«اکتشافات ژئوشیمیائی در منطقه شمال تکاب»

فیروز علی‌نیا [۱]، میراحسان میرمرتضوی [۲]

۱- استادیار دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

امروز بررسی ژئوشیمیائی رسوبات آبراهه ای، بعنوان یکی از کارآمدترین روشهای پی جویی، در اکثر پروژه های مهم اکتشافی بکار گرفته می شود. بر همین اساس و در راستای شناسایی مناطق پر پتانسیل ناحیه تکاب، مطالعه ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای منطقه بانجام رسید. به این منظور، پس از جمع آوری اطلاعات لازم، اقدام به طراحی شبکه نمونه برداری گردید و تعداد ۱۱۲ نمونه رسوب آبراهه ای از جزء ۸۰- مش برداشت شد. نمونه ها پس از آماده سازی جهت آنالیز شیمیایی ۳۱ عنصر به روش ICP به آزمایشگاه ACME کانادا ارسال گردید. بعد از مشخص شدن نتایج آنالیز نمونه ها، ۱۳ عنصر جهت مرحله پردازش داده‌ها و تهیه نقشه های ژئوشیمیایی انتخاب شدند. در مرحله پردازش، پس از محاسبه مقادیر سنسورد و حذف اثر سنگ بالادست، یک جامعه همگن کلی بدست آمد. به منظور انتخاب نمونه‌های آنومال از این جامعه، اقدام به نرمال و استانداردسازی جامعه شد و با استفاده از روشهای آماری تک متغیره $\overline{X} + ۲S$ و غربال P.N و نیز روش های آماری چند متغیره فاکتور آنالیز و رگرسیون داده‌ها مورد پردازش قرار گرفته و نقشه‌های مربوط به ناهنجاری های ژئوشیمیایی منطقه تهیه گردید. بر این اساس مناطق امید بخش مورد شناسایی قرار گرفته و جهت انجام اکتشافات مقدماتی معرفی شدند.

مقدمه

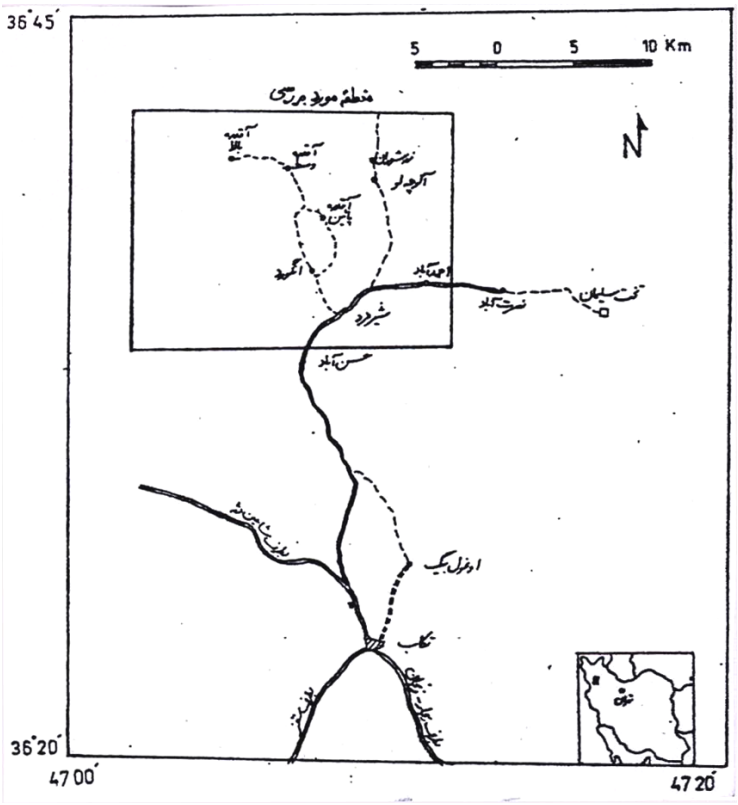
منطقه مورد بررسی با وسعتی در حدود ۴۰۰ کیلومتر مربع در ۱۸ کیلومتری شمال شهرستان تکاب واقع شده است. از لحاظ زمین شناسی، قسمت شرقی منطقه، بخشی از چهار گوش ۱:۱۰۰۰۰۰ تخت سلیمان و قسمت غربی منطقه، بخشی از چهار گوش ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ می‌باشد. جهت دسترسی به منطقه بایستی از جاده آسفالته تکاب- تخت سلیمان استفاده کرد. از دیدگاه جغرافیایی اقلیمی منطقه مورد بررسی که

جزئی از استان آذربایجان غربی می باشد، جزو مناطق کوهستانی ایران محسوب شده و زمستان های سرد و پوشیده از برف داشته و در تابستان ها دارای هوای معتدل می باشد.

