فصل چهارم

اکتشاف در مناطق امیدبخش

4-1- مقدمه

در انتهای فصل سوم و در بخش نتیجه و بحث، اشاره شد که پس از اتمام بازدیدهای صحرایی مرحلهٔ نخست و بر پایهٔ ویژگی هایی نظیر میزان هوازدگی، ساختارهای زمین شناسی و عناصر تکتونیکی و از سوی دیگر بر اساس نتایج آنالیز نمونه های برگرفته شده از پیمایش های صورت پذیرفته در سطح منطقه، تعدادی محدوده بعنوان نواحی امید بخش به جهت مطالعات تکمیلی گزینش گردیدند. این نواحی عبارتند از مناطق رستمی، باب الجوز، چشمه تریاکی و گردنهٔ برحج. بمنظور انجام اکتشافات تکمیلی، تعداد 93 چاهک و 5 ترانشه در نقاط مختلف تعیین و حفر گردیدند. عمق حفاریهای انجام گرفته 1 متر و طول ترانشه ها، جمعاً 98 متر بوده است. نمونه برداری از حفریات بصورت شیاری از دیوارهٔ چاهک ها و کف ترانشه ها و در موارد خاص از دیوارهٔ ترانشه ها بوده است. از برخی چاهک ها بدلیل لیتولوژی نامناسب داخل چاهک، نمونه ای گرفته نشده است. در برخی چاهک ها نیز بدلیل تغییرات لیتولوژیکی داخل چاهک از 2 تا 4 نمونه اخذ گردیده است. نمونه برداری در داخل ترانشه ها نیز براساس تغییرات لیتولوژیکی و فیزیکی (از جمله رنگ و...) در ضخامت های متفاوت صورت پذیرفته است.

در این مرحله در مجموع تعداد 147 نمونه از کل حفریات برداشت گردید که از این تعداد 51 نمونه از ترانشه ها و 96 نمونه از چاهک ها اخذ گردیده است. در ذیل جدول حفریات صورت گرفته در منطقه آورده شده است.

نام منطقه	تعداد چاهک	تعداد ترانشه	تعداد نمونه برگرفته شده از چاهک	تعدادنمونه برگرفته شده از ترانشه
چشمه رستمی	42	2	42	19
باب الجوز	37	2	42	17
چشمه تریاکی	14	-	12	-
گردنهٔ برحج	-	1	-	15
مجموع	93	5	96	51

پس از کار برداشت صحرایی، نمونه های مأخوذه در دانه بندی 200- مش مورد آماده سازی و سپس توسط شرکت کان پژوه نماینده آزمایشگاه (Als-Chemex) به جهت انجام آزمایشهای عنصری به کشور کانادا ارسال گردیدند. حد حساسیتهای رعایت شده در این پروژه به شرح جدول ذیل می باشد :

حد حساسیتهای رعایت شده در پروژه لاتریتهای نیکل دار سوریان (به ppm)

Element	Au	Be	As	Pb	Ni	Ba	Mo
Detection Limit	0.001-10	0.5-100	2-10000	2-10000	1-10000	10-10000	1-10000
Element	Co	Cr	Cu	Mn	V	P	B
Detection Limit	1-10000	1-10000	1-10000	5-10000	1-10000	10-10000	10-10000
Elnteme	S	Sc	Ag	Sr	Al	Zn	Cd
Detection Limit	0.01%-10%	1-10000	0.2-100	1-10000	0.01%-15%	2-10000	0.5-500
Element	Ga	Bi	La	Ca	Fe	Hg	K
Detection Limit	10-10000	2-10000	10-10000	0.01%-15%	0.01%-15%	1-10000	0.01%-10%
Elnteme	Mg	Na	Sb	Ti	Tl	U	W
Detection Limit	0.01%-15%	0.01%-10%	2-10000	0.01%-10%	10-10000	10-10000	10-10000
Elnteme	Pt	Pd					
Detection Limit	0.005-10	0.001-10					

پس از اخذ نتایج آنالیز شیمیایی بمنظور شناسایی هرچه بهتر وضعیت کانی سازی نیکل لاتریتی در مناطق مورد اکتشاف، اقدام به انجام مطالعات آماری و همچنین بررسیهای تحلیلی از نتایج آزمایشگاهی گردید که در این فصل از گزارش به تشریح موارد فوق می پردازیم.

