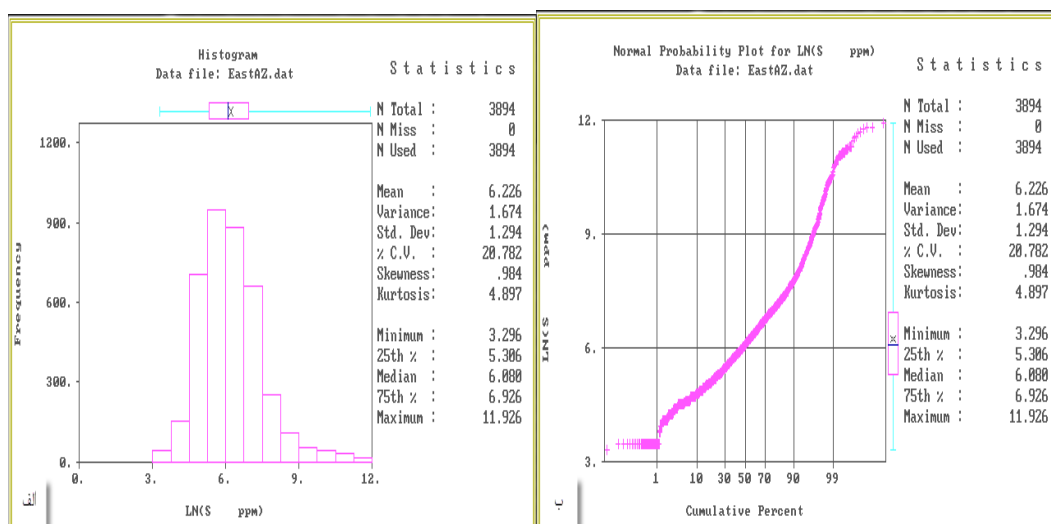
شکل (۳-۱۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) S

عناصر Cd,Th در پیوست ۱ آورده شده اند (اشکال پ-۱ تا پ-۴۲ تا پ-۱-۴۵).

لگاریتم داده‌های As,S در کران بالا انحراف قابل توجهی از روند عمومی داده‌های دارند (اشکال ۳-۱۱ و ۳-۱۲) که این امر قابل تأمل می‌باشد.

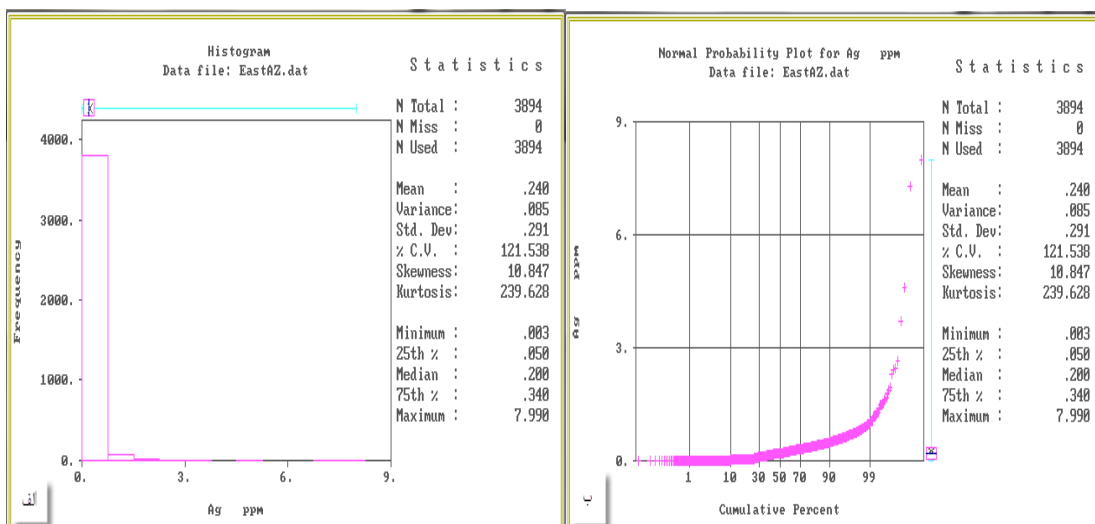


شکل (۳-۱۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم As

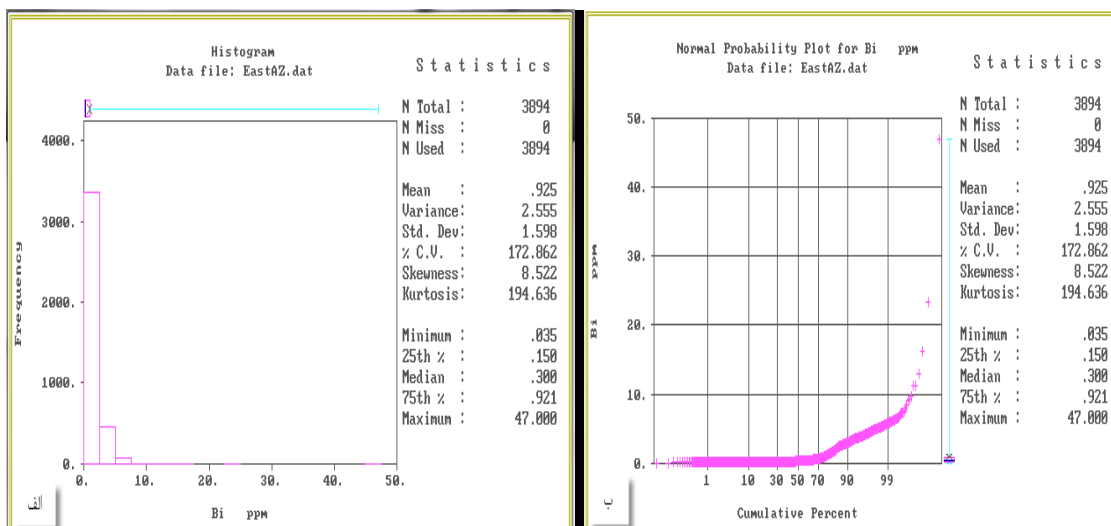


شکل (۳-۱۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم S

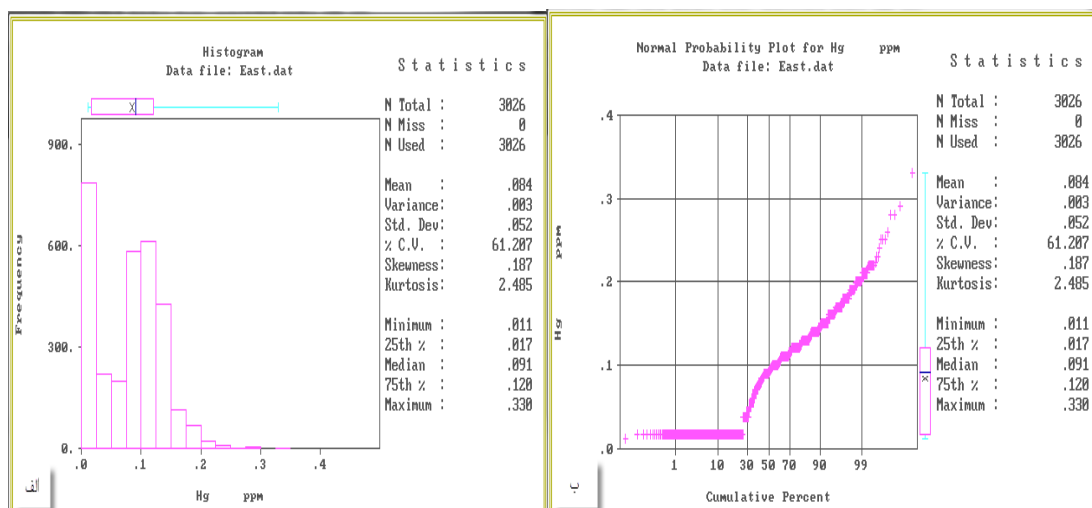
۴- عناصر گروه چهارم: هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌های این گروه به صورت غیر نرمال بوده و هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی داده‌ها نیز به صورت غیر نرمال بوده و دارای وضعیت دو یا سه مدی می‌باشند و این گروه از عناصر اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشند. عناصر شامل سه مد عبارتند از Ag, Ba, Bi, Ce, Cr, Pb و عناصر شامل دو زیر جامعه Hg, Ni, Sb, Te, Zn می‌باشند. هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌های Sb, Bi, Ag, Hg بصورت غیر نرمال می‌باشد (شکل های ۳-۱۳ تا ۳-۱۶).



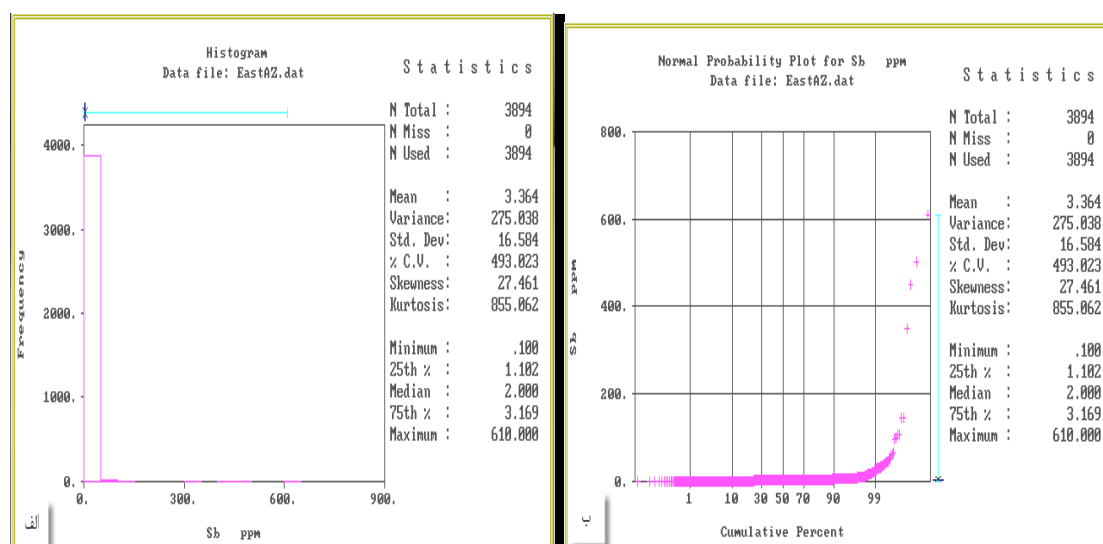
شکل (۳-۱۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ag



شکل (۳-۱۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Bi



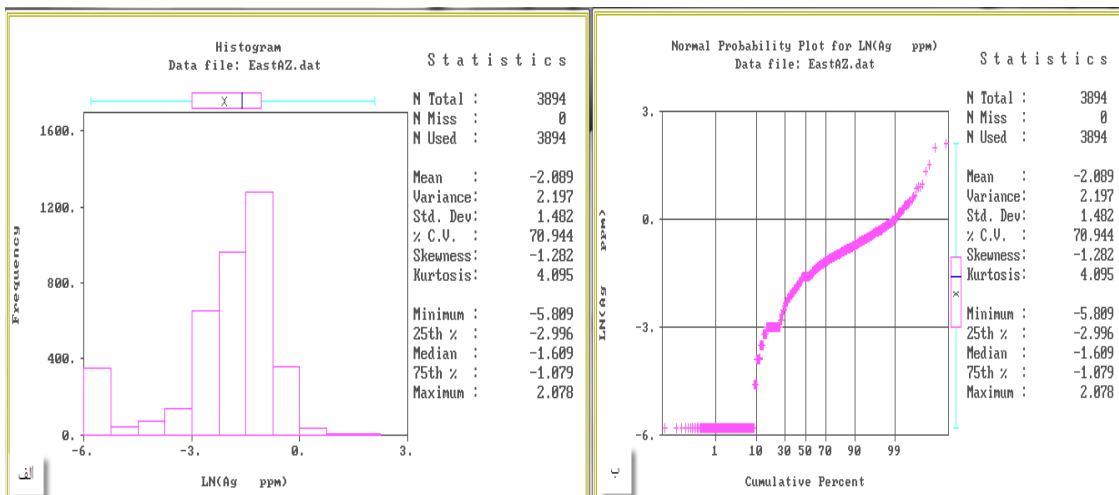
شکل (۳-۱۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Hg



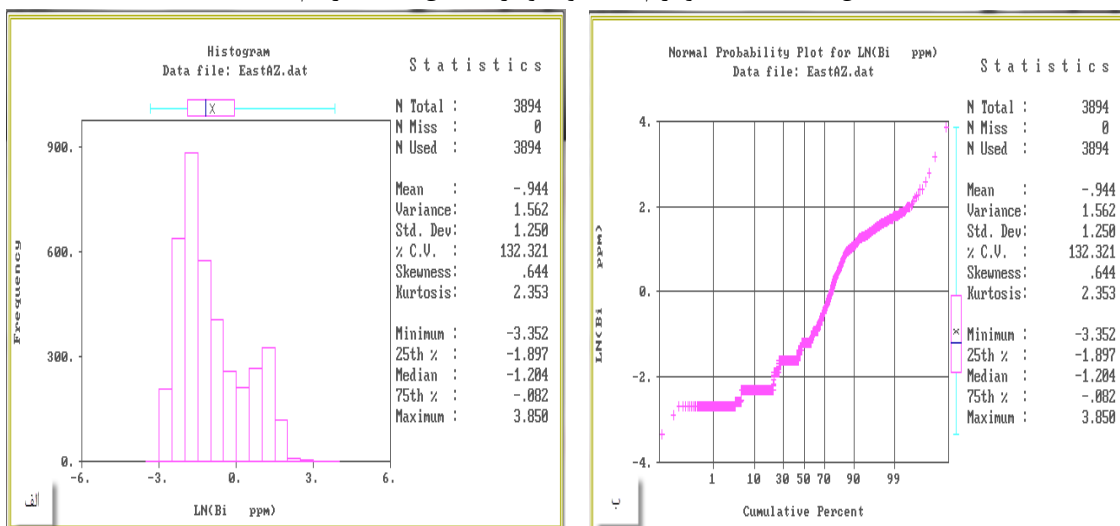
شکل (۳-۱۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Sb

لگاریتم هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌های Ag, Sb, Bi شامل سه زیر جامعه بوده (شکل‌های ۳-۳-

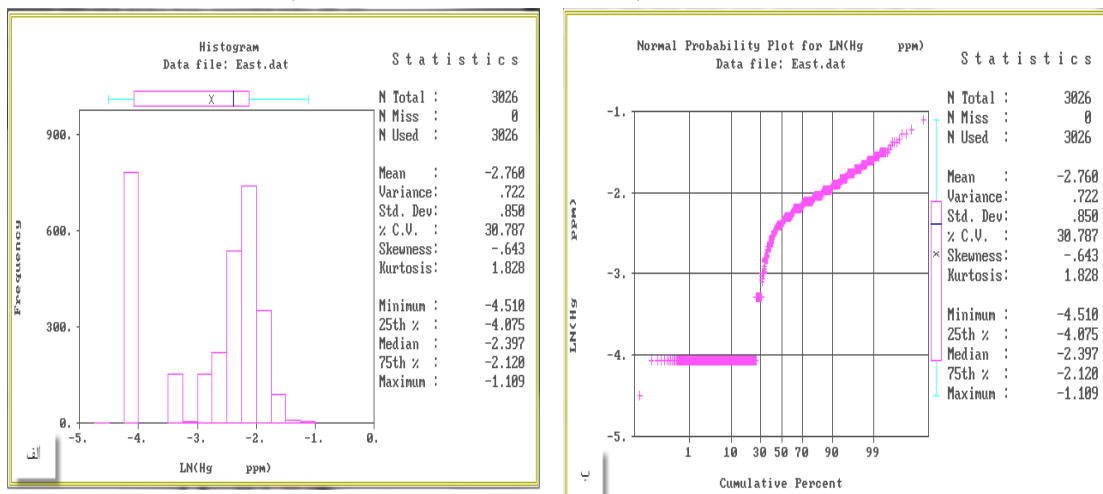
۱۷ تا ۲۰). لذا این عناصر با توجه به مقدار زمینه اهمیت بالایی دارند.



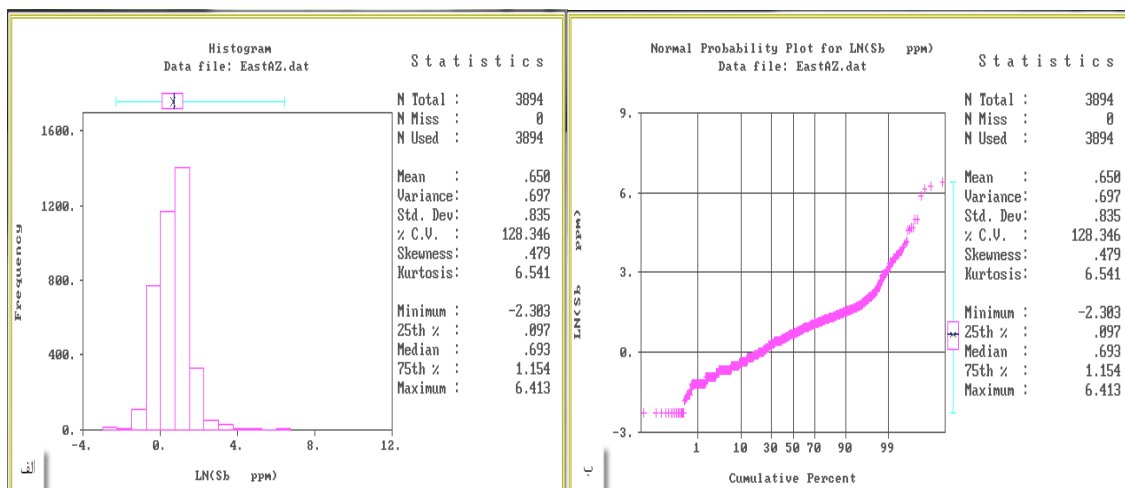
شکل (۳-۱۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ag



شکل (۳-۱۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Bi



شکل (۳-۱۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Hg



شکل (۳-۲۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Sb هیستوگرام و نمودار احتمال سایر عناصر در پیوست آورده شده است (اشکال پ-۱-۴۶ تا پ-۱-۵۹). در جدول (۳-۴) خلاصه‌ای از عناصر موجود در تقسیم بندی اولیه آورده شده است.

جدول (۳-۴) تقسیم بندی عناصر در چهار گروه

عناصر با توزیع نرمال	Al,K,Na,Rb
عناصر با توزیع لگاریتمی و تک مدی	Be,Ca,Co,Cs,Cu,Fe,La,Li,Mg,Mn,Mo,P,Sc, Sn,Sr,Ti,Tl,U,V,W,Y,Zr
عناصر با توزیع لگاریتمی، تک مدی، انحراف در کرانه‌بالا	As,S: انحراف در کران بالا با داده های قابل توجه
	Cd,Th: انحراف در کران بالا با داده های قابل چشم پوشی
عناصر با توزیع لگاریتمی، چند مدی	Hg,Ni,Sb,Zn: عناصر با دو زیر جامعه
	Ag,Ba,Bi,Ce,Cr,Pb,Te: عناصر با سه زیر جامعه

در نهایت به دو دسته با اهمیت و کم اهمیت تفکیک می شوند (جدول ۳-۵).

جدول (۳-۵) طبقه بندی عناصر بر اساس تحلیل تک متغیره

عناصر با اهمیت	As, Ag,Ba,Bi,Ce,Cr,Nb,Ni,Pb,S,Sb,Te,Zn,Zr
عناصر کم اهمیت	Al,K,Na,Rb,Ca,Co,Cs,Cu,Cr,Fe,La,Li,Mg,Mn,Mo,P,Sc,Sn,Sr,Ti,Tl,Th,U,V,W,Y

لازم به ذکر است که عناصری مانند Al, Fe, Ca از مقادیر نسبتاً بالایی در رسوبات اشکال و مناطق مورد مطالعه برخوردار می باشند.

۳-۳- تحلیل دو متغیره

ضرایب همبستگی رابطه تعیین دو به دوی عناصر را مورد مطالعه قرار می دهد. بمنظور ارزیابی ماهیت وابستگی عناصر سه نوع ضریب همبستگی محاسبه شده است (اسپرمن، پیرسون، کندال). فرآیند های بعد از تشکیل سنگ ها بر روی ارتباط ژنتیکی بین متغیرها ژئوشیمیایی تأثیر گذار می باشند یا عبارت دیگر ارتباط بین متغیرها به نوع و شدت فرآیندهای بعد از تشکیل سنگ ها بستگی دارد (Reyment & Savazzi, 1999). ضریب همبستگی شاخص ریاضی جهت ارزیابی روابط دو متغیر می باشد. در صورتی که روند تغییر پذیری دو متغیر همسو یا غیر همسو باشد می توان گفت که بین آنها همبستگی وجود دارد (Reimann & Filzmoser, 2000). ضریب همبستگی مقدار شدت وابستگی بین متغیرها را نشان می دهد. عدم وابستگی ژنتیکی را با تمایل به صفر معرفی می کنند و قدر مطلق همبستگی برابر با یک نشان دهنده وجود یک رابطه قطعی بین دو متغیر می باشد (Levinson, 1986). نمودار پراکنش یا دیاگرام پراکندگی بهترین تصویر برای نشان دادن همبستگی بین دو متغیر است. برای سنجش همبستگی ضرایب گوناگون به کار می رود که ضریب همبستگی پیرسون، اسپرمن و کندال سه نمونه از آنها می باشند در همبستگی خطی نرمال از ضریب پیرسون و در همبستگی غیر خطی از ضریب همبستگی اسپرمن و کندال کمک گرفته شده است (Johnson & Wichern, 2007). در این بررسی همبستگی به صورت غیر خطی بوده و ضریب همبستگی اسپرمن بالا بوده که مورد استفاده قرار گرفته، که این امر گویا تأثیر پذیری فرآیند های اپی ژنتیک بر رفتار بین دو متغیر است. جدول ضرایب همبستگی کندال و پیرسون در پیوست (اشکال پ-۱-۱ و پ-۱-۲) آمده است. ضریب همبستگی رتبه ای اسپرمن بین متغیرهای ژئوشیمیایی (جدول ۳-۶) چنانچه همبستگی های ۰/۷ و بالاتر باشد در حد خوب تفسیر می شوند و اگر همبستگی های ۰/۵ در حد متوسط ارزیابی می شود.

۱. عناصر با همبستگی بالا (گروه اول) عبارتند از :

(U با Y) و (Tl با Y,U) و (Th با U, Tl) و (Ce با La) و (Cr با Ni) و (Co با Fe, V,Ti)

برخی از این عناصر مانند Co,Fe,V,Ti مربوط به فرآیند تشکیل سنگ در منطقه می‌باشند.

۲. عناصر با همبستگی متوسط (گروه دوم) عبارتند از :

(Cs با Ag) و (Cd با Pb, Sb) و (Bi با Pb, S, Sb, Te, Th, Zr) و (As با Sb) و (Ag با Bi, Hg, S, Te, Zr) و (Nb, Tl, U) و (Hg با Cs, Sb, Te, Tl, Zr) و (Te با Zr)

در این گروه عناصری مانند As,Bi,Sb,Hg که توسط سایر مؤلفین Bingqin and Hui (1995) بعنوان ردیاب‌های ژئوترمالی در رسوبات اطراف چشمه‌های آبگرم معرفی شده‌اند حضور دارند. در آب‌های ژئوترمالی همبستگی مثبت بالایی میان As,Sb وجود دارد ولی بین As با Hg و Sb با Hg همبستگی ضعیفی وجود دارد. و این نشان دهنده‌ی تفاوت رفتار Hg با As و Sb در آب‌های ژئوترمالی است (Sakamoto et al, 1998).

با توجه به اهمیت عناصر ردیاب ژئوترمالی، در جدول (۷-۳) خلاصه ای از عناصر با همبستگی بالا آورده شده است. با توجه به مقادیر موجود، در مورد رابطه ی As با سایر عناصر ردیاب می توان گفت که این عنصر تنها با Sb همبستگی خوبی دارد. همچنین همبستگی میان Bi-Sb ، Bi-S و تا حدودی Bi-Hg قابل ملاحظه می باشند.

جدول (۷-۳) عناصر با اهمیت ضرایب Spearman

	Ag	As	Bi	Cd	Cs	Hg	Na	Pb	S	Sb	Te	Th	Tl	Zr
Ag	1													
As	.26	1												
Bi	.52	.17	1											
Cd	.44	.47	.40	1										
Cs	.23	.33	.14	.26	1									
Hg	.54	.26	.43	.38	.49	1								
Na	-.46	-.33	-.45	-.39	-.21	-.42	1							
Pb	.36	.28	.49	.60	.27	.34	-.28	1						
S	.56	.28	.54	.42	.10	.42	-.53	.34	1					
Sb	.39	.55	.48	.49	.20	.49	-.36	.51	.34	1				
Te	.66	.12	.56	.33	.19	.65	-.40	.37	.49	.45	1			
Th	.42	.06	.55	.33	.50	.41	-.23	.57	.32	.30	.52	1		
Tl	.43	.21	.41	.42	.71	.55	-.26	.47	.30	.25	.36	.73	1	
Zr	.71	.08	.52	.20	.21	.55	-.47	.25	.55	.28	.69	.48	.36	1

۳-۴- تحلیل آماری چند متغیره

در این مرحله تجزیه و تحلیل های آماری چند متغیره بر روی داده ها صورت گرفت و هدف تعیین نحوه ی ارتباط متغیرها با فرآیند ژئوترمالی است.

۳-۴-۱ تحلیل خوشه ای

روش های آماری چند متغیره امکان تحلیل همزمان چند متغیر را فراهم می کنند. در تحلیل داده ها زمانیکه بیش از دو یا سه متغیر افزایش می یابد، بررسی روابط آنها صرفاً از طریق تحلیل های چند متغیره میسر می باشد. روش های متعدد و متنوعی در تحلیل چند متغیره داده ها موجود می باشد که از جمله آنها می توان به تحلیل خوشه ای، تحلیل مؤلفه های اصلی، تحلیل کنونیکال و ... اشاره نمود. در این روش ها سعی بر آن است تا براساس تحلیل داده ها ارتباط بین متغیرهای مختلف نمونه های یک

دسته داده بدست آمده از منطقه روابط ژنتیکی بین متغیرها را مورد ارزیابی قرار داد (Davis, 2002). یکی از روش‌های آنالیز روابط ژنتیکی چند متغیره، آنالیز خوشه‌ای که هدف آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس- کواریانس مجموعه‌ای از رده‌های چند متغیره می‌باشد در برخی از شیوه‌های محاسباتی این روش، ماتریس ضرایب همبستگی دو متغیره (فواصل اقلیدسی تشابه یا عدم تشابه محاسبه شده و برای دو به دو متغیرها) مبنای کار قرار می‌گیرد (Richard, 2002). شناخت همبستگی‌های ژنتیکی این عناصر، اطلاعات لازم را در جهت تفسیر هر چه صحیح‌تر داده‌های ژنوشیمیایی در اختیار می‌گذارد. تفسیر و تشخیص متغیرهای بااهمیت از ناهنجارهای بی‌اهمیت و گمراه کننده کاربرد زیادی دارد (Temple, 2002; Temple et al, 2006). هدف از تحلیل خوشه‌ای دست یافتن به ملاکی برای طبقه بندی هرچه مناسب تر متغیرها و یا نمونه‌ها براساس تشابه هرچه بیشتر درون گروهی و اختلاف هر چه بیشتر بین گروهی است. تحلیل خوشه‌ای با برقراری ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای به ظاهر بی‌ارتباط به شناخت یک مدل فرض بین آنها اقدام کرده و به کاهش ابعاد متغیرها می‌پردازد. دو نوع تجزیه و تحلیل در این رابطه مد نظر قرار داده می‌شود (Anderson, 2003؛ حسنی پاک، ۱۳۸۰).

۱- تجزیه و تحلیل و نوع R-Mode: در این روش تعیین بستگی‌های بین پارامترهای متغیرها (غلظت عناصر) مدنظر است. بنابر این با استفاده از این روش عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژنوشیمیایی شناخته می‌شوند.

۲- تجزیه و تحلیل نوع Q-Mode: هدف این بررسی، تعیین و ارزیابی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌های مختلف (بر حسب متغیرها، مانند آنالیز و ترکیب شیمیایی سنگ‌ها) می‌باشد در این روش نمونه‌های مشابه در گروه‌های یکسان قرار می‌گیرند (حسنی پاک، ۱۳۸۰؛ Cloutier et al, 2008). در تحلیل خوشه‌ای با بررسی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌ها و متغیرهای مختلف و براساس بیشترین شباهت، اقدام به طبقه بندی و خوشه بندی می‌گردد. در هر مرحله، بالاترین شباهت‌ها یا همبستگی

های موجود بین متغیرها مبنای دسته بندی (خوشه بندی) اولیه خواهد شد. بدین ترتیب در هر مرحله از تعداد متغیرها کاسته خواهد شد و به جای آن یک دسته متغیر معرفی می گردد.

مراحل محاسباتی خوشه بندی یا دسته بندی تا مرحله‌ای ادامه می‌یابد تا کلیه متغیرها در یک خوشه و دسته‌بندی گردند (حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰). روش اتصال نزدیک ترین همسایگی، روش دورترین همسایگی، روش اتصال میانگین، روش اتصال کامل و روش وارد برخی از روش‌های محاسباتی می‌باشند (Swan, 1995).

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای به صورت یک دندوگرام نمایش داده می شود که نحوه اتصال متغیرها به یک خوشه یا یک خوشه به خوشه دیگر بر روی مقیاس خطی، متناظر با درجه شباهت آن است. در این تحقیق بمنظور گروه بندی داده‌ها از روش سلسله مراتبی استفاده و نتیجه حاصل بصورت دندوگرام نمایش داده شد (شکل ۳-۲۱). برای بدست آوردن بهترین دندوگرام، روش های مختلف آنالیز خوشه‌ای بر روی داده‌های خام و نرمال شده اعمال گردید و در نهایت بهترین دندوگرام با استفاده از روش اتصال کامل بر روی داده های نرمال حاصل شد.

در نمودار خوشه ای (شکل ۳-۲۱) چهار خوشه قابل شناسایی می باشد. خوشه (۱) شامل عناصر As در نمودار خوشه ای (شکل ۳-۲۱) می‌باشد در میان این عناصر سه عنصر As, Sb, Hg به چشم می‌خورد که بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط Kolker و همکارانش (2009) عناصر As, Hg, B در منطقه ژئوترمالی Akutan ایسلند از ردیاب های ژئوترمالی در خاک و رسوبات اطراف چشمه‌های آبگرم محسوب می‌شوند، لذا از نقطه نظر ژئوترمالی این عناصر بااهمیت و این دسته از خوشه یک به لحاظ ژئوترمالی قابل تأمل بیشتر می‌باشد. در دسته‌ی دیگری از خوشه‌ی یک عناصر Mo, Cu, Cd, Pb, Zn, W قرار دارند که حضور عناصر Mo, Cu, Cd, Pb, Zn ممکن است مرتبط با فرآیندهای کانی سازی در منطقه باشد.

خوشه شماره (۲) شامل K, Rb, Be, Ce, La, P, Th, U, Nb, Bi, Te, Tl, Zr, Y, Sn می‌باشد. این

گروه از عناصر در ارتباط مستقیم با فعالیت‌های ژئوترمالی نمی‌باشند. و تنها Bi در مناطق ژئوترمالی بعنوان ردیاب محسوب می‌شود.

خوشه شماره (۳) که شامل عناصر S, Sr, Ca, Cr, Ni, Mg, Sc, Li می‌باشد. پاره‌ای از این عناصر مرتبط با پارامترهای پتروژنز سنگ‌های بازیک منطقه هستند آنچه مشخص است سیالات ژئوترمالی تحت تأثیر سنگ‌های مسیر حرکت خود قرار گرفته و شاید غلظت‌های بالای S, Ca حاصل اندر کنش سیالات مذکور با سنگ‌های مسیر حرکت می‌باشد.

خوشه شماره (۴) که شامل عناصر Ti, V, Fe, Co, Mn, Al, Na می‌باشد. در بین این متغیرها عناصری مانند Fe, Al وجود دارند که در مناطق چشمه‌های آبگرم حضور اکسیدهای Fe مشاهده شده است و در منطقه قره آغاج حضور دگرسانی‌های از کائولینیت و کانی‌های رسی مشاهده شده که نشان دهنده‌ی غلظت بالای Al در منطقه می‌باشد.

بطور کلی از این نمودار خوشه‌ای نتایج زیر حاصل می‌شود:

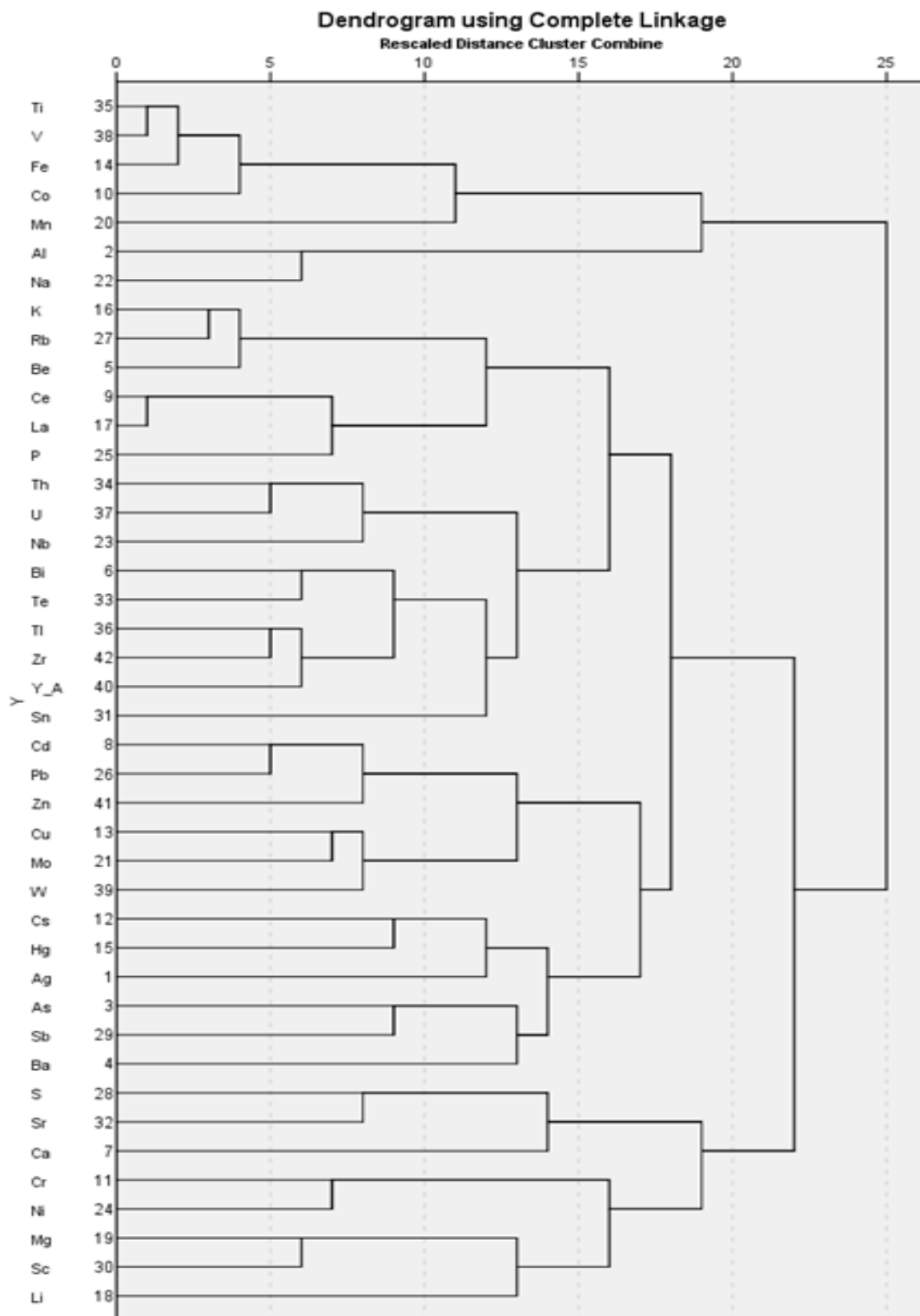
۱- خوشه‌ی یک که شامل دو دسته عنصر می‌باشد. دسته‌ی اول مربوط به عناصری است که احتمالاً می‌تواند با متغیرهای ژئوترمالی مرتبط باشد و در دسته‌ی دوم عناصری است که شامل مؤلفه‌های اپی ژنتیک می‌باشند، که شاید در ارتباط با فرآیندهای کانی‌سازی در منطقه باشد.

۲- خوشه‌ی دو شامل عناصری است، که به لحاظ بحث‌های ژئوترمالی قابل اهمیت نمی‌باشند.

۳- خوشه‌ی سه شامل عناصری است که مرتبط با فرآیندهای دگرسانی در منطقه می‌باشند.

۴- خوشه‌ی شماره چهار فرآیندهای اصلی پتروژنز سین ژنتیک را تشریح می‌نماید.

خوشه‌ی ۴ و ۲ دارای اهمیت کمتری نسبت به خوشه‌های ۱ و ۳ می‌باشند ولی در بین عناصر خوشه‌های ۳ و ۴ برخی عناصر مانند Na, S بترتیب دارای همبستگی‌های مثبت و منفی متوسطی با ردیاب‌ها می‌باشند. و سایر عناصر با توجه به بررسی‌های پیشین، به فرآیندهای ژئوترمالی در این منطقه ارتباطی ندارند و بیشتر به فرآیندهای تشکیل سنگ می‌باشند.



شکل (۳-۲۱) نمودار خوشه ای (Dendrogram)

۳-۴-۲ تحلیل مؤلفه های اصلی

تحلیل مؤلفه های اصلی و فاکتوری یکی دیگر از روش های آمار چند متغیره است که هدف اولیه آن تفسیر ساختار ماتریس واریانس-کواریانس مجموعه ای از داده های چند متغیره است. ارزیابی همبستگی بین متغیرها (غلظت های مختلف یک متغیر) و تعیین همبستگی نمونه های مختلف (برحسب تغییرات متغیرها) در تحلیل مؤلفه های اصلی مورد بررسی قرار می گیرد (Glover et al, 2004). این نوع از تجزیه و تحلیل مقایسه ای بدست می دهد تا با تکیه بر آن روابط همبستگی پارامتری متغیرها در نمونه های آنالیز شده مشخص گردد و قادر خواهد بود متغیرهای اصلی موجود در تحلیل داده های یک پدیده (در این تحقیق، منظور رخدادهای زمین شناسی-تکتونیکی و ژئوشیمیایی مؤثر بر پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر) را شناسایی کند و اولویت آنها را در توجیه میزان واریانس کلی (تفسیر کلیه پدیده و رخدادهای تأثیر گذار بر منطقه مورد مطالعه یا تغییرپذیری غلظت در نمونه ها) محاسبه کرده و در قالب جداول و نمودارها نشان دهد (Johnson, 2007; Reimann, 2002). تحلیل فاکتوری بین مجموعه فراوانی از متغیرها، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرض بر قرار می کند. این روش در پی تحقق اهداف زیر خواهد بود:

- ۱- تعریف فاکتور های اساسی که شامل مجموعه ای از متغیرهای مرتبط با یکدیگر باشند.
- ۲- تعیین سهم نسبی هر یک از فاکتورها که در توجیه تغییرات بوجود آمده در بین کل داده ها (ارزیابی مقدار ویژه هریک از بردارهای ویژه) نقش دارند .
- ۳- تعیین و شناخت متغیرهای کنترل کننده در بیان یک سری از داده های ژئوشیمیایی و یافتن کمترین مقدار متغیر در میان یک سری از داده ها که بیشترین پدیده های حادث شده در منطقه را نشان بدهند .