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

ناحیه مورد بررسی بدلیل شرایط خاص زمین شناسی و قرار گرفتن در محل برخورد زون‌های ساختمانی سنندج- سیرجان، البرز- آذربایجان و ایران مرکزی جزو مناطق مهم معدنی ایران به شمار می‌آید.

عمده‌ترین رخنمون‌های سنگی منطقه عبارت از گدازه‌های مافیک- الترامافیک دگرگون شده در بخش شمال شرقی، میکاشیست‌های نواحی غربی و واحدی شامل شیل، کوراتزیت و توف در نواحی غربی می باشند که همگی مربوط به دوران پرکامبرین می‌باشند.



شکل ۱: کروکی و راه‌های قابل دسترسی معدن

ماسه‌سنگ‌های قرمز هم ارز سازند لالون که در بخش‌های شمالی و غربی منطقه رخنمون داشته و دارای سن کامبرین می‌باشند.

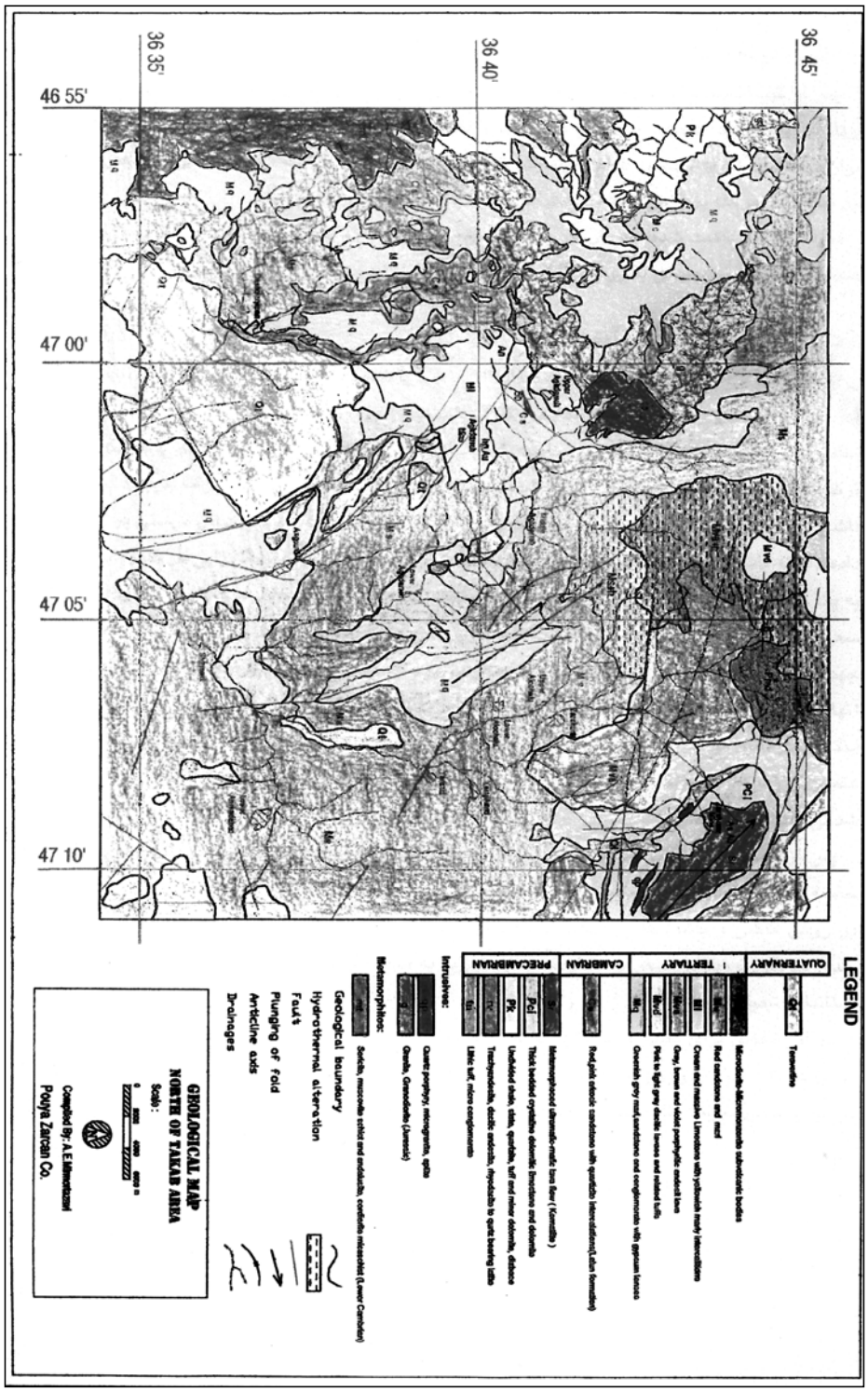
تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا که احتمالاً هم ارز بخش‌های پایینی سازند قم می‌باشند همراه با واحد سنگ آهک ریفی آقدره و نیز تناوبی از مارن و ماسه‌سنگ قرمز رنگ که در بخش‌های مرکزی و شرقی منطقه رخنمون وسیعی داشته و می‌توان آنرا هم‌ارز رسوبات سازند قرمز بالایی در نظر گرفت، همگی رسوبات مربوط به دوران ترشیری می‌باشند.