4-2- منطقه رستمی

در این بخش از گزارش، وضعیت کانی سازی در منطقه عمومی رستمی شامل چشمه رستمی، رستمی میانی و دره رستمی مورد بررسی قرار می گیرد.

4-2-1- زمین شناسی منطقه

محدوده چشمه رستمی تقریباً در پایانه جنوب خاوری منطقه واقع شده و واحدهای سنگی موجود در این محدوده شامل میکروگابرو و هارزبورژیت سرپانتینی شده است. در بخش های

بالایی، واحد PE^{cl} روی آن می نشیندکه اساساً از خاکهای لاتریتی، میکروکنگلومرا و کنگلومرا همراه با لایه های آهکی بصورت نودولار تشکیل شده است. در بالاترین بخش از واحد PE^{cl} که نقاط مرتفع و چهره ساز را سامان می دهد، آهکهای توده ای تا ستبر لایه برنگ خاکستری تا خاکستری روشن که حاوی سنگواره های آلوئولین دار نیز می باشد، قرار می گیرد.

نمونه های KB122, KS103,104 از سنگهای الترابازیکی آن برداشت و مورد مطالعات سنگ شناسی واقع شده که اصل نتایج به پیوست گزارش می باشد اما بطور خلاصه آن که اساس سنگ را سرپانتین تشکیل داده و کانیهای هماتیت، هیدروکسیدآهن و منیتیت حاصل فرآیند سرپانتینی شدن سنگ می باشد.

نمونه شماره KS105 با هدف مقاطع صیقلی اخذ گردیده که در نتایج آن اساس سنگ را لیمونیت، گوتیت گزارش نموده اند. در نمونه شماره KB157 منیتیت، کرومیت همراه با هیدروکسیدهای آهن مشاهده شده که در آن منیتیت بصورت دانه های ریز در داخل درزه های کوچک جایگزین شده است. کرومیت با دانه های کوچک در متن سنگ دیده می شود. در ادامه منطقه چشمه رستمی بسوی جنوب و جنوب خاوری مجدداً با واحد PE^{cl} مواجه می باشیم که خود توسط آهکهای زیست تخریبی هم ارز آسماری OM_b پوشیده می گردد. در نمونهٔ شمارهٔ KB141F سنگواره آلوئولین دار بخوبی مشاهده می شود. شایان ذکر است که کلیه حفریات اعم از ترانشه و چاهک روی نقشه جانمایی شده است.

2-2-4- مطالعات آماری تک متغیره

همچنان که می دانیم هر عنصر در محیطهای مختلف دارای تابع توزیع خاص خود بوده و رفتار ژئوشیمیایی عناصر در محیطها و شرایط مختلف تغییر می نماید. برای شناخت هر تابع

توزیع، نیاز به داشتن پارامترهای آماری معینی، از آن تابع می باشیم. بدین منظور داده های خام عناصر بعد از ورود به محیط نرم افزار SPSS و اجرای فایل بندی، جهت محاسبه پارامترهای آماری عناصر آماده می شوند. در مبحث پردازش داده های خام، مقادیر اولیه آماری و هیستوگرام هر عنصر محاسبه گردیده است.

1-2-2-4- پارامترهای آماری داده های خام

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ پارامترهای آماری به فصل اول از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک ومهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.]

در این مرحله مقادیر میانگین، میانه، مد، پراش، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی، کشیدگی، مقادیر حداقل و حداکثر، 25٪ و 75٪ هر عنصر بدون نرمال سازی و تغییرات در داده ها در جدول (1-4) نشان داده شده است.

با توجه به این جدول، میانگین عناصر از 0/001 گرم درتن برای عنصر طلا تا 3502/541 گرم درتن برای عنصر نیکل متغیر می باشد.