بمنظور آشنایی با مبانی روش، فرض کنید تعداد p متغیر ، x_1, x_2, \dots, x_p برای n نمونه اندازه گیری شده است. همچنین فرض کنید f_1 تا f_k متغیر های تصادفی باشند، که بتوان برای آنها روابط زیر را

نوشت (حسنى پاك و شرف الدين، ۱۳۸۰؛ Glover et al, 2004).

$$X_1 = Mx_1 + a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + \dots + a_{1k}f_k + e_1$$

$$X_2 = Mx_2 + a_{21}f_1 + a_{22}f_2 + \dots + a_{2k}f_k + e_2$$

.

.

.

$$X_p = Mx_p + a_{p1}f_1 + a_{p2}f_2 + \dots + a_{pk}f_k + e_p$$

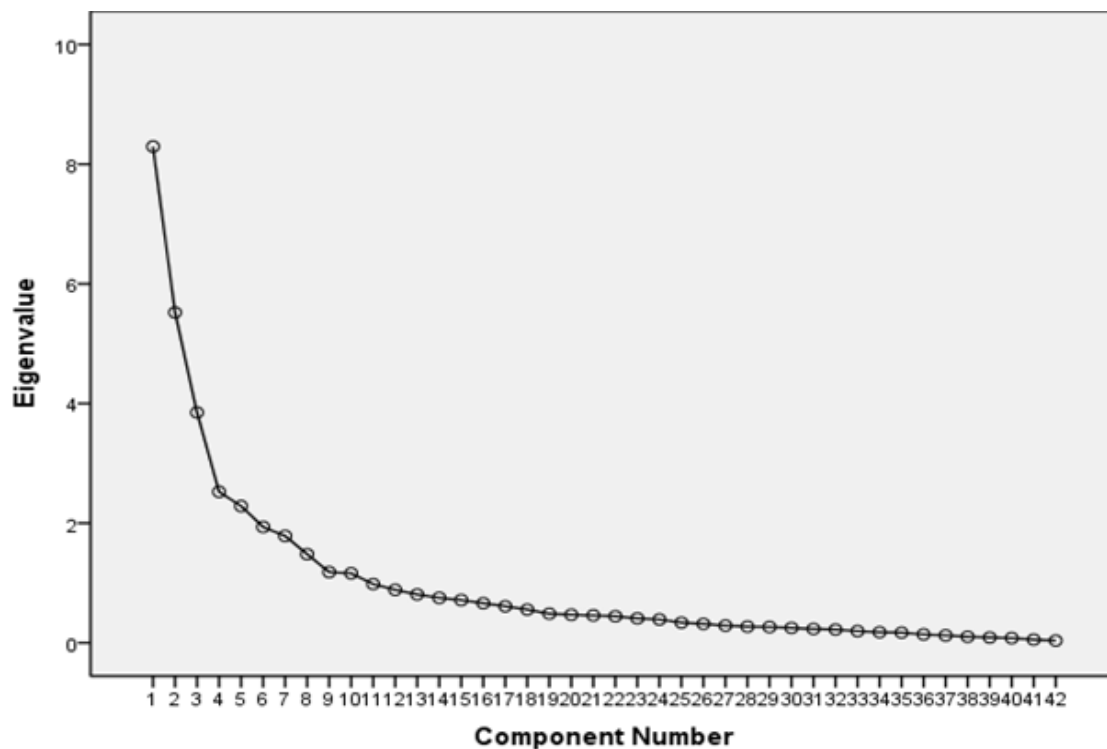
که در آن Mx_i میانگین متغیر X_i و a_{ij} ضرایب متغیرهای f_i می‌باشند که باید محاسبه شوند و بالاخره e_i مؤلفه‌های خطای تصادفی می‌باشند که ممکن است ناشی از خطاهای اندازه‌گیری باشد رابطه فوق را به شکل ماتریسی می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$[X] = [M] + [A] + [F] + [e]$$

که در آن $[X]$ برداری $K * 1$ که حاوی هر یک از متغیرهای اولیه است. $[M]$ برداری $K * 1$ که حاوی میانگین مقادیر متغیرهای X_i است. $[A]$ ماتریس $K * P$ که حاوی ضرایب f_i است که باید محاسبه شوند. $[F]$ برداری $P * 1$ است که حاوی متغیرهای تصادفی f_i است که فاکتور نامیده می‌شوند. و بالاخره $[e]$ برداری $K * 1$ است که حاوی مؤلفه‌های خطای تصادفی برای هر یک از متغیرهای X_i است (حسنى پاك و شرف الدين، ۱۳۸۰).

همان‌گونه که در بالا ذکر شد متغیرهای f_i را فاکتور می‌نامند. این متغیرها عوامل فیزیکی و شیمیایی محیط اکتشافی (رخدادهای زمین شناسی، تکتونیکی و ژئوشیمیایی مؤثر بر پراکندگی ژئوشیمیایی غلظت عناصر در منطقه) است که در روابط علت و معلولی می‌توانند نقش علت را ایفا کنند. در واقع هدف از تجزیه و تحلیل فاکتوری تعیین و تفکیک عمده ترین متغیرهای کنترل کننده از متغیرهای با نقش کمتر است. در این صورت می‌توان با حداقل تعداد متغیرهای فاکتوری حداکثر تغییرپذیری بین داده‌ها را توجیه کرد و سهم نسبی هر یک از متغیرهای فاکتوری را در توجیه تغییرپذیری مشخص نمود. بطور خلاصه هدف از تجزیه و تحلیل فاکتوری آن است که برای P متغیر اندازه‌گیری شده (تحت بررسی) بتوان K متغیر فاکتوری ($K < P$) را طوری تعریف کرد که بتوانند بخشی اعظمی از

تغییرپذیری را توجیه کنند (حسینی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰؛ Hardel, 2007). در این تحلیل ابتدا به جدول فاکتور آنالیز جدول (۳-۸) اشاره می‌شود که برای ۴۲ عنصر مورد آنالیز در این پروژه ۴۲ فاکتور تعیین شده است. که برای تعیین تعداد فاکتورهای اصلی، از مقادیر ویژه ماتریس همبستگی، درصد جمعی، واریانس و نمودار تعداد مؤلفه‌ها در برابر مقادیر ویژه استفاده شده است به این ترتیب از میان ۴۲ فاکتور تعیین شده تنها ۱۰ فاکتور قابل توجیه وجود دارد که می‌توان از آنها استفاده کرد. در ادامه با بررسی فاکتورها، بهترین فاکتور موجود، برای عناصر ردیاب و همچنین عناصر در ارتباط با هر فاکتور معرفی می‌شود. مقادیر ویژه، اهمیت فاکتورها را متناسب با متغیرهای آن نشان می‌دهد بگونه‌ای که اگر یک فاکتور مقدار ویژه کوچکی داشته باشد، سهم کوچکی در تفسیر واریانس فاکتورها دارد و ممکن است در برابر فاکتورهای مهم نادیده گرفته شود (شکل ۳-۲۲).



شکل (۳-۲۲) نمودار نقطه ای فاکتور آنالیز بر اساس مقادیر ویژه

بر اساس این ده فاکتور ۷۱/۵٪ تغییر پذیری ها مورد تحلیل قرار می‌گیرد همچنین سهم هر فاکتور محاسبه گردیده است اضافه شدن فاکتور های بعدی تأثیر کمتر از ۲/۵٪ را دارند که قابل چشم

جدول (۳-۸) فاکتور آنالیز

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8.29	19.75	19.75	8.29	19.75	19.75
2	5.52	13.15	32.90	5.52	13.15	32.90
3	3.85	9.17	42.06	3.85	9.17	42.06
4	2.52	6.01	48.07	2.52	6.01	48.07
5	2.29	5.44	53.52	2.29	5.44	53.52
6	1.94	4.61	58.13	1.94	4.61	58.13
7	1.79	4.25	62.38	1.79	4.25	62.38
8	1.48	3.53	65.91	1.48	3.53	65.91
9	1.18	2.82	68.72	1.18	2.82	68.72
10	1.16	2.77	71.49	1.16	2.77	71.49
11	.98	2.34	73.83			
12	.89	2.11	75.94			
13	.81	1.93	77.86			
14	.75	1.79	79.65			
15	.72	1.70	81.35			
16	.66	1.57	82.93			
17	.61	1.46	84.38			
18	.56	1.32	85.71			
19	.49	1.16	86.87			
20	.47	1.12	87.98			
21	.46	1.09	89.07			
22	.44	1.06	90.13			
23	.41	.97	91.10			
24	.39	.93	92.03			
25	.34	.80	92.83			
26	.32	.76	93.59			
27	.29	.68	94.27			
28	.27	.64	94.92			
29	.26	.63	95.55			
30	.25	.59	96.14			

ادامه جدول (۳-۸)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
31	.23	.55	96.69			
32	.22	.53	97.22			
33	.20	.47	97.69			
34	.18	.42	98.11			
35	.17	.40	98.51			
36	.14	.33	98.85			
37	.12	.30	99.14			
38	.10	.24	99.38			
39	.09	.21	99.60			
40	.08	.19	99.79			
41	.05	.13	99.91			
42	.04	.09	100.00			

با توجه به مقادیر جدول (۳-۹)، فاکتورهای اصلی و متغیرهای مرتبط با هر فاکتور مشخص گردیده که در این میان فاکتور شماره های ۱ و ۴ قابل توجه هستند. فاکتور شماره ۱ شامل عناصر Bi, Hg, Sb و نیز Be, Cd, Ce, Cs, La, Nb, Rb, Te, Th, Tl, U, Y, Zr می باشد. از میان این عناصر Be, Cd, As, Bi, Hg, Sb همبستگی پایینی نشان داده اند.

عناصر As در فاکتور چهار دارای بالاترین مقدار می باشد و در این فاکتور عناصری مانند Cd, Pb, Zn و در درجهی اهمیت پایین تر Sb قرار دارند.

در فاکتور شماره ۲ عناصری مانند V, Ti, Fe, Co, Na, Al قرار می گیرند که با فرآیندهای مرتبط با تشکیل سنگ های آذرین و دگرسانی ها تأثیرگذار بر این سنگ ها منطقه می تواند باشد. غلظت های

بالای این عناصر در نمونه های سطحی اطراف چشمه های آبگرم گواه شسته شدن این عناصر از سنگ ها توسط سیال ژئوترمالی در حال صعود به سطح می باشد.

جدول (۳-۹) مقادیر فاکتور آنالیز برای عناصر

Component	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Mo
1	.40	-.08	.19	.30	.59	.61	-.04	.48	.53	.27	.26	.50	.37	.33	.55	.46	.50	.27	-.03	.46	.35
2	-.23	.53	.02	.19	-.05	-.18	-.40	-.11	.33	.71	.11	-.04	.38	.73	-.37	-.17	.34	-.30	.31	.35	.25
3	.19	-.34	.13	-.29	-.63	.07	.42	.06	-.37	.48	.46	.30	-.38	.34	.07	-.62	-.43	.00	.24	.07	-.39
4	.25	-.21	.49	.31	-.16	-.04	.04	.58	-.39	.02	-.14	-.10	.25	.02	.06	.04	-.41	-.04	-.07	.20	.34
5	.18	.06	.02	.20	.03	-.29	.32	-.17	-.14	-.02	-.07	.23	.32	-.15	.12	.25	-.12	.41	.71	.08	.06
6	-.09	.18	-.20	-.44	.09	.11	.05	.28	.19	.06	.24	-.34	.16	-.10	-.25	-.23	.11	.38	.27	.10	.15
7	.25	.11	-.28	.01	-.15	.02	.08	.19	.13	-.11	-.31	-.02	-.14	-.03	-.18	-.18	.17	-.01	-.05	-.05	.08
8	-.16	-.55	.07	-.13	.02	-.02	.42	-.16	.16	-.02	.24	-.19	.04	.14	-.09	.06	.09	-.05	-.20	-.05	.30
9	-.05	.12	.28	.27	.12	-.03	-.18	.00	.14	.02	.15	-.09	-.34	.08	.09	.17	.15	.20	.00	.00	-.26
10	-.14	.14	-.27	-.08	.06	.44	-.18	-.21	-.23	.12	-.12	-.01	.18	.18	.06	.03	-.25	.25	-.02	-.26	.16

ادامه جدول (۳-۹)

Component	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
1	-.47	.61	.19	.44	.44	.61	-.04	.49	.36	.45	-.27	.65	.66	.14	.67	.65	.19	.27	.74	.35	.60
2	.51	.37	-.05	.32	-.05	-.33	-.23	-.03	.35	-.20	.18	-.32	-.03	.83	-.39	-.03	.81	.28	-.23	.45	-.43
3	-.26	.03	.30	-.38	-.10	-.46	.15	-.05	.36	.19	.04	.08	.12	.30	.28	.29	.35	-.33	.14	.05	.26
4	-.20	-.29	-.17	-.23	.50	-.02	.13	.33	-.06	-.05	.09	-.02	-.25	-.02	-.06	-.19	.07	.32	-.29	.48	-.17
5	-.13	-.15	-.19	.37	-.20	.13	.35	-.16	.48	-.16	.36	-.23	-.27	.01	-.07	.06	-.01	.02	.15	-.22	.12
6	-.08	-.19	.64	-.09	.30	-.02	.06	-.23	.23	.06	.03	.04	-.04	-.26	-.11	-.24	-.21	.13	.12	.18	-.15
7	.29	.16	-.30	.01	.30	-.21	.42	-.31	-.21	.19	.60	-.09	.24	-.04	.17	.27	-.09	.02	.01	.23	.18
8	-.25	.16	.10	.15	-.15	.07	.36	.04	-.32	.08	.19	-.18	.01	.11	-.16	.01	.14	.24	.09	-.14	-.21
9	.04	-.08	.28	-.10	-.05	.12	.35	.22	-.12	-.05	.39	.08	-.04	.06	-.04	-.17	.04	-.34	-.08	.11	-.02
10	-.04	.11	-.05	-.24	-.06	.03	.29	.14	.03	-.06	.11	.22	.12	.02	-.03	-.10	.11	.16	-.22	-.17	.08

بر اساس نتایج تحلیل های صورت گرفته تا این مرحله عناصر با اهمیت ژئوترمالی در جدول (۳-۱۰) آورده شده است. در ردیف آخر این جدول نتیجه گیری کلی از تحلیل ها آورده شده است، که عناصری را که در تحلیل های صورت گرفته مشترک بوده اند به عنوان عناصر با اهمیت مرتبط با فعالیت های ژئوترمالی در منطقه بیان شده اند.

جدول (۳-۱۰) تفکیک عناصر براساس کلیه ی تحلیل ها

عناصر با اهمیت	تحلیل های صورت گرفته
As, Ag, Ba, Be, Ce, Cr, Hg, Ni, Pb, S, Sb, Te, Zn, Cd	تحلیل تک متغیره
Ag, As, Bi, Hg, S, Cs, Cd, Pb, Sb, Te, Na, Zr	تحلیل دو متغیره (ضریب همبستگی اسپرمن)
عناصر مرتبط با فرآیند ژئوترمالی: Cs, Hg, Ag, As, Sb, Ba عناصر مرتبط با فرآیند دگرسانی: S, Ca, Sr, Ni, Mg, Sc, Li	تحلیل چند متغیره (تحلیل خوشه‌ای)
عناصر موجود در مؤلفه ی ۱: Bi, Hg, Sb, Cd, Cs, Te, Zr عناصر موجود در مؤلفه ی ۴: As, Cd, Pb, Zn, Sb	تحلیل چند متغیره (تحلیل مؤلفه‌های اصلی)
عناصر مهم ژئوترمالی در منطقه As-S-Sb-Hg	نتیجه‌گیری بر مبنای تحلیل های صورت گرفته

نتایج بررسی‌های صحرایی در استان در محیط‌های لیتوژئوشیمیایی دیگر مانند خاک و سنگ دگرسان و غیر دگرسان اطراف چشمه های آبگرم از مناطق استان آذربایجان شرقی، مشخص شده که غلظت برخی از عناصر در این محیط ها قابل توجه می‌باشد. نتایج آنالیز عناصر نمونه‌های خاک و نمونه‌های سنگ در اطراف برخی از چشمه‌های آبگرم استان در جداول (۳-۱۱ و ۳-۱۲) و همچنین نمونه‌های آب آنالیز شده‌ی چشمه‌های آبگرم استان در جدول (۳-۱۳) آورده شده است .

عناصر As, Al, Fe, Ca, Sb, Hg در جدول (۳-۱۱) غلظت‌های بالایی نسبت به مقدار زمینه‌ی موجود در خاک در اطراف چشمه‌هایی مانند استی سو(۳و۱)، منشگه - چاراویماق، قره سو، ساری سو، شورسو، تاپ تاپان و شوراسو(کلوانق ۱) و آبگرم بستان آباد دارند و مقادیر بالای S در اطراف چشمه های آبگرم (متعلق به کلیر)، تاپ تاپان، استی سو(۳و۱)، منشگه - چاراویماق و شوراسو(کلوانق ۱) مشاهده می‌شود. در منطقه ژئوترمالی Nevada (در آمریکا) در نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده غلظت‌های بالای As, Hg مشاهده شده است که این غلظت‌های بالا در امتداد گسل های منطقه می‌باشد (Hinkel et al, 1995). انواع ذخایر Hg در مناطق مختلف مانند چشمه‌های آبگرم بعنوان شاهدهی برای وجود فعالیت های ژئوترمالی در Long Valley (در کالیفرنیا) می‌باشند. لازم به ذکر است که مقدار زمینه‌ی Hg در نمونه‌های خاک این مناطق تقریباً ۵ppb بوده است (Matlick &

Buseck, 1997). در منطقه‌ی ژئوترمالی Bagnore (در ایتالیا) غلظت‌های بالایی از عناصر Hg, Fe, B, Al, S, Zn در خاک‌های منطقه مشخص شده است و غلظت عناصر Cu, Cd, Pb متوسط می‌باشد (Loppi, 2001).

غلظت‌های بالایی از As, S, Fe, Sb, Ca در جدول (۳-۱۲) نسبت به مقدار زمینه موجود در سنگ‌های بازالتی وجود دارد و این افزایش در نمونه‌های سنگی اطراف چشمه‌های آبگرم بستان آباد، استی سو (۳ و ۱) منشگه-چاراویماق، قره سو، ساری سو، شورسو، تاپ تاپان و شوراسو (کلوانق ۱ و ۴) مشاهده می‌شود. بررسی‌های سیستم‌های ژئوترمالی در ایسلند نشان می‌دهد که سنگ‌های آلت‌ر شده‌ی هیدروترمالی از عناصری مانند Si, Fe, Al, Mg, Mn و حتی عناصری مانند K, Na, Ca که قابلیت تحرک بالایی دارند نیز غنی می‌باشند (Franzson, 2008). رنج تغییرات غلظت As در سنگ‌های بازالت مناطق ژئوترمالی ایسلند از ۰/۱ تا ۱/۲۸ ppm و غلظت متوسط آن در تولوئیت تقریباً ۰/۱ ppm است. همچنین رنج تغییرات غلظت Sb در سنگ‌های بازالتی ۰/۰۳۸ تا ۰/۰۷۵ ppm و در سنگ‌های اسیدی ۰/۰۴ و ۰/۰۴۵ ppm که تفاوت چندانی با هم ندارند (Arnorsson & Stefansson, 2005).

غلظت‌های قابل توجهی از As, Si, Sb, Hg, Fe در نمونه‌های آبی چشمه‌های منشگه-چاراویماق، آبگرم بستان آباد، شورسو غله‌زار، استی سو (۳ و ۱) و تاپ تاپان و شوراسو (کلوانق ۱ و ۴) مشاهده می‌شود (جدول ۳-۱۳). در منطقه‌ی ژئوترمالی Tuzla (در شمال غرب ترکیه) چشمه‌های آبگرم منطقه غنی از Cl می‌باشند و غلظت‌های بالایی از As, Hg در این آب‌ها مشاهده می‌شود (Rychagov et al, 2010).

جدول (۳-۱۱) آنالیز عناصر در نمونه های خاک اطراف چشمه های آبگرم (همه ی غلظت ها به استثنای Hg(ppb) برحسب (ppm))

Lab.No	Spring Name	T(°C)	PH	EC	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Fe	Mg	Hg(ppb)	Na	S	Sb	Th	Zr
B G(Soil)					0.1	...	2	100-3000	n d	...	.....	...	30	....	.....	5	10 -300	300
S01	آبگرم معدنی بستان آباد	40.1	6.12	5750	0.34	50193	227.5	252	0.39	164656	22195	7777		2805	1338	1.08	105	107
S04	اسفروشان-امام قلی	26.7	9.3	395	0.3	91280	3.4	925	0.38	32837	53458	10744	1370.8	21601	95	1.16	10.6	209
S05	رودخانه بالادست امام قلی	9.2	7.52	107	0.28	101207	3.3	897	0.39	34422	48216	11154	2191.2	21666	105	1.07	12.6	229
S06	الله حق	40.4	9.81	454	0.32	92357	3	702	0.39	29884	66834	11051	1956.3	18282	88	1.06	11.7	226
S07	شورسو غله زار	25.9	6.54	5230	0.8	1482	1801	31	0.38	279978	30467	2555	457.11	2166	7066	1.06	4.5	9
S09	تاب تاپان(روستای نادین لو)	22.4	6.3	4060	0.32	17187	1292	114	0.38	203528	22359	8254	511.66	31386	11725	1.1	6.7	29
S010	شوراسو(کلوانق)1	18.7	6.43	4470	0.27	2087	1327	36	0.38	273797	11088	6232	626.47	11167	11099	1.11	5.2	7
S011	شوراسو(کلوانق)3	15.6	7.13	2980	0.31	33807	200.2	179	0.38	186547	19838	13159	555.21	5456	2300	1.05	7	68
S013	شورسو (گنبد)-عجیشیر	25.7	6.13	2150	0.29	39398	211.8	211	0.39	181191	28529	7591	1095.9	3896	8469	1.06	8.2	86
S014	ساری سو (گنبد)-عجیشیر	14.2	6.35	786	0.3	68701	922.6	312	0.39	53661	82650	18504	1095.9	12711	242	1.07	7.4	20
S015	قره سو (کنار ساری سو)-عجیشیر	14	6.47	643	0.34	68005	540.9	333	0.39	80481	50258	20425	937.93	7461	284	1.07	8.8	35
S022	50متر پایین تراز شورسو چای باغی	19.5	6.08	2660	0.27	95509	8.6	493	0.39	60149	34558	8222	1340	26340	344	0.88	9	86
S023	یل سویی-قلعه کندی(کلپیر)	44.4	10.2	830	0.25	69904	3.1	729	0.39	75870	77456	20834		13281	200	1.09	8.3	129
S024	آبیش احمد(متعلق-کلپیر)	53.5	10.4	780	0.28	69008	2.7	430	0.39	39217	59524	16991	1807.2	21196	22777	1.1	8.6	105
S026	ایستی سو شالقون	32.8	10.4	160	0.28	93527	2.6	707	0.38	49888	30175	12811	1691.9	17246	241	1	7.7	120
S027	رودخانه نزدیک ایستی سو شالقون	11.9	7.77	202	0.31	89831	2.5	950	0.39	32275	50854	10730	1878	19515	60	0.92	11.2	213
S029	بر معصوم(قطور سویی)(روستای اردها	30.6	10.3	357	0.29	78068	2.6	297	0.39	50271	51827	26834	1526.1	8579	74	1.09	6.2	80
S031	آبگرم شکر دره	38.2	10.4	177	0.32	100147	2.8	718	0.39	26893	37245	14163	1169.3	16182	184	0.97	8.3	146
S032	یلین سو(اب گاز دار)منطقه حفاظت شده جرجن، رودخانه حاجیلار	19.9	6.11	185	0.29	21768	3.5	142	0.38	237723	10275	5375	549.49	4695	3015	1.03	6.1	35
S033	آبگرم دره دیز 1-منطقه جلفا	28.8	6.17	1804	0.35	48133	3.3	274	0.39	151282	27220	15260	749.21	9213	744	1.1	7.3	117
S034	آبگرم دره دیز 2-منطقه جلفا	29	6.16	1810	0.31	36076	4.6	172	0.38	179356	19182	18722	362.53	4679	995	1.06	7.9	103
S039	استی سو 1-قره آغاچ	52.1	6.48	2180	0.36	1097	876.5	51	0.38	269476	24415	2981	1097.2	810	7464	1.07	5.8	< 5
S040	استی سو 1-قره آغاچ	52.1	6.48	2180	0.31	3515	9618	80	0.39	171560	132560	2306	1470.2	554	4615	9.2	6.2	18
S041	استی سو 3-قره آغاچ	46.2	6.42	2110	0.28	13471	20310	111	0.39	84039	191370	2038	1924.2	581	2348	10.4	6.8	33
S042	منشگه-چار اویماق(قره آغاچ)	52.8	6.14	1640	0.33	15017	157.4	206	0.38	249688	7968	5440	593.48	2382	5368	0.94	6.1	26

جدول (۳-۱۲) آنالیز عناصر در نمونه های سنگ اطراف چشمه های آبگرم(همه ی غلظت ها به استثنای Hg(ppb) برحسب (ppm))

Lab.No	Spring Name	T(°C)	PH	EC	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Fe	Mg	Hg(ppb)	Na	S	Sb	Th	Zr
BG(Basalt)					0.1	.....	2	250	0.15	.....	.....	.....	0.08	.....	.....	0.2	2.2	150
R1	ابگرم معدنی بستان آباد	40.1	6.12	5750	0.44	32055	977.1	184	0.38	211974	20994	6563	103.05	2746	3474	1.1	7.3	77
R2	اب سرد معدنی بستان آباد	14.5	6.7	5400	0.41	7730	293.1	379	0.38	278622	4722	5158	115.52	2222	1329	1.02	6.9	20
R3	اسبفروشان-اسبفروشان	36	9.59	601	0.3	103952	3	1481	0.39	37723	27187	6505	958.32	32381	236	1.05	11.1	130
R4	اسبفروشان-امام قلی	26.7	9.3	395	0.3	105327	4	1223	0.39	30249	28635	6851	98.25	31379	134	0.96	11.8	190
R06	الله حق	40.4	9.81	454	0.29	102983	3.9	1002	0.39	26770	25121	18446	194.88	35565	293	1	11	164
R07	شورسو غله زار	25.9	6.54	5230	0.3	3130	4714	102	0.38	262360	50842	5594	27.04	1624	6802	1.04	5.7	14
R08	شورسو غله زار(اب سرد)	16.7	6.7	4040	0.34	741	2283	34	0.38	277036	26114	2347	41.19	1744	5706	1.12	5	7
R09	تاپ تاپان(روستای نادین لو)	22.4	6.3	4060	0.32	6635	1019	72	0.39	267436	19158	2435	56.29	2854	5446	1.08	4.3	16
R10	شوراسو(کلوانق)۱	18.7	6.43	4470	0.3	6710	2299	170	0.38	259642	23902	5566	45.98	2281	7190	1.01	5.5	19
R11	شوراسو(کلوانق)۳	15.6	7.13	2980	0.3	14807	69.9	459	0.39	240802	22904	3495	159.88	2166	2809	1.06	6.5	45
R12	شوراسو(کلوانق)۴	16.7		4290	0.28	4641	661	48	0.38	278666	9927	7587	101.85	1549	2967	1.02	7.2	15
R13	شورسو (گنبد)-عجیشیر	25.7	6.13	2150	0.28	1032	564.4	56	0.38	292034	13992	4771	86.26	573	1769	0.98	5.2	<5
R14	ساری سو (گنبد)-عجیشیر	14.2	6.35	786	0.27	14808	83.1	80	0.39	219938	10743	2599	158.68	1751	346	1.08	5.6	32
R15	قره سو (کنار ساری سو)-عجیشیر	14	6.47	643	0.24	12010	69	112	0.38	252180	9075	22502	128.23	1422	834	1.06	6.2	27
R16	آکوز بوغازی	27.5	6.6	2830	0.28	16614	3.6	146	0.39	257589	8640	17583	105.21	3708	1504	1.1	6	29
R017	آکوز بوغازی	27.5	6.6	2830	0.3	55453	17.2	437	0.39	141735	23340	6513	109.76	16781	671	1.02	9.3	83
R018	۷متری چپ آکوز بوغازی	26.2	6.35	2890	0.28	6257	4.3	81	0.38	274793	4385	4908	43.58	1787	3241	1.11	5.8	13
R019	دش آنتی(۳۰ متری آکوز بوغازی)	23.6	6.16	2650	0.28	8870	2.8	104	0.38	275614	5163	11070	53.18	2819	3513	1.01	5.4	14
R020	ساحل چپ آکوز بوغازی(داخل رود)	25.3	6.3	3030	0.38	12983	2.6	140	0.38	258665	7280	4807	78.35	5281	2387	0.93	5.9	24
R021	شورسو(چای باغی-مراغه)	16.4	5.9	2087	0.29	1133	23.1	50	0.38	157091	6228	4845	118.63	452	200	1.03	5.8	<5
R022	۵۰متر پایین تراز شورسو چای باغی	19.5	6.08	2660	0.23	2997	99	41	0.39	288673	12907	6190	46.7	853	464	1.03	5	14
R023	یل سویی-قلعه کندی(کلبیر)	44.4	10.2	830	0.42	77035	2.9	552	0.39	96248	35878	29612	75	18986	8327	0.96	8.3	120
R024	ابیش احمد(متعلق-کلبیر)	53.5	10.4	780	0.25	86484	2.8	703	0.39	50837	53230	3982	68.52	40504	7374	1.1	12.3	164
R026	ایستی سو شالفون	32.8	10.4	160	0.31	99355	2.6	846	0.39	43291	38763	11352	98.49	25849	97	0.9	9.6	165
R027	ابگرم بزرگ(بیوک سو)اردها	34.8	10.3	285	0.28	81872	2.6	785	0.39	59179	41223	12255	63.97	18298	95	1.09	11	212
R028	کنار ابگرم بیوک سو اردها	32.8	10.3	329	0.27	62854	3	711	0.39	131466	37855	17241	49.58	14603	975	1.04	9.5	143
R029	میر معصوم(قطور سویی)(روستای اردها)	30.6	10.3	357	0.26	76193	4.1	355	0.39	51884	53005	14753	73.56	20650	96	1.07	6.1	93
R030	چلد باخان	32.8	10.7	223	0.28	90326	2.4	835	0.39	40192	37377	12908		21895	<50	1.06	10.9	197
R031	ابگرم شکرده	38.2	10.4	177	0.32	90995	2.5	804	0.39	70427	36785	13010	96.1	21527	390	13.9	10	157
R032	یلین سو	19.9	6.11	185	0.21	50169	3.4	335	0.39	166861	28271	10111	87.22	13275	959	1.06	7.5	81
R033	ابگرم دره دیز۱-منطقه چلغا	28.8	6.17	1804	0.27	15132	3.1	182	0.38	210304	8103	9773	82.43	1671	369	1	6.9	39
R034	ابگرم دره دیز۲-منطقه چلغا	29	6.16	1810	0.29	7588	2.8	49	0.39	174539	7622	23831	102.09	729	546	0.99	5.4	14
R035	ایستی سو لیقوان۲(سمت راست رودخانه)	31	6.32	6030	0.23	89016	3.7	2524	0.39	18480	17506	24547	90.82	15110	1634	1.07	16.2	153
R036	قطور سویی-(۵۰ متری شرق گوگردق)	34.9	5.58	2980	0.33	69203	3.1	981	0.39	78619	21847	13184	85.07	7540	756	1.09	14	127
R042	منشگه-چاراویماق(قره اغاچ)	52.8	6.14	1640	0.26	12586	241.8	256	0.38	263698	4763	12297	54.61	1645	2965	0.95	7.1	23
A052	استی سو ۱-قره اغاچ	52	6.5	2180	0.24	91684	3.5	309	0.38	14791	7114	2413		707	8131	1.07	8.1	123

جدول (۳-۱۳) آنالیز عناصر در نمونه های آب برخی از چشمه های استان

Sample	Springs	T°c	pH	Ag (ppb)	Al (ppb)	As (ppb)	Bi (ppb)	Ca (ppm)	Fe (ppb)	Hg (ppb)	Mg (ppm)	Na (ppm)	S (ppm)	Sb (ppb)	Si (ppb)	Zr (ppb)
W5	رودخانه بالادست امام قلی	9.2	7.52	<0.05	5	4.5	0.55	14.97	<10	0.2	2.05	6.84	12	4.85	5917	<0.02
W33	رودخانه نزدیک ایستی سو شالقون	11.9	7.77	<0.05	11	3.2	0.35	3.3	11	0.4	0.32	35.12	11	3.28	11580	<0.02
W19	قره سو (کنار ساری سو)-عجیشیر	14	6.47	<0.05	1	32	0.27	138.2	<10	<0.1	29.24	28.55	22	3.97	12560	0.07
W18	ساری سو (گنبد)-عجیشیر	14.2	6.35	<0.05	2	64.1	0.42	133.3	<10	<0.1	27.06	33.74	21	5.53	17477	0.05
W2	آب سرد معدنی بستان آباد	14.5	6.7	<0.05	49	36.4	3.43	373.2	<10	1.4	128.45	850.57	210	22.12	149870	0.28
W24	شورسو(چای باغی-مراغه)	16.4	5.9	<0.05	25.2	52.36	0.868	379.4	<10	0.56	108.56	97.02	42	8.792	70739.2	0.196
W10	شورسو غله زار(آب سرد)	16.7	6.7	<0.05	42	1007	5.04	310.8	<10	<0.1	140	489.3	238	29.54	143997	<0.02
W16	شوراسو(کلوانق)۴	16.7	6.72	<0.05	49	963.9	2.03	537	3682	2.1	123.9	323.82	175	22.82	149072	0.28
W13	شوراسو(کلوانق)۱	18.7	6.43	<0.05	63	1113	2.94	526.1	4753	1.4	129.43	327.53	189	24.01	152978	<0.02
W25	۵۰متر پایین تراز شورسو چای باغی	19.5	6.08	<0.05	16.8	12.04	1.064	500.6	137.2	1.12	116.87	81.032	50.4	9.912	58567.6	0.14
W40	جرچن، رودخانه حاجیلار	19.9	6.11	<0.05	1	1.2	0.62	399.1	<10	14	46.8	70.06	80	4.93	16772	<0.02
W11	تاب تاپان(روستای نادین لو)	22.4	6.3	<0.05	35	550.2	0.49	596.3	4886	<0.1	126.35	239.33	126	18.06	159474	<0.02
W23	ساحل چپ آکوز بوغازی(داخل رود)	25.3	6.3	<0.05	14	27.44	1.904	324.9	<10	1.68	150.19	136.276	81.2	11.06	68062.4	0.084
W17	شورسو (گنبد)-عجیشیر	25.7	6.13	<0.05	11.2	20.72	1.148	497.2	<10	0.56	52.75	69.412	53.2	9.94	57755.6	0.168
W9	شورسو غله زار	25.9	6.57	<0.05	56	1212	2.31	468.9	13853	3.5	138.11	483.28	224	22.4	149842	<0.02
W4	اسفیروشان-امام قلی	26.7	9.3	<0.05	13	19.5	0.6	13.02	<10	0.2	1.42	75.6	40	4.37	16263	<0.02
W20	آکوز بوغازی	27.5	6.6	<0.05	11.2	21.56	1.652	257	<10	5.32	128.86	122.528	86.8	11.06	62605.2	<0.02
W43	ایستی سو ليقوان (سمت چپ رودخانه)	28.5	7.06	<0.05	35	1996	2.45	286.3	896	2.8	76.86	1567.16	392	26.32	201789	2.17
W41	آبگرم دره دیز ۱-منطقه چلقا	28.8	6.17	<0.05	11.2	1.4	1.008	298.8	<10	1.4	65.912	111.132	84	7.588	53197.2	0.084
W37	میر معصوم(قطور سوئی)(روستای اردها)	30.6	10.3	<0.05	30	9.8	0.56	2.71	15	0.4	<0.05	76.52	30	5.94	16881	<0.02
W44	ایستی سو ليقوان ۲(سمت راست رودخانه)	31	6.32	<0.05	35	505.4	2.94	230.8	<10	2.1	56.21	1270.71	336	23.8	195216	2.52
W32	ایستی سو شالقون	32.8	10.36	<0.05	59	6.6	0.49	2.8	16	0.5	0.29	33.54	13	2.99	16661	<0.02
W35	کنار آبگرم بیوک سو اردها	32.8	10.25	<0.05	35	8.8	0.61	4.14	22	0.4	0.16	68.31	26	3.16	18470	<0.02
W38	جلد باخان	32.8	10.65	<0.05	76	3.1	0.43	1.48	<10	0.4	<0.05	50.5	17	6.68	19682	<0.02
W34	آبگرم بزرگ(بیوک سو)اردها	34.8	10.3	<0.05	40	9	0.46	2.88	11	0.2	0.07	69.01	26	5.17	18493	<0.02
W47	قطورسوئی-(۵۰۰متری شرق گوگردق)	34.9	5.58	<0.05	210	105	24.15	3153	<10	17.5	283.85	5008.5	735	705.3	845425	<0.02
W3	اسفیروشان-اسفیروشان	36	9.59	<0.05	25	33	0.76	10.26	11	0.3	0.53	128.07	71	2.93	25352	<0.02
W39	آبگرم شکردره	38.2	10.37	<0.05	51	2	0.74	1.7	10	6.1	<0.05	39.2	16	6.65	19353	<0.02
W1	آبگرم معدنی بستان آباد	40.1	6.12	<0.05	49	445.2	3.78	339.2	<10	1.4	109.41	927.01	210	26.74	144354	<0.02
W6	الله حق	40.4	9.81	<0.05	94	21.4	0.27	10.14	<10	0.2	<0.05	88.84	63	9.05	14786	<0.02
W28	یل سوئی-قلعه کندی(کلیبر)	44.4	10.2	<0.05	34	0.6	0.29	2.79	<10	<0.1	<0.05	174.51	77	3.65	26177	0.05
W49	استی سو ۲-قره آغاچ	44.5	6.43	<0.05	16.8	342.2	1.148	527.1	5502	1.12	70.308	52.78	330.4	9.296	64694	0.14
W50	استی سو ۳-قره آغاچ	46.2	6.42	<0.05	11.2	129.1	1.204	506.3	1778	1.12	74.144	50.288	268.8	10.86	66928.4	0.112
W48	استی سو ۱-قره آغاچ	52.1	6.48	<0.05	16.8	341.3	1.148	531.9	5566	1.12	74.508	53.984	310.8	9.8	65931.6	0.14
W54	منشگه-چاراویماق(قره آغاچ)	52.8	6.14	<0.05	19.6	2088	1.54	367.6	<10	0.56	51.156	28.084	98	10.47	69857.2	0.196
W30	آبیش احمد(متعلق-کلیبر)	53.5	10.38	<0.05	47	1	1.05	0.87	11	1	0.06	175.79	124	3.36	37277	0.05

در بررسی آنالیز یون‌های چشمه‌های آبگرم مناطق ژئوترمالی غلظت های بالایی از Na^+, Cl^-, SiO_2 و غلظت‌های پایینی از $Ca^{2+}, K^+, HCO_3^-, SO_4^{2-}$ وجود دارد (Skinner, 1976; Nakahava, 1973; Zobel & Weissverg, 1973; Webster, 1988; Sanyal, 2005).