بعلاوه فعالیت‌های آتشفشانی دوران ترشیری موجب رسوب یک سری گدازه های پورفیری با ترکیب آندزیتی در بخش‌های شمال شرقی و نیز یک سری گدازه‌های داسیتی و توف‌های ریولیتی در قسمت‌های مرکزی شده است.

در راستای گسل بزرگ قینرجه، نهشته‌های گسترده‌ای از تراورتن دیده می‌شود که حاصل فعالیت چشمه-های آهک ساز در زمان کواترنری هستند.

منطقه مورد بررسی از نظر ساختمانی در زون خوی- مهاباد قرار گرفته و جای‌گیری سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین در زیر رسوبات و سنگ های آتشفشانی الیگومیوسن نشان از وجود یک برجستگی کهن از زمان پرکامبرین تا الیگوسن و نبود رسوبگذاری یا فرسایش شدید در فاصله زمانی یاد شده در منطقه می باشد.

نقشه شماره ۲ وضعیت زمین شناسی منطقه مورد بررسی را نشان می دهد.



نقشه شماره ۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد بررسی

عملیات نمونه برداری

پس از تهیه نقشه شبکه آبراهه‌های منطقه و تلفیق آن با داده‌های زمین شناسی، تکتونیکی و غیره، شبکه نمونه برداری تهیه گردید. عملیات صحرایی با برداشت ۱۱۲ نمونه رسوب آبراهه‌ای از جزء ۸۰- مش بانجام رسید. به موازات عملیات نمونه برداری، اقدام به پیمایش زمین شناسی جهت تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ منطقه نیز شد تا در مرحله پردازش داده ها حذف اثر سنگ بالادست بخوبی انجام شود.
نمونه‌های برداشت شده، پس از طی مراحل آماده سازی به آزمایشگاه *ACME* کانادا ارسال شده و برای ۳۱ عنصر مورد آنالیز شیمیایی به روش *ICP* قرار گرفتند.

پردازش داده ها و جدایش آنومالی ها

با مشخص شدن نتایج آنالیز شیمیایی، تعداد ۱۳ عنصر با توجه به وضعیت پراکندگی عیار نمونه‌ها و تعداد داده‌های سنسورد، جهت انجام کارهای آماری انتخاب شدند. در این مرحله با استفاده از روش بیشترین درستنمایی، مقادیر جانشینی داده‌های سنسورد محاسبه گردید. از آنجا که ناهمگنی‌های موجود در داده‌های ژئوشیمیایی به فرض آنکه از آلودگی‌های محیط ناشی نشده باشند می‌تواند یا ناشی از مؤلفه اپی ژنیک (مؤلفه مربوط به کانی سازی) یا ناشی از مولفه سنژنیک (مولفه مربوط به سنگ زایی)می‌باشد. برای آنکه بتوانیم تحلیل درستی بر روی یک مجموعه داده داشته باشیم باید با جدایش جوامع سنگی مختلف و از بین بردن مولفه سنگ زایی هر کدام، مجموعه داده ها را به یک مجموعه همگن نزدیک نماییم. به لحاظ اینکه منطقه مورد بررسی از لحاظ سنگ شناسی دارای تنوع زیادی بود، سعی گردید تا با حذف اثر سنگ بالادست نا هنجاری های ژئوشیمیایی به بهترین شکل ممکن آشکار شوند. به این جهت جوامع سنگی گوناگون جدا شده و نمونه های موجود در این جوامع قرار گرفتند. البته جوامعی که تعداد اعضای آنها کمتر از ۱۰ بود، تشکیل یک گروه کلی داده و سپس آنالیز خوشه‌ای شدند. بدین ترتیب مقدار میانه هر گروه بدلیل اینکه تحت تاثیر مقادیر خیلی بالا و خیلی پایین قرار نمی‌گیرد بعنوان مقدار زمینه گروه در نظر گرفته و مقدار هر عنصر از زمینه مربوط کسر گردید. عدد بدست آمده که مستقل از نوع سنگهای بالادست می‌باشد را ضریب غنی شدگی EI[1] می‌نامند.
پس از اتمام این عملیات مقادیر EI تمام گروهها تشکیل یک جامعه کلی را دادند. برای نرمال سازی داده های جامعه کلی، ابتدا کلیه مقادیر مثبت شده و سپس با استفاده از تبدیل کاکس و باکس به یک جامعه نرمال تبدیل شدند. در روش کاکس و باکس که بر اساس بهینه سازی غیر خطی چولگی و کشیدگی عمل