میانگین عیار عنصر نیکل از 61 نمونهٔ برداشتی از 42 چاهک (42 نمونه) و 2 ترانشه (19نمونه) برابر با 0/35 درصد می باشد که در مقایسه با عیار نیکل درکانسار لاتریتی مورین مورین (Murin Murin) واقع در غرب استرالیا (جدول 2-4 از فصل دوم) که کمترین عیار را در بین کانسارهای فعال نیکل، دارا می باشد، 0/6 درصد کمتر است. این در حالی است که 25 درصد غلظت های عنصر نیکل عیار بالای 0/41 درصد را نشان می دهند که در این بازه 3 نمونه عیار بالای 0/5 درصد و6 نمونه عیاری بیش از 0/65 درصد را به ثبت رسانده اندکه این مقدار در حدود 50 تا 65 درصد حد عیار اقتصادی معادن نیکل فعال دنیا می باشد. همچنین با

توجه به پروفیل لاتریت های نیکل دار که در فصل دوم گزارش پیرامون آن مطالبی آورده شد (شکل2-3)، عیارهای نیکل در منطقه رستمی به احتمال به افق فوقانی (لیمونیتی) این پروفیل متعلق است.

با توجه به جدول (1-4)، میانگین عنصر کبالت از 61 نمونهٔ برداشتی150 گرم در تن می باشد. از طرفی با توجه به جدول (2-4) مقدار متوسط عیار Co که بصورت محصولِ فرعیِ اغلب معادن نیکل لاتریتی مورد توجه قرار دارد، بر پایهٔ آمار حاصل از 20 معدنِ فعالِ دنیا در حدود 1000 گرم در تن می باشد. به عبارت دقیق تر عیار کبالت در منطقه رستمی در مقایسه با غلظت معادن مورد بررسی 6/5 برابر تهی شدگی نشان می دهد.

25 درصد داده های عنصر کبالت عیاری بالای 170/5 گرم در تن را نشان می دهند و غلظت کروم در 75 درصد نمونه های برگرفته شده از منطقه رستمی بالای 1030 گرم در تن می باشد.

مقدار میانگین عیار عنصر آهن در حدود 9/5 درصد است. 25 درصد از داده های این عنصر دارای عیار بالای 10 درصد می باشند که از این مقدار، 5 نمونه از محل ترانشهT1 برداشت شده است (در بند 4-6-2 پروفیل زمین شناسی این ترانشه مورد بررسی قرارگرفته است). همچنین بر پایهٔ نتایج آنالیز شیمیایی، عناصر نیکل، کروم وکبالت نیز در این ترانشه عیارهای نسبتاً بالایی را به ثبت رسانده اند.

میانگین غلظت منیزیم از 61 نمونهٔ برداشتی در منطقه رستمی برابر با 8/833 درصد می باشد وبه عبارت دیگر میانگین اکسید منیزیم (MgO) در این منطقه برابر با 14/64 درصد است.

غلظت منگنز از 446 تا5520 گرم درتن متغیر می باشد. 75٪ غلظتهای این عنصر کمتر از 1000 گرم درتن بوده وتنها در 3 نمونه (2 نمونه از ترانشهٔT1 و 1 نمونه از چاهک BH32) عیار بالای 3000 گرم درتن به ثبت رسیده است.

با توجه به جدول (1-4)، میانگین عنصر طلا در این منطقه 1 میلی گرم درتن و میانگین عناصر پلاتین و پالادیم به ترتیب 0/013 و 0/011 گرم درتن می باشد. بطور کلی از لحاظ کانی سازی احتمالیِ طلا، منطقهٔ مورد بررسی فاقد اهمیت می باشد.

مقدار چولگی در این ناحیه از (0/314-) برای منیزیم تا (7/810) برای عنصر کادمیم متغیر است. همچنین بیشترین کشیدگی مربوط به عنصر کادمیم (64) وکمترین کشیدگی مربوط به عنصر منیزیم (2/696) می باشد. ضریب چولگی برای عناصر نیکل، کبالت وکروم حول محور صفر می باشد که این موضوع بیانگر تمایل این توابع به تابع توزیع نرمال است.