مقادیر قابل توجهی از Cl, Na در جدول (۳-۱۴) در رابطه با آنالیز یون‌ها در چشمه‌های منشگه - چاراویماق، آبگرم بستان آباد، شورسو غله زار، تاپ تاپان و شوراسو (کلوانق ۱ و ۴) مشاهده می‌شود.

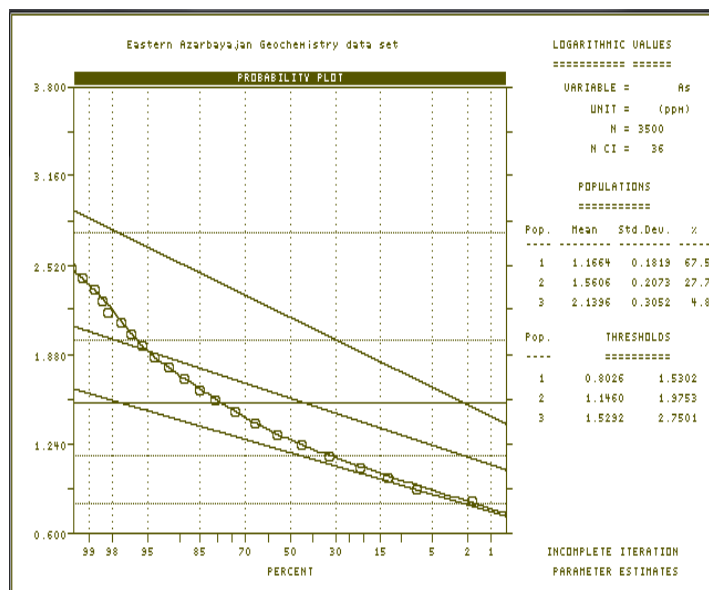
جدول (۳-۱۴) آنالیز یون ها در برخی از چشمه ها ی استان

Sample	Springs	T ^o c	pH	EC	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	CO3
Unit				(Micro S./cm)	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	epm	epm	epm
W5	رودخانه بالادست امام قلی	9.2	7.52	107	14.97	2.05	6.84	1.48	14	0.77	0.55	0
W33	رودخانه نزدیک ایستی سو شالقون	11.9	7.77	202	3.3	0.32	35.12	0.15	15	0.25	1.1	0
W19	قره سو (کنار ساری سو)-عجیشیر	14	6.47	643	138.2	29.24	28.55	2.38	42	1.38	7.97	0
W18	ساری سو (گنبد)-عجیشیر	14.2	6.35	786	133.28	27.06	33.74	4.93	41	1.35	7.14	0
W2	آب سرد معدنی بستان آباد	14.5	6.7	5400	373.17	128.5	850.57	58.45	1967	11.24	7.5	0
W24	شورسو(چای باغی-مراغه)	16.4	5.9	2087	379.4	108.6	97.02	10.97	100.8	2.5	22.6	0
W10	شورسو غله زار(آب سرد)	16.7	6.7	4040	310.8	140	489.3	80.64	602	12.2	14.8	0
W16	شوراسو(کلوانق)۴	16.7	6.72	4290	536.97	123.9	323.82	53.83	294	10.9	27.5	0
W13	شوراسو(کلوانق)۱	18.7	6.43	4470	526.12	129.4	327.53	55.16	301	12	28.8	0
W25	۵۰متر پایین تراز شورسو چای باغی	19.5	6.08	2660	500.64	116.9	81.03	11.9	67.2	3.2	28.5	0
W40	یلین سو	19.9	6.11	185	399.05	46.8	70.06	2.62	53	4.86	19.4	0
W11	تاپ تاپان(روستای نادین لو)	22.4	6.3	4060	596.26	126.4	239.33	37.52	336	8.05	26.4	0
W23	ساحل چپ آکوز بوغازی(داخل رود)	25.3	6.3	3030	324.91	150.2	136.27	24.8	173.6	5.2	17.42	0
W17	شورسو (گنبد)-عجیشیر	25.7	6.13	2150	497.17	52.75	69.41	8	95.2	3.35	21.4	0
W9	شورسو غله زار	25.9	6.57	5230	468.86	138.1	483.28	79.73	560	13.9	24.6	0
W4	اسفروشان-امام قلی	26.7	9.3	395	13.02	1.42	75.6	1.43	37	2.12	0.65	0.2
W20	آکوز بوغازی	27.5	6.6	2830	257.01	128.9	122.52	21.08	156.8	5.42	16.5	0
W43	ایستی سو لیقوان (۱)سمت چپ رودخانه)	28.5	7.06	7110	286.3	76.86	1567.2	80.01	1400	24.2	20.2	0
W41	آبگرم دره دیر ۱-منطقه جلفا	28.8	6.17	1804	298.82	65.91	111.13	8.12	109.2	4.92	16.5	0
W37	میر معصوم(قطور سوئی)(روستای اردها)	30.6	10.3	357	2.71	<0.05	76.52	0.28	53	1.14	0.6	0.2
W44	یستی سو لیقوان ۲(سمت راست رودخانه)	31	6.32	6030	230.79	56.21	1270.7	64.12	1134	20.25	17	0
W32	ایستی سو شالقون	32.8	10.4	160	2.8	0.29	33.54	0.18	18	0.25	0.7	0.2
W35	کنار آبگرم بیوک سو اردها	32.8	10.3	329	4.14	0.16	68.31	0.33	46	0.52	1.8	0.3
W38	جلد باخان	32.8	10.7	223	1.48	<0.05	50.5	0.23	17	0.92	0.7	0.8
W34	آبگرم بزرگ بیوک سو(اردها)	34.8	10.3	285	2.88	0.07	69.01	0.32	44	1.42	0.6	0.5
W47	قطور سوئی (۵۰۰متری شرق گوگردی)	34.9	5.58	29800	3152.8	283.9	5008.5	178.5	16275	22.8	3.4	0
W3	اسفروشان-اسفروشان	36	9.59	601	10.26	0.53	128.07	1.77	65	3.55	0.7	0.25
W39	آبگرم شکر دره	38.2	10.4	177	1.7	<0.05	39.2	0.16	18	0.65	0.8	0.1
W1	آبگرم معدنی بستان آباد	40.1	6.12	5750	339.22	109.4	927.01	64.89	2387	8.9	0.6	0
W6	الله حق	40.4	9.81	454	10.14	<0.05	88.84	0.82	27	3.23	0.5	0.25
W28	یل سوئی-قلعه کندی(کلپیر)	44.4	10.2	830	2.79	70.3	52.78	22.54	61.6	4.25	0.8	0.5
W49	استی سو ۲-قره آغاچ	44.5	6.43	2150	527.1	<0.05	174.51	0.77	77	18.12	15.8	0
W50	استی سو ۳-قره آغاچ	46.2	6.42	2110	506.32	74.14	50.28	23.63	56	16.82	14.3	0
W48	استی سو ۱-قره آغاچ	52.1	6.48	2180	531.89	74.5	53.98	23.46	64.4	18.62	16.6	0
W54	منشگه-چاراویماق(قره آغاچ)	52.8	6.14	1640	367.58	51.15	28.08	14.78	72.8	6.04	12.3	0
W30	آبیش احمد(متعلق-کلپیر)	53.5	10.4	780	0.87	0.06	175.79	0.99	107	3.35	1.6	0.4

عناصر مهمی که تغییر غلظت آنها که نشان دهنده‌ی رخداد غیر طبیعی در منطقه است و توزیع غلظت این عناصر با اطلاعات برداشت های صحرایی نمونه‌های خاک و سنگ مطابقت دارد عبارت از As, S, Sb. از این عناصر در ادامه برای بررسی مناطق با پتانسیل ژئوترمالی استفاده می شود. در ادامه با در نظر گرفتن این نکته که فرآیندهای مختلفی در منطقه ممکن است میزان غلظت‌ها را تحت تأثیر قرار گرفته داده باشد لذا می‌بایستی حدودی از غلظت‌های هر عنصر مد نظر قرار داده شود که با اهمیت و قابل توجه می‌باشد لذا مدل سازی داده‌های لیتوژئوشیمیایی عناصر مهمی مانند As, S, Sb صورت گرفته شده است.

۳-۵- مدل سازی عناصر مهم

در نمودار احتمال مدل سازی شده As در (شکل ۳-۲۳) نمایش داده شده است. در این مدل هر کدام از دوایر توخالی معرف یک گروهی از داده‌ها است که غلظت و فراوانی آنها مشخص می‌باشد. منحنی انطباق داده شده بر دوایر معرف مدل برازش شده، و هر کدام از روندها معرف یک زیر جامعه یا یک دسته داده‌های این عنصر می‌باشد. شیب هر خط (که معرف یک زیر جامعه است) نشان دهنده‌ی انحراف معیار داده‌ها و فراوانی ۵۰٪ آن نشان دهنده‌ی میانگین است.



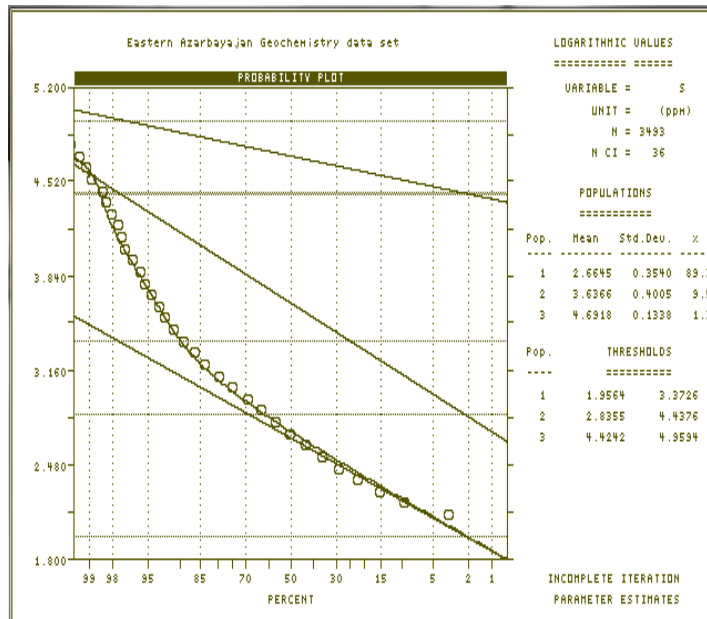
شکل (۳-۲۳) مدل سازی داده های نمودار احتمال As

با توجه به (شکل ۳-۲۳) سه زیر جامعه برای As مشخص می‌شود که در جدول (۳-۱۵) اطلاعات مربوط به حدود آستانه و تعداد زیر جوامع داده‌ها بعد از مدل سازی آورده شده است. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود عنصر As دارای سه زیر جامعه می‌باشد و برای هر یک از جوامع حدود آستانه، میانگین و سهم آن از کل داده‌ها تعیین شده است (بعنوان مثال جامعه یک میانگین ۱۵/۰۷ و حدود آستانه‌های ۶/۳۹ تا ۳۵/۵۵ را دارا می‌باشد که در مجموع ۷۲/۳٪ از کل داده‌ها را پوشش می‌دهد). همچنین با مقایسه میان مقدار زمینه As در خاک و سنگ بازالت با حدود آستانه‌ای مشخص شده در جامعه های ۱ و ۲ می‌توان یک حد آستانه‌ای قابل قبول برای بررسی مناطق با آنومالی بالا برای As در نظر گرفت.

جدول (۳-۱۵) حدود آستانه و زیر جوامع داده های As
بعد از مدل سازی

Pop	میانگین (ppm)	سهم هر تک مدی از کل داده ها (%)	Thresholds As (ppm)	مقدار زمینه As (ppm)
1	15.07	72.3	6.39-35.55	(Soil) As \approx 2
2	40	22.96	16.82-95.13	
3	137.75	4.73	35.05-541.44	(Basalt)As \approx 2

(شکل ۳-۲۲) نمودار مدل سازی شده برای S می‌باشد و جدول (۳-۱۶) مربوط به حدود آستانه و زیر جوامع داده‌های S است. در مقایسه بین مقدار S در خاک و سنگ بازالت با حدود آستانه مقداری برای S وجود ندارد. همان‌طور که در جدول (۳-۱۶) مشخص می‌شود سه زیر جامعه برای S تعیین شده است که جامعه اول با میانگین ۴۶۱/۸۷ مقدار ۸۹/۲۷٪ از کل داده‌ها را و جامعه دوم با میانگین ۴۳۳۰/۶ مقدار ۹/۴۸٪ و سومین جامعه با میانگین ۴۹۱۸۳ مقدار ۱/۲۵٪ از کل داده‌ها را پوشش می‌دهند.

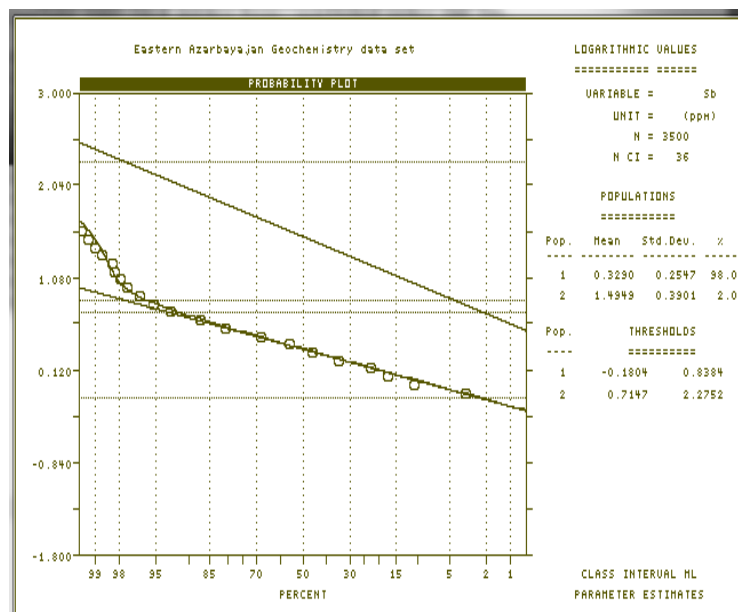


شکل (۳-۲۴) مدل سازی داده های نمودار احتمال S

جدول (۳-۱۶) حدود آستانه و زیر جوامع داده های S
بعد از مدل سازی

Pop	میانگین (ppm)	سهم هر تک مدی از کل داده ها (%)	Thresholds S (ppm)	مقدار زمینه S (ppm)
1	461.87	89.27	90.46-2358.31	(Soil) S_≈ دارای پایین ترین مقدار
2	4330.6	9.48	684.71-7390.5	
3	49183	1.25	26557.9- 291081.29	(Basalt) S_≈ دارای پایین ترین مقدار

در ادامه نمودار مدل سازی شده Sb (شکل ۳-۲۳) آورده شده است. و جدول (۳-۱۷) مربوط به حدود آستانه و زیر جوامع داده های Sb بعد از مدلسازی می باشد. با توجه به اطلاعات موجود در (جدول ۳-۱۷) مشخص می شود که Sb دارای دو زیر جامعه است.



شکل (۳-۲۵) مدل سازی داده های نمودار احتمال Sb

جدول (۳-۱۷) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Sb

بعد از مدل سازی

Pop	میانگین (ppm)	سهم هر تک مدی از کل داده ها (%)	Thresholds Sb (ppm)	مقدار زمینه Sb (ppm)
1	2.13	98	0.66-6.89	(Soil) Sb ≈ 5
2	31.26	2	5.18-188.45	(Basalt) Sb ≈ 0.2

نمودارهای مدل سازی داده های عناصر Ag, Cd, Cs, Hg, Na, Pb, Te در پیوست از (شکل های پ -

۱-۶۰) تا (پ-۱-۶۶) و همچنین جداول مربوط به این عناصر نیز در پیوست از جدول (پ-۱-۳) تا

(پ-۱-۹) آورده شده است.

فصل چہارم

بحث و نتیجہ گیری

۴-۱- مقدمه

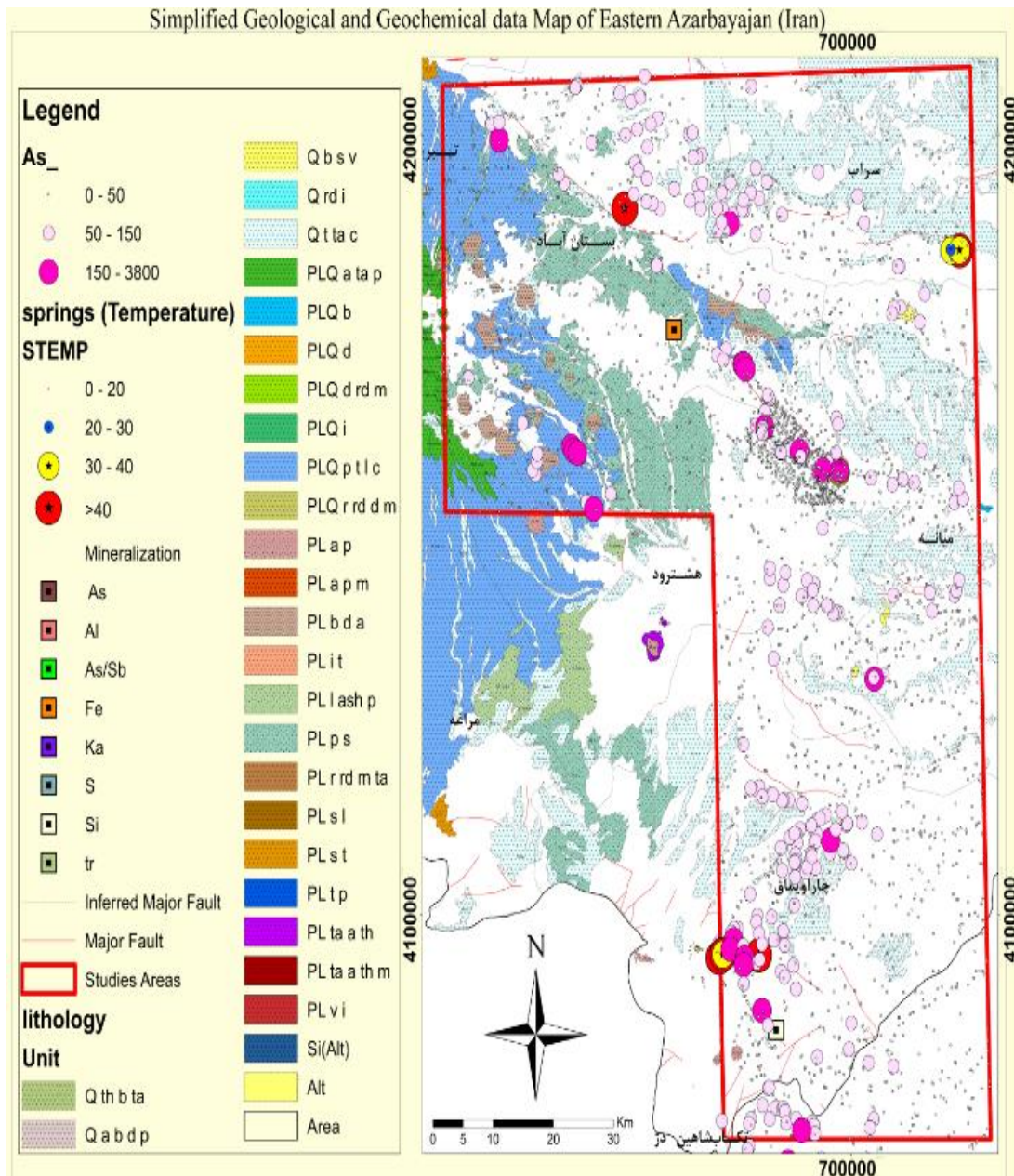
بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل ها و تعیین شدن حدود آستانه با در نظر گرفتن مقادیر زمینه به بررسی نحوه توزیع غلظت‌ها در مناطق مورد مطالعه (بستان‌آباد، قره‌چمن، هشت‌رود و تخت‌سلیمان) می‌پردازیم. برای این منظور حدود آستانه‌ای غلظت‌ها بعنوان معیاری برای به کارگیری علائم مختلف مد نظر قرار گرفته شده تا بتوان ارزیابی از پراکندگی غلظت‌های عناصر با اهمیت بدست آورد. در نهایت با توجه به عناصر با اهمیت نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی غلظت عناصر با اهمیت در مناطق مورد مطالعه مشخص گردیده است.

۴-۲- بررسی پراکندگی غلظت‌ها در منطقه و تلفیق نتایج

در بررسی نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر، به اهمیت زمین‌شناسی منطقه (ولکانیک‌های جوان به استناد نقشه پایه تهیه شده در فصل دوم)، مقادیر زمینه و آنومالی غلظت‌ها، حضور چشمه‌های آبگرم، آلتراسیون‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، گسل‌های اصلی و فرعی و معادن فعال مرتبط با ژئوترمال منطقه تهیه شده است. نشانه‌های وجود فعالیت‌های ژئوترمالی در عمق حضور رسوبات اپالی، رسوبات سیلیکاته شده، سینترها، چشمه‌های آبگرم با دمای بالا ($>40^{\circ}\text{C}$) و آلتراسیون‌های از نوع آرژیلیکی، هماتی، سیلیکاتی و مناطق کربناتی می‌باشند.

نقشه پراکندگی غلظت As و زمین‌شناسی منطقه در شکل (۴-۱) بررسی شده است. غلظت‌های بالای As در اطراف چشمه‌های آبگرم منطقه چاراویماق (چشمه‌ی استی‌سو ۱- قره‌آغاج با دمای $52/1^{\circ}\text{C}$ و منشگه- چاراویماق با دمای $52/8^{\circ}\text{C}$) مشاهده می‌شود در این منطقه علاوه بر معدن سیلیس، آلتراسیون‌هایی نیز به چشم می‌خورد. حد واسط بین سراب و میانه (محدودی بین مجموعه‌های آتشفشانی سهند و سبلان) غلظت‌های بالا و متوسطی از As در اطراف چشمه آبگرم گوگردق با دمای $34/4^{\circ}\text{C}$ آلتراسیون‌های Si و معادن آهن به چشم می‌خورد. لذا با توجه به نحوه پراکندگی غلظت

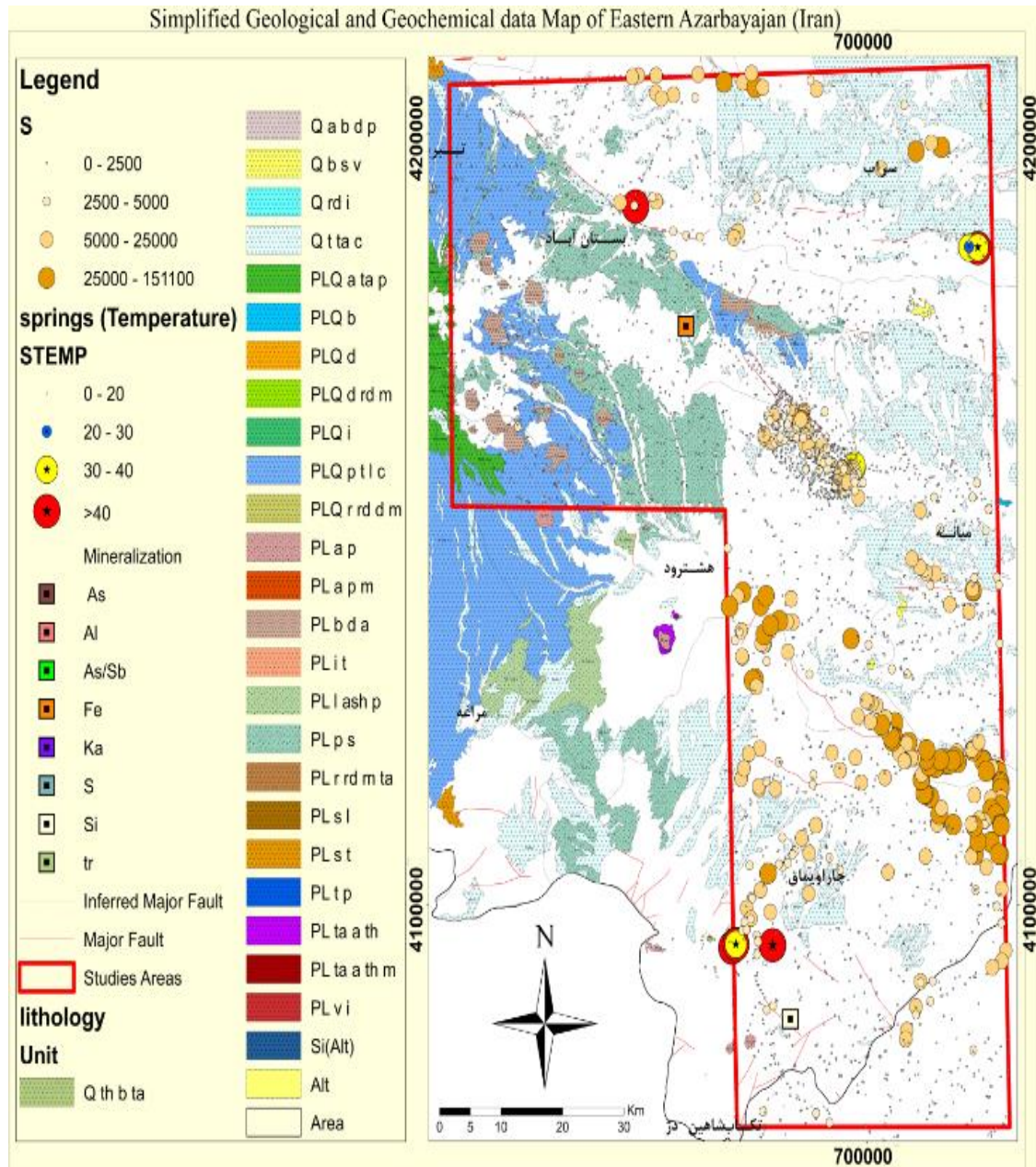
As و مرتبط بودن آنها با نشانگرهای طبیعی ژئوترمالی، As عنصر بااهمیتی در اکتشاف این ذخایر محسوب می شود.



شکل (۱-۴) نقشه پراکندگی غلظت As با زمین‌شناسی منطقه

نقشه پراکندگی غلظت S با زمین‌شناسی منطقه در شکل (۲-۴) آورده شده است. غلظت‌های بالای این عنصر در بخش‌های بالایی چاراویماق مشاهده می‌شود. از مناطق دیگری که غلظت‌های بالای S قابل تشخیص است محدوده‌ی هشتروود و محدوده‌ی بین دو منطقه‌ی سراب و میانه می‌باشد. در آب‌های سطحی ژئوترمالی که در ارتباط با سنگ‌های بازالت و ریولیت می‌باشند غلظت‌های بالایی از

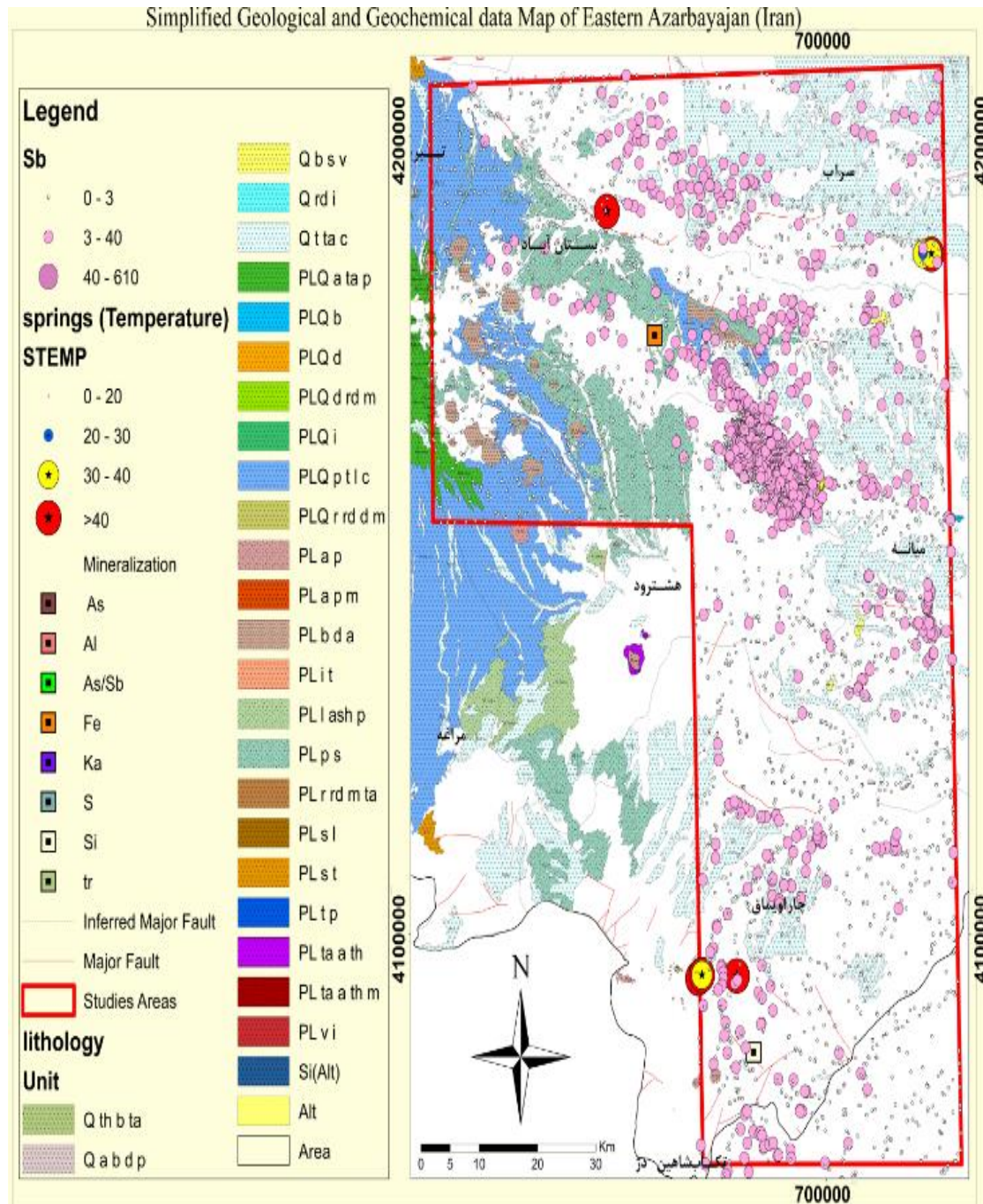
سولفورها (SO_4^{-2} , H_2S) با عناصری مانند Cr, Zn, Ni, As, Al, Fe, Mn دیده می‌شوند (Markusson et al, 2007).



شکل (۲-۴) نقشه پراکندگی غلظت S همراه با زمین‌شناسی منطقه

نقشه پراکندگی غلظت Sb و زمین‌شناسی منطقه در شکل (۳-۴) آورده شده است. غلظت‌های قابل توجه این عنصر در منطقه چاراویماق، حد واسط بین دو منطقه‌ی سراب و میانه و منطقه‌ی ما بین سراب و بستان‌آباد می‌باشد در منطقه بین سراب و بستان‌آباد علاوه بر حضور ولکانیک‌های جوان و

گسل‌های اصلی فراوان، وجود چشمه‌ی آبگرم بستان‌آباد با دمای $40/1^{\circ}\text{C}$ از ویژگی‌های مهم محدوده محسوب می‌شود.



شکل (۳-۴) نقشه غلظت Sb همراه با زمین‌شناسی منطقه

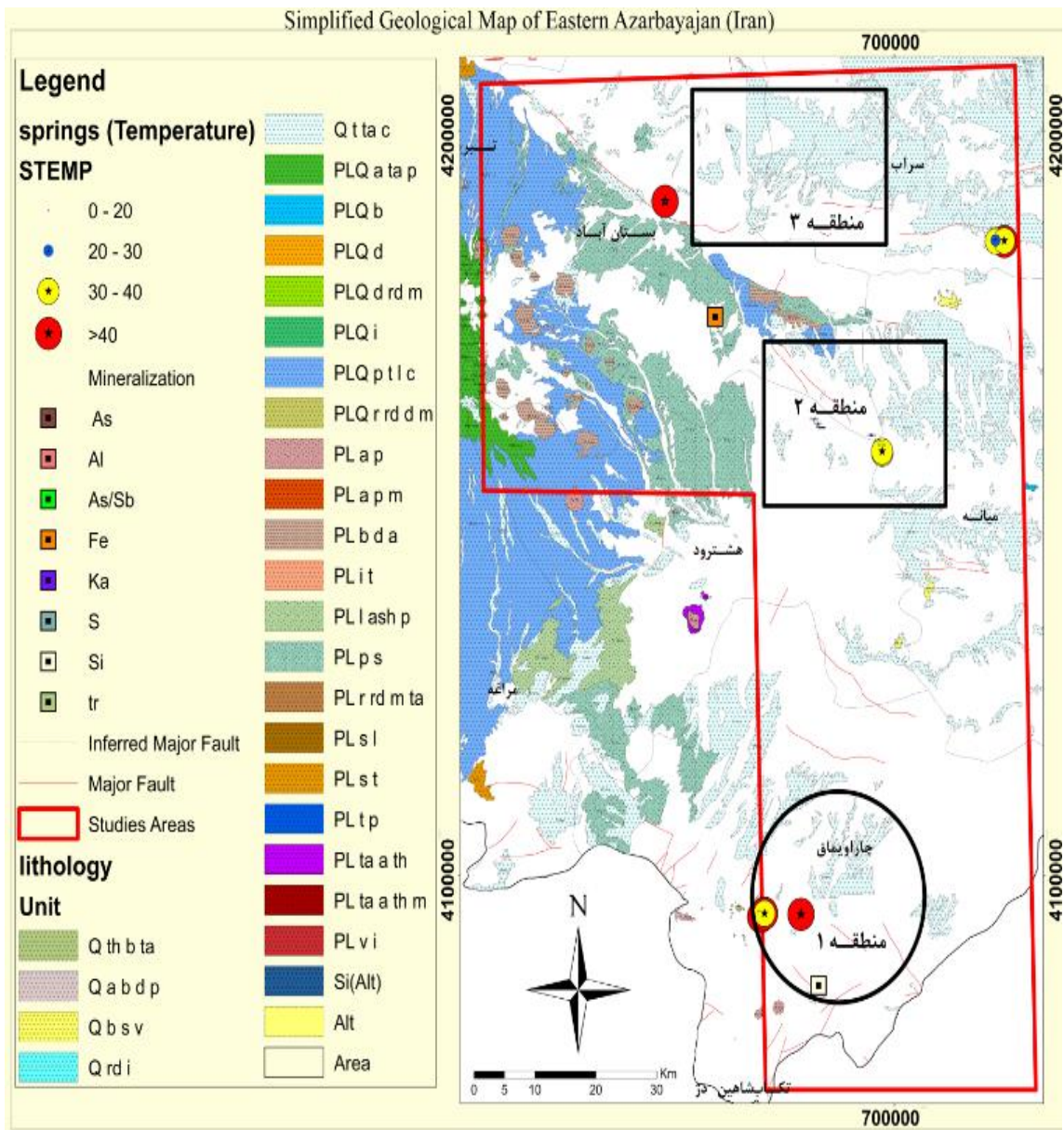
نقشه ژئوشیمیایی و زمین‌شناسی عناصری مانند Ag, Bi, Cd, Cs, Hg, Na, Pb, Te در پیوست ۲ (شکل پ-۲-۱) تا (شکل پ-۲-۸) آورده شده است.

۴-۳- تعیین مناطقی با احتمال ژئوترمالی

با توجه به نحوه‌ی پراکندگی غلظت عناصر بااهمیتی مانند As, S, Sb امکان انتخاب برخی از مناطق با پتانسیل ژئوترمالی وجود دارد. بر اساس این احتمال منطقه چاراویماق (منطقه ۱) بعنوان منطقه دارای شواهد متعدد ژئوترمالی از اولویت بالایی از لحاظ وجود منابع ژئوترمالی مطرح می‌شود که غلظت‌های بالایی از As, Sb در این منطقه یافت می‌شود. As به همراه عناصری مانند Sb, Hg, Ti معمولاً در رسوبات چشمه‌های آبگرم فراوان دیده می‌شوند (Parker and Nicholson, 1990) بعلاوه وجود معدن سیلیس و همچنین وجود کانی‌های رسی بدلیل دگرسانی‌های موجود در منطقه و آلتراسیون‌ها از ویژگی‌های مهم منطقه می‌باشند. حضور کانی‌های هیدروترمالی مانند کائولینیت، کلسید، اپال و غلظت‌های بالای SiO_2 در منطقه‌ی ژئوترمالی Rehai&Ruidian در چین نشان‌دهنده‌ی وجود چشمه‌های آلكالی در منطقه است (Zhang et al, 2008).

محدوده‌ی دیگری که از لحاظ ژئوترمالی با اهمیت بنظر می‌رسد منطقه‌ی ۲ ما بین سراب و میانه (بین قله‌های آتشفشانی سه‌ند و سبلان) که غلظت‌های بالایی از S, Sb و بطور پراکنده As در این منطقه مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های مهم این منطقه وجود سینترهای سیلیکاتی است. غلظت‌های بالایی از As, Sb در سینترهای اطراف چشمه‌های آبگرم Rehai واقع در چین یافت می‌شود هر چند کانی‌های As, Sb در سینترها قابل تشخیص نمی‌باشد (Zhang et al, 2008).

آخرین منطقه‌ای که قابل اهمیت می‌باشد منطقه‌ی ۳ محدوده‌ی بین سراب و بخشی از بستان‌آباد می‌باشد که غلظت‌های بالای As, Sb در این منطقه قابل تشخیص می‌باشد. نقشه‌ی محدوده‌های امید بخش ژئوترمالی استان آذربایجان شرقی در شکل (۴-۴) نشان داده شده است.



شکل (۴-۴) نقشه تعیین مناطق امید بخش ژئوترمالی در محدوده‌ی مورد مطالعه

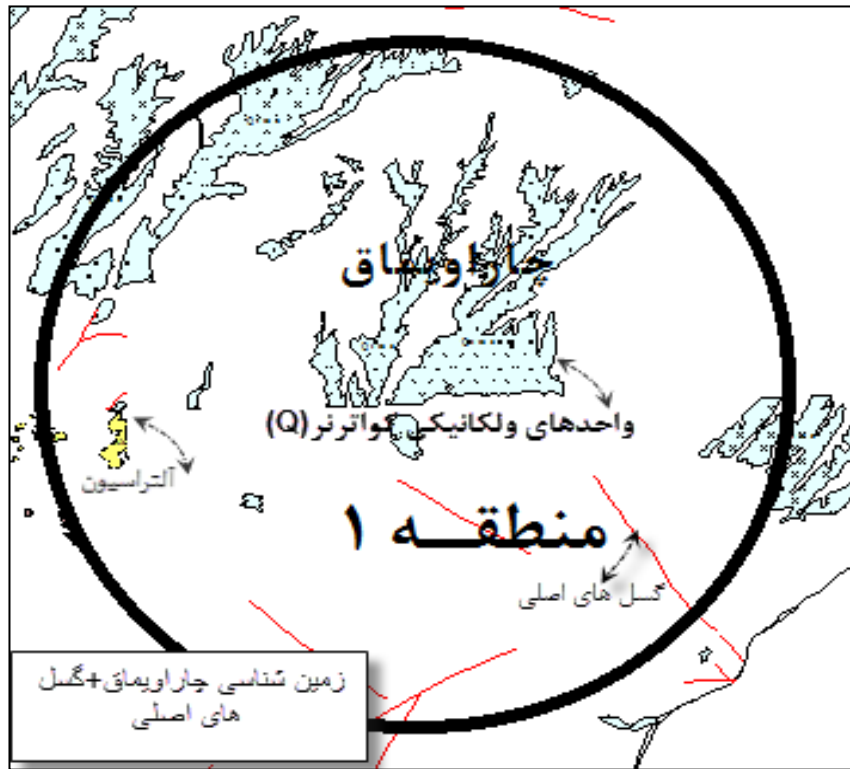
براساس مطالعات خود پذیری مغناطیسی (داده‌ها مربوط به برداشت‌های هوایی، که مربوط به سازمان انرژی نو می‌باشد) صورت گرفته در کل استان، مناطق امید بخش مشخص شده دارای حداقل مقدار مغناطیس پذیری بوده‌اند. مناطقی که مرتبط با ذخایر ژئوترمالی می‌باشند پایین‌ترین مقدار خودپذیری را دارند، که در اثر حرارت توده‌های ماگمایی و دگرسانی‌های ژئوشیمیایی (بدلیل حضور چشمه‌های آبگرم) می‌باشد (نورعلی‌ئی و محمد زاده مقدم، ۱۳۹۱).