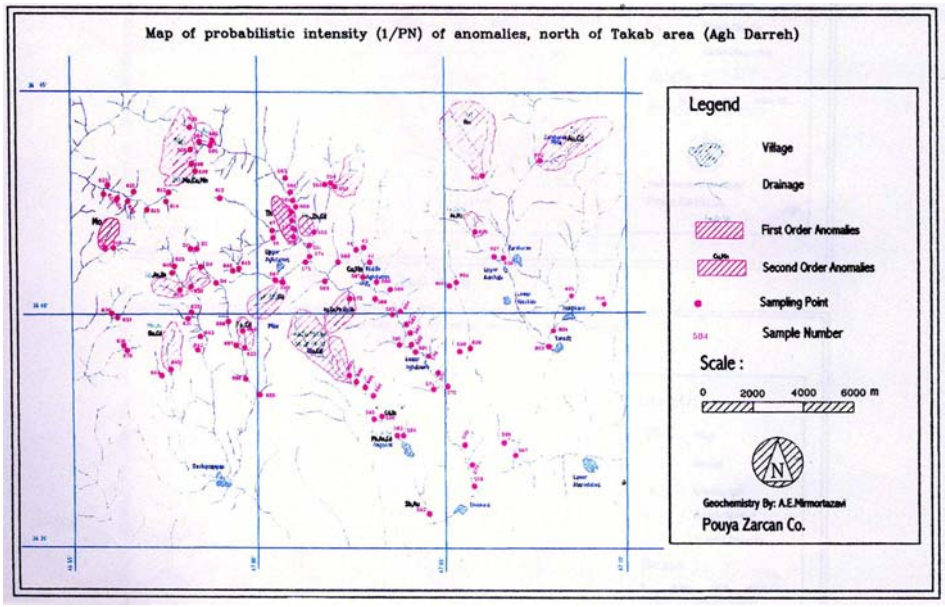
[1] EnrichmentIndex

می‌کند، سعی شده است تا مقدار چولگی توزیع به صفر و مقدار کشیدگی توزیع به سمت ۳ میل کند. پس از نرمال سازی، داده‌ها به نرمال استاندارد تبدیل شدند.

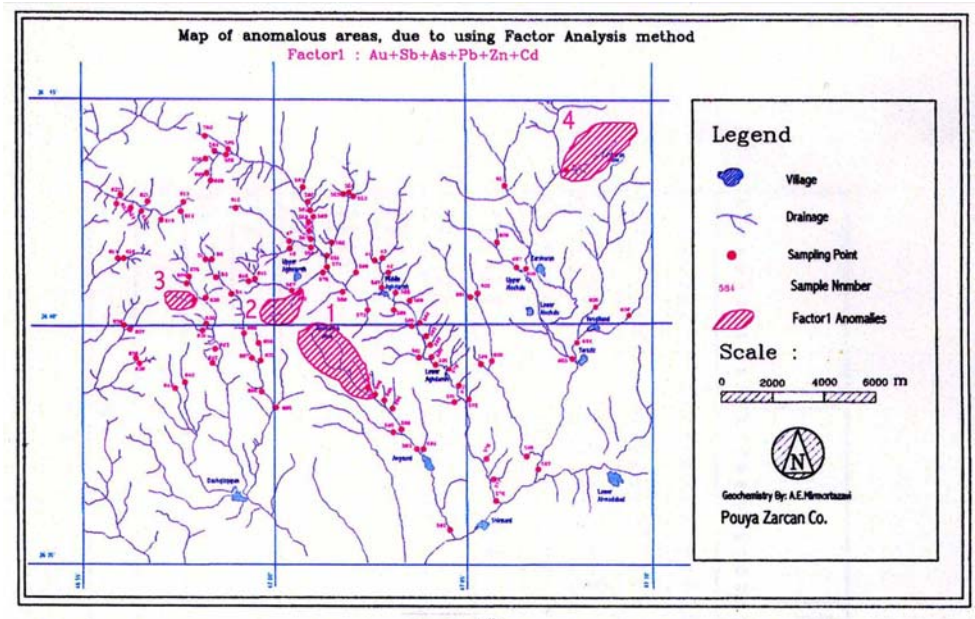
در این تحقیق برای تعیین و جدایش آنومالی ها، چند روش معمول درکارهای ژئوشیمیایی مانند روش $\overline{X} + ۲S$، روش غربال P.N و روش آنالیز فاکتوری و روش کارآمد دیگر، رگرسیون چند متغیره مورد استفاده قرار گرفت تا در پایان ضمن مقایسه نتایج، مناطق امید بخش با دقت بالاتری انتخاب شوند.