2-2-2-4- توصیف نمودارهای آماری(هیستوگرام)

به جز پارامترهای آماری اولیه که نشان دهندهٔ خواص هر تابع ژئوشیمیایی برای هر عنصر می باشد، هیستوگرام هر عنصر نیز می تواند همان خواص و بعضی خواصِ دیگر توزیع ژئوشیمیایی را نشان دهد. برای این منظور در اشکال (1-4) و (2-4) موارد فوق به نمایش گذارده شده و با توجه به اشکال فوق نتایج ذیل برای عناصر بدست آمده است.

هیستوگرام عنصر نیکل تمایل به پیروی از توزیع نرمال را نشان می دهد. نمونه BH19 با غلظت7310 بیشترین عیار را در تابع توزیع این عنصر داراست، این نمونه از چاهکی که شامل نهشته های ارغوانی رنگ حاوی قلوه های سنگی سیلیسی و بشدت هوازده می باشد، برداشت شده است. بطورکلی بر پایهٔ نتایج آنالیز شیمیایی و مشخصات چاهک ها و ترانشه ها می توان

اینگونه استنباط کرد که اکثر غلظتهای بالای نیکل در این منطقه مربوط به سنگهای بشدت هوازده با رنگ تیره و ارغوانی می باشد (نظیر ترانشهT1). لازم به ذکر است که مشخصات کلی حفریات در جداول (5-4)، (10-4) و (15-4) آورده شده است. هیستوگرام کروم توزیع نسبتاً نرمال از داده ها را به نمایش گذاشته است. بالاترین غلظتهای عنصرکروم نیز مربوط به نمونه های T1-1 الی T1-5 می باشد که از ترانشه T1 برداشت گردیده اند. با توجه به هیستوگرام کبالت، عیار این عنصر از 52 تا 355 گرم درتن متغیر است. به دلیل وجود 7 نمونه با غلظت بیش از 300 گرم درتن، تابع توزیع این عنصر به تابع توزیع لاگ نرمال تمایل پیدا کرده و از شکل زنگوله ای منحرف گردیده است. این نمونه ها (عیارهای بیش از 300 ppm) از جامعهٔ اول که متعلق به عیارهای کمتر از 220 ppm می باشند،کاملاً جدا شده و جامعهٔ مستقل دومی را تشکیل داده اند.

هیستوگرام منیزیم تقریباً تمایل به پیروی از منحنی توزیع نرمال را نشان می دهد و غلظت این عنصر از 4/2 تا 14/5 گرم در تن در نوسان است، این در حالی است که عناصر منگنز و آهن دارای توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت می باشند.

با توجه به شکل (2-4)، هیستوگرام عنصر طلا دارای توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت بوده وعیار این عنصر از 1 تا 9 میلی گرم درتن در تغییر است.

هیستوگرام عناصر پلاتین و پالادیم نشان دهنده توزیع غیرنرمال داده ها است، بازهٔ تغییرات عیار پلاتین از 0/005 تا 0/036 گرم درتن و دامنهٔ تغییرات غلظت عنصر پالادیم از 0/003 تا 0/038 گرم درتن می باشد.

عنصر آلومینیم دارای تابع توزیع نرمال وعناصر بیسموت، کلسیم، پتاسیم و سدیم دارای تابع توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت می باشند.

3-2-4- مطالعات آماری دو متغیره

رفتار برخی از عناصر، تحت شرایط حاکم بر محیط، نسبت به یکدیگر وابستگی و ارتباط متقابل نشان می دهند. شناخت ارتباط و وابستگی های ژنتیکی که میان دو عنصر یا دو دسته از عناصر وجود دارد، می تواند در تفسیردقیقتر شرایط موجود درمحیطهای مختلف بکار رود. در مطالعات اکتشافی برای بالا بردن ضریب اطمینان و کاستن از خطاهایی که به دلایل متعددی می توانند در مراحل مختلف کار بروز نمایند، سعی بر این است که حتی الامکان تعداد بیشتری از همبستگی های موجود میان عناصر بررسی گردد. در مواردی که تعداد زیادی از نتایج آنالیز شیمیایی را برای عناصر مختلف و متعدد در اختیار داریم، یکی از روشهای مناسب برای تعیین همبستگی میان داده ها، تشکیل ماتریس همبستگی برای داده های موجود است.