۴-۴- نتیجه‌گیری

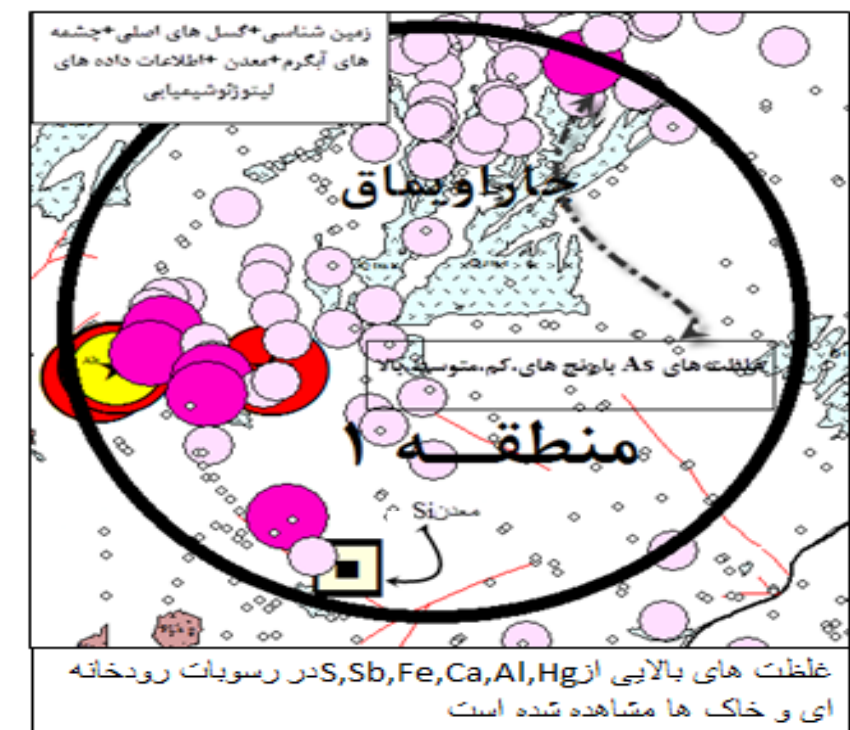
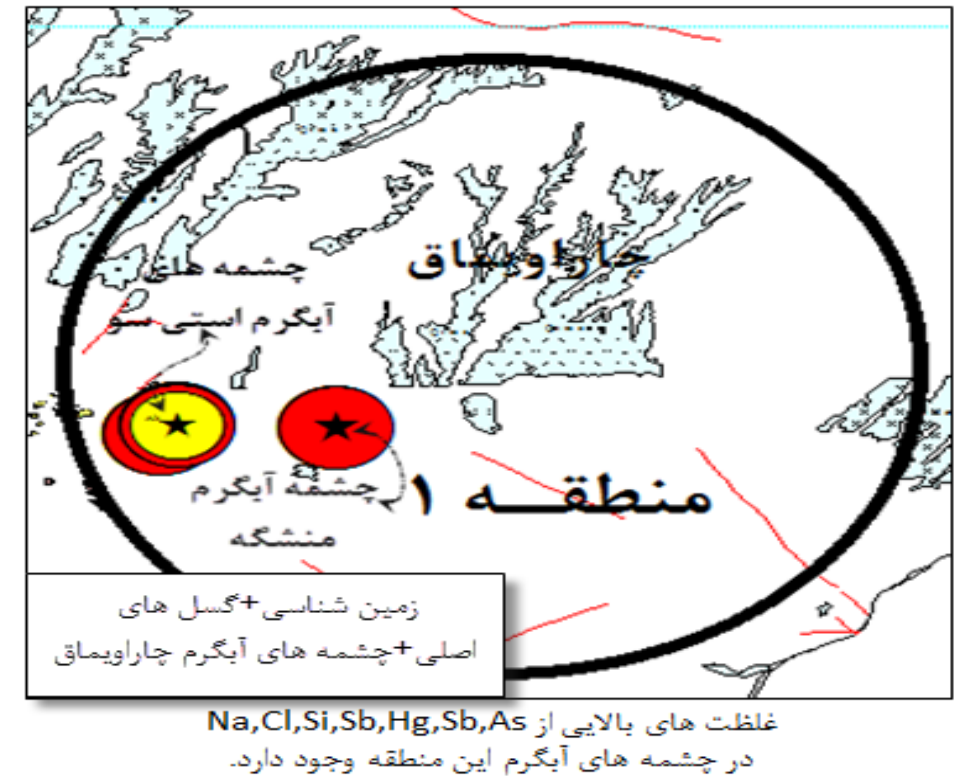
در این بخش بمنظور نتیجه‌گیری از کلیه‌ی یافته‌های بدست آمده مدلی برای اولین منطقه‌ی امید بخش در نظر گرفته می‌شود که در این مدل تلفیقی از اطلاعات زمین‌شناسی، هیدروژئوشیمیایی، لیتوژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی صورت گرفته است شکل (۴-۵) مدلی از منطقه‌ی ۱ می‌باشد. در مرحله اول لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی همراه با گسل‌های اصلی آورده شده است. مرحله‌ی دوم علاوه بر اطلاعات پیشین، چشمه‌های آبگرم منطقه (منشگه با دمای $52/8^{\circ}\text{C}$ و استی‌سو با دمای $52/1^{\circ}\text{C}$) اضافه شده است. در مرحله سوم اطلاعات مربوط به معادن مرتبط با فعالیت‌های ژئوترمالی مانند سیلیس آورده شده است. در نهایت، مرحله چهارم اطلاعات خودپذیری مغناطیسی محدوده‌ی چاراویماق نشان داده شده است.

۴-۵- پیشنهادات

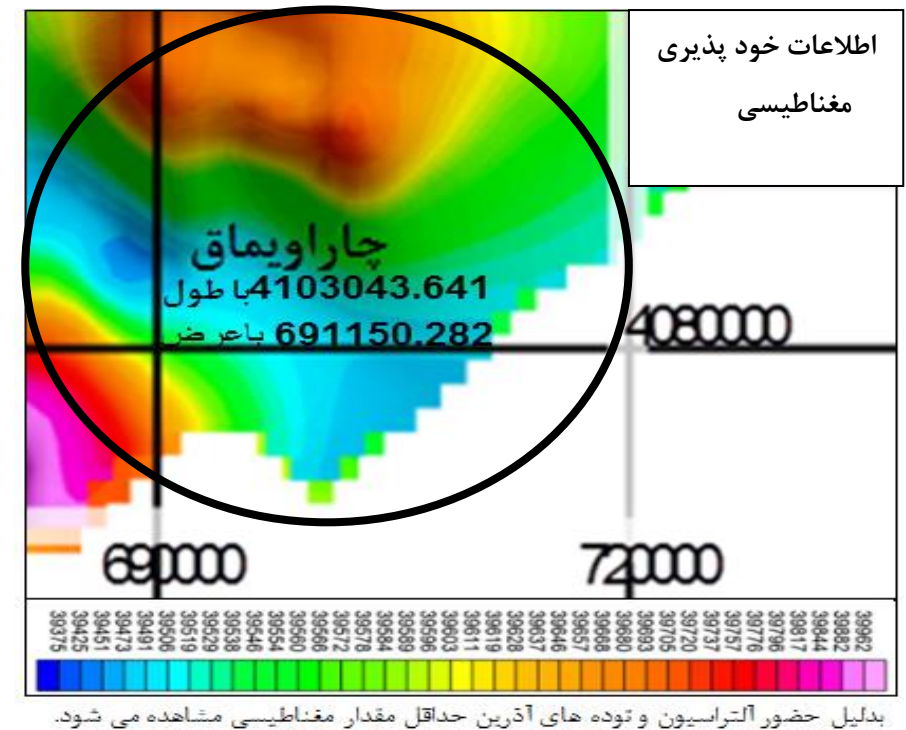
در محدوده‌ی مورد مطالعه و به خصوص در منطقه چاراویماق (اولویت ۱) می‌توان مطالعات ژئوفیزیکی در زمینه‌ی EM انجام داد. در این مطالعات می‌توان تقریبی از عمق و مکان مخزن بدست آورد.



افزافه شدن اطلاعات هیدروژئوشیمیایی



اطلاعات مغناطیسی منطقه چار اویماق



مراحل اضافه شدن لایه های اطلاعات اکتشافی (۱- زمین شناسی ۲- چشمه های آبگرم ۳- معدن مرتبط ۴- مغناطیس)

منابع

۱. آقائباتی س. ع. (۱۳۸۳)، **زمین شناسی ایران**، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، تهران، چاپ اول، ص ۷۰۷
۲. اخوان فرشی م و احمدی ا. (۱۳۹۲)، "پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران به عنوان راهکاری برای مقابله با گرمایش جهانی"، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، ص ۲۴-۳۸.
۳. باسپور م، عقابی ف. و زائری م ب. (۱۳۷۶)، "بررسی و مقایسه اقتصادی و امکان‌سنجی ساخت نیروگاه‌های بادی در ایران"، سمینار کاربرد انرژی‌های نو، تهران، ایران، ص ۲۷-۵۸.
۴. بو مری م. (۱۳۸۴)، "بررسی منابع انرژی زمین‌گرمایی و کانی‌سازی آتشفشان تفتان با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار آب"، **مجله جغرافیا و توسعه**، ص ۲۵-۴۰.
۵. پرخيال س، عسگری ا. و شیرزادی م. (۱۳۸۶)، "آنالیز عددی سیستم ذوب برف زمین‌گرمایی یک پل نمونه"، **فصل نامه علمی پژوهشی شریف**، ش ۴۰، ص ۱۸۷-۱۹۳.
۶. تهرانی خ و درویش‌زاده ع. (۱۳۶۳)، "زمین‌شناسی ایران"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۱۶۵
۷. ثبوتی ی. (۱۳۹۰)، "اقلیم و تغییرات آن در سده‌های بیست و بیست و یکم"، **مجله نشا علم**، ش ۲، ص ۵-۱۵.
۸. ثقفی م. (۱۳۸۲)، "انرژی‌های تجدیدپذیر نوین"، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۲۰
۹. حسنی پاک ع. ا. (۱۳۶۲)، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)"، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، مجتمع دانشگاهی ادبیات و علوم انسانی، ص ۱۰۵-۳۴۲.
۱۰. حسنی پاک ع. ا. شرف‌الدین م. (۱۳۸۰)، "تحلیل داده‌های اکتشافی"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۹۸۲
۱۱. دانشور م. (۱۳۶۴)، "کارایی انرژی ژئوترمال در تولید برق"، **نشریه انرژی**، سال سوم، ش ۹-۱۰، ص ۲۱-۲۸.
۱۲. داودی راد م. ر. (۱۳۶۴)، "ساختمان و خصوصیات زمین‌گرمایی"، **نشریه انرژی**، سال سوم، ش ۵-۶، ص ۳۷-۴۸.
۱۳. درویش‌زاده ع. (۱۳۷۰)، "زمین‌شناسی ایران"، **نشر دانش امروز**، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ش ۹-۱۰، ص ۱۵-۲۰
۱۴. شیخ احمدی ا.، زرگرزاده م و ابراهیمی س. (۱۳۸۳)، "فرصتی برای بهره‌گیری از انرژی‌های نو"، **نشریه دانشگاه آزاد تهران، واحد تهران جنوب**، ش ۸، ص ۲۸.
۱۵. شهرابی م. (۱۳۷۳)، "زمین‌شناسی ایران و دریاها و دریاچه‌های ایران"، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، ص ۷۲۲.
۱۶. صرامی ح و نظری پور ح. (۱۳۶۷)، "انرژی ژئوترمال بعنوان انرژی تجدیدپذیر و جایگزین در سبد انرژی"، **نشریه انجمن اقتصاد انرژی ایران**، ش ۹۰-۹۱، ص ۲۶-۳۳
۱۷. طاهری فرد ع و شهاب م. (۱۳۸۹)، "بررسی جنبه‌های تولید برق زمین‌گرمایی. مطالعه موردی: نیروگاه زمین گرمایی مشکین‌شهر"، **مجله اقتصاد و انرژی**، ش ۱۲۵-۱۲۶، ص ۳۱-۳۹.
۱۸. عاصم‌اصل ر. (۱۳۸۷)، "چشمه‌های آبگرم و معدنی استان آذربایجان شرقی"، **مجله رشد زمین‌شناسی**، دوره‌ی چهاردهم، ش ۹، ص ۲۱-۲۵

۱۹. فتوحی م و نوراللهی ی، (۱۳۸۰)، "اصول و مبانی انرژی زمین‌گرمایی"، چاپ اول، انتشارات معیاد تهران، ص ۱۴۸
۲۰. قرشی ا.ج، (۱۳۷۶)، "تدوین استراتژی توسعه انرژیهای تجدیدپذیر در جمهوری اسلامی ایران"، سمینار کاربرد انرژیهای نو، تهران، ایران.
۲۱. کامیار ح.ر، (۱۳۸۲)، "ژئوترمال"، چاپ اول، انتشارات سهامی خدمات مهندسی برق (مشانیر)، ص ۱۲۸
۲۲. نصیری ج، (۱۳۷۶)، "سیاست وزارت نیرو درباره توسعه کاربرد انرژی باد در ایران"، سمینار کاربرد انرژیهای نو، تهران، ایران.
۲۳. نورعلیئی ج، محمدزاده مقدم م، (۱۳۹۱)، "کاربرد روش مغناطیس سنجی در اکتشاف منابع انرژی زمین‌گرمایی"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۱ گردهمایی علوم زمین، ص ۲۷-۳۵.
۲۴. یزدی م، (۱۳۸۱)، "روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی"، چاپ اول، دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ص ۱۹-۴۶.
۲۵. یوسفی ح، نوراللهی ی و تیکا س، (۱۳۸۲)، "ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه زمین‌گرمایی مشکین شهر (EIA)" چهارمین کنفرانس ملی انرژی، تهران، ایران، ص ۲۱۰-۲۱۹.

26. Anderson T.,(2003), "An Introduction to Multivariate Statistical Analysis", Edition Third, Wiley , New York,721p
27. Barbier E.,(1997), "Nature and Technology of Geothermal Energy: a Review", **J. of. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.1,pp.443-455.
28. Barbier E.,(2002),"Geothermal energy technology and current status: an overview", **J. of. Renewable and Sustainable Energy Reviews**,v.6,pp3-65.
29. Berberian M. and Arshadi S.,(1975),"on the Evidence of the Youngest Activity of the North Tabriz Fault and Seismicity of Tabriz City", **J. of. Geology Survey Iran**,N.39,pp34-70.
30. Bingqiu Zhu., Hui, Yu.,(1995), "The use of geochemical indicator elements in the exploration for hot water sources within geothermal fields" , **J. of .Geochemical Exploration**,v 55,pp 125-136 .
31. Brownlee K. A.,(1960),"Statistical Theory and Methodology in science and Engineering", New York, John Wiley,570p.
32. Christensen O. D., Capuano R. M And Moore J. N.,(1983),"Trace element distributions in an active hydrothermal system , Roosevelt hot springs thermal area , Utah", **J. of .Volcanology and Geothermal Research** ,v.16,pp 99-129.
33. Cloutier V., Rene L., Rene T., Martin M., and Savaral Z.,(2008), "Multivariate Statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydrogeochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system", **J. of. Hydrology** ,v.353,pp 294-313.
34. Coolbaugh M. F., Sladek C., Kratt C., Shevenell L .and James E.,(2006),"Surface Indicators of Geothermal Activity at Salt Wells, Nevada,

- USA Including Warm Ground, Borate Deposits, and Siliceous Alteration”, **J. of. Exploration Geothermal**, v.30, pp399-406.
35. Davis J.C.,(2002), “**Statistical and data Analysis in geology**”, Edition First, united states of America by J.Wiley in New York,638p.
 36. Eftekhari Nezhad J.,(1975),“ Brief Description of Tectonic History and structural Development of Azerbaijan ”,J. of. Geology Survey Iran, N 39,pp5-17.
 37. Ewers G. R, and Keays R. r.,(1997),“Volatile and Precious Metal Zoning in the Broadlands geothermal Field, New Zealand”, **J. of. Economic Geology**, v.72, pp1337-1354.
 38. Fotouhi M. and Noorollahi Y.,(2000),“Updated Geothermal Activities in Iran”, Proceedings World Geothermal ,pp. 183-185, Kyushu-Tohoku Japan.
 39. Franzson H., Zierenberg R. and Schiffman P.,(2008),“Chemical transport in geothermal systems in Iceland Evidence from hydrothermal alteration”,**J.of. Volcanology and Geothermal Research**, v. 173, pp. 217–229.
 40. Fridleifsson B., Bertani R., Huenges E. and Rybach L.,(2003),“the Possible Role and Contribution of Geothermal Energy to the Mitigation of Climate Change”,**J. of .Luebeck,Germany** ,pp.59-80.
 41. Glassley W. E.,(2010),“Geothermal Energy :Renewable Energy and the Environment”,**CRC Press**, pp82-111.
 42. Glover J. and Doney.,(2004),“Draf Modeling data analysis and Numerical Techniques for geochemistry” **J. of Development and Utilization, Wiley-vch , Germany**,pp.87-120.
 43. Hardle W., Leopold S.,(2007), “Principal Components Analysis”,**J.of. Applied Multivariate Statistical Analysis**, part3, p 215-249.
 44. Henneberger R.C.,(1983), MSc Thesis ,“Petrology and Evolution of the Ohakuri Hydrothermal System Taupo Volcanic Zone New Zealand ”,Department of Earth Science , University of Auckland, 141p.
 45. Hinkle M. E., Briggs P. H., Motooka J. M. and Knight R.J.,(1995), “**Analytical Results For Soil Samples And Plots of Results of R-Mode Factor Analysis of Soil And Soil-Gas Data: Dixie Valle Knohh Geothermal Resource Area, Nljkuiumi Dixle Valle, Nevada**”, Department of the Interior Geological Survey,pp 95-485.
 46. Huenges E.,(2009),“Geothermal energy systems, Exploration”,**J.of. Development and Utilization, Wiley-vch , Germany**, pp.43-68.
 47. Jonas D. N. and Gill C.A.,(1998), “Comparing measures of sample skewness and kurtosis”,**J.of. The Royal statistical society (SeriesD)**,v.47,pp183-189.
 48. Johnson R.and Wichern D.,(2007), “**Applied Multivariate Statistical Analaysis**”, Edition 6th. Prentice- Hall,816p.
 49. Kolker A., Cumming W., Stelling P., Prakash A. and Kleinholz C.,(2009), “Akutan Geothermal Project”, J. of, Geothermal Energy,v.23 ,pp125-180.

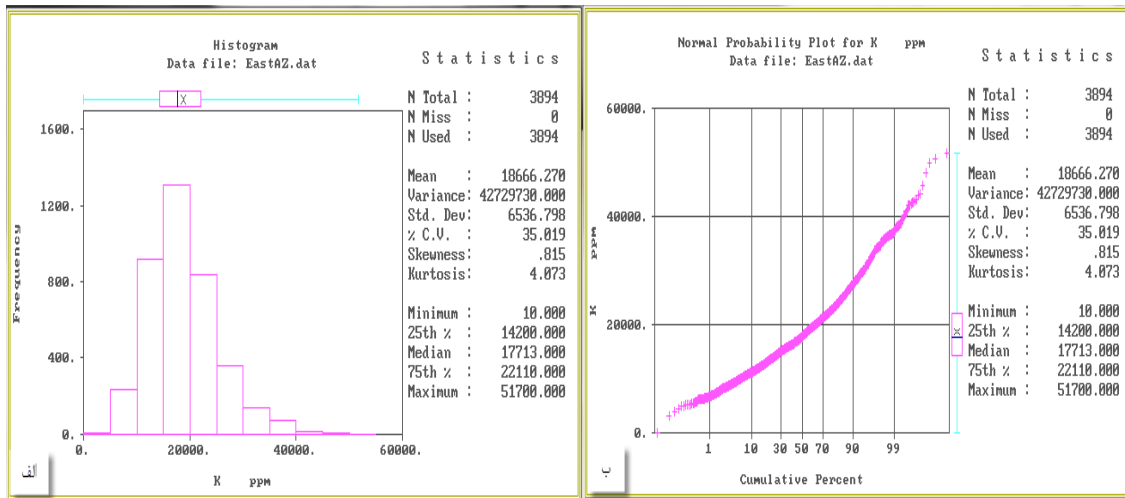
50. Loppi S.,(2001), "Environmental Distribution of Mercury and other Trace Elements in the geothermal Areas of Bagnore (Mt. Amiata, Italy)",**J. of Geomosphere**,v.45, pp 991-995.
51. Levinson A. A.,(1974),"**Characteristics and Origins of Hot Springs in exploration geochemical**",the university of Michigan Department of Geology University of Calgary ,Alberta, Canada,340p
52. Levinson A. A.,(1986), "**Introduction to exploration geochemistry**", Applied publishing Ltd.(second Ed),Illusion , USA.,924p
53. Markusson S. H., Stefansson A. and Gunnarsson I., (2007), "Sulfur speciation and metal transport in surface geothermal waters" , Goldschmidt Conference ,pp124-130.
54. Matlick J. S. and Buseck P. R.,(1997), "Exploration for Geothermal Areas Using Mercury", **J. of Development and Use of Geothermal Resources**,v.7,pp785-792.
55. Nakahava H.,(1978), "Environmental effects of geothermal wastewater on nearby river systems" **J. of Radioanal. Chemical** .,v 45,pp 25-36.
56. Parker R. J. and Nicholson K., (1990), "Arsenic in Geothermal Sinters: Determination And Implications For Mineral Exploration",12th Geothermal Workshop ,pp35-39, New Zealand
57. Ragnarsson A.,(2010),"Geothermal Development in Iceland 2000-2004", Proceedings of the World Geothermal, pp1-17, Antalya.Turkey.
58. Reimann C., Filzmoser P.,(2000),"Normal and Lognormal data distribution in geochemistry :death of a myth. Conequences foe the statistical treatment of geochemistry and environmental data", **J. of. Environmental geology**,v.39, pp1001-1014.
59. Reimann C., Filzmoser P. and Garrett R.G.,(2002),"Factor analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities", **J. of. Applied geochemistry** ,v.17, pp. 185-206.
60. Reyment R. A. and Savazzi E.,(1999),"**Aspects of Multivariate statistical Analysis in geology**", Department of Historical geology and Palaeontology,Institute of Earth sciences .
61. Richard A. J. and Dean W. W.,(2002),"**Applied Multivariate Statistical analysis .Englewood Cliffs**", Edition Second, prentice-Hall,446p.
62. Ross H. P., Nielson D. L. and Moore J. N.,(1989), "Roosevelt Hot Springs Geothermal System, Utah Case Study", **J. of. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**,No. 7,v. 66,pp 879-902 .
63. Rychagov S. N., Davletbayev R.G. and Kovina O.V., (2010), "Hydrothermal Clays on the Surface of Thermal Anomalies as a Control Factor for Temperature and Geochemical Parameters of Geothermal Deposits (South Kamchatka)" , Proceedings World Geothermal , pp 25-29 ,Bali. Indonesia

64. Skinner B.J., (1967), " Sulphides associated with the Salton Sea geothermal brine", **J. of. Economical Geology** ,v. 62,pp 316-330
65. Saffarzadeh A. H. and Noorollahi Y., (2005), "Geothermal activities in Iran, a country update" ,Proceeding of World Geothermal, pp24-29 ,Antalya. Turkey.
66. Sanyal K. S.,(2005),"Geothermal Resource: Characteristics, Development. Assessment and Management", Proceedings of the World Geothermal, pp38-40, Antalya.Turkey.
67. Stefánsson A., and Arnórsson S.,(2005)," The Geochemistry of As, Mo, Sb , and W in Natural Geothermal Waters, Iceland", Proceedings World Geothermal,pp24-29, Antalya, Turkey.
68. SUNA, Country Geothermal Potential Survey, (1998) "1st Phase Report to the Renewable Energies Office", Ministry of Energy, Islamic Republic of Iran, pp306.
69. Sakamoto H., Kamaada M. and Yonehara N.,(1987), "The Contents and Distributions of Arsenic, Antimony ,And Mercury in Geothermal waters", **J. of. Chemical Society of Japan** ,v.61,pp3471-3477.
70. Swan A.R., Sandiland M. and McCabe P.,(1995), "Introduction to geological data analysis" ,J. of. Blackwell Science, 446p.
71. Tester J. W.,(2006),"the future of Geothermal Energy ,Impact of Enhanced Geothermal System (EGS) on the United State in the 21st Century ",**J .of. Geothermal Energy** , pp1-33.
72. Temple M.,(2003),"Cluster Analysis With Application to data from geochemistry" ,Edition First, Department of statistics and probability theory ,Vienna Univ of Technology, Austria, pp 137.
73. Temple M., Filmoser P., and Reimann C.,(2006),"Cluster analysis applied to regional geochemical data :problems and possibilities" ,Edition Second ,Vienna
74. Wang P., (2001), "Geology and geochemistry of geothermal fields and hot-spring type gold deposits in Sanjiang orogen, southwestern China" , **J.of. Geology Survey. Japan**, v. 52, pp 327-345.
75. Webster J.G., (1998), "Chemical impacts of geothermal development. In: Brown, K.L (Convener), Environmental aspects of geothermal development", World Geothermal IGA pregress course, pp. 79-96,Pisa. Italy.
76. Weissberg J.G. and Zobel M.G.,(1973),"Geothermal mercury pollution in New Zealand" **J. of. Environment, Contamination. Toxically** ,v. 9,pp 148-155.
77. Weissberg B.G.,(1969),"Gold Silver Ore Grade Precipitates from New Zealand Waters" ,**J. of. Economic Geology** ,v. 64,pp95-108.
78. Weissberg B. G., Browne P. R. C. and Seward T. M.,(1979),"Ore Metals in Active Geothermal System: in Barnes, **Geochemistry of Hydrothermal Ore deposit**", Edition Second, John Wiley and sons, New York ,p.739-780.

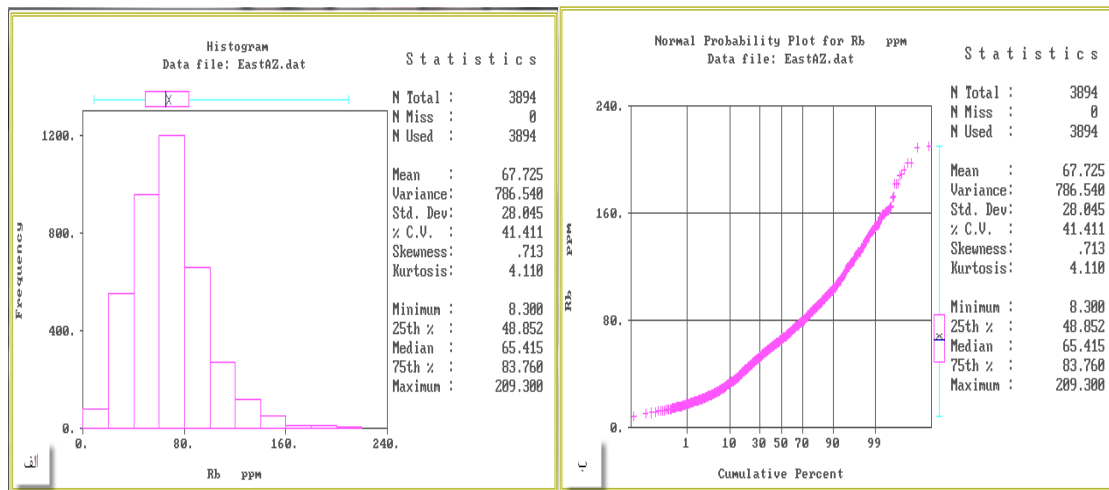
79. White D. E .,(1981),“Active Geothermal System and Hydrothermal Ore Deposits”, **J. of. Economic Geology**,**75th anniversary** ,pp.392-423.
80. Yousefi H., Noorollahi Y., Ehara S., Itoi R., Yousefi A., Fujimitsu Y., Nishijima J. and Sasaki, K.,(2010),“**Developing the geothermal resources map of Iran, Geothermics**”, 39p.
81. Zhang G., Liu C. Q., Liu H., Jin Z., Han G. and Li L., (2008), “Geochemistry of the Rehai and Ruidian geothermal waters”, **J. of. Geothermic** ,v. 37, pp 73–83.
82. <http://www.Gsi.ir>
83. <http://www.ngdi.ir>
84. <http://www.ostan-as.gov.ir>
85. <http://ww.Suna.org.ir>

پوستها

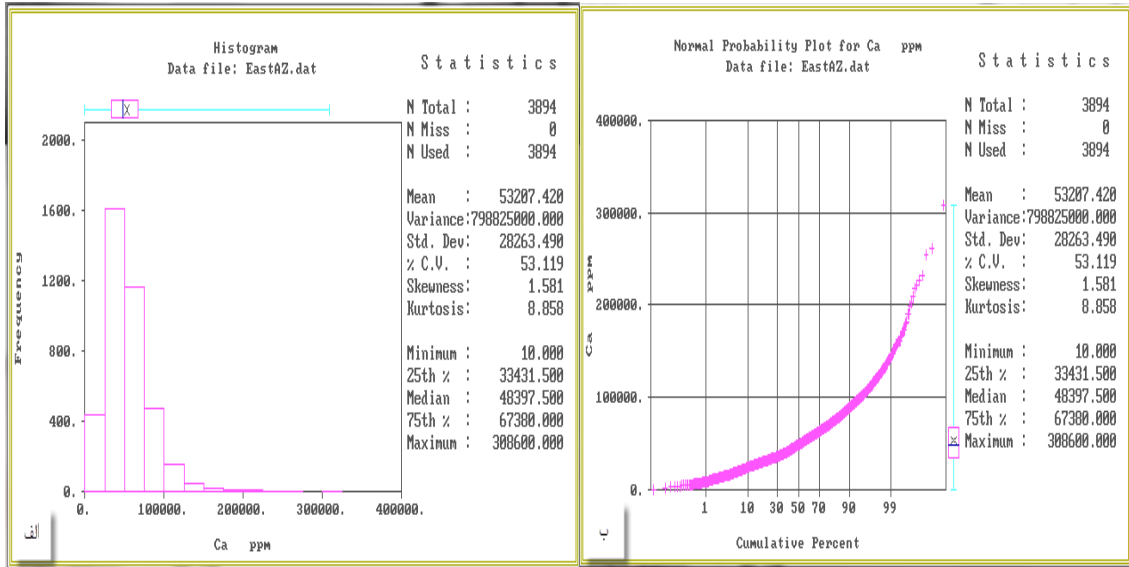
پوستا



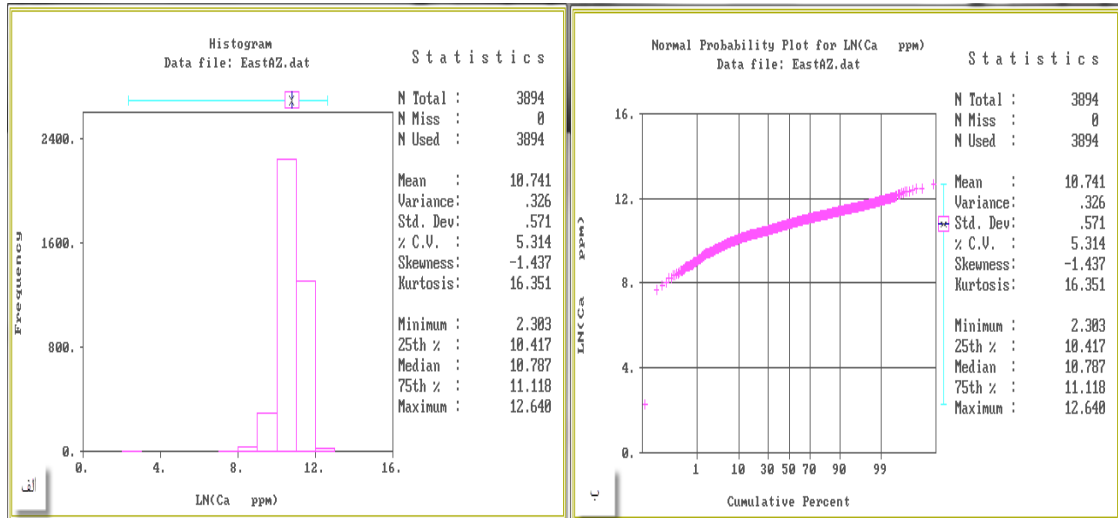
شکل (پ-۱-۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) K



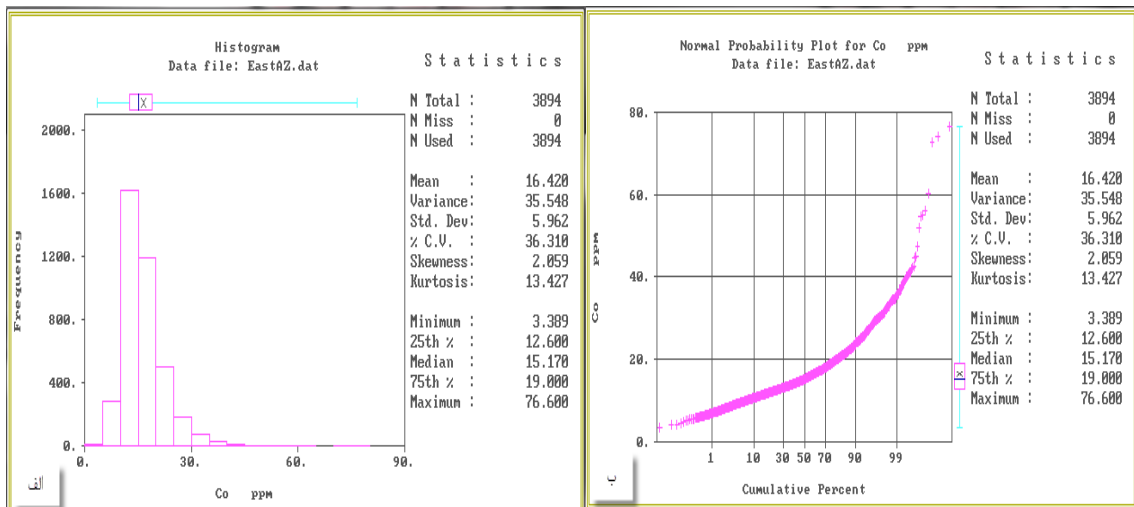
شکل (پ-۱-۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Rb



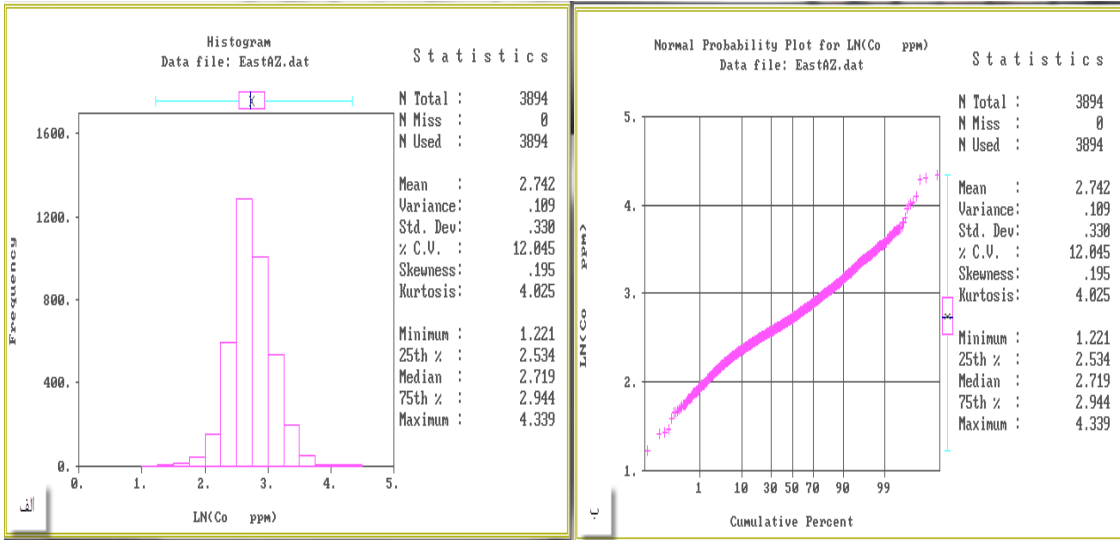
شكل (ب-١-٣) هيستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ca



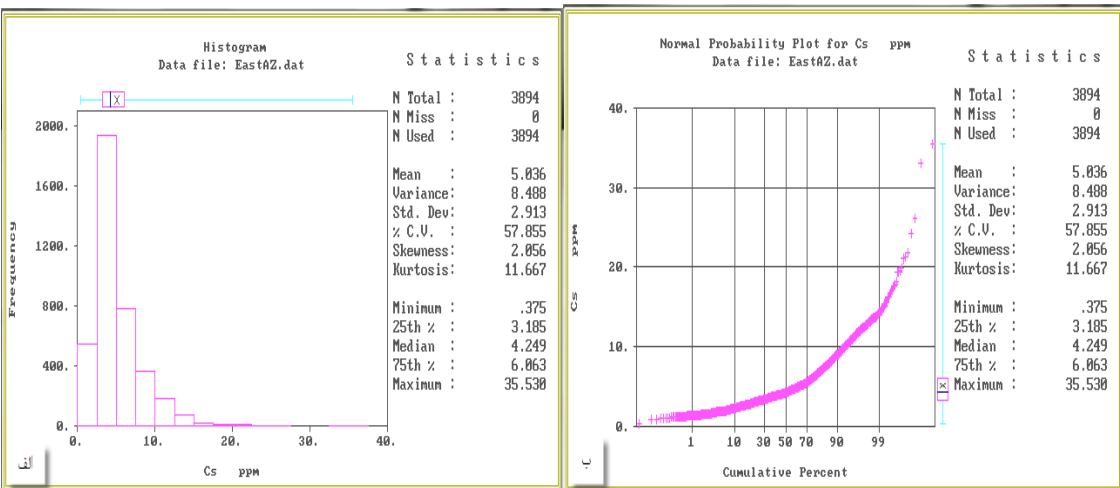
شكل (ب-١-٤) هيستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ca