نقشه های شماره ۳ تا ۶ نتایج حاصل از بکارگیری روش های غربال P.N و آنالیز فاکتوری را نشان می دهند. این نقشه ها با وجود اینکه تا حدودی ناهنجاریها را مشخص می کنند، دارای اشکالاتی نیز هستند. از جمله اینکه مساحت زیادی از نقشه را این آنومالی ها که بعضاًچندان هم جالب توجه نمی باشند، اشغال می کنند. بنابراین برای اعتبار بخشیدن به بعضی از این آنومالی ها نیاز است تا پردازش دیگری نیز بر روی داده ها صورت گیرد. همچنین اگر بخواهیم نقشه برخی عناصر از جمله طلا را رسم کنیم همواره با مشکلات زیادی که عنوان خواهد شد مواجه میشویم.

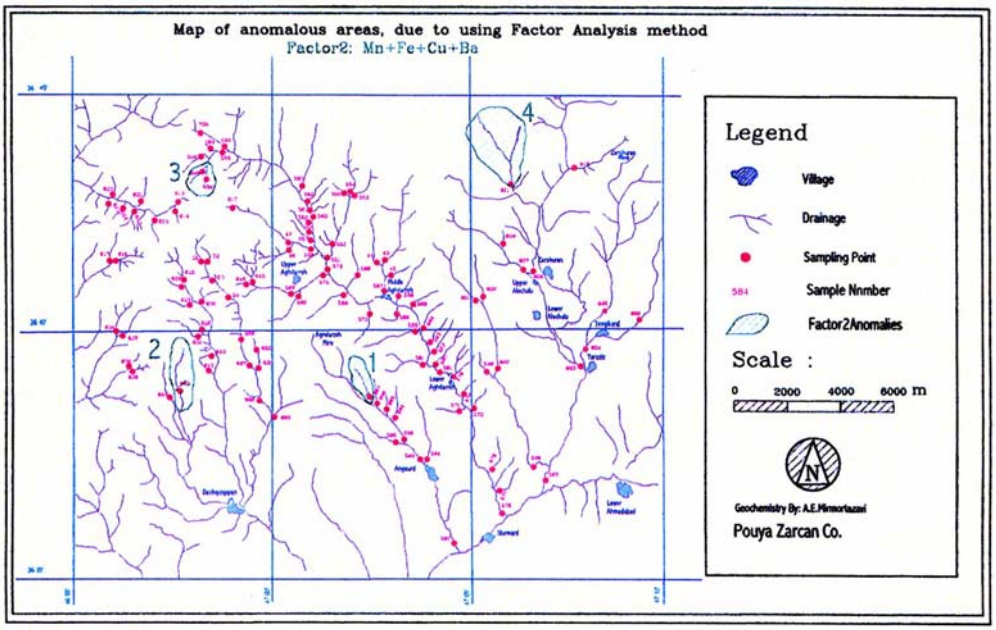
از آنجا که در نقشه های ژئوشیمیایی، اغلب پتانسیل ضعیفی از طلا مشاهده می‌شود، بایستی برای گرفتن اطلاعات اکتشافی بیشتر از عناصر مرتبط با طلا (ردیابهای طلا) استفاده نمود. در خصوص مشکلات اکتشافی طلا در مطالعات ژئوشیمیایی می توان گفت که به دلیل پایین بودن غلظت طلا، تغییر پذیری زیاد آن در محیطهای نمونه برداری و توزیع ناهمگون طلا در نمونه، برداشت نمونه معرف و آماده سازی آن جهت آنالیز همواره با مشکلات فراوانی روبرو هستیم. ضمناً در بعضی موارد که داده های طلا دارای مقادیر کمتر یا معادل حد قابل تشخیص در آنالیز هستند برای تحلیل داده های اکتشافی آن مشکلات عدیده ای داریم. بنابراین آنومالی‌های حاصل از این داده‌ها قابل اعتماد نبوده و ساختارهای قوی از خود بروز نمی‌دهند. در اینجا به منظور شناخت عناصر ردیابی که به طور معنی‌دار با کانی‌سازی طلا در ارتباط می‌باشند و بر اساس آن، مدلی جهت توزیع مقادیر طلا ارائه می‌شود.بعلاوه به منظور شناخت عناصر ردیاب، سایر متغیر های ژئوشیمیایی و پردازش جدید بر روی آنها از آنالیز رگرسیون چند متغیره استفاده شد.