برای بدست آوردن ماتریس همبستگی، نتایج آنالیز عناصر را به محیط نرم افزار SPSS انتقال داده و در آنجا ضرائب همبستگی، سطوح معنی دار بودن و تعداد نمونه هایی که در ضریب همبستگی فوق شرکت نموده اند به روش اسپیرمن که مستقل از توزیع نرمال می باشد مورد محاسبه قرار گرفتند.

1-3-2-4-بررسی آماری همبستگی موجود میان داده های ژئوشیمیایی

نتایج ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن در جدول (2-4)آورده شده است. همانطور که ملاحظه می شود بر پایه روش اسپیرمن، بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر نیکل وکبالت و به

مقدار (0/984) و بیشترین همبستگی منفی بین عناصر کلسیم وکبالت به مقدار (0/727-) می باشد.

با توجه به جدول (2-4)، طلا از همبستگی های بسیار پایینی با سایر عناصر برخوردار بوده به گونه ای که می توان این عنصر را به عنوان یک متغیر مستقل در ناحیه مورد بررسی در نظر گرفت. عنصر نیکل با عناصر کبالت، آهن،کروم، پلاتین، پالادیم، اسکاندیم و منگنز به ترتیب دارای همبستگی های مثبت (0/984)، (0/940)، (0/870)، (0/884)، (0/864)، (0/879) و (0/559) می باشد. لازم به ذکر است که نیکل با منیزیم دارای همبستگی منفی (0/116-) می باشد.

از همبستگی های مثبت عناصر کروم وکبالت می توان به همبستگی های کروم و آهن (0/872)، کبالت و آهن (0/952)، کبالت و اسکاندیم (0/892)، کروم و کبالت (0/855)، کبالت و پالادیم (0/881)، کبالت و پلاتین (0/880) و پالادیم و کروم (0/674) اشاره نمود.

عنصر منیزیم در این منطقه از همبستگی های بسیار پایینی با سایر عناصر برخوردار است. عنصر آهن با عناصر اسکاندیم، پلاتین و پالادیم به ترتیب دارای همبستگی های مثبت (0/958)، (0/818) و (0/796) می باشد.

از همبستگی های مهم دیگر می توان به همبستگی پلاتین و پالادیم (0/844) و پالادیم و منگنز (0/639) اشاره کرد. لازم به ذکر است که کلیهٔ ضرایب همبستگی فوق الذکر در سطح اعتماد 99٪ محاسبه شده و به عبارتی دیگر کاملاً معتبر می باشند.

4-2-4- مطالعات آماری چند متغیره

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مطالعات آماری چند متغیره به فصل هفتم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک ومهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران،1380، مراجعه شود.]

در این پروژه از میان روش های چند متغیره، ازتکنیک های آنالیز خوشه ای و تجزیه به عامل ها به منظور تعیین ارتباط ژنتیکی بین عناصر بهره گرفته شده است.

1-4-2-4-آنالیز کلاستر(خوشه ای)

آنالیز خوشه ای برای حل مسائلی طرح شده است که ساختار آن با در دست داشتن مجموعه نمونه ای متشکل از n نمونه (نمونه های ژئوشیمیایی) و اندازه گیری p متغیر بر روی هر نمونه شکل می گیرد. دراین آنالیز می توان نمونه ها یا متغیرها را درکلاس هایی گروه بندی نمودکه متغیرهای مشابه در یک کلاس قرار می گیرند. این روش باید کاملاً عددی باشد و تعداد کلاس های آن مشخص نباشد.آنالیز خوشه ای بنا به دلایل زیادی امروزه در مبحث تجزیه و تحلیل داده ها کاربرد دارد، از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود :

1-تجزیه خوشه ای می تواند در پیدا کردن گروه های واقعی مؤثر باشد.