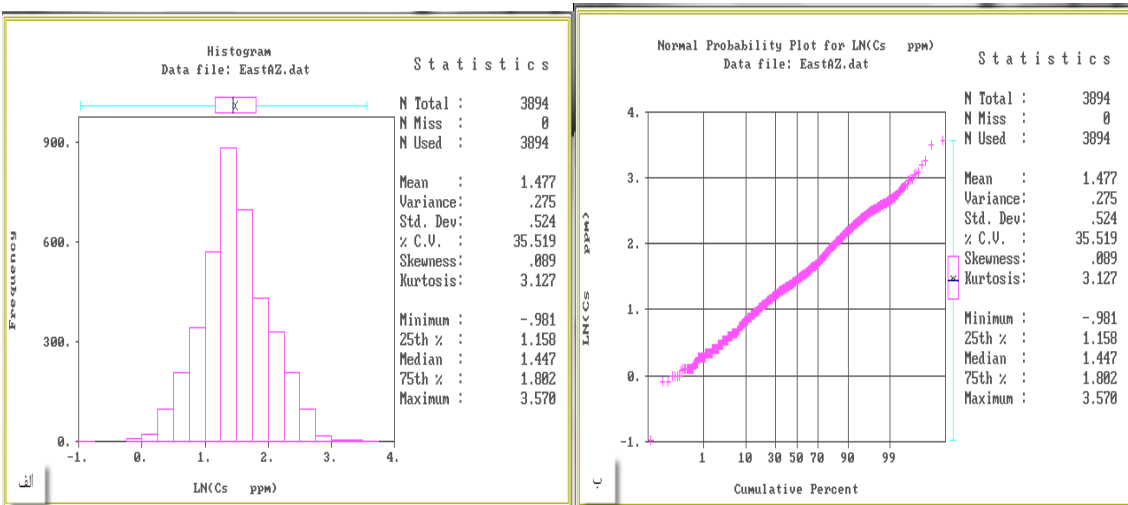
شکل (پ-۱-۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) برای داده های نرمال



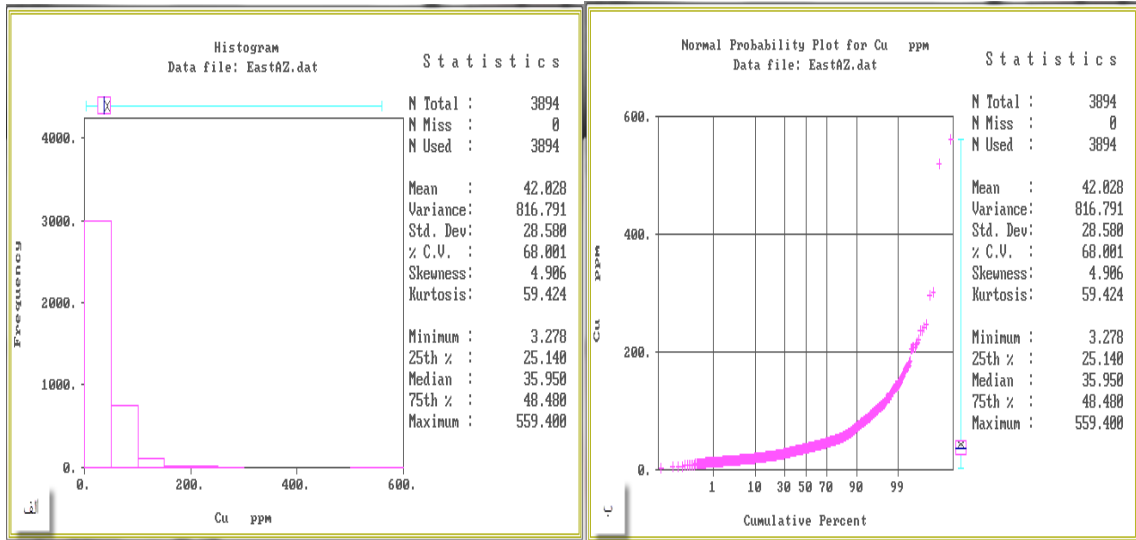
شکل (پ-۱-۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Co



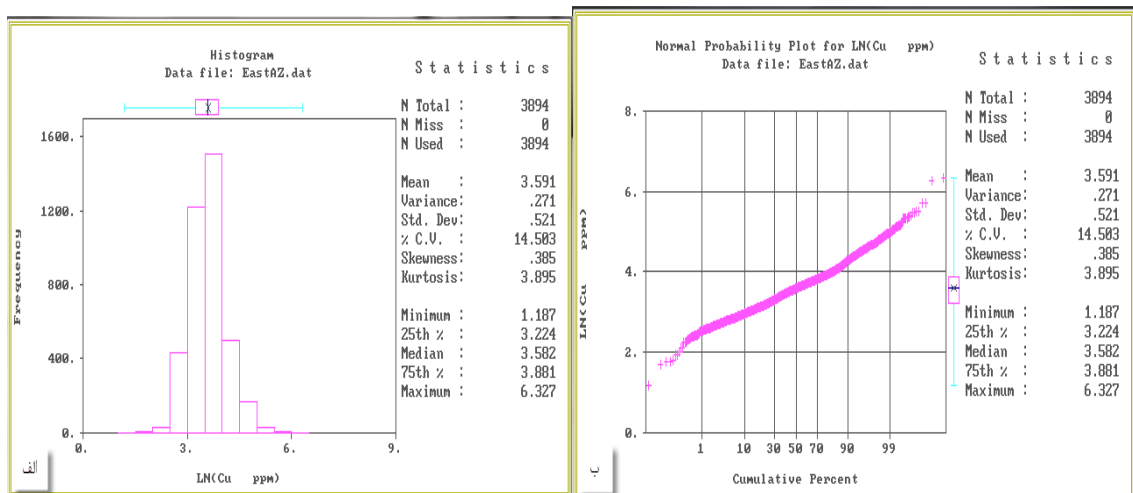
شکل (پ-۱-۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Cs



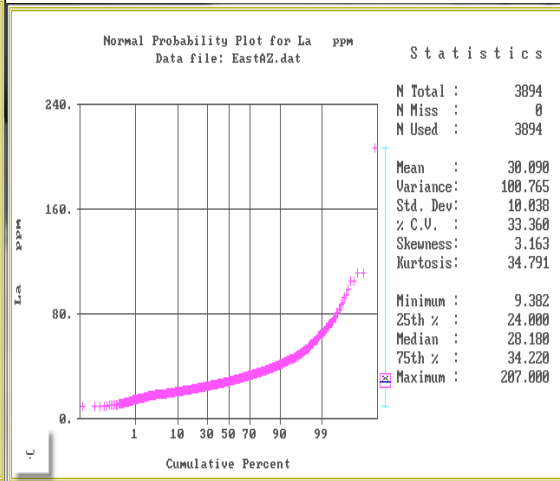
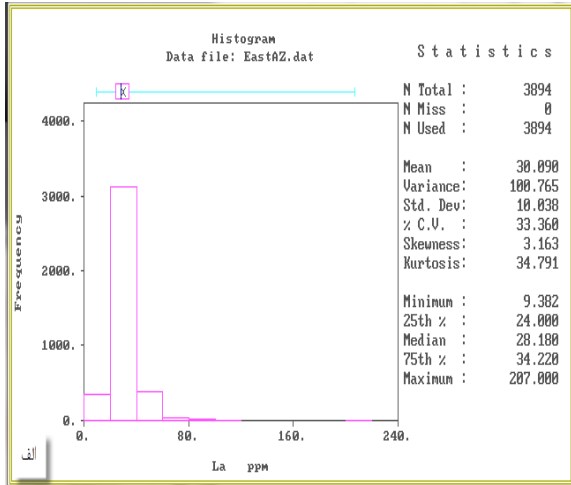
شکل (پ-۱-۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Cs



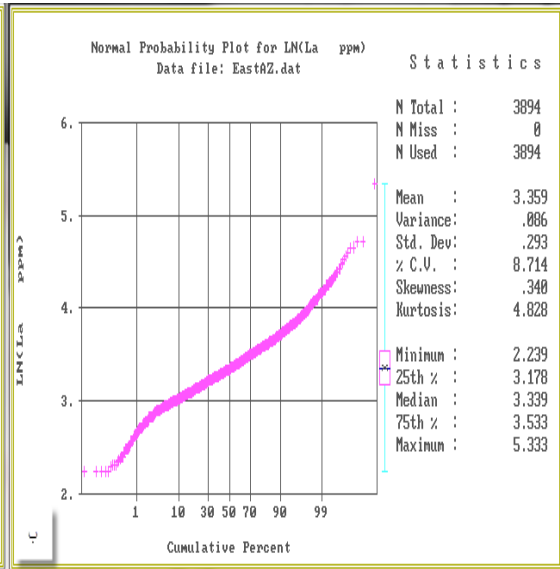
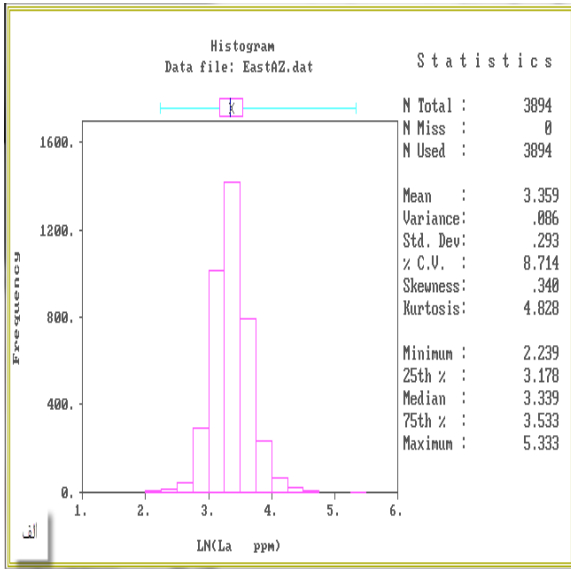
شکل (پ-۱-۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Cu



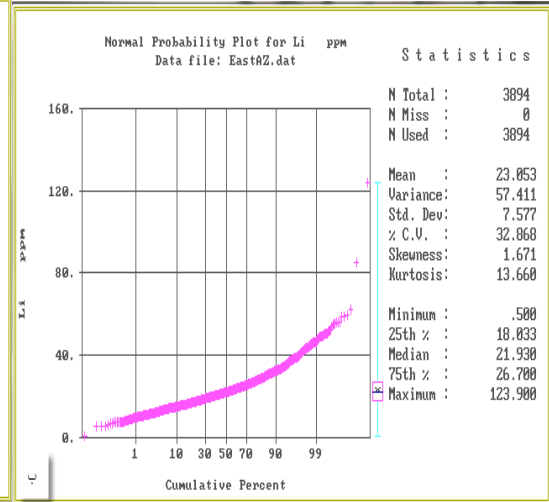
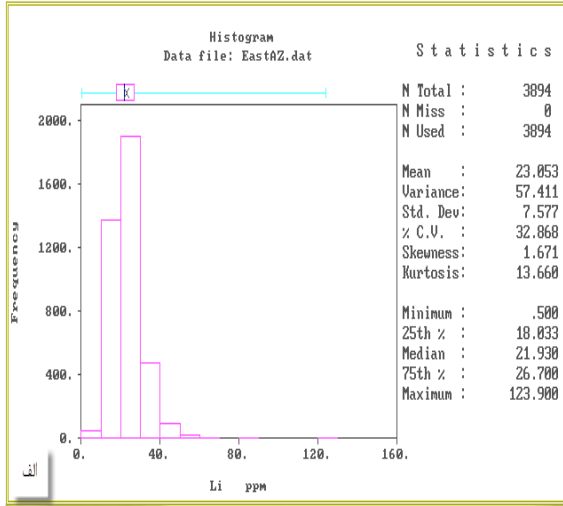
شکل (پ-۱-۱۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Cu



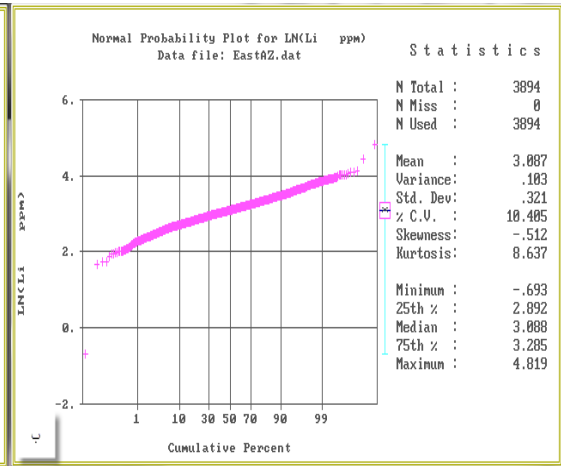
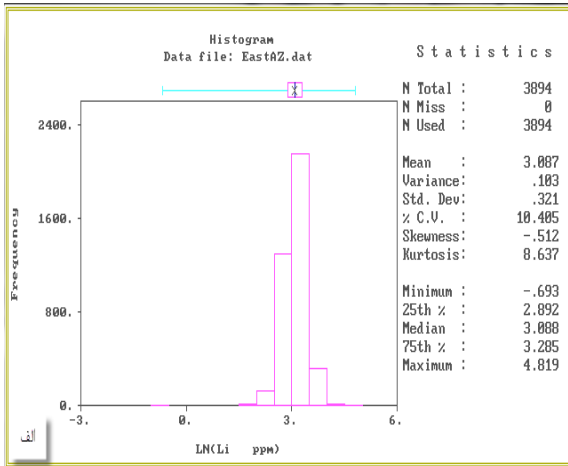
شکل (پ-۱-۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) La



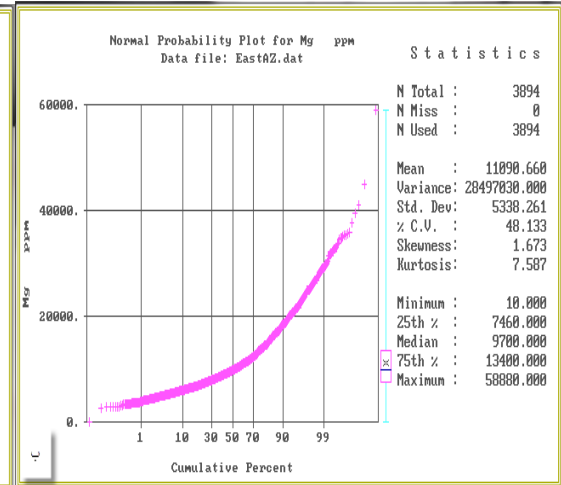
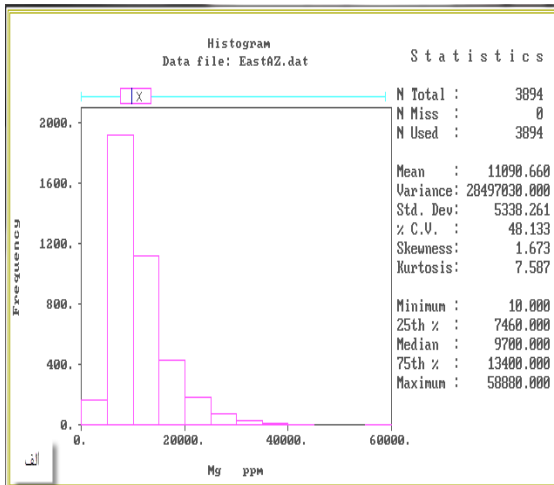
شکل (پ-۱-۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم La



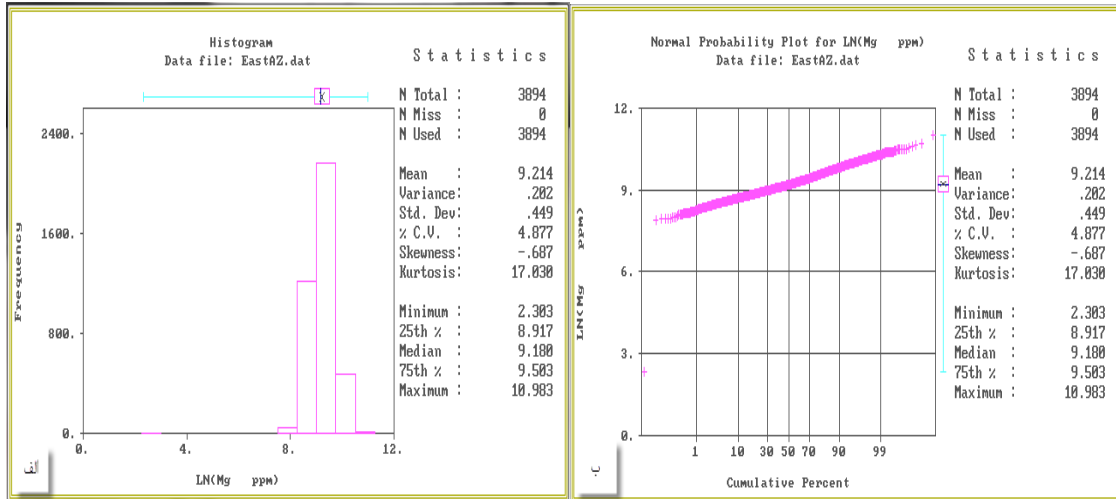
شکل (پ-۱-۱۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Li



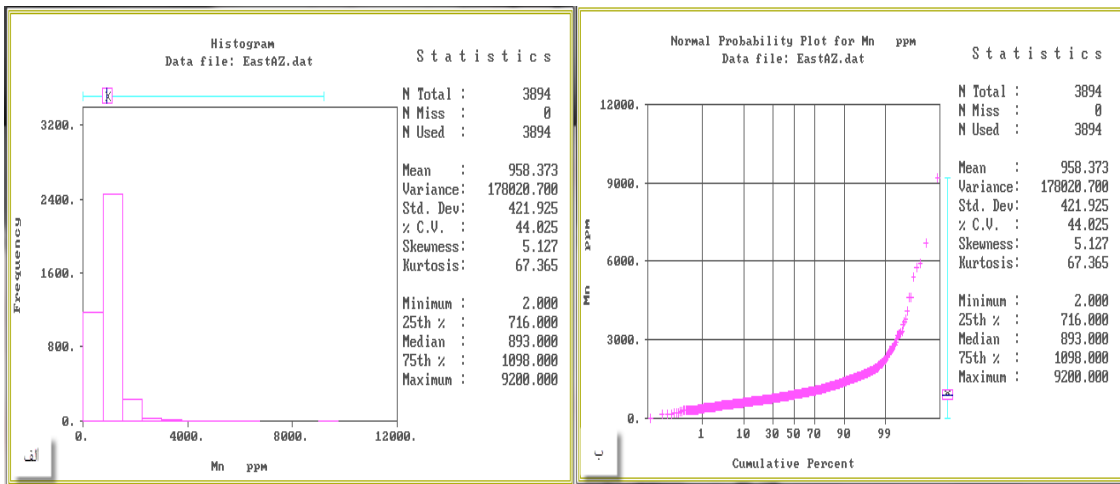
شکل (پ-۱-۱۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Li



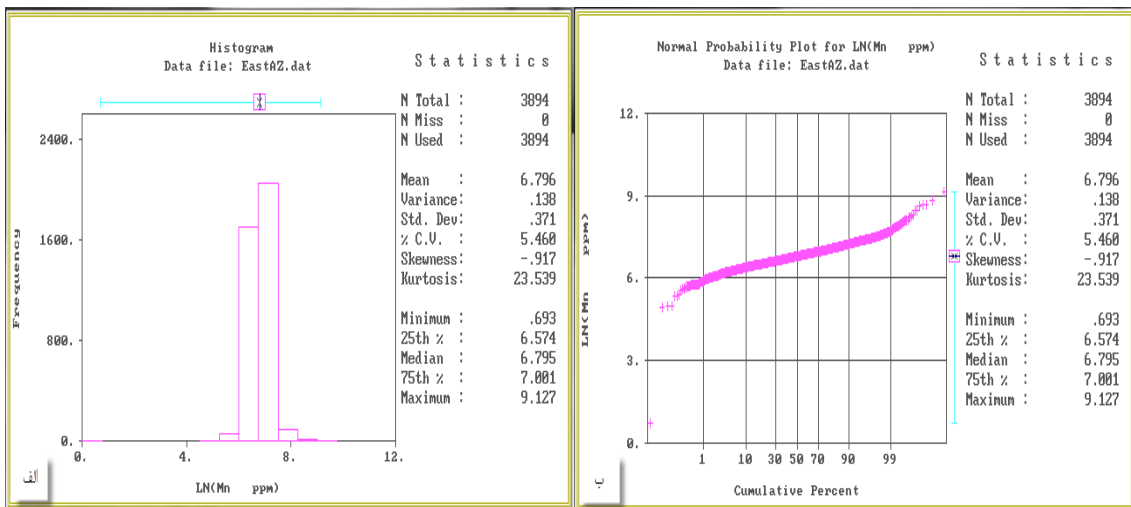
شکل (پ-۱-۱۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Mg



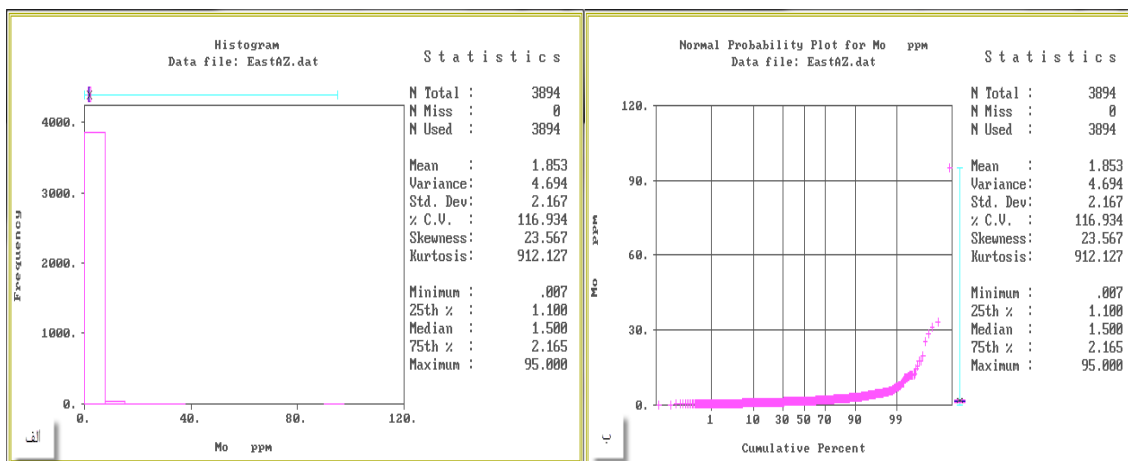
شکل (پ-۱-۱۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Mg



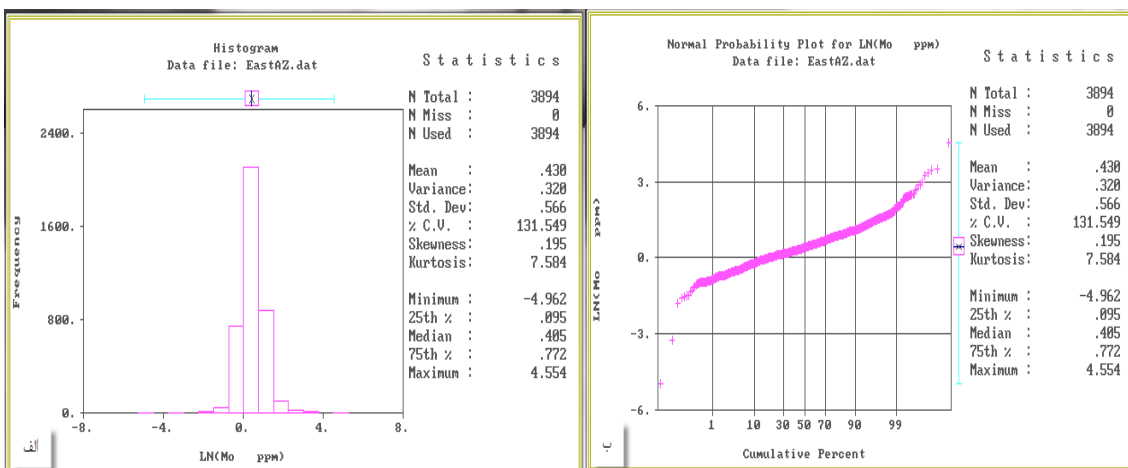
شکل (پ-۱-۱۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Mn



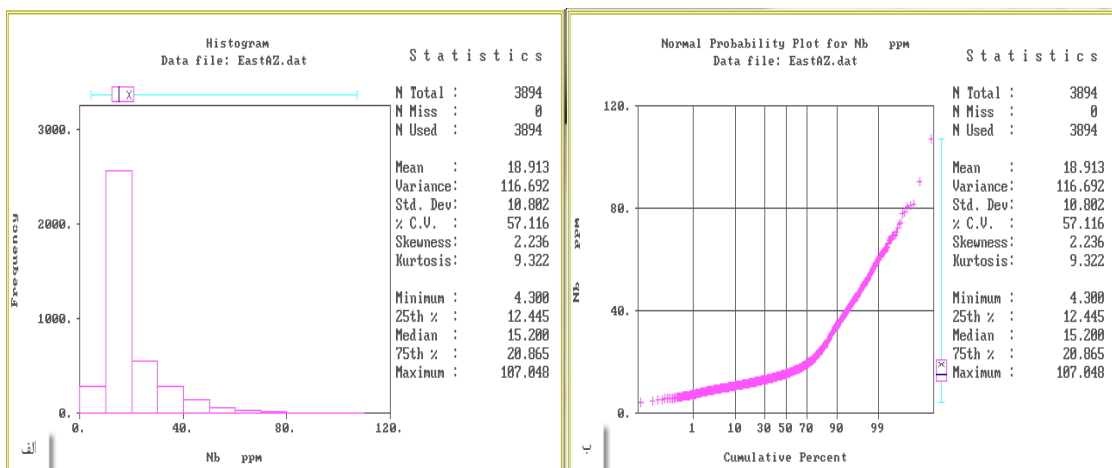
شکل (پ-۱-۱۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Mn



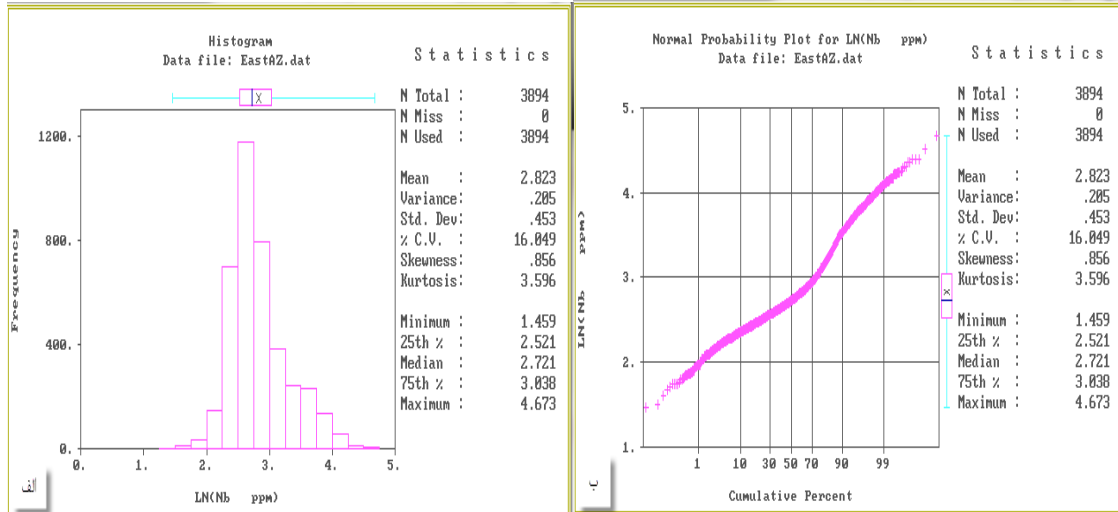
شکل (ب-۱-۱۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Mo



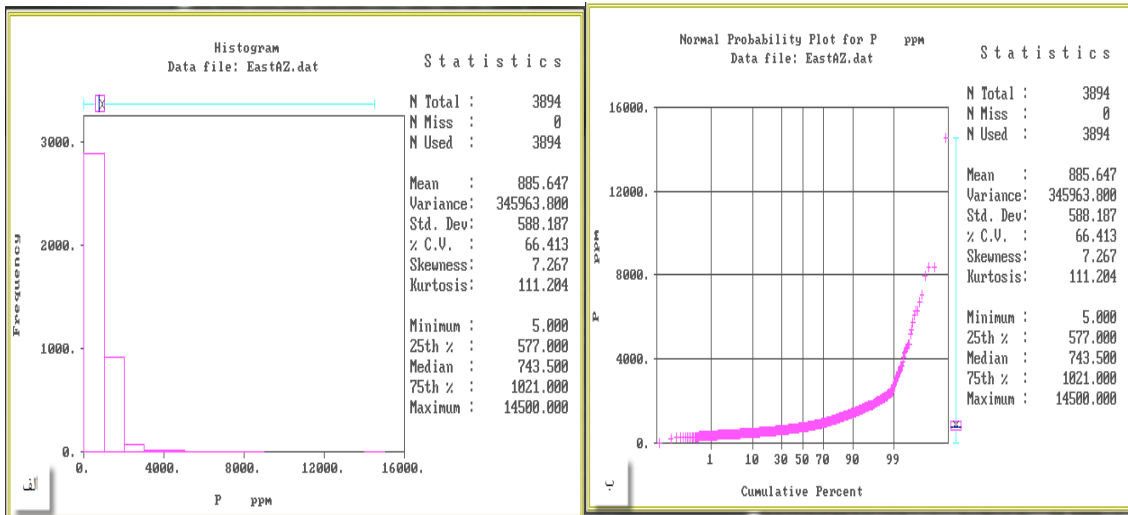
شکل (ب-۱-۱۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Mo



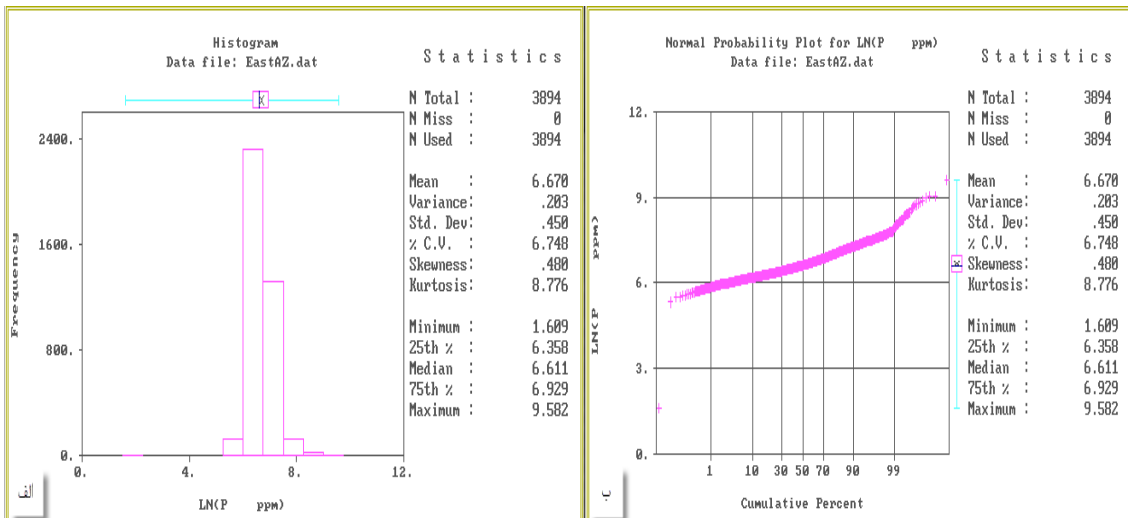
شکل (ب-۱-۲۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Nb



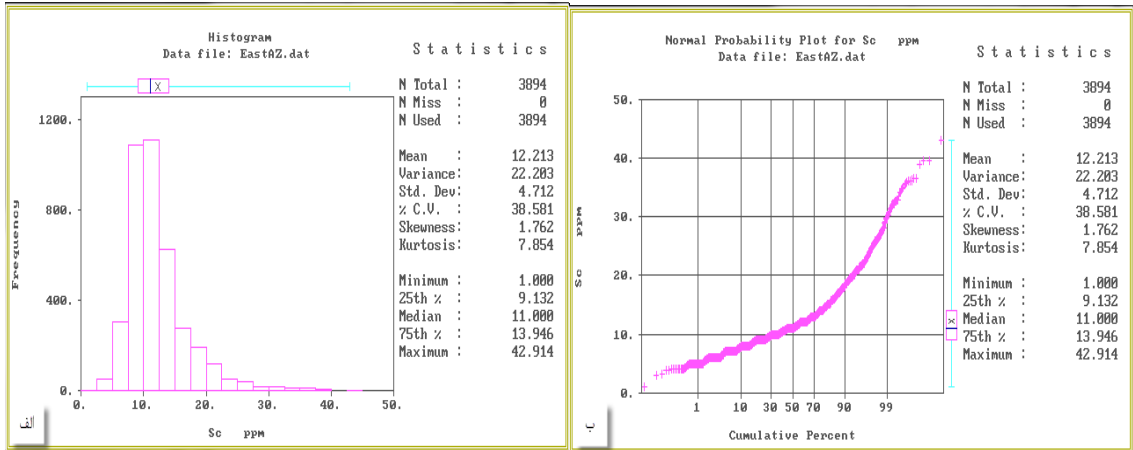
شکل (پ-۱-۲۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Nb



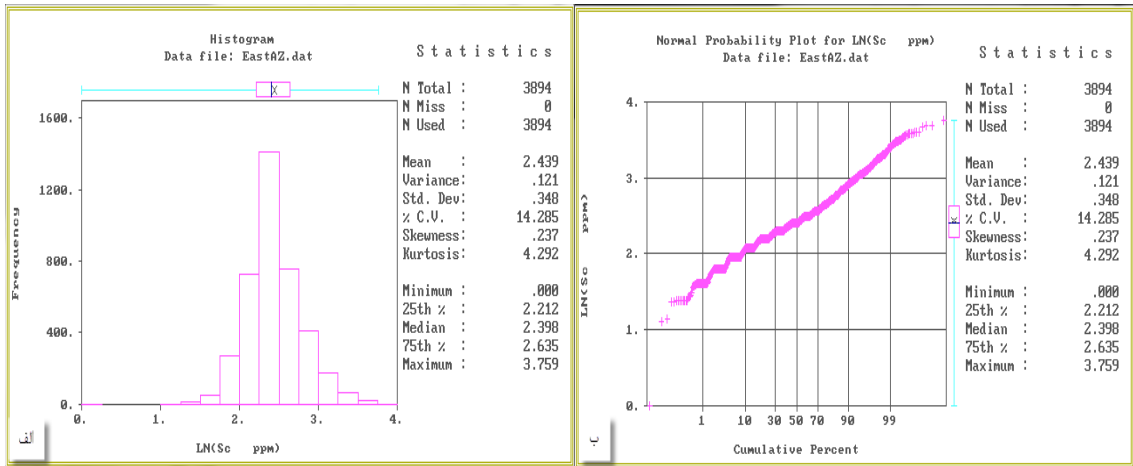
شکل (پ-۱-۲۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) P



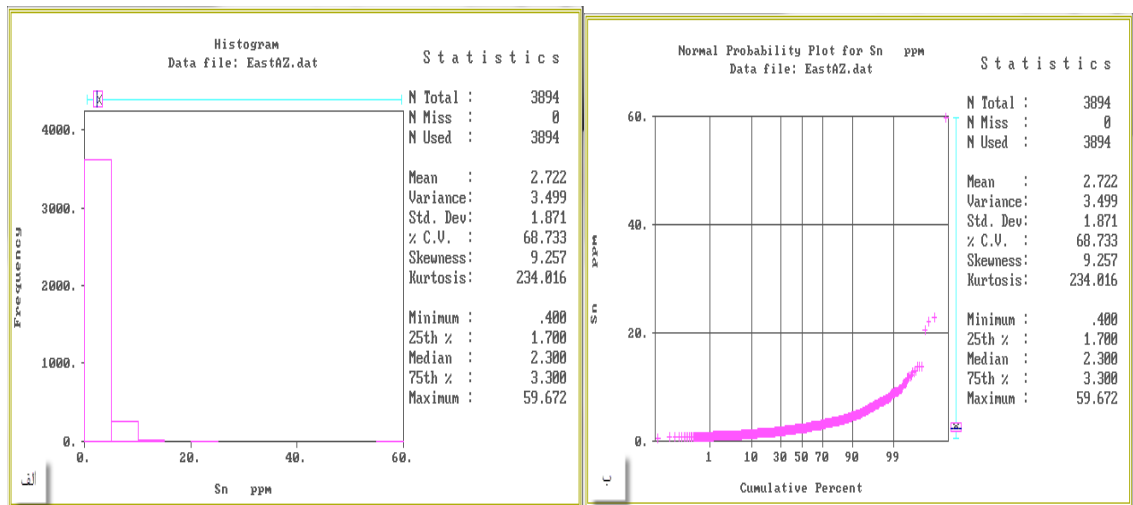
شکل (پ-۱-۲۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم P



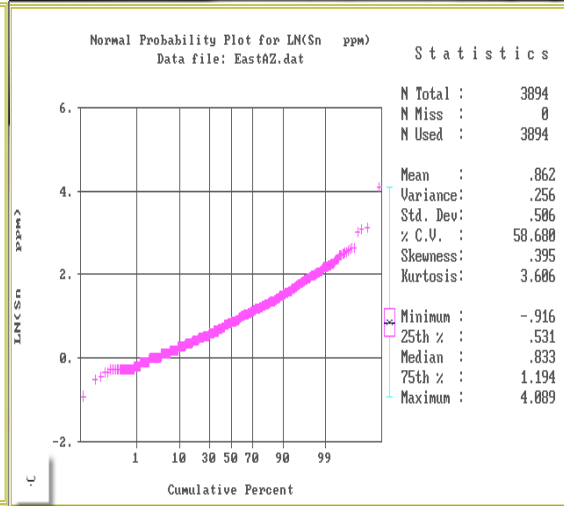
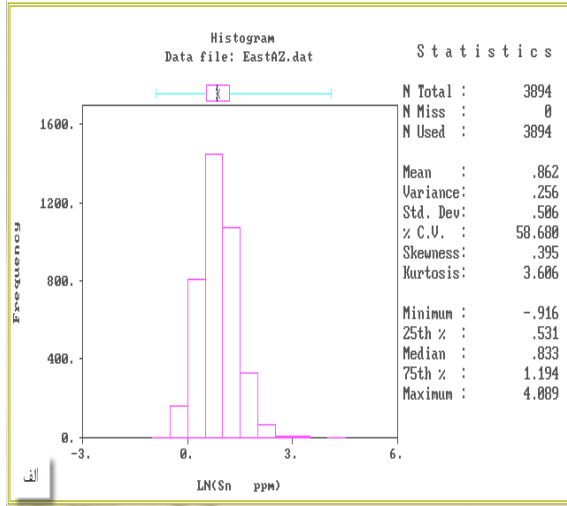
شکل (پ-۱-۲۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Sc