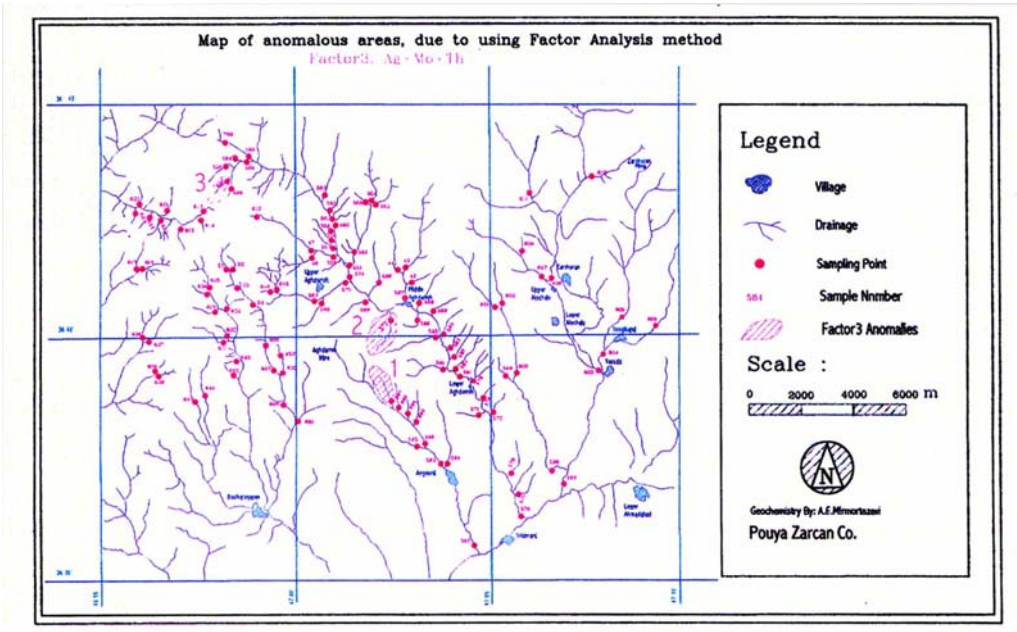
نقشه شماره ۳) آنومالی های بدست آمده از روش غربال P.N



نقشه شماره ۴) نقشه مناطق آنومالی با بکارگیری روش فاکتور آنالیز- فاکتور ۱: Cd+Zn+Pb+As+Sb+Au



نقشه شماره ۵) نقشه مناطق آنومالی با بکارگیری روش فاکتور آنالیز- فاکتور ۲ :Mo+Fe+Cu+Ba



شکل شماره ۶) نقشه مناطق آنومالی با بکارگیری روش فاکتور آنالیز

تحلیل رگرسیون

تحلیل رگرسیون روشی است که جهت مطالعه روابط بین متغیرها و به ویژه فهم نحوه وابستگی یک متغیر به سایر متغیر ها مورد استفاده قرار می گیرد. به عبارتی ، تحلیل رگرسیون، تحلیلی جهت کمی نمودن ارتباط بین یک متغیر ملاک (یا متغیر وابسته) و یک یا چند متغیر پیش بینی کننده (یا متغییر مستقل) می باشد. بطور کلی این تکنیک در کارهای آماری جهت دو مقصود اصلی بکار گرفته می شود:

۱-پیش بینی متغیر ملاک بر مبنای مقادیر معین متغیرهای پیش بینی کننده

۲- فهم نحوه ارتباط یا تاثیر گذاری متغیر های پیش بینی کننده بر متغیر ملاک

در صورتی که متغیروابسته ما Y_i و متغیر های مستقل X_{2i} ، X_{1i} و ... باشند، عرض از مبدا معادله رگرسیون a بوده و B_1 ، B_2 و... ضرایب رگرسیون پارشیال مربوط به متغیر های مستقل باشند، بدین ترتیب معادله رگرسیون چند گانه حاصل بصورت زیر بیان می شود:

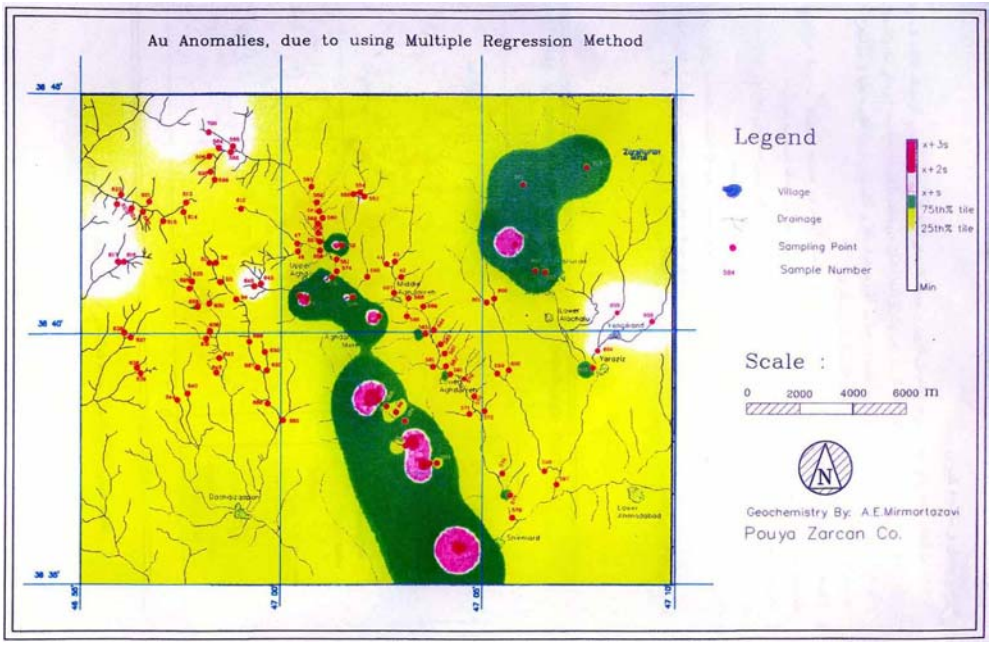
از طریق معادله بدست آمده می توان مقدار متغیر Y_i را بر اساس مقادیر متغیر های X_{2i} ، X_{1i} پیش بینی کرد. بدین ترتیب در بررسی های ژئوشیمیایی می توان مقدار هر یک از متغیرهای ژئوشیمیایی (عناصر) را از روی مقادیر سایر عناصر محاسبه نمود. ضمناً این روش را می توان در مواقعی که تعداد داده های سنسورد بیش از حد معمول باشند نیز بکار گرفته و جوابهای مناسبی گرفت.

پس از انجام محاسبات مربوطه، می توان نقشه های ژئوشیمیایی عناصر مختلف را ترسیم و مناطق پتانسیل دار را بخوبی جدا نمود. در اینجا برای رسم نقشه ها، از حدود مقادیر <25% و 75% پایینی جامعه و $\overline{X}+S$ و $\overline{X}+2S$ و $\overline{X}+3S$ و $\overline{X}+4S$ جامعه استفاده شده و نقشه های آنومالی عناصر مختلف رسم گردید. نقشه شماره ۷ چگونگی پراکندگی عنصر طلا را در منطقه مورد بررسی نشان می دهد.

بعلاوه از طریق محاسبه مقادیر ضریب پیرسون داده‌های ژئوشیمیایی که نحوه پراکندگی داده‌ها در اطراف خط رگرسیون را بررسی می‌کند، می‌توان شدت همبستگی متغیر های ژئوشیمیایی با یکدیگر را به دقت مشخص نموده و از این طریق عناصر ردیاب هر عنصر را به دقت شناسایی کرد.

جدول شماره ۱ نتایج محاسبه مقادیر ضرایب پیرسون را نشان می‌دهد.

		MO	CU	PB	ZN	AG	MN	FE	AS	CD	SB	BA	TH	AU
Pearson Correlation	MO	1.000												
	CU	.026	1.000											
	PB	.164	.324	1.000										
	ZN	.125	.314	.781	1.000									
	AG	.175	.174	.460	.320	1.000								
	MN	.222	.450	.494	.526	.343	1.000							
	FE	.214	.341	.291	.490	.163	.519	1.000						
	AS	-.036	.203	.469	.534	.046	.381	.258	1.000					
	CD	.072	.290	.694	.764	.175	.491	.379	.786	1.000				
	SB	.122	.158	.598	.578	.293	.337	.387	.758	.707	1.000			
	BA	.290	.256	.536	.458	.458	.582	.389	.525	.547	.595	1.000		
	TH	.213	-.264	-.113	-.244	.094	-.255	-.049	-.197	-.211	-.026	.070	1.000	
	AU	.064	.028	.595	.546	.208	.323	.354	.539	.536	.603	.479	.104	1.000
Sig.	MO													
	CU	.392												
	PB	.042	.000											
	ZN	.095	.000	.000										
	AG	.032	.034	.000	.000									
	MN	.009	.000	.000	.000	.000								
	FE	.012	.000	.001	.000	.043	.000							
	AS	.351	.016	.000	.000	.316	.000	.003						
	CD	.225	.001	.000	.000	.033	.000	.000	.000					
	SB	.099	.048	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000				
	BA	.001	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
	TH	.012	.002	.118	.005	.161	.003	.303	.018	.013	.393	.233		
	AU	.253	.387	.000	.000	.014	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.138	