2- تجزیه خوشه ای می تواند برای کاهش داده ها مفید واقع گردد.

3- تجزیه خوشه ای می تواند گروه های غیر قابل انتظاری را ایجاد نماید و در این صورت نتایج حاصل، بیانگر روابط جدیدی خواهد بود که باید مورد بررسی قرار گیرد.

در پردازش داده های منطقه رستمی از آنالیز خوشه ای نوع R بر روی متغیرها استفاده شده است. این روش یکی از روش های تجزیه و تحلیل خوشه ای است که در آن رابطه ساختار بین متغیرها مورد توجه قرار می گیرد. اساس این روش ها بر مبنای تشخیص نسبی گروه های همگن

از متغیرها یا نمونه ها بر اساس ویژگی های انتخاب شده و با استفاده از یک الگوریتم مناسب بنا نهاده شده است.

در این روش، ابتدا هر متغیر یا نمونه در یک خوشه جداگانه قرار گرفته و سپس با ترکیب خوشه ها در نهایت به یک خوشه واحد متصل می گردد.

نتیجه آنالیز خوشه ای منطقه رستمی به صورت یک نمودار درختی (شکل 4-3) ارائه شده است. با توجه به نمودار درختی فوق گروه های اصلی زیر را می توان جدا نمود.

گروه اول : این گروه شامل عناصر کبالت، نیکل، اسکاندیم، آهن، کروم، پلاتین، پالادیم، بیسموت، روی، طلا و منگنز می باشد و از طرفی با توجه به ضرایب انطباقی، این گروه به چهار شاخهٔ مجزا تقسیم می شود. در شاخهٔ اول عناصر کبالت، نیکل، اسکاندیم وآهن از ضریب انطباق بالایی (حدود 1) برخوردارند، عنصر کروم با ضریب انطباق حدود 2 و عناصر پلاتین و پالادیم با ضریب کمتر (حدود3) به این عناصر متصل شده اند. در شاخهٔ دوم عنصر بیسموت با ضریب انطباق حدود 8 به شاخهٔ اول و در شاخهٔ سوم عنصر روی با ضریب انطباقی حدود9 به دو شاخهٔ فوق الذکر متصل شده است. در شاخهٔ چهارم دو عنصر طلا ومنگنز دارای ضریب حدود 12 با یکدیگر بوده و با ضریب انطباقی پایین (حدود 17) به شاخه های قبلی متصل شده اند.

گروه دوم : شامل عناصر مس، گوگرد، وانادیم، آلومینیم، تیتانیم، سرب، پتاسیم، آرسنیک، سدیم وآنتیموان می باشد. این گروه از چهار شاخهٔ مجزا تشکیل شده است، بطوریکه در شاخهٔ اول دو عنصر مس وگوگرد با ضریب انطباق بالا (حدود 2) قرار دارند. در شاخهٔ دوم دو عنصر وانادیم وآلومینیم با ضریب حدود 3 به یکدیگر متصل شده اند و عنصر تیتانیم با

ضریب کمتر حدود 6 به این عناصر متصل شده است.در شاخهٔ سوم دو عنصر سرب و پتاسیم با ضریب حدود 4 با یکدیگر قرار گرفته اند و دو عنصر آرسنیک و سدیم که با هم دارای ضریب حدود 4 می باشند، با انطباق کمتر حدود 7 به این عناصر متصل شده اند. در شاخهٔ چهارم آنتیموان با ضریب انطباقی پایینی حدود 16 به شاخه های قبلی متصل شده است.

گروه سوم : مربوط به عنصر کلسیم است که دارای ضریب انطباق پایین حدود 25 با گروه اول و دوم می باشد.

گروه چهارم : شامل عنصر منیزیم است، ضرایب انطباقی این گروه بین 22 الی 25 می باشد که از لحاظ اعتبار سطح بسیار پایینی را داراست.