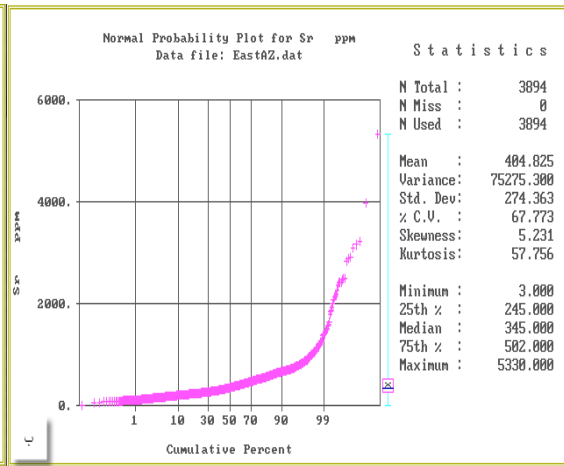
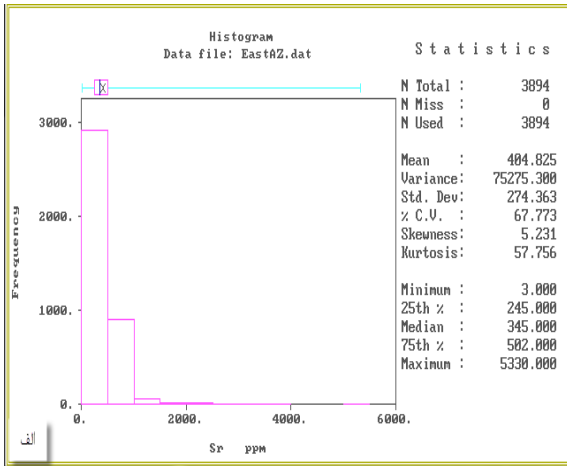
شکل (پ-۱-۲۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Sc



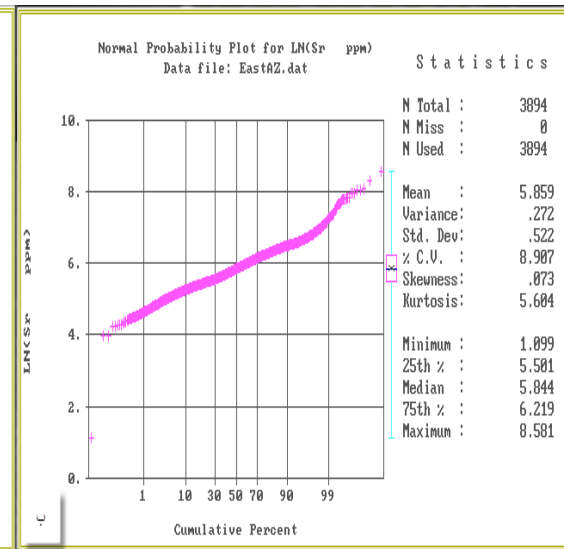
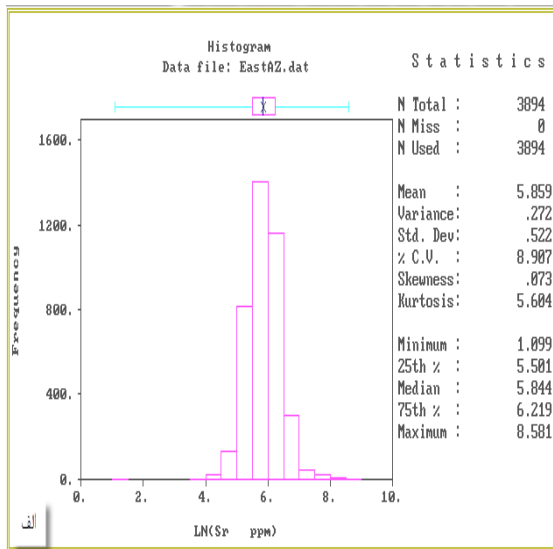
شکل (پ-۱-۲۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Sn



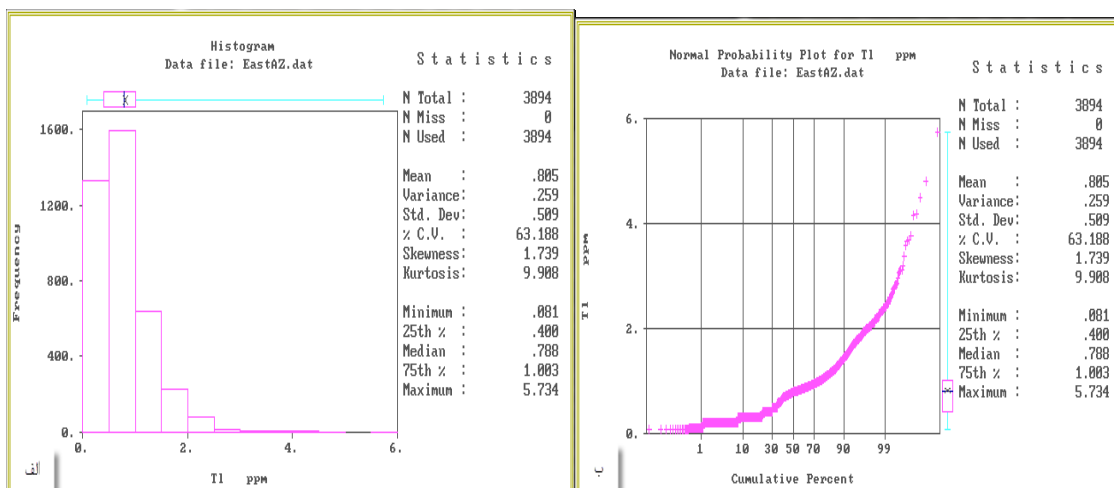
شکل (پ-۱-۲۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Sn



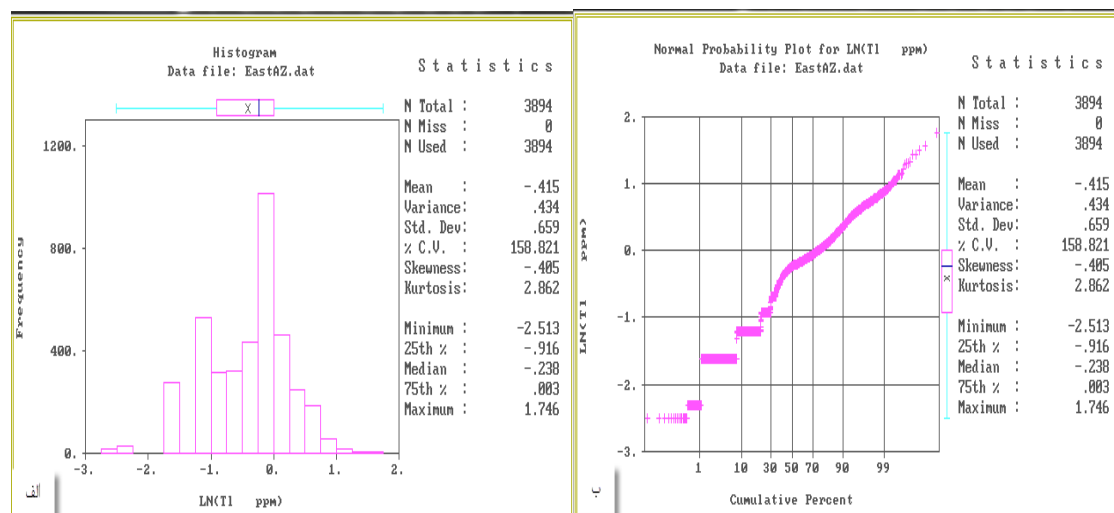
شکل (پ-۱-۲۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Sr



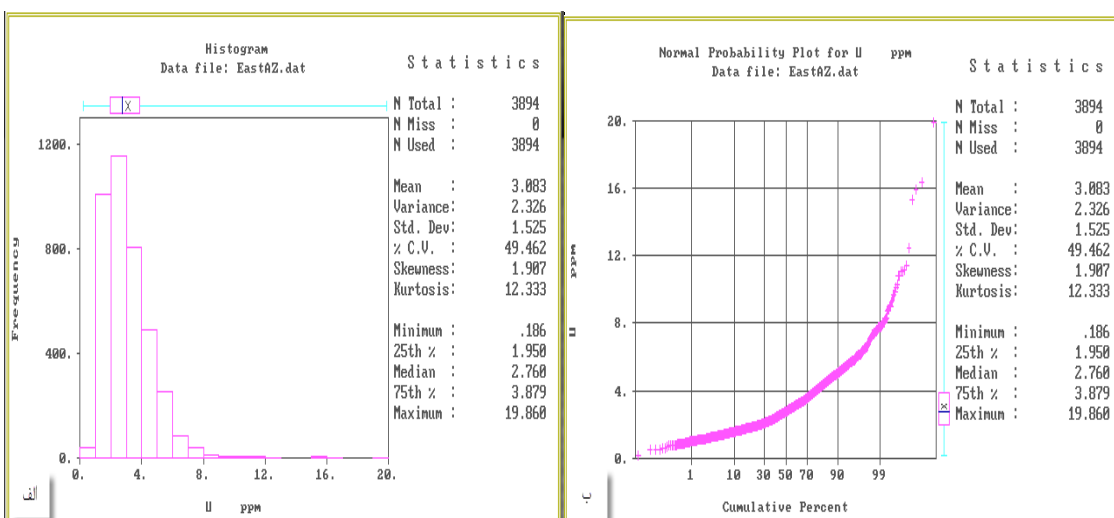
شکل (پ-۱-۲۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Sr



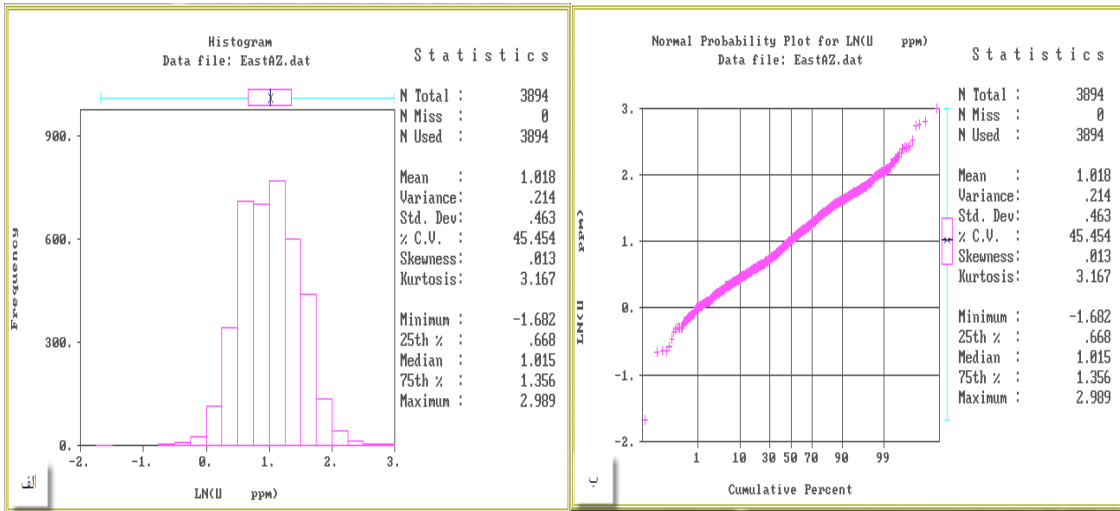
شکل (پ-۱-۳۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) TI



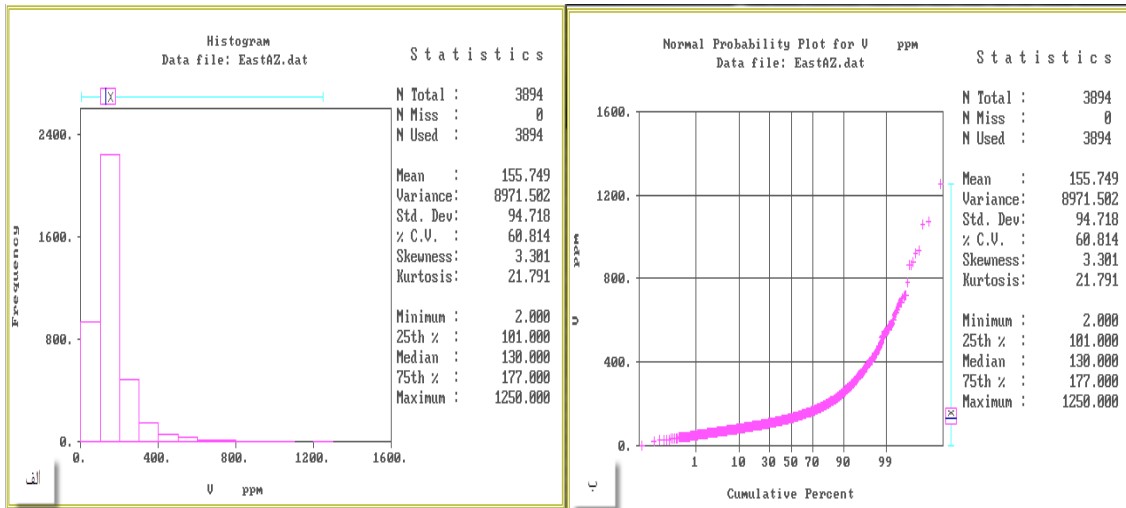
شکل (پ-۱-۳۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم TI



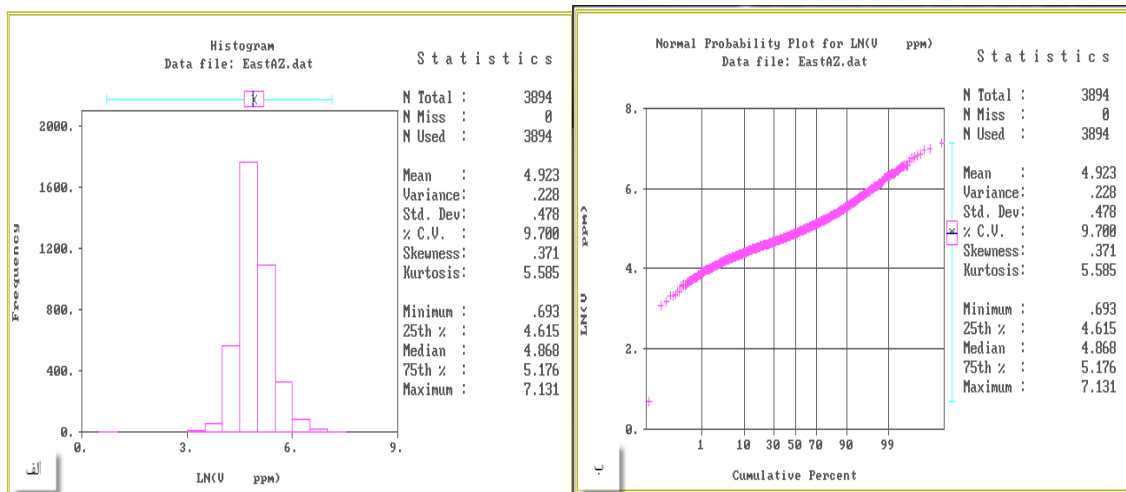
شکل (پ-۱-۳۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) U



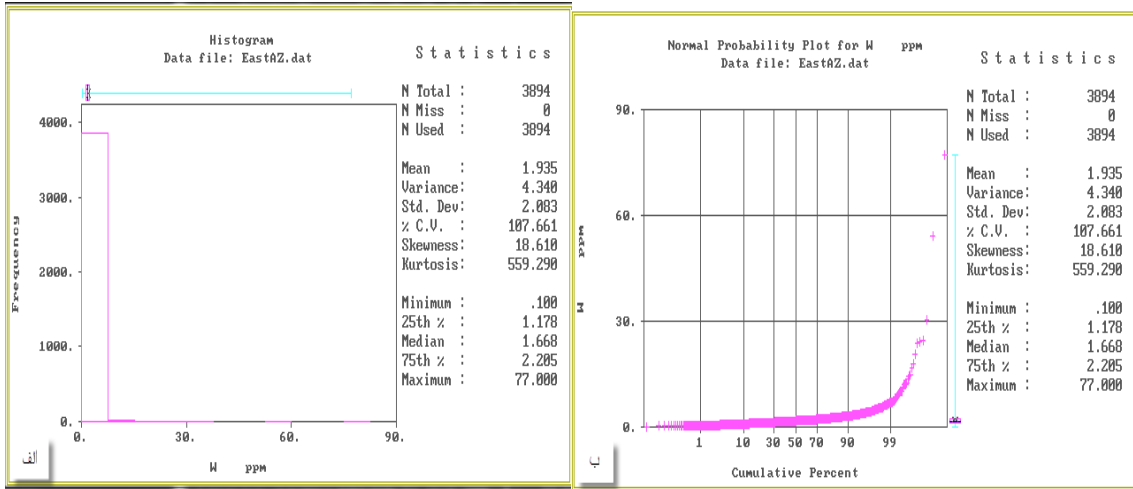
شکل (ب-۱-۳۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم U



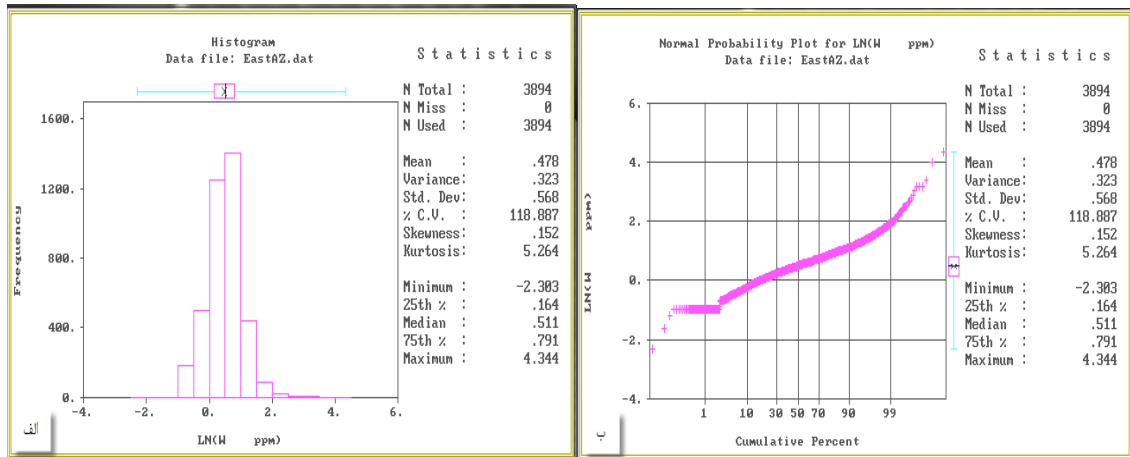
شکل (ب-۱-۳۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) V



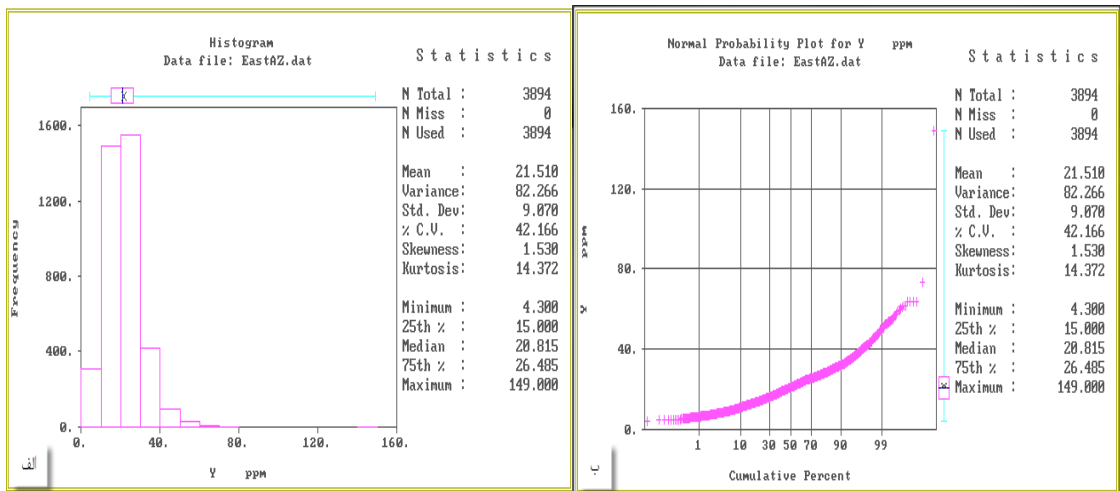
شکل (پ-۱-۳۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم V



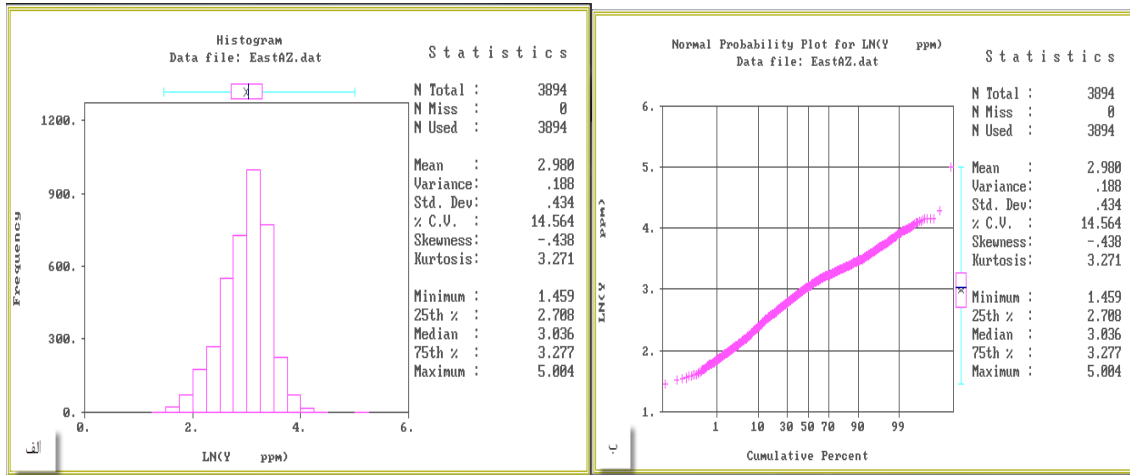
شکل (پ-۱-۳۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) W



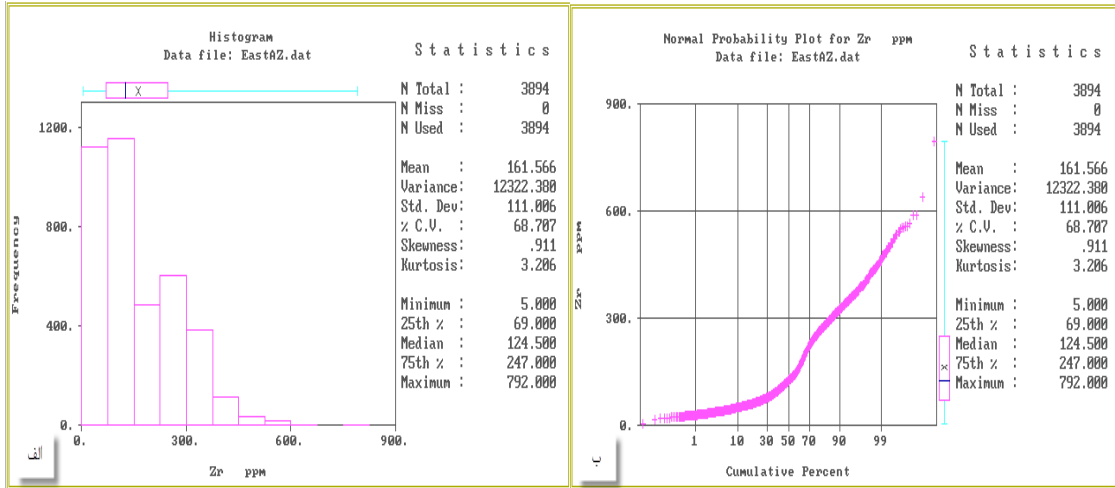
شکل (پ-۱-۳۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Y



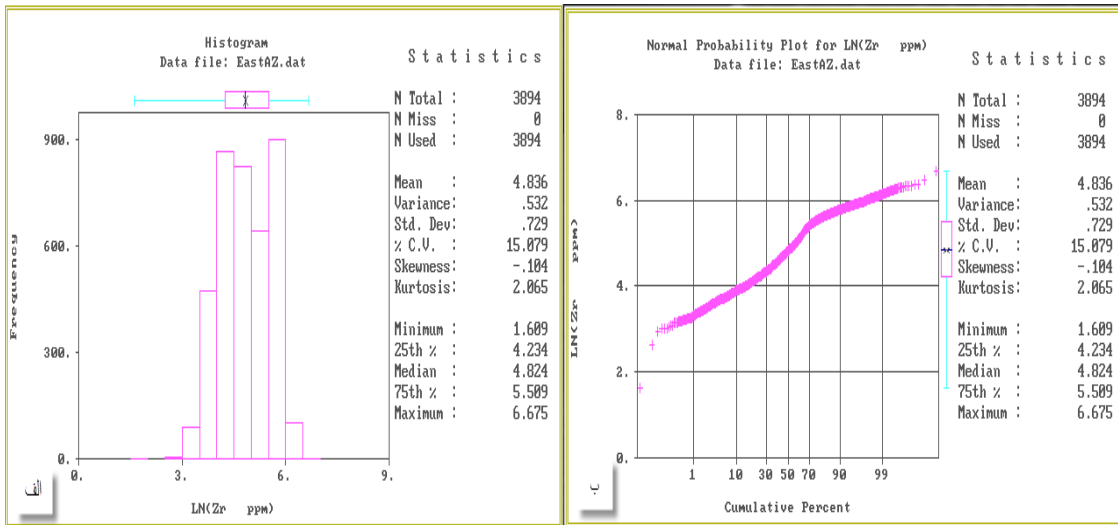
شکل (پ-۱-۳۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Y



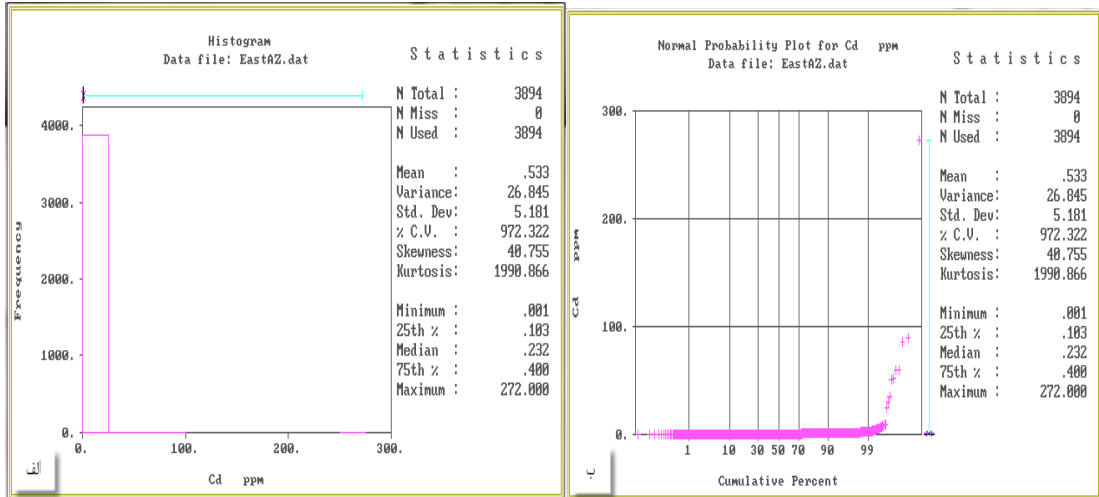
شکل (پ-۱-۳۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Y



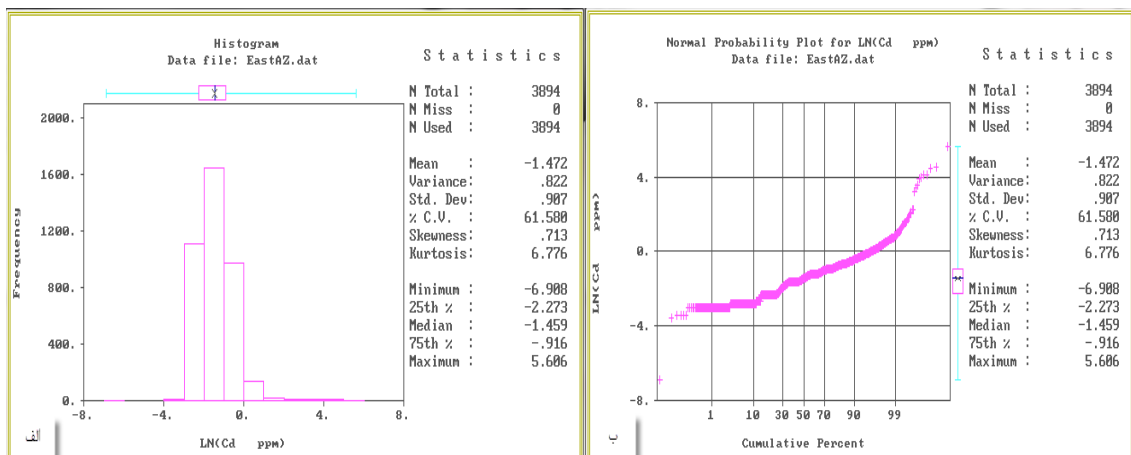
شکل (پ-۱-۴۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Zr



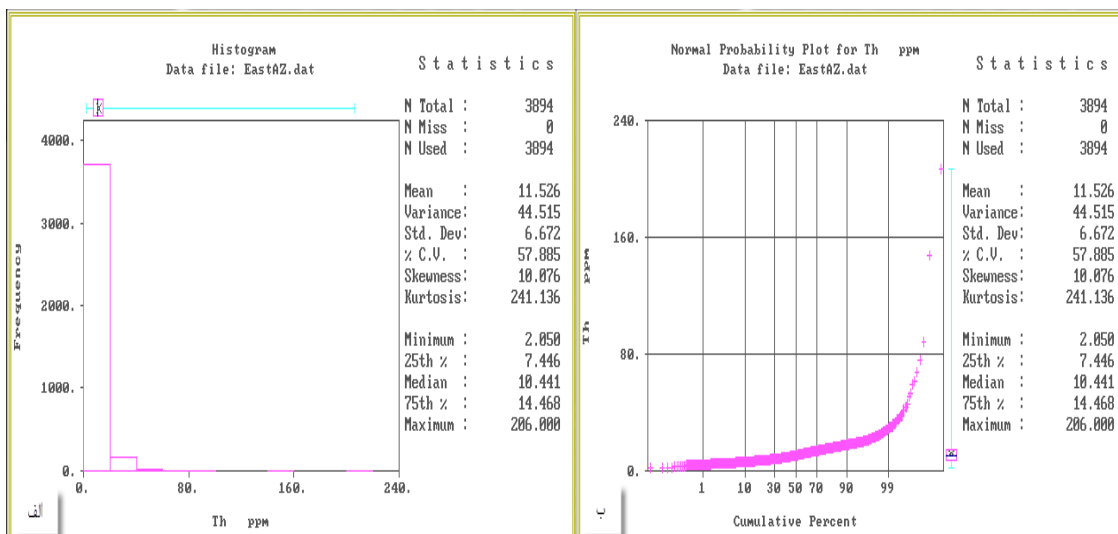
شکل (پ-۱-۴۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Zr



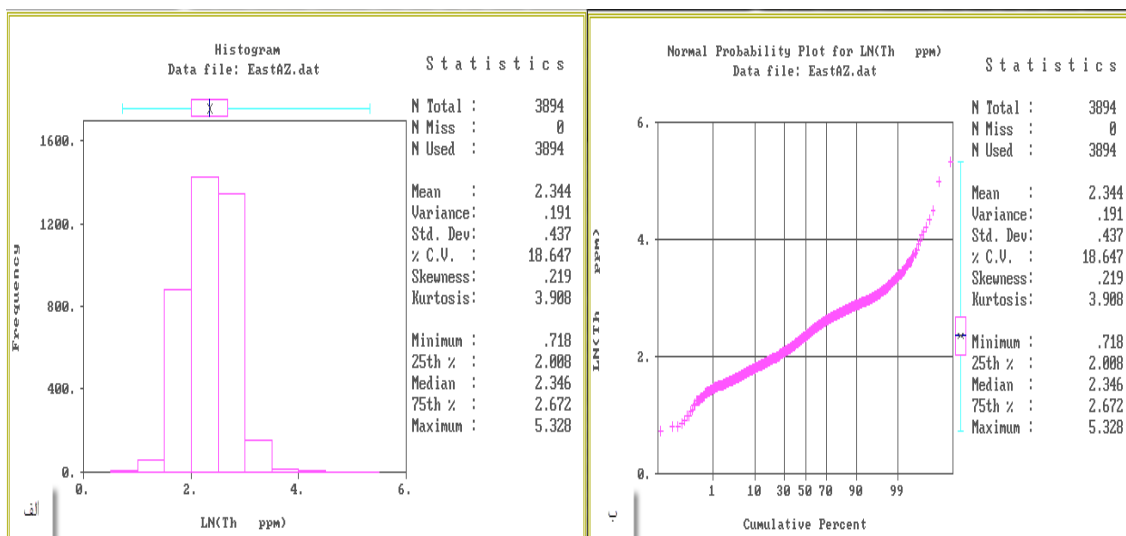
شکل (پ-۱-۴۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Cd



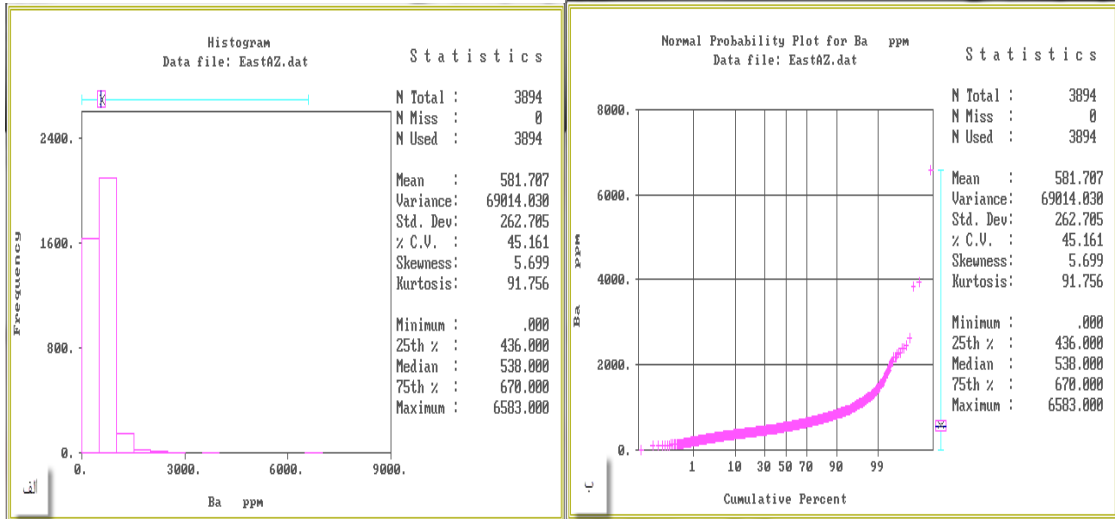
شکل (پ-۱-۴۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Cd



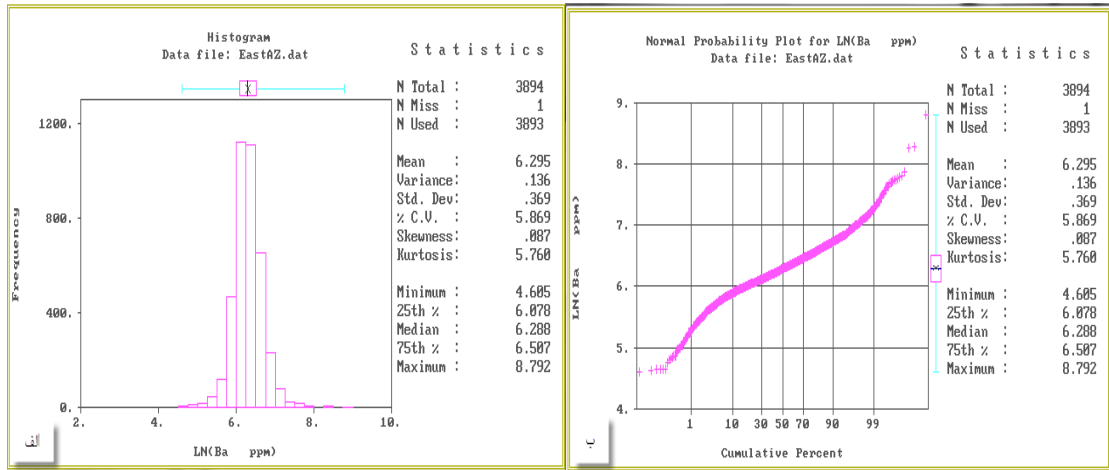
شکل (پ-۱-۴۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Th



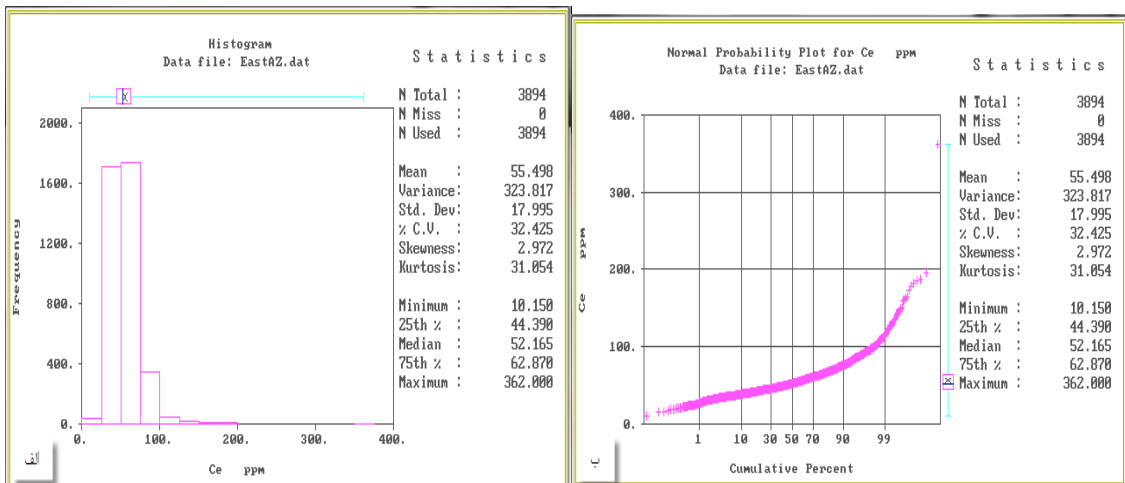
شکل (پ-۱-۴۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Th



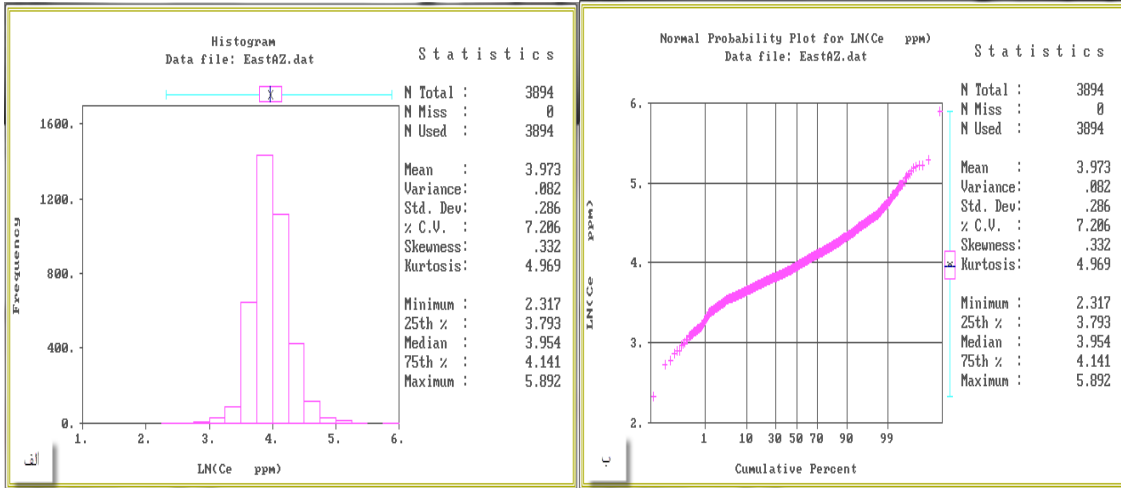
شکل (پ-۱-۴۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ba