نقشه شماره ۷) نقشه ناهنجاریهای عنصر طلا، شناسایی شده با استفاده از بکارگیری روش رگرسیون چند متغیره

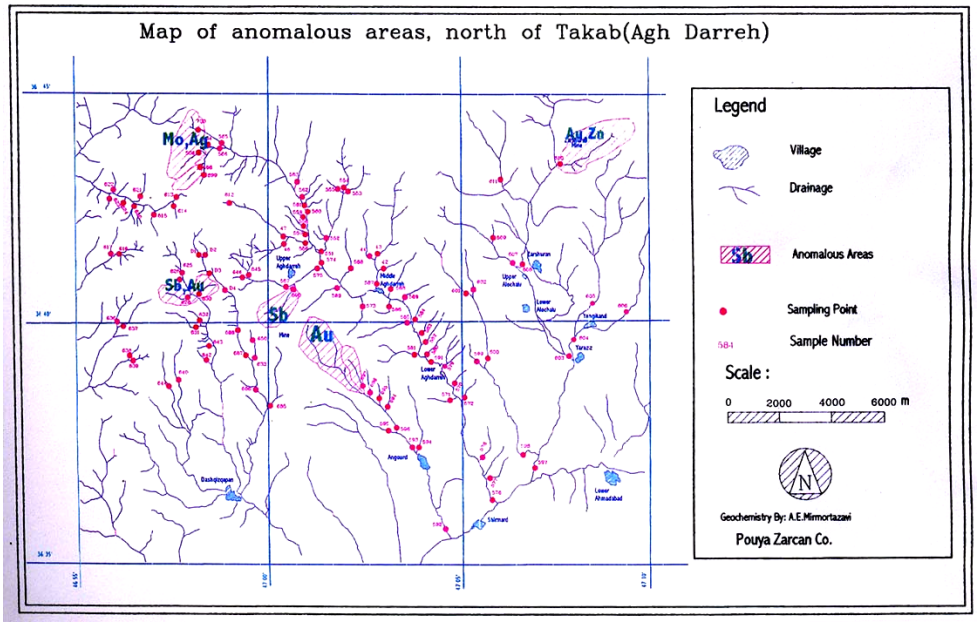
جمع بندی و نتیجه گیری

۱) با مطالعات انجام شده ، پنج منطقه دارای پتانسیل تعیین و جهت کارهای اکتشافی بعدی معرفی گردیدند. نقشه شماره ۸ این مناطق را همراه با عناصر دارای آنومالی در هر یک از آنها نشان می دهد. با توجه به شدت آنومالی ها، پتانسیل های طلای آقدره، طلا و روی زرشوران، آنتیموان جنوب آقدره علیا، طلا و آنتیمون غرب آقدره‌علیا و مولیبدن و نقره شمال غرب به ترتیب بایستی در اولویت اکتشافی قرار بگیرند.

۲) با توجه به بررسی های انجام شده ، عنصر طلا به ترتیب با عناصر آنتیوان، سرب ،روی و آرسنیک بیشترین همبستگی را داشته و پیشنهاد می‌گردد که از این عناصر به عنوان ردیاب طلا در منطقه استفاده شود.

۳) با توجه به اینکه روش آنالیز رگرسیون چند متغیره در اکتشاف ژئوشیمیایی این پروژه کارایی مناسبی داشته است، لذا استفاده از این روش در اکتشافات ژئوشیمیایی سایر مناطق مشابه پیشنهاد می گردد.

۴) با توجه به نقشه های ژئوشیمیایی حاصل از آنالیز رگرسیون می توان نتیجه گرفت که امتداد کانه سازیهای عمده منطقه در جهت گسلهای اصلی (NW-SE, NE-SW) منطبق بوده و موید نقش اساسی گسلها در کنترل کانه‌سازیهای منطقه می‌باشد.



نقشه شماره ۸) آنومالیهای عمده شناسایی شده در منطقه مورد بررسی

فهرست مراجع

۱- حسنی پاک، علی اصغر(۱۳۷۶)، طراحی بهینه پروژه‌های اکتشافی- انتشارات دانشگاه یزد

2- Fletcher, W.K.1997: Stream sediment Geochimistry in today's Exploration World, in Proceedings of Exploration 97.

۳- نقشه زمین شناسی تخت سلیمان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۴

۴- نقشه زمین شناسی شاهین دژ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۴

5- Sivan A.R.H and sudilands M.(1996) : Introduction to Geological data analysis, Blackwell Science

6- Claude Bellehumeur and Michel Jebrak (1992) : regional heavy Mineral survey in the Exploration for Gold using regression : Granville province, South Western Quebee.

7- Geoff Evans (2000):A Suggested Models for Aghdareh ore formation, PZA. Co

8- Foster R.P. (1994) : Gold Metallogeny and Exploration, Chamber and Hall