2-4-2-4-تجزیهٔ عامل ها

تجزیه به عامل ها شامل آنالیز مؤلفه ها (Component Analysis) و آنالیز فاکتوری عادی، یک روش آماری است که در شناخت روابط فیمابین تعداد زیادی از متغیرها کاربرد دارد. این روش متغیرها را بر اساس ابعاد مشترک آنها (فاکتورها) توضیح می دهد. هدف در تجزیه عامل ها مشخص ساختن متغیرهای اضافی بوسیله تعداد کمتر عامل هاست که راهی برای فشرده و خلاصه کردن اطلاعات بدست می دهد. در این پروژه برای ساخت متغیرهای مرکب و تعیین عناصر پاراژنز و همراه با یکدیگر، از روش تجزیه به عامل ها استفاده شده است.

برای نیل به این هدف ابتدا پارامترهای آماری شامل: مقادیر ویژه، واریانس و واریانس تجمعی هر مؤلفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مؤلفه محاسبه و نتایج آن در جدول (3-4) آورده شده است. در این راستا از امکانات نرم افزار SPSS در محیط Windows بهره جسته ایم.

برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مؤلفه ها، نمودار صخره ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است (شکل 4-4).

با توجه به جدول (3-4)، بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مولفهٔ اول و برابر 8/446 و کمترین آن مربوط به مؤلفه بیست وپنجم و مساوی 0/0047 می باشد. حد اعتبار بکارگیری مقادیر ویژه در این منطقه 1/392 محاسبه شده و از آن برای تعیین مؤلفه های اصلی استفاده گردیده است. از طرفی با توجه به شکل (4-4) بعد از چهارمین مؤلفه، شکستی بین مؤلفه ها بوجود آمده است که این شکست برای انتخاب مؤلفه های اصلی بکار گرفته می شود. لذا با توجه به این نمودار، از سری داده ها، مؤلفه های اول، دوم، سوم و چهارم بعنوان مؤلفه اصلی انتخاب و معرفی می شوند.

مقدار واریانس برای مؤلفه اول 33/786 درصد، برای مؤلفه دوم 25/057، برای مؤلفه سوم 14/423،برای مؤلفه چهارم 6/819 و برای مولفهٔ پنجم 5/567 درصد می باشد. با توجه به مقادیر ویژه بالای 1/392 بهتر است پنج مؤلفه اول بعنوان مؤلفه انتخابی برگزیده شوند (مؤلفه های اصلی با Eigen value >1 و توسط نرم افزار انتخاب گردیده است). این پنج مؤلفه در حدود 83/652 درصد واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی مورد مطالعه را پوشش می دهند.

بیشترین مشارکت عناصر در ارتباط با عنصر کبالت می باشد که 0/974 و به ترتیب عناصر اسکاندیم، نیکل، آهن، مس، باریم، پتاسیم، آلومینیم، گوگرد، وانادیم، آرسنیک، کروم، برلیم، پالادیم، پلاتین، بیسموت،آنتیموان، سرب، تیتانیم، روی، منیزیم، سدیم، منگنز، طلا وکلسیم در مراحل بعدی می باشند.

بعد از انتخاب پنج مولفهٔ اول، مقادیر خام هر مؤلفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مؤلفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول (4-4) به نمایش درآمده است. مقادیر خام تحت بردار خاص وریمکس (Varimax) قرار گرفته اند که این بردار در اثر چرخش محورها بیشترین واریانس را برای هر مؤلفه محاسبه می نماید. مقادیر عددی چرخش یافته بالای 0/5 در هر مؤلفه چرخش یافته (Rotated Component) ملاک انتخاب هرفاکتور می باشد. مقادیرکمتر از 0/5 ازسطح اعتماد غیر قابل اطمینانی برخوردارند. بنابراین فاکتور اول شامل عناصر کبالت، نیکل، آهن، اسکاندیم، پلاتین، پالادیم، کروم، بیسموت، روی و وانادیم، فاکتور دوم در برگیرنده عناصر پتاسیم، برلیم، سرب، آلومینیم، سدیم و آرسنیک، فاکتور سوم شامل عناصر سدیم، آرسنیک، مس، باریم و گوگرد، فاکتور چهارم شامل عناصر طلا و منگنز و فاکتور پنجم در بردارندهٔ عناصر تیتانیم وآنتیموان می باشد.

با توجه به اینکه روشهای آنالیز کلاستر و تجزیهٔ به عامل ها از تکنیک های متداول در آمار چند متغیره در جهت شناسایی روابط فیمابین متغیرها و ارتباط ژنتیکی بین عناصر می باشند، در این قسمت نحوهٔ عملکرد این روشها در جداسازی جوامع آماری مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به نمودار خوشه ای درشکل (3-4)، عناصر کبالت، نیکل، کروم، اسکاندیم، آهن، پلاتین و پالادیم بیشترین انطباق را نشان داده و دو عنصر منیزیم وکلسیم ازکمترین ضریب انطباقی برخوردارند. در نتایج بدست آمده از روش تجزیهٔ به عامل ها نیز کبالت، نیکل، کروم، اسکاندیم، آهن، پلاتین وپالادیم با ضرایب امتیازی بالا در فاکتور اول قرار گرفته اند و عناصر منیزیم وکلسیم به دلیل ضرایب امتیازی بسیار پایین در هیچیک از فاکتورها قرار نگرفته اند (جدول 4-4).

5-2-4- بررسی نقشه های انتشار عناصر بر پایهٔ نتایج حاصل از چاهک های اکتشافی

نهشته های لاتریتی قرمز، قهوه ای تا ارغوانی رنگ منطقه رستمی، که بخشی از واحد زمین شناسی PE^{cl} بشمار می روند، با روند کلی شمال باختری- جنوب خاوری در حد فاصل چشمه رستمی و دره رستمی واقع شده اند. بمنظور توصیف بهتر این منطقه، آن را به سه بخش جداگانه شمالی (چشمه رستمی)، میانی و جنوبی (دره رستمی) تفکیک نموده ایم.

در منطقه عمومی رستمی، در بخش شمالی و میانی می توان شاهد حضور رخنمونهای سنگی اولترامافیک- مافیک در پیکر هارزبورژیت، دونیت و میکروگابرو، در زیر نهشه های لاتریتی بود. در سنگهای هارزبورژیتی می توان شاهد دانه های درشت و نسبتاً گرد شده پیروکسن بود که همراه با اولیوین های سرپانتینیزه و کمی دانه های کروم اسپینل در نمونه دستی بخوبی قابل رؤیت هستند. بعضاً می توان دانه هائی از پلاژیوکلاز دگرسان شده را نیز در هارزبورژیت ها دید. سنگهای هارزبورژیتی سرپانتینی شده این منطقه به دو گروه هارزبورژیتهای غنی از پیروکسن و فقیر از پیروکسن قابل تفکیک هستند. همچنین مقادیری دونیت نیز در میان هارزبورژیتها رؤیت می شوند. گه گاه رخنمونهای کوچکی از سنگهای میکروگابروئی نیز در حاشیه های شمالی تا شمال خاوری قابل مشاهده است. گسل های متعددی با روندهای N30°E/60-70°SE همراه با برش گسل این پریدوتیت ها را قطع می کنند.

در بخش جنوبی (دره رستمی) هیچگونه رخنمونی از سنگهای اولترامافیک- مافیک دیده نشده و تنها می توان شاهد حضور واریزه های عمدتاً رادیولاریتی و بعضاً اولترامافیک سرپانتینیزه تا مافیک بشدت دگرسان شده در داخل خاک های تیره رنگ لاتریتی بود.

در نقشه شماره 4-1 وضعیت زمین شناسی این منطقه در مقیاس 1:20.000 ارائه شده است. در سه نقشه پیوست به شماره های 4-2، 4-3 و 4-4 میزان غلظت مهمترین عناصر به ترتیب در سه گروه نیکل-کروم-کبالت، منیزیم- منگنز- آهن و طلا