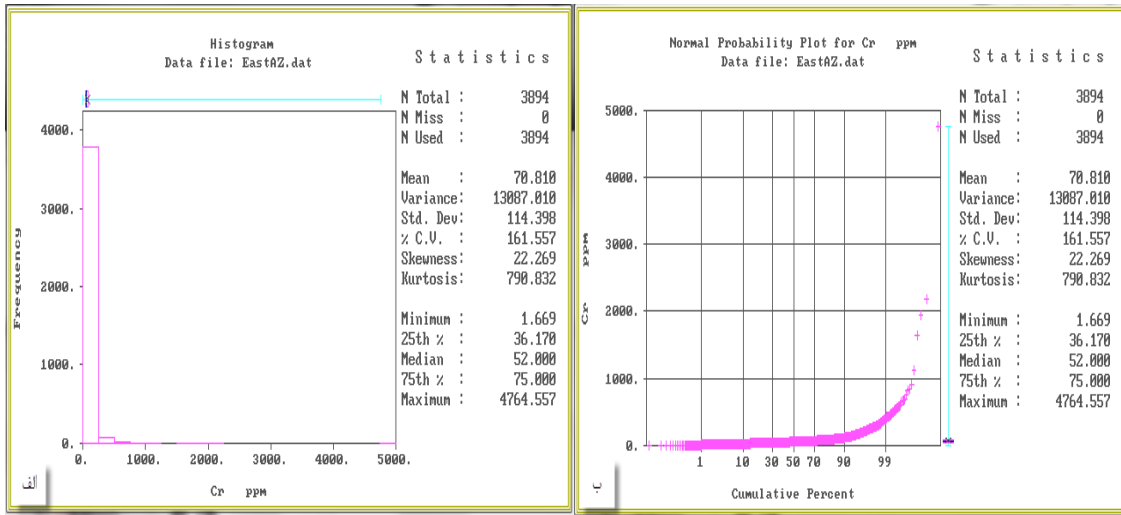
شکل (پ-۱-۴۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ba



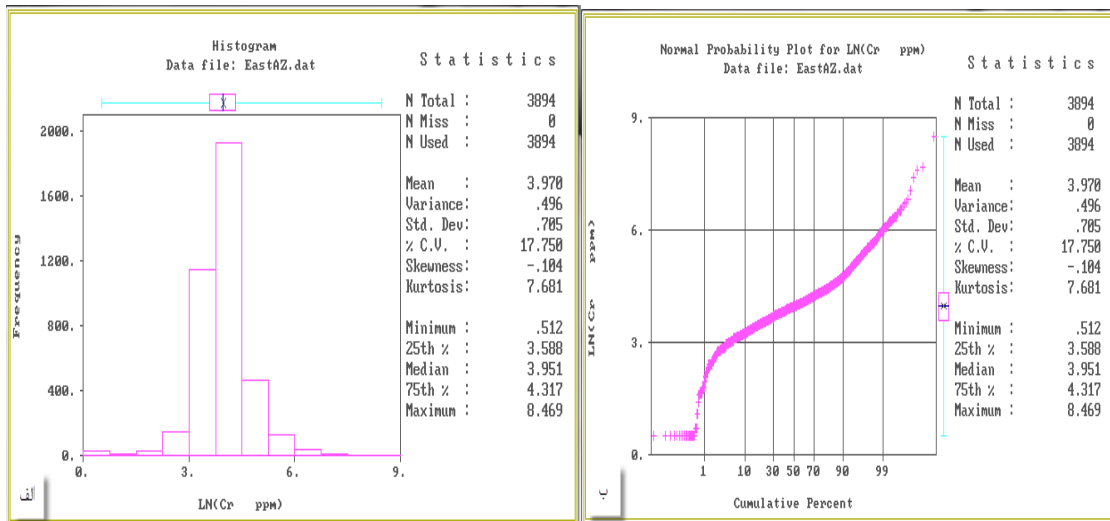
شکل (پ-۱-۴۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ce



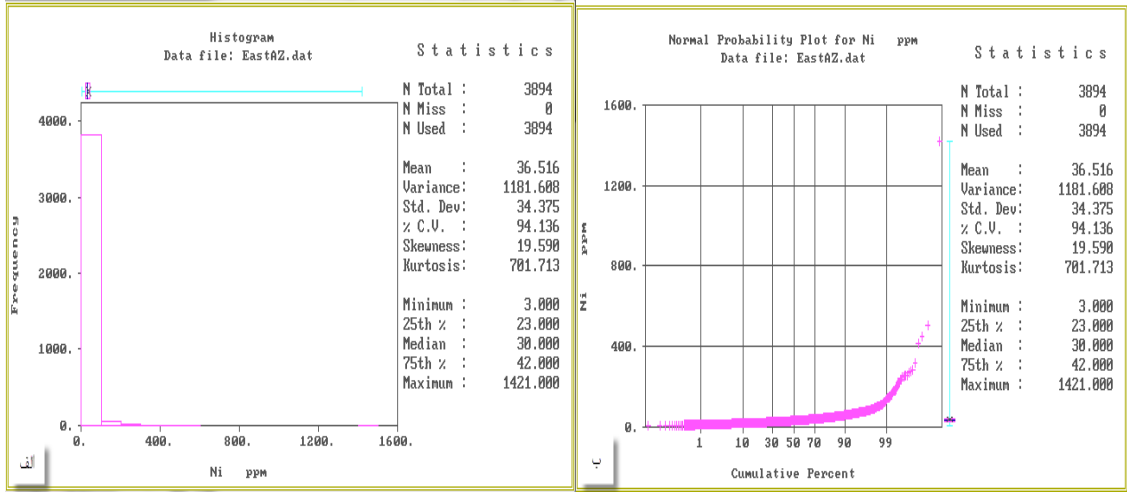
شکل (پ-۱-۴۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ce



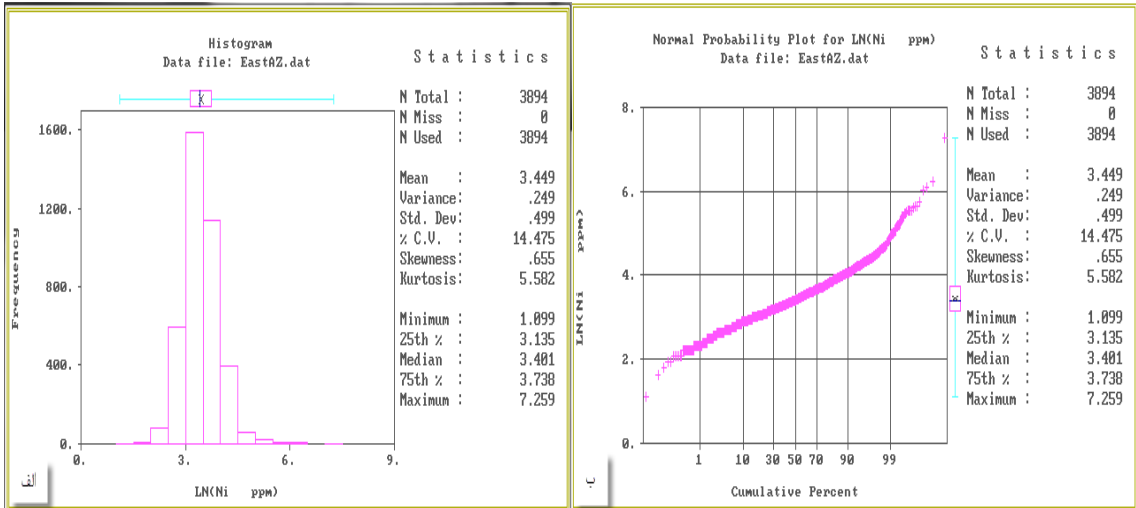
شکل (پ-۱-۵۰) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Cr



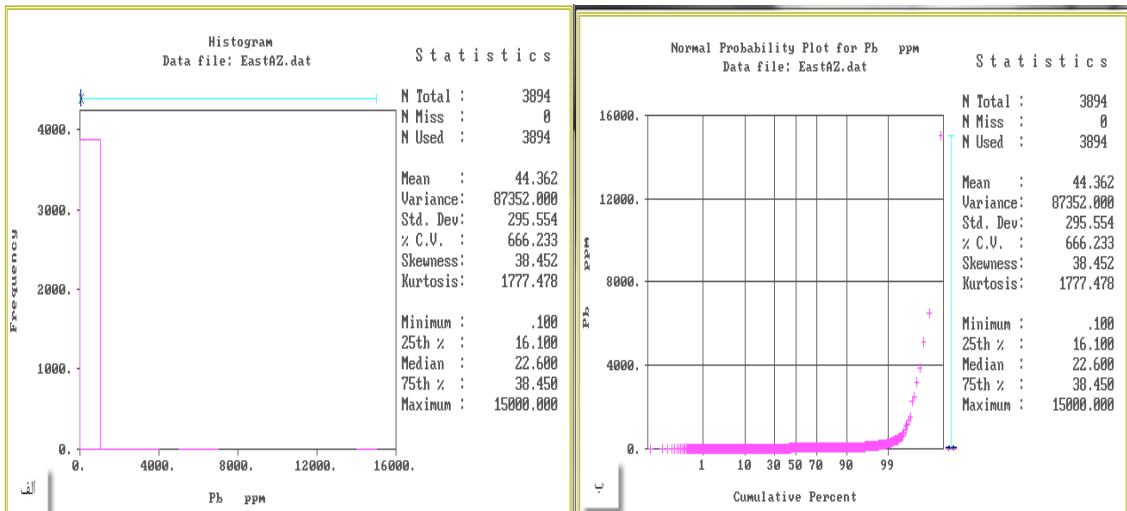
شکل (پ-۱-۵۱) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Cr



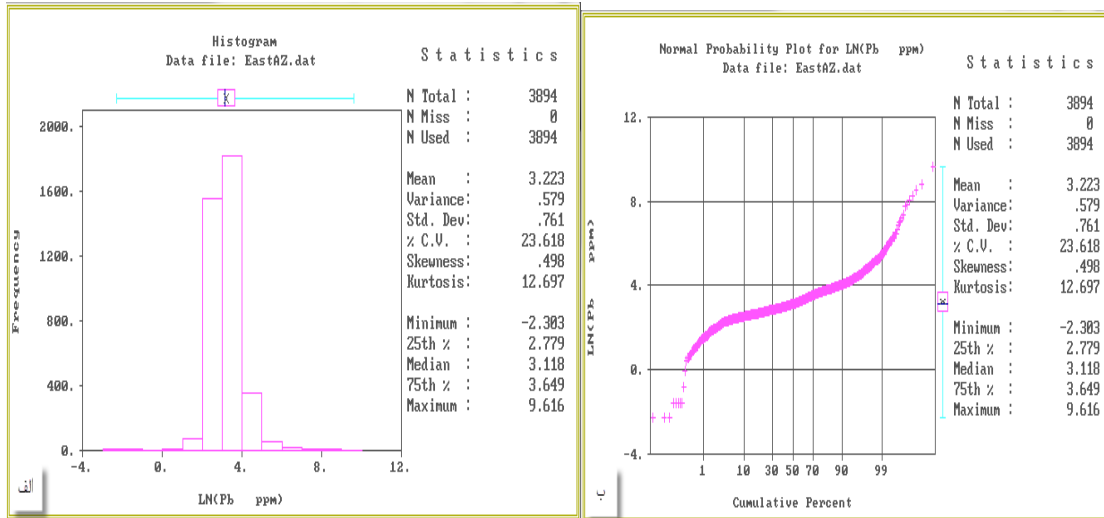
شکل (پ-۱-۵۲) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Ni



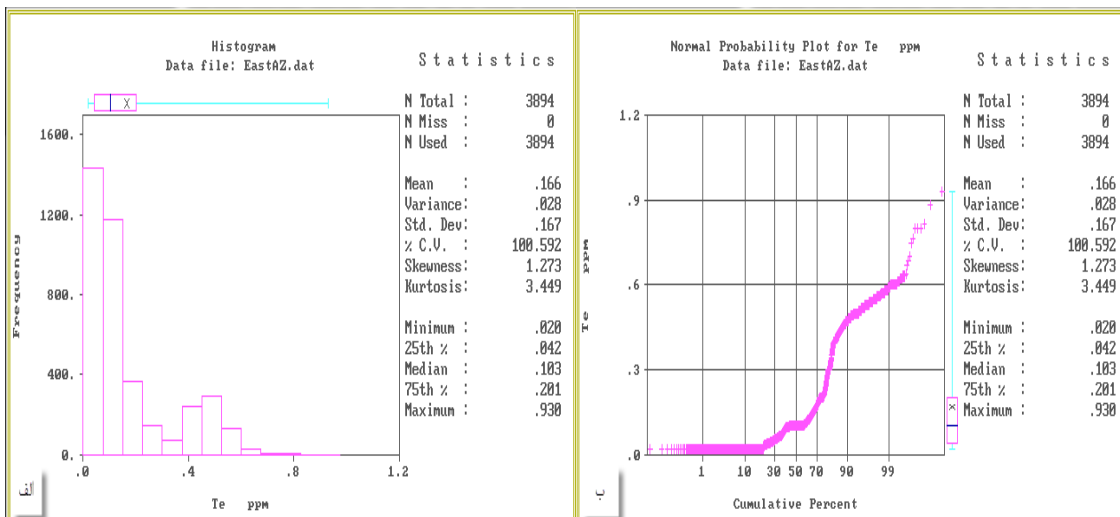
شکل (پ-۱-۵۳) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Ni



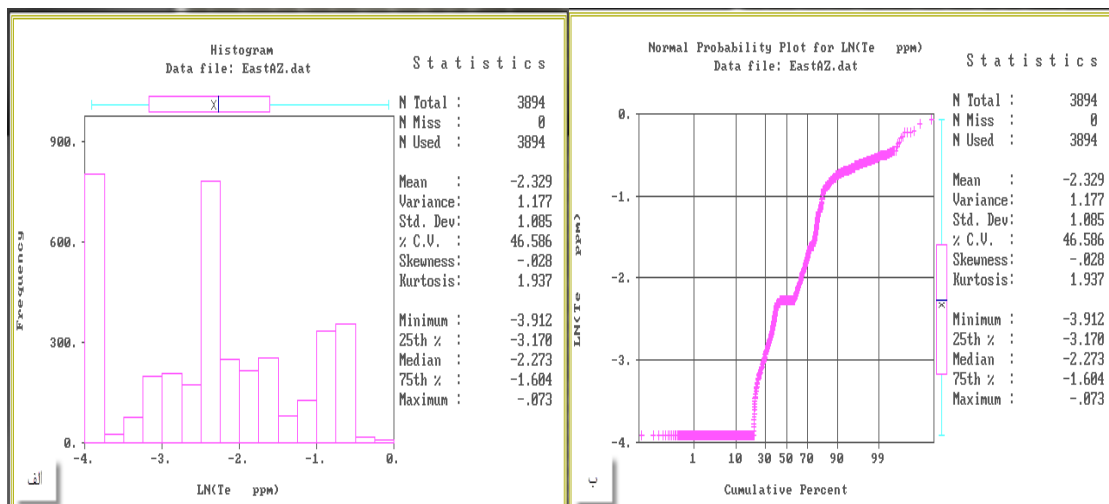
شکل (پ-۱-۵۴) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Pb



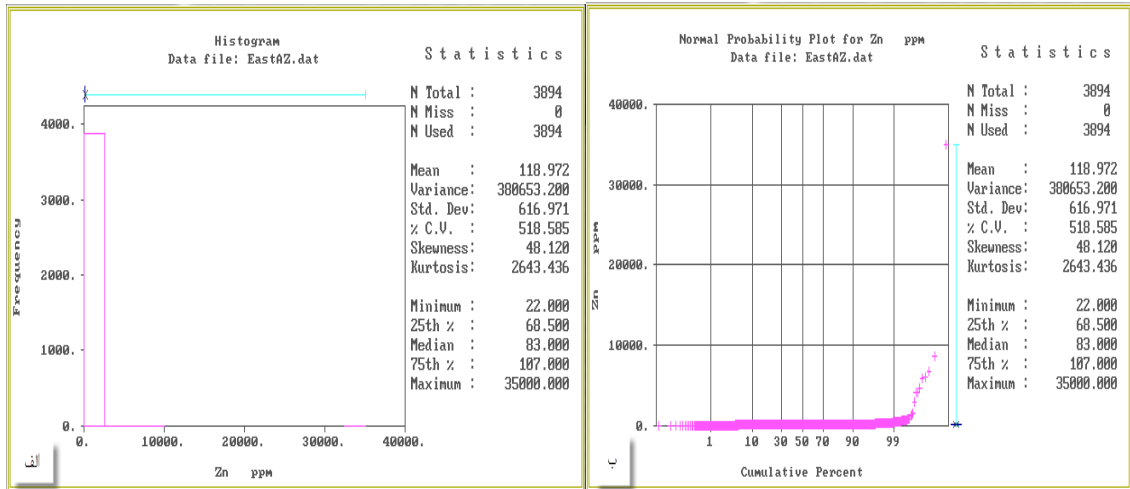
شکل (پ-۱-۵۵) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Pb



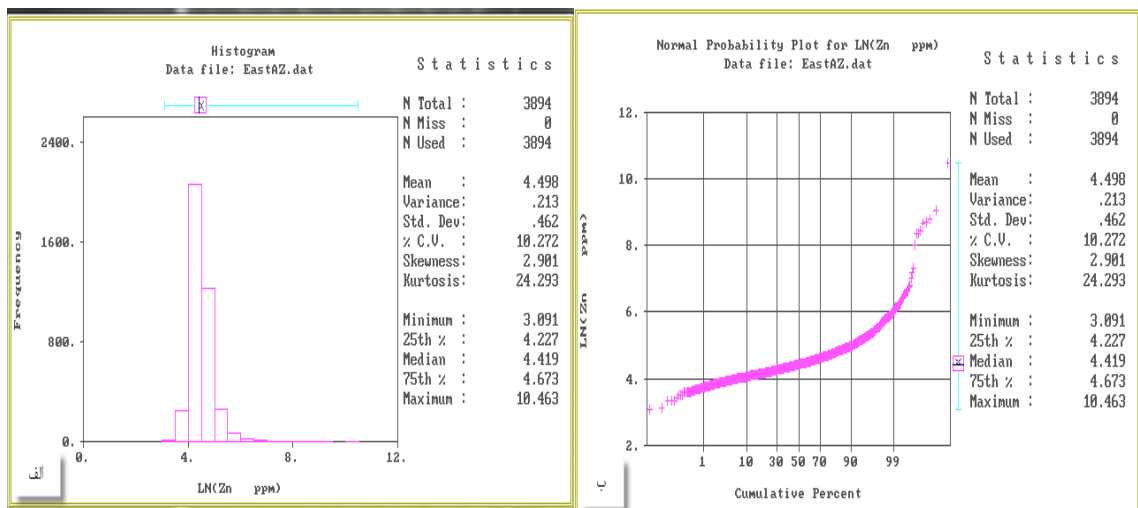
شکل (پ-۱-۵۶) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Te



شکل (پ-۱-۵۷) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Te



شکل (پ-۱-۵۸) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) Zn



شکل (پ-۱-۵۹) هیستوگرام (الف) و نمودار احتمال (ب) لگاریتم Zn

جدول (پ-1-1) ضریب همبستگی Kendall

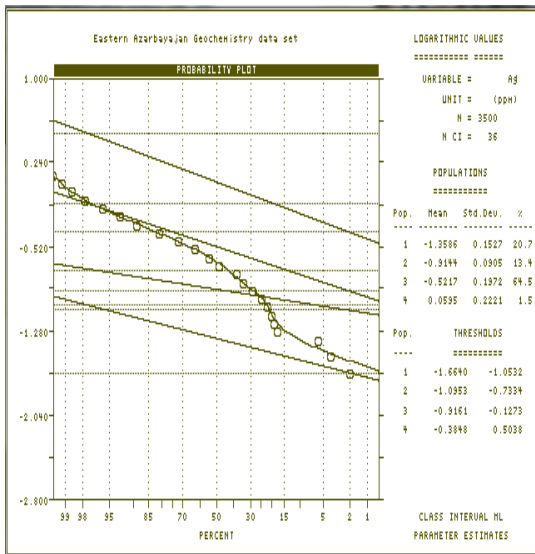
	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr					
Ag	1																																														
Al	-.21	1																																													
As	.18	-.13	1																																												
Ba	.15	.02	.15	1																																											
Be	.12	.07	.01	.32	1																																										
Bi	.36	-.19	.12	.04	.18	1																																									
Ca	.16	-.32	.06	-.09	-.19	.05	1																																								
Cd	.31	-.12	.34	.10	.09	.28	.07	1																																							
Ce	-.03	.19	-.06	.17	.44	.13	-.22	.05	1																																						
Co	-.03	.23	.08	-.02	-.05	.00	-.09	.05	.18	1																																					
Cr	.07	-.01	.15	-.17	-.03	.15	.12	.19	.07	.27	1																																				
Cs	.15	.08	.23	-.02	-.01	.09	.10	.19	.00	.22	.30	1																																			
Cu	-.02	.15	.04	.21	.28	-.02	-.17	-.02	.25	.24	-.02	-.03	1																																		
Fe	.04	.24	.08	.06	.02	.04	-.13	.03	.18	.60	.25	.21	.25	1																																	
Hg	.38	-.15	.18	.15	.23	.33	.10	.28	.03	-.04	.18	.35	.07	.07	1																																
K	.19	-.01	.13	.39	.51	.13	-.11	.11	.24	-.15	-.08	.06	.21	-.05	.29	1																															
La	-.03	.26	-.08	.20	.44	.08	-.22	.04	.73	.12	.06	.02	.23	.18	.07	.26	1																														
Li	.16	-.03	.10	.02	.15	.13	.11	.12	.01	-.04	.11	.14	.00	.20	.14	.20	-.01	1																													
Mg	-.08	.26	.02	-.06	-.11	-.19	.09	-.01	-.03	.25	.21	.26	.08	.17	-.06	-.06	-.01	.13	1																												
Mn	.09	.19	.19	.14	.11	.04	-.05	.20	.18	.41	.21	.25	.26	.40	.15	.10	.18	.02	.25	1																											
Mo	.02	.09	.22	.30	.25	.02	-.18	.12	.19	.09	-.06	.00	.28	.14	.09	.29	.19	.00	.00	.19	1																										
Na	-.32	.39	-.23	.06	-.03	-.32	-.29	-.27	.11	.10	-.16	-.14	.06	-.10	-.29	-.10	.15	-.29	.08	-.02	.02	1																									
Nb	-.02	.24	.10	-.03	.05	.02	-.10	.08	.21	.28	.29	.42	.02	.31	.09	.05	.23	.04	.17	.27	.13	.04	1																								
Ni	-.06	.00	.05	-.23	.02	.12	.05	.16	.15	.24	.54	.11	.04	.08	.01	-.12	.11	.12	.13	.13	-.07	-.14	.12	1																							
P	.05	.14	.03	.29	.38	.00	-.09	.02	.33	.18	.01	.11	.42	.31	-.02	.11	.35	-.02	.14	.25	.24	.11	.13	-.07	1																						
Pb	.25	.02	.19	.15	.25	.36	-.06	.44	.21	.08	.16	.18	.05	.10	.24	.19	.20	.11	-.06	.21	.17	-.19	.22	.14	.08	1																					
Rb	.20	.00	.20	.19	.44	.23	-.05	.21	.21	-.09	.08	.24	.10	.58	.28	-.25	.18	.28	-.04	.13	.21	-.25	.18	.05	.18	0.32	1																				
S	.39	-.28	.19	.11	.09	.39	.24	.29	-.03	-.12	.07	.06	-.07	-.09	.29	.14	-.06	.17	-.12	-.02	.08	-.38	-.08	.01	-.01	.23	.17	1																			
Sb	.27	-.13	.40	.25	.24	.35	-.05	.35	.15	.06	.11	.14	.14	.11	.35	.27	.12	.06	-.12	.18	.25	-.25	.08	.04	.14	.36	.29	.23	1																		
Sc	.06	.31	.15	-.04	-.02	.03	.01	.13	.06	.45	.36	.41	.15	.42	.13	-.04	.06	.13	.46	.41	.03	-.03	.30	.20	.18	.12	.09	-.02	.07	1																	
Sn	.23	-.06	.13	-.06	.06	.28	.01	.26	.07	.04	.28	.31	-.14	.11	.27	.08	.06	.13	.00	.11	.00	-.21	.33	.14	-.01	.28	.24	.19	.16	.18	1																
Sr	-.18	.10	-.20	.14	-.07	-.23	.06	-.25	.03	.02	-.26	-.28	.11	.00	-.27	-.10	.04	-.08	.03	-.10	.02	.30	-.21	-.18	.11	-.23	-.29	-.09	-.22	-.16	-.35	1															
Te	.49	-.18	.08	.15	.29	.43	.08	.23	.11	.03	.11	.13	.08	.11	.49	.25	.11	.11	-.16	.11	.04	-.28	-.01	.00	.17	.26	.23	.34	.33	.07	.17	-.18	1														
Th	.28	.08	.04	.03	.23	.41	-.01	.23	.27	.21	.25	.35	-.01	.26	.30	.15	.29	.12	-.01	.21	.03	-.15	.38	.16	.14	.40	.30	.22	.21	.24	.38	-.25	.38	1													
Ti	-.09	.24	.04	.13	-.04	-.17	-.14	-.10	.15	.52	.12	.16	.23	.60	-.07	-.07	.16	-.18	.20	.29	.12	.29	.25	-.03	.26	-.07	-.16	-.23	.01	.30	-.05	.15	-.04	.04	1												
Tl	.30	.08	.15	-.05	.02	.30	.08	.31	.05	.17	.34	.54	-.11	.23	.42	.08	.08	.13	.13	.23	-.01	-.17	.43	.14	.05	.33	.25	.20	.18	.35	.44	-.34	.26	.54	.03	1											
U	.29	.06	.14	.05	.08	.23	.05	.22	.11	.24	.27	.49	-.04	.30	.29	.12	.12	.09	.15	.26	.04	-.10	.40	.06	.17	.26	.23	.18	.14	.34	.38	-.24	.25	.56	.17	.58	1										
V	-.04	.21	.08	.14	-.03	-.10	-.12	-.08	.11	.55	.09	.11	.31	.65	-.02	-.05	.10	-.15	.16	.32	.17	.22	.17	-.04	.25	-.04	-.15	-.17	.07	.31	-.07	.15	.03	.05	.73	.01	.13	1									
W	-.02	.02	.11	.32	.34	.06	-.23	.04	.27	.06	-.16	-.19	.38	.07	-.03	.26	.22	-.01	-.14	.09	.34	.06	-.06	-.08	.25	.08	.11	-.01	.25	-.08	-.13	.10	.06	-.04	.11	-.21	-.10	.18	1								
Y	.27	.04	.14	-.04	.11	.27	.14	.25	.14	.16	.37	.46	-.06	.17	.34	.12	.13	.21	.18	.26	-.02	-.23	.41	.19	.11	.31	.32	.19	.15	.40	.45	-.37	.27	.52	.02	.56	.53	-.01	-.19	1							
Zn	-.01	.17	.12	.11	.05	.02	-.21	.19	.17	.36	.09	.07	.24	.38	-.06	-.02	.14	-.02	.08	.33	.18	.07	.19	.09	.12	.28	.02	-.04	.15	.20	.08	.01	-.03	.12	.28	.08	.09	.33	.22	.04	1						
Zr	.52	-.18	.05	.14	.17	.36	.17	.14	-.01	-.06	.06	.15	-.05	.03	.40	.20	-.01	.25	-.15	.01	-.05	-.32	.00	-.08	.04	.18	.22	.38	.19	.06	.23	-.13	.50	.34	-.10	.27	.31	-.05	-.04	.31	-.10	1					

جدول (پ-۱-۲) ضریب همبستگی Pearson

	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr										
Ag	1																																																			
Al	-.17	1																																																		
As	.21	-.07	1																																																	
Ba	.17	.02	.12	1																																																
Be	.07	.09	-.06	.27	1																																															
Bi	.19	-.14	-.03	.01	.32	1																																														
Ca	.11	-.48	.04	-.13	-.27	-.02	1																																													
Cd	.30	-.03	.41	-.01	-.01	.07	.1	1																																												
Ce	-.03	.22	-.06	.14	.55	-.28	-.02	.1	1																																											
Co	.02	.25	.06	-.01	-.13	.05	-.16	.10	.18	1																																										
Cr	-.01	.02	.09	-.13	-.13	-.01	.04	.01	-.02	.39	1																																									
Cs	.09	.21	.08	.00	-.10	.08	.04	.03	.04	.38	.31	1																																								
Cu	.07	.15	-.01	.18	.38	-.19	-.18	-.01	.25	.23	-.01	.01	1																																							
Fe	.00	.23	.00	.06	.55	.18	-.20	-.03	.23	.76	.24	.24	.22	1																																						
Hg	.30	-.27	.15	.18	-.13	.35	.09	.26	.02	-.09	.15	.42	.08	-.04	1																																					
K	.14	-.01	.00	.40	-.13	.15	-.21	-.01	.30	-.27	-.15	-.02	.30	-.14	.39	1																																				
La	-.03	.30	-.06	.16	-.10	.17	-.28	-.02	.92	.12	.00	.09	.23	.24	.06	.31	1																																			
Li	.15	-.01	.05	.02	.17	.13	.12	.04	.00	-.08	-.04	.09	.02	-.16	.15	.23	-.02	1																																		
Mg	-.02	.35	.04	-.11	-.20	-.24	.08	.03	-.03	.40	.42	.47	.09	.19	-.04	-.16	.01	.14	1																																	
Mn	.11	.15	.11	.12	.15	.07	-.03	.01	.21	.43	.17	.30	.25	.39	.15	.06	.22	.01	.27	1																																
Mo	.09	.05	.08	.12	.20	.11	-.09	.10	.17	.08	.02	.02	.35	.13	.06	.18	.16	.01	-.01	.12	1																															
Na	-.26	.54	-.15	-.01	-.08	-.27	-.41	-.06	.13	.07	-.09	-.16	.00	.10	-.44	-.18	.19	-.36	.04	-.13	-.04	1																														
Nb	-.04	.42	.05	-.04	-.02	-.01	-.12	.01	.25	.40	.25	.69	.01	.36	.13	-.03	.28	.03	.44	.30	.11	.04	1																													
Ni	-.03	.02	.12	-.19	-.08	.03	.02	.07	.02	.39	.86	.24	.00	.14	.05	-.18	.02	.05	.43	.17	-.05	-.13	.19	1																												
P	.02	.13	-.03	.20	.44	.07	-.10	-.02	.57	.14	-.01	.16	0.5	.20	.15	.36	.60	.00	.14	.22	.17	.10	.19	-.06	1																											
Pb	.31	-.02	.36	.00	.01	.01	.05	.98	-.01	.10	.01	.04	.01	-.03	.14	.00	.00	.05	.03	.02	.11	-.06	.03	.06	-.02	1																										
Rb	.14	.00	.05	.23	.64	.26	-.10	.00	.32	-.18	-.04	.20	.20	-.14	.43	.77	.30	.36	-.08	.14	.17	-.39	.19	-.02	.26	.02	1																									
S	.11	-.20	-.01	-.01	-.08	.03	.21	-.01	-.13	-.11	-.03	-.06	-.06	-.09	.09	-.01	-.14	.17	.01	-.08	.02	-.15	-.11	-.04	-.06	-.01	-.02	1																								
Sb	.16	-.04	.81	.15	-.02	.03	-.03	.20	-.01	.02	.03	.04	.00	.00	.37	.03	-.02	.03	.00	.07	.04	-.10	.03	.06	-.02	.18	.06	-.01	1																							
Sc	.01	.47	.02	-.10	-.12	-.03	-.05	-.02	.04	.57	.34	.58	.21	.41	.13	-.18	.05	.08	.69	.41	.02	-.05	.57	.31	.17	-.01	.02	-.08	.00	1																						
Sn	.11	.04	.13	-.04	.05	.09	-.08	.04	.10	.04	.11	.28	-.04	.06	.23	.05	.10	.10	.08	.12	.11	-.16	.35	.09	.03	.06	.24	.00	.09	.18	1																					
Sr	.00	.02	-.08	.12	-.12	-.14	.16	-.05	-.02	-.01	-.13	-.21	-.01	.01	-.22	-.09	-.01	.01	.01	-.11	-.01	.26	-.24	-.13	.05	-.05	-.29	.46	-.07	-.18	-.22	1																				
Te	.25	-.20	-.05	.10	.43	.65	-.03	-.02	.20	.04	-.03	.02	.09	.08	.51	.24	.18	.12	-.26	.12	.03	-.36	-.12	.01	.09	-.01	.28	.00	.00	-.03	.04	-.17	1																			
Th	.16	.07	-.01	.02	.30	.47	-.07	.01	.39	.26	.14	.36	.05	.34	.29	.13	.38	.07	.02	.23	.09	-.16	.38	.13	.15	.02	.29	-.03	.01	.21	.22	-.16	.41	1																		
Ti	-.07	.25	-.03	.15	-.08	-.09	-.21	-.04	.23	.71	.11	.23	.20	.82	-.14	-.13	.25	-.22	.19	.29	.09	.28	.37	.00	.29	-.04	.25	-.13	-.03	.35	-.01	.10	-.09	.12	1																	
Tl	.17	.19	.10	-.06	-.05	.14	.01	.04	.04	.27	.42	.69	-.09	.20	.55	-.01	.08	.12	.37	.30	.08	-.23	.69	.34	.02	.05	.25	-.01	.06	.53	.42	-.30	.13	.45	.05	1																
U	.21	.15	.04	.05	.07	.18	-.02	.02	.20	.37	.25	.64	.04	.34	.33	.06	.21	.07	.29	.37	.10	-.14	.59	.16	.22	.03	.23	.00	.03	.47	.32	-.17	.17	.64	.26	.68	1															
V	-.03	.16	-.02	.14	-.09	.02	-.17	-.04	.13	.71	.10	.13	.24	.87	-.10	-.14	.12	-.21	.12	.31	.12	.16	.19	-.02	.20	-.04	-.25	-.10	-.02	.32	-.05	.10	.00	.13	.90	-.01	.20	1														
W	.07	.01	.04	.17	.28	.14	-.14	.03	.23	.06	-.07	-.12	.46	.12	-.04	.21	.20	.00	-.11	.10	.32	.01	-.07	-.07	.19	.04	.12	-.04	.05	-.06	-.03	.02	.05	.08	.10	-.14	-.01	.14	1													
Y	.16	.12	.04	-.02	.21	.21	.11	.03	.40	.21	.22	.55	.04	.12	.40	.13	.40	.22	.34	.33	.05	-.29	.63	.20	.36	.04	.41	-.01	.03	.54	.39	-.31	.23	.46	.06	.61	.61	-.05	-.07	1												
Zn	.28	-.02	.41	.00	-.01	-.01	.04	.98	-.01	.14	.01	.03	.01	.01	-.02	-.01	-.01	.02	.03	.03	.10	-.04	.02	.07	-.01	.96	-.01	-.01	.21	.00	.03	-.03	-.02	.01	.00	.03	.02	.00	.04	.02	1											
Zr	.42	-.23	-.04	.12	.23	.44	.16	-.03	.02	-.07	-.07	.13	-.04	-.02	.48	.21	.02	.28	-.21	-.01	-.06	-.40	-.11	-.09	.05	-.02	.26	.13	-.01	-.01	.10	-.05	.59	.35	-.11	.21	.33	-.06	-.06	.30	-.03	1										

جدول (پ-۱-۳) حدود آستانه و زیر جوامع داده های
Ag بعد از مدل سازی

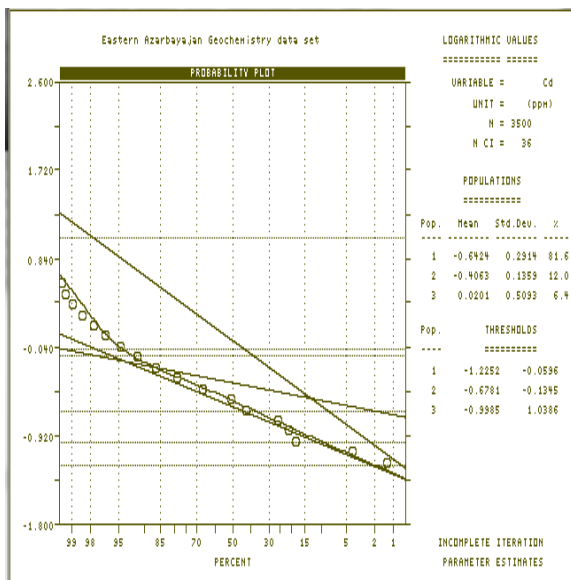
Pop	Mean	%	Thresholds Ag (ppm)	مقدار زمينه Ag (ppm)
1	0.04	20.67	0.02-0.09	(Soil) Ag≈0.1
2	0.12	13.36	0.08-0.19	(Basalt) Ag≈0.1
3	0.3	64.15	0.12-0.75	
4	1.1	1.46	0.41-3.19	



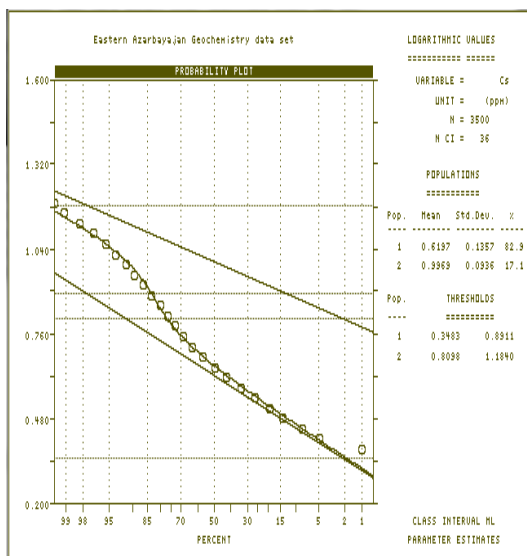
شکل (پ-۱-۶۰) نمودار مدل سازی Ag

جدول (پ-۱-۴) حدود آستانه و زیر جوامع داده های
Cd بعد از مدل سازی

Pop	Mean	%	Thresholds Cd (ppm)	مقدار زمينه Cd (ppm)
1	0.24	94.76	0.06-0.95	(Soil) Cd≈1
2	1.19	3.94	0.6-2.35	
3	4.19	1.3	0.22-79.59	(Basalt) Cd≈0.1



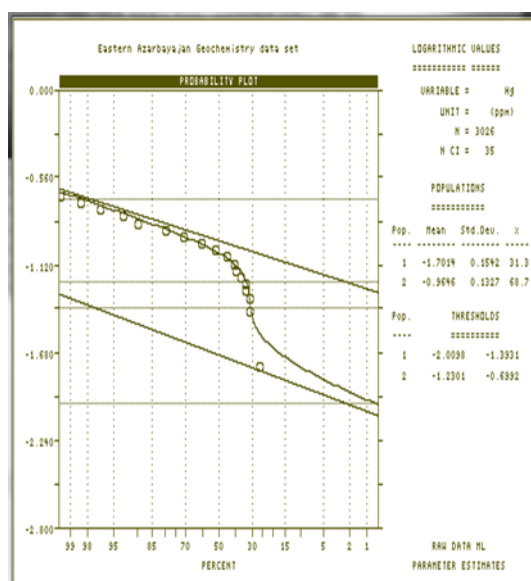
شکل (پ-۱-۶۱) نمودار مدل سازی Cd



جدول (پ-۱-۵) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Cs بعد از مدل سازی

Pop	Mean	%	Thresholds Cs (ppm)	مقدار زمینه Cs (ppm)
1	3.76	61.14	2.3-6.14	(Soil)Cs≈6
2	7.23	38.86	3.47-15.06	(Basalt) Cs≈1

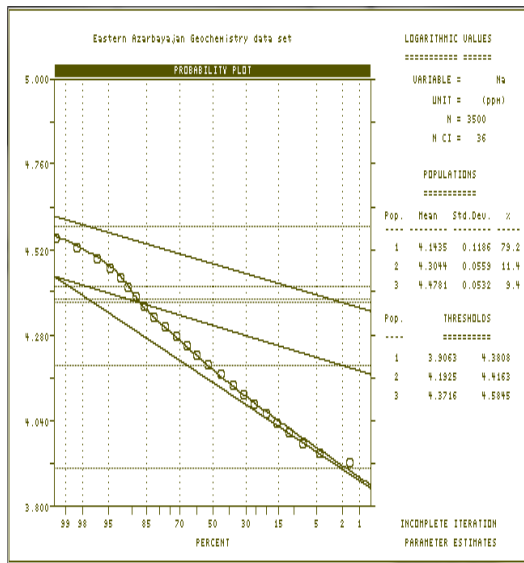
شکل (پ-۱-۶۲) نمودار مدل سازی Cs



جدول (پ-۱-۶) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Hg بعد از مدل سازی

Pop	Mean	%	Thresholds Hg (ppm)	مقدار زمینه Hg (ppm)
1	0.02	34.87	0.007-0.06	(Soil) Hg≈0.03
2	0.11	65.13	0.07-0.19	(Basalt) Hg≈0.08

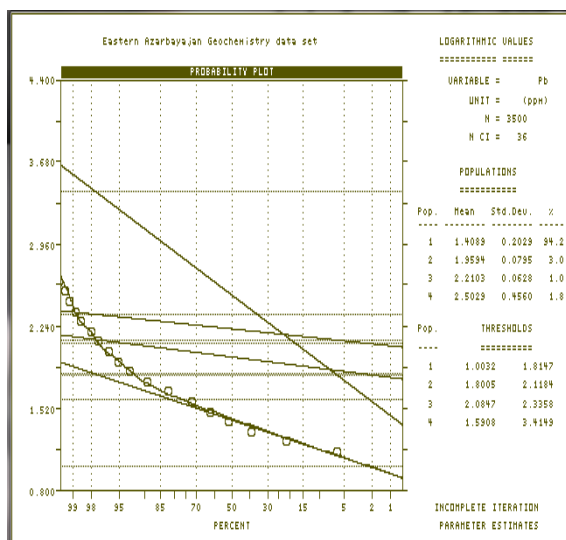
شکل (پ-۱-۶۳) نمودار مدل سازی Hg



شکل (پ-۱-۶۴) نمودار مدل سازی Na

جدول (پ-۱-۷) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Na بعد از مدل سازی

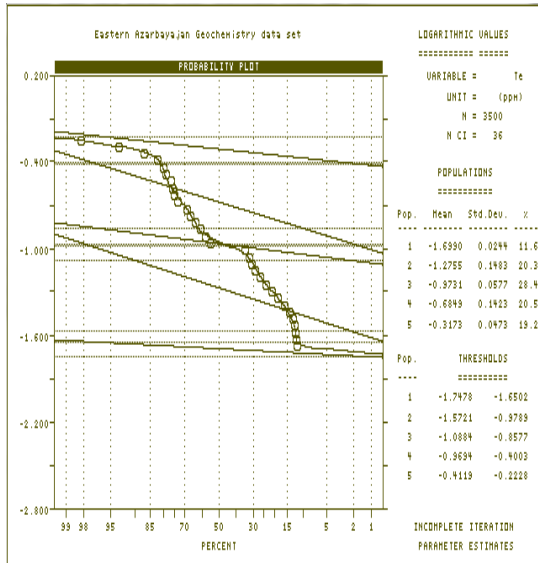
Pop	Mean	%	Thresholds Na (ppm)	مقدار زمینه (ppm) Na
1	13916.6	79.19	8058.48-24033.11	(Soil)≈...
2	20156.5	11.45	15578.95-26078.95	
3	30064.3	9.36	23529.47-38413.99	(Basalt)≈...



شکل (پ-۱-۶۵) نمودار مدل سازی Pb

جدول (پ-۱-۸) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Pb بعد از مدل سازی

Pop	Mean	%	Thresholds Pb (ppm)	مقدار زمینه (ppm) Pb
1	25.64	94.23	10.07-65.26	(Soil) Pb≈(2-200)
2	91.06	2.98	63.164-131.35	
3	162.28	0.98	121.53-216.69	(Basalt) Pb≈5
4	318.31	1.81	38.97-2599.76	

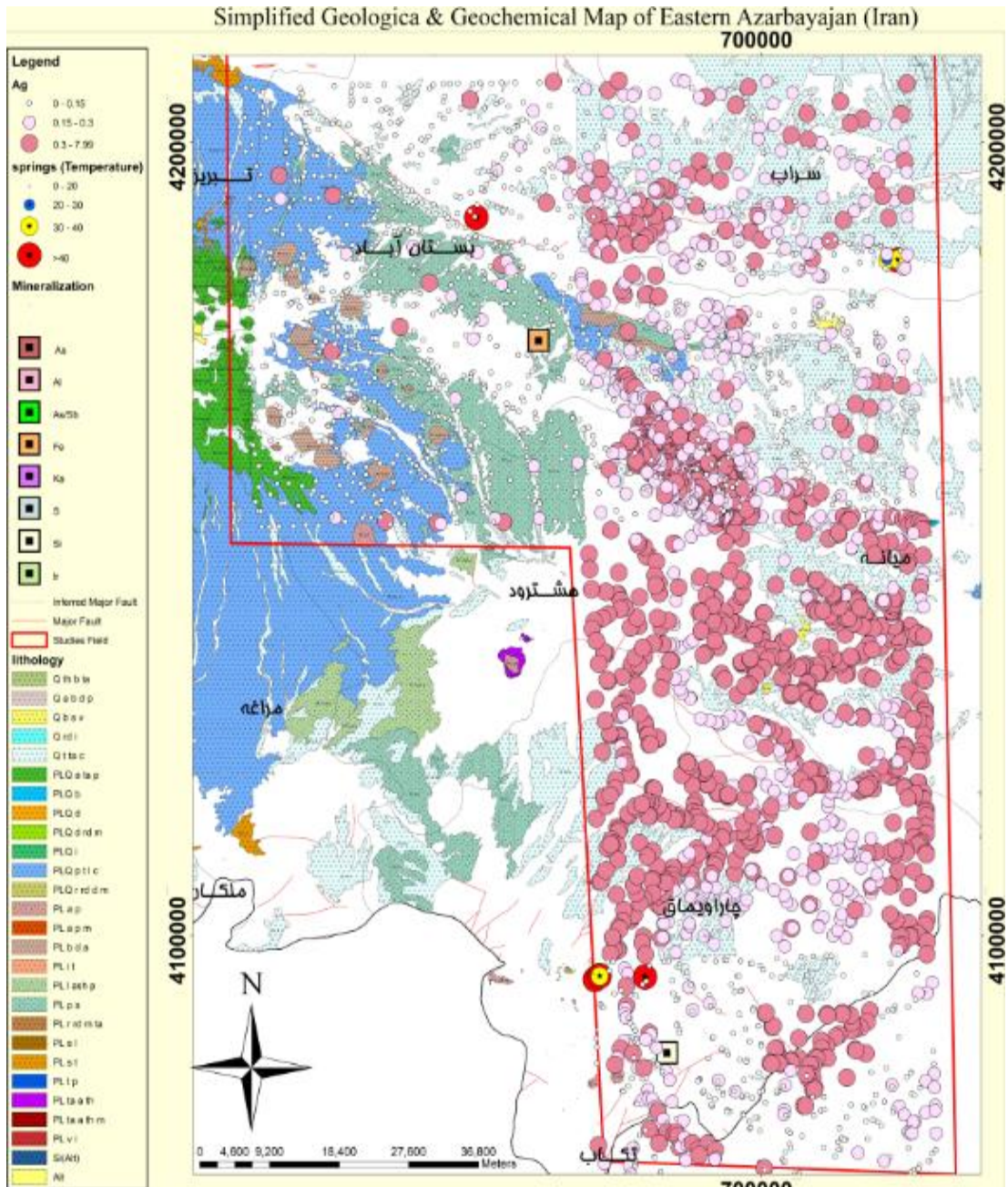


جدول (پ-۱-۹) حدود آستانه و زیر جوامع داده های Te بعد از مدل سازی

Pop	Mean	%	Thresholds Te (ppm)	مقدار زمینه (ppm) Te
1	0.02	11.6	0.018-0.02	(Soil) Te≈ nd
2	0.05	20.26	0.03-0.11	(Basalt) Te≈0.01
3	0.11	28.41	0.08-0.14	
4	0.21	20.52	0.11-0.4	
5	0.48	19.22	0.39-0.6	

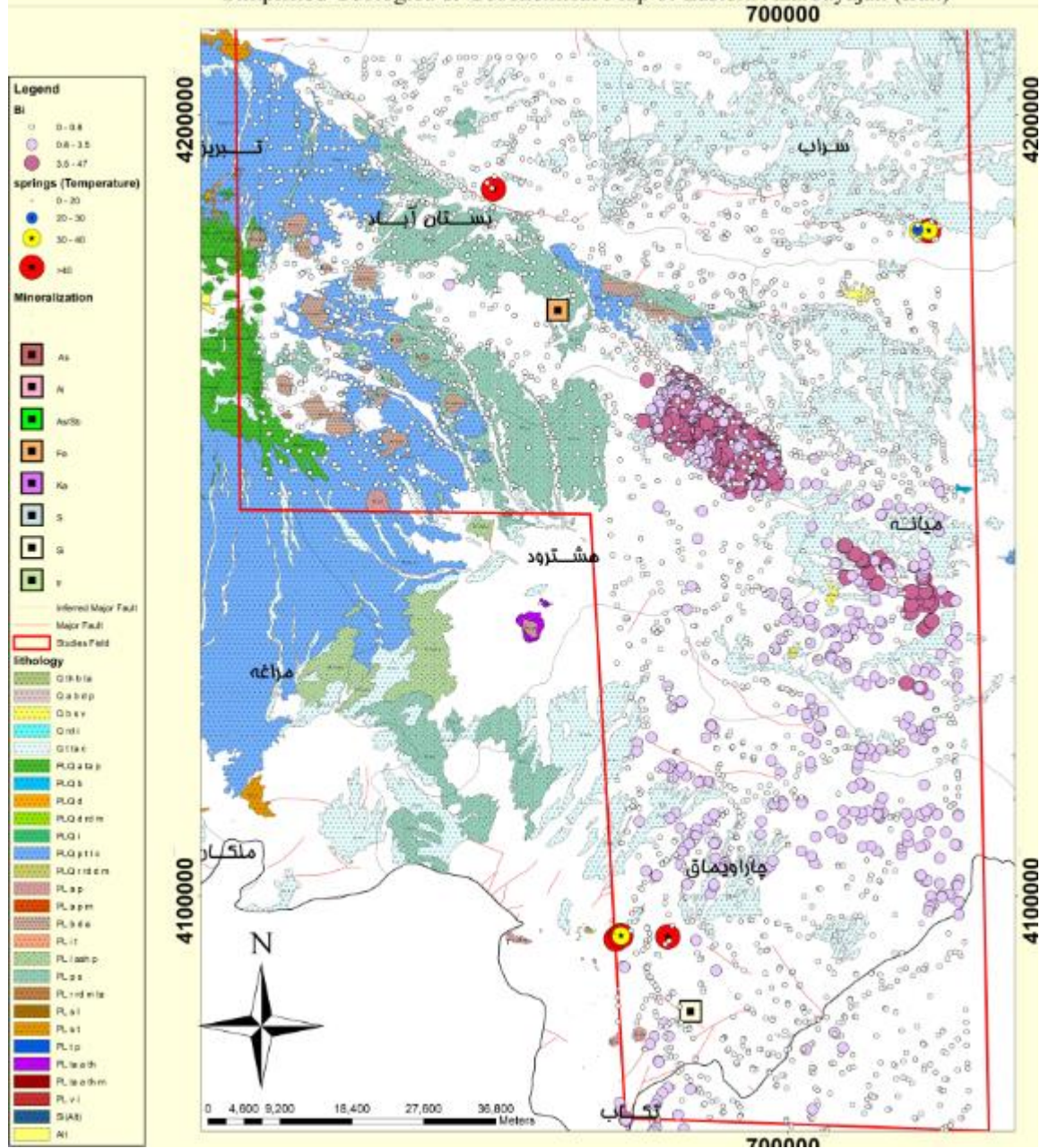
شکل (پ-۱-۶۶) نمودار مدل سازی Te

پیوست ۲



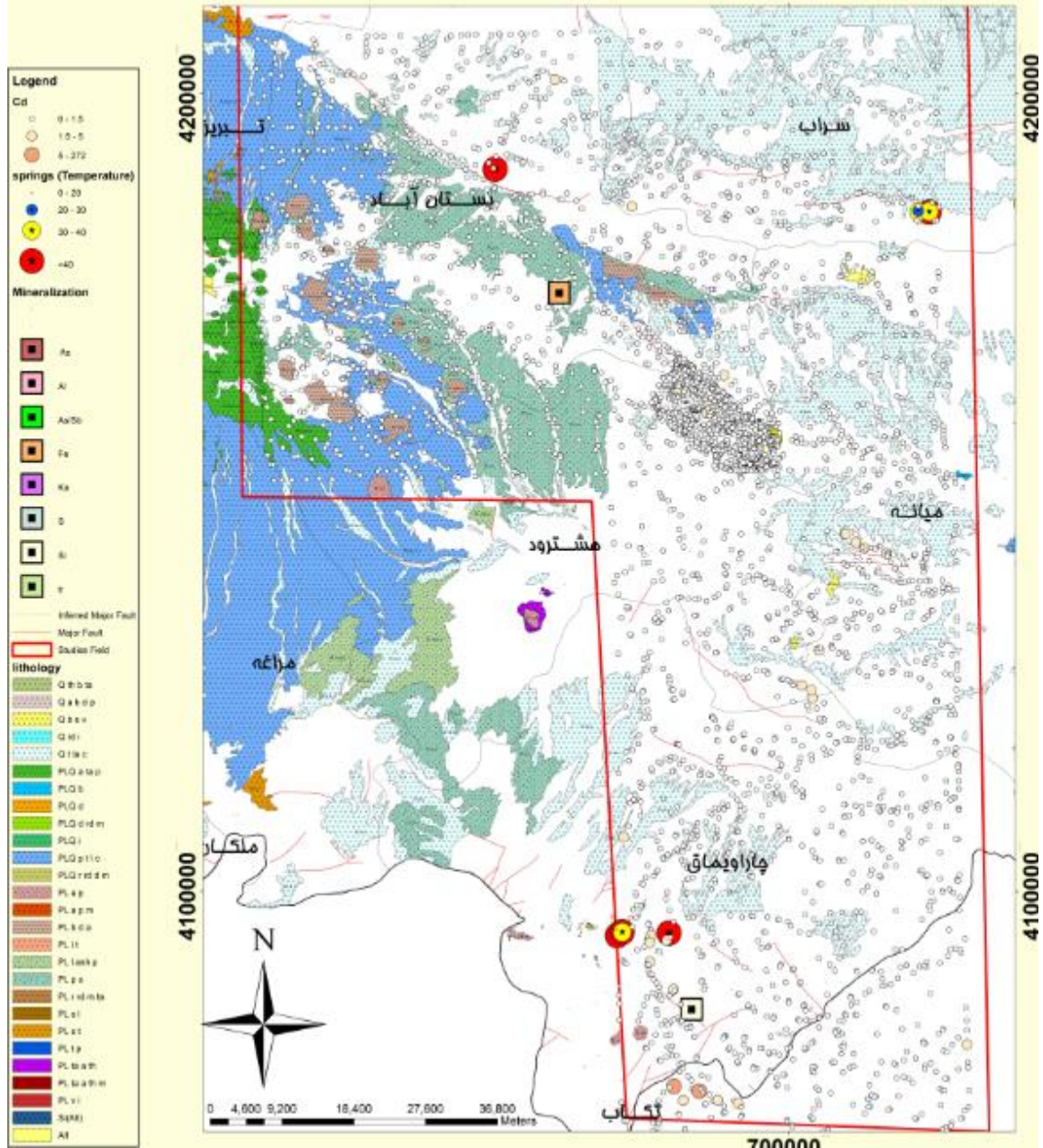
شکل (پ-۲-۱) نقشه پراکندگی غلظت Ag با زمین شناسی منطقه

Simplified Geologica & Geochemical Map of Eastern Azarbaijan (Iran)

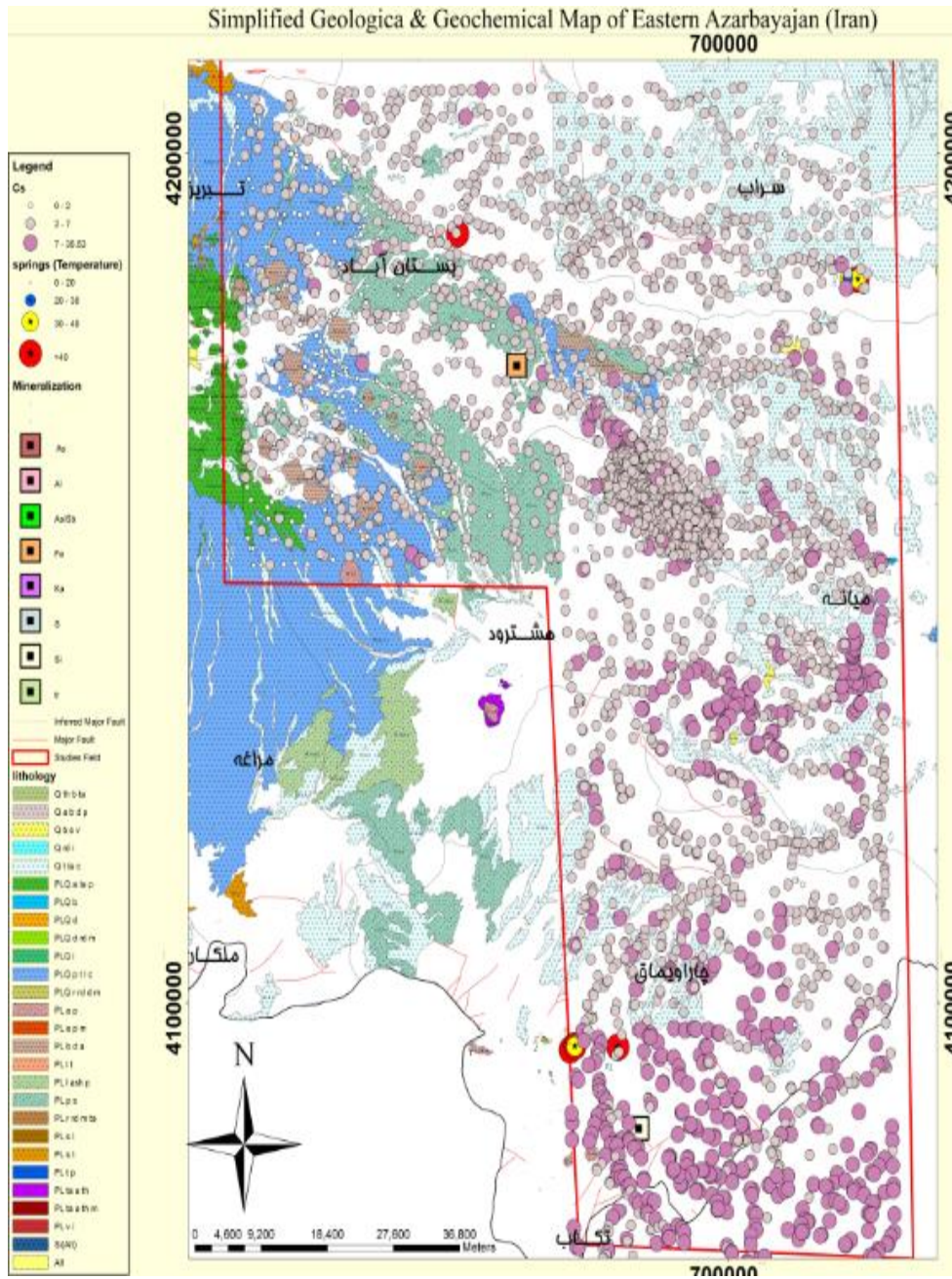


شکل (پ-۲-۲) نقشه پراکندگی غلظت Bi با زمین شناسی منطقه

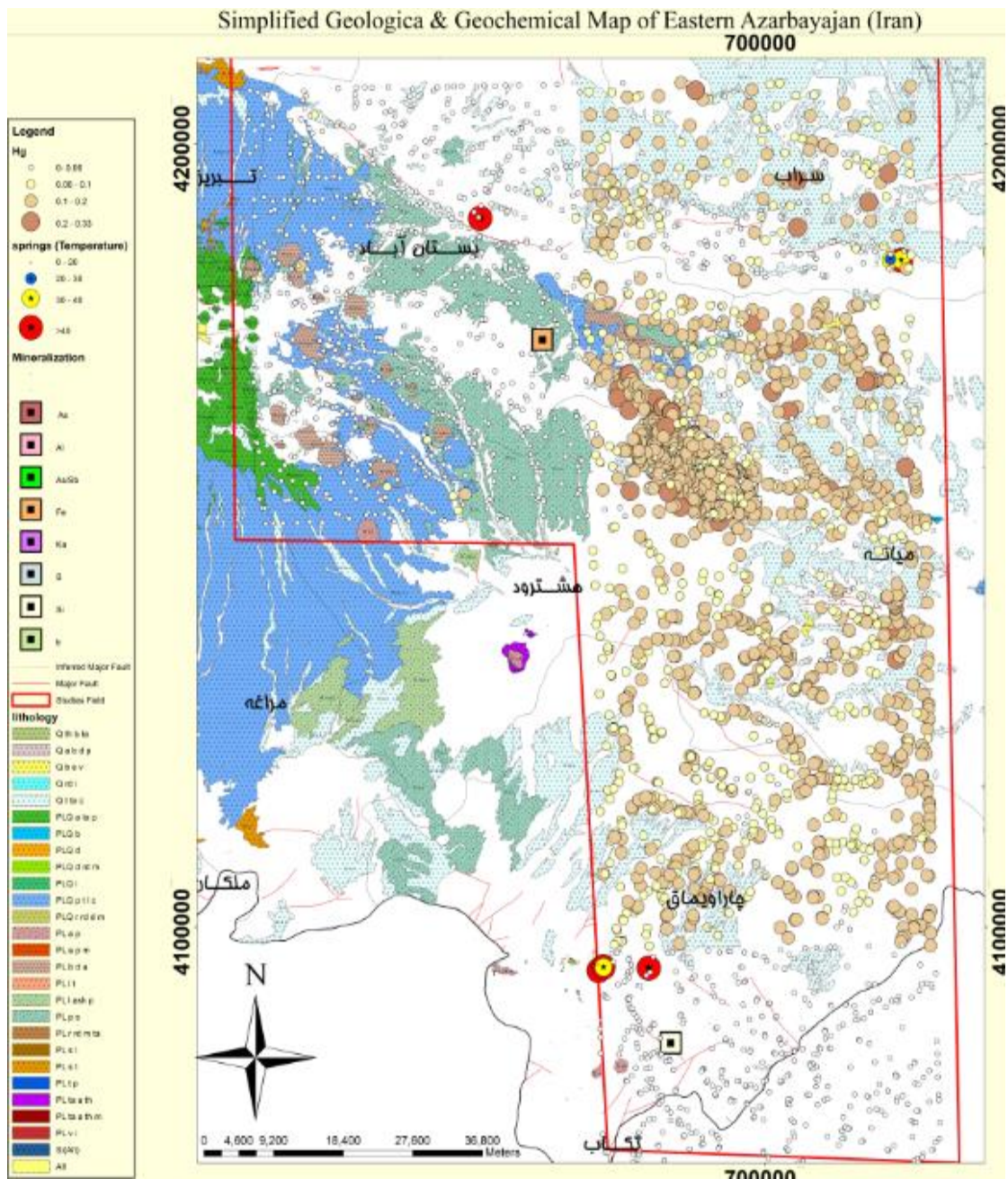
Simplified Geologica & Geochemical Map of Eastern Azarbayajan (Iran)
700000



شکل (پ-۲-۳) نقشه پراکندگی غلظت Cd با زمین شناسی منطقه

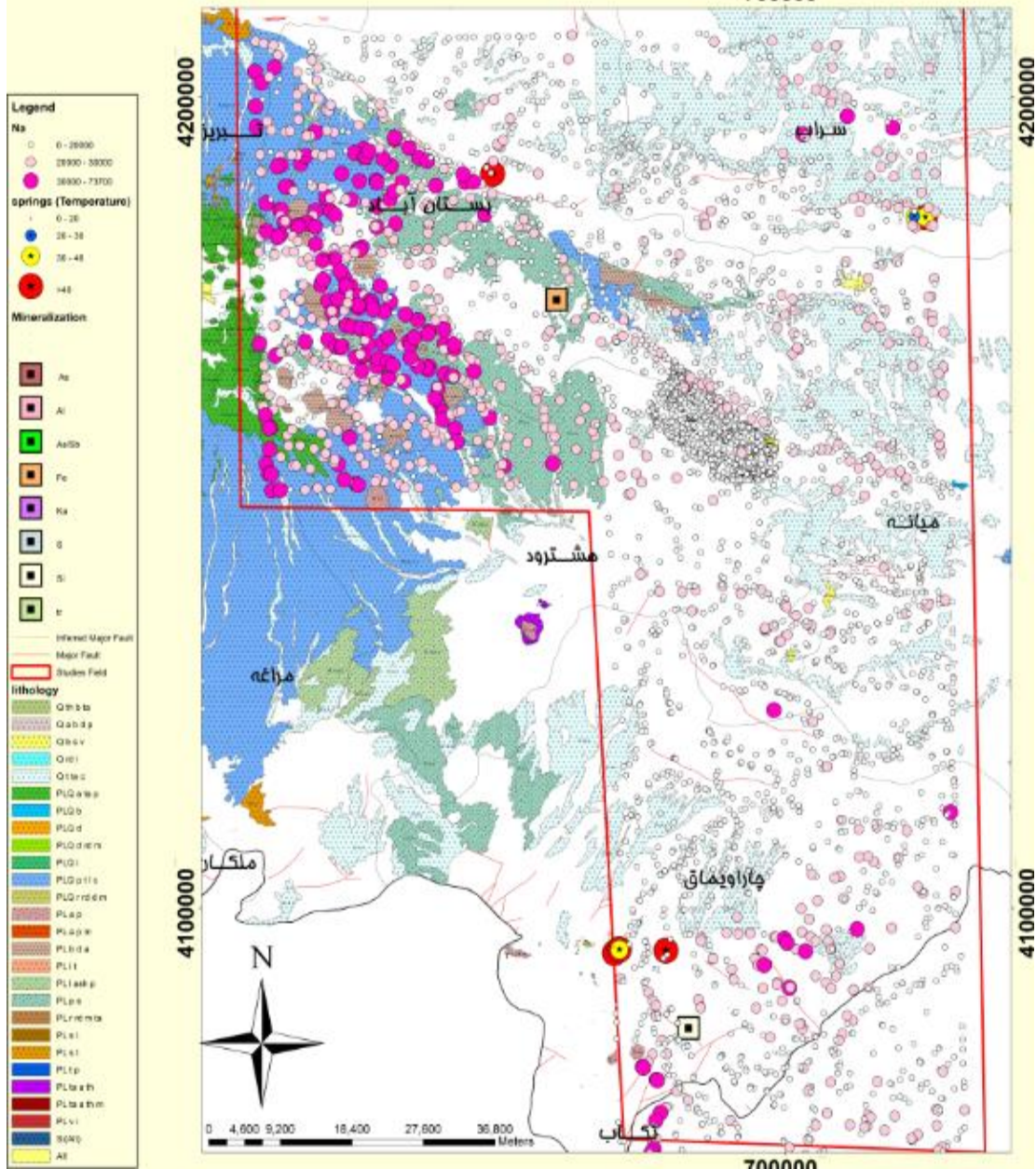


شکل (پ-۲-۴) نقشه پراکندگی غلظت Cs با زمین شناسی منطقه

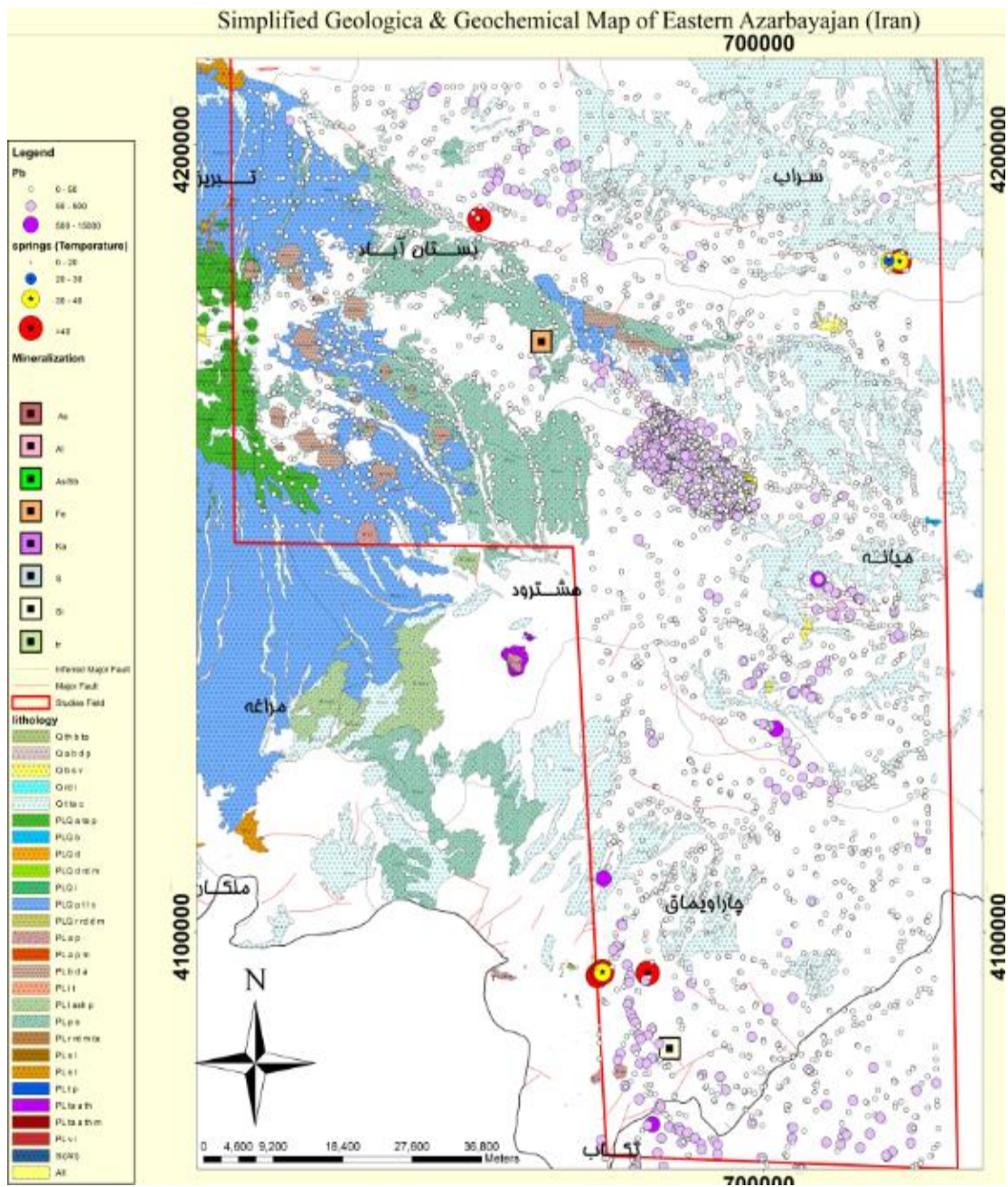


شکل (پ-۲-۵) نقشه پراکندگی غلظت Hg با زمین شناسی منطقه

Simplified Geologica & Geochemical Map of Eastern Azarbayajan (Iran)
700000

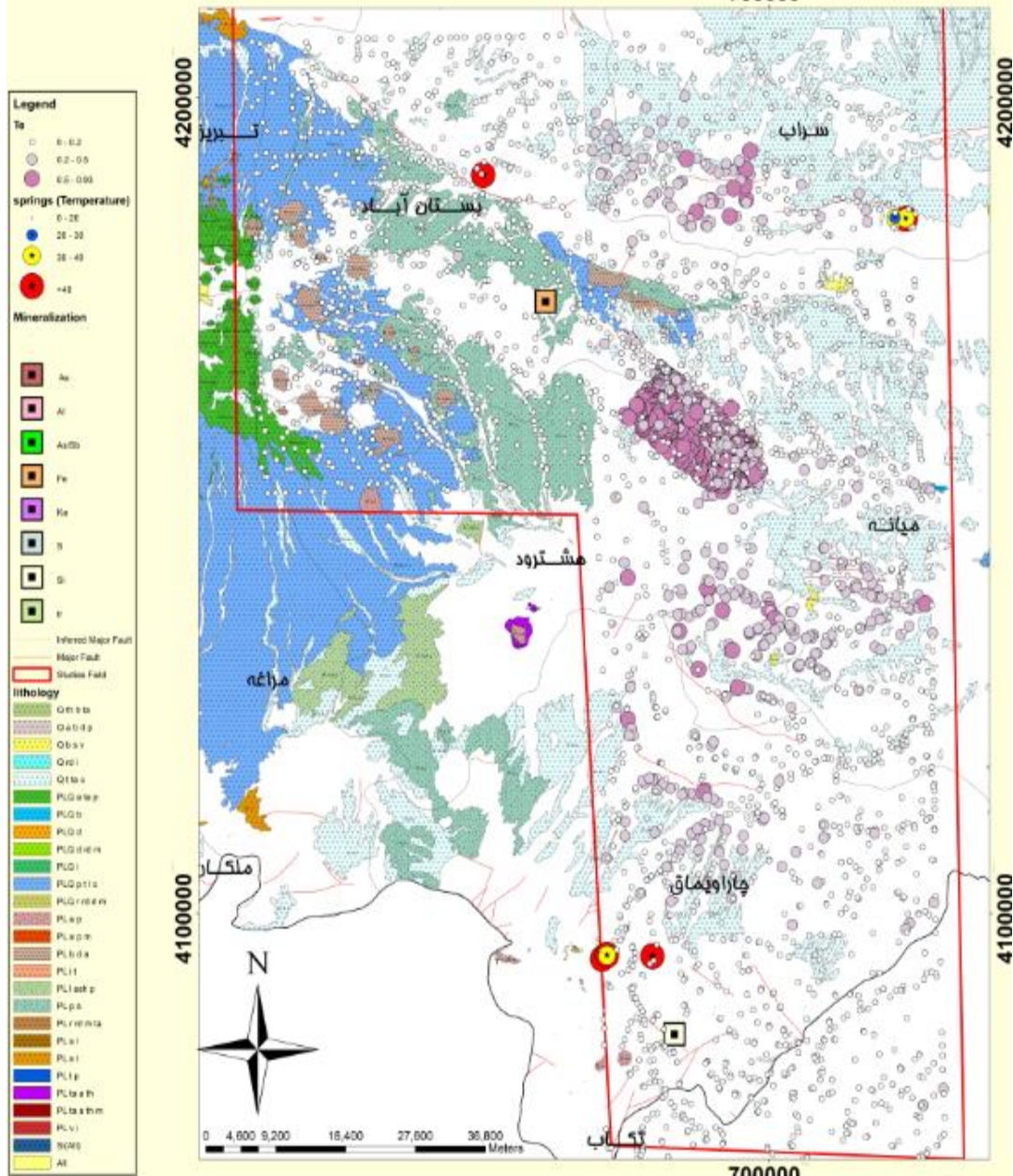


شکل (پ-۲-۶) نقشه پراکندگی غلظت Na با زمین شناسی منطقه



شکل (پ-۲-۷) نقشه پراکندگی غلظت Pb با زمین شناسی منطقه

Simplified Geologica & Geochemical Map of Eastern Azarbayajan (Iran)
700000



شکل (پ-۲-۸) نقشه پراکندگی غلظت Te با زمین شناسی منطقه

Abstract

Geochemical studies accompany with geological data, remote sensing and geophysics is considered as basis data for identification of the areas with geothermal potential. In this study, litho-geochemical data in East Azerbaijan Province has been applied to identify the geochemical indicators related to the areas of geothermal potential. Due to the fact that in parts of the study Province, there is no access to the full geochemical data, this research has focused on the Southern part of East Azerbaijan Province, including Bostanabad, Hashtrud, Qara Chaman and Takhte Soliman for which complete litho-geochemical data is available. There is also young volcanic activities such as Sahand and Sabalan, hot springs and altered areas in the selected region.

Single-variant and multi-variant analysis on litho-geochemical data were performed to identify controlling variables. The results of single variant have indicated that the elements such as Ag, As, Ba, Bi, Ce, Cr, Pb, Te, Hg, Ni, W, Th, S, Cd, As, Zn have been specified as the important elements. To determine the relationship between the elements, correlation coefficients (Kendall, Spearman, Pearson) have been calculated and the elements of Hg, Cs, Cd, Bi, As, Ag, Na, Pb, S, Sb, Te, Th, Tl, Zr were selected. Based on cluster analysis as multi-variant analysis, the elements Cs, Hg, Ag, Sb, As, Ba, S, Ca, Sr, Ni, Mg, Sc, Li and according to the factor analysis the elements As, Bi, Cd, Cs, Hg, S, Sb can be suggested as significant components. As conclusions of the analyses the elements of As, S, Sb have been introduced as geochemical indicator.

Some samples were collected from the soil and altered rocks around the hot springs and were analyzed by ICP-OES method for 42 elements. The results of these samples, have showed high concentrations for Ca, Fe, Al, Sb, S, As and the concentrations of Sb, S, were abnormally high in the study area.

Therefore, elements of Sb, S, As are modeled by probability plot to identify anomaly values and areas. The geochemical distribution maps of elements accompany to geological data (young volcanic), hot springs, geological alterations, major faults and mine related to geothermal were used to separate high potential areas for geothermal investigation. Charoymaq area was introduced based on geological, hydrogeochemical, litho-geochemical and geophysical as high rank area for geothermal investigation.

Keywords: Indicators; geochemical; geothermal; hot springs; East Azerbaijan



Shahrood University of Technology

Faculty: Mining, Petroleum & Geophysics Engineering

Lithochemical studies for identification of geothermal indicators

(case study: East Azerbaijan)

Fatemeh Pak

Supervisors:

Dr Ghavami Riabi & Dr porkhial

Winter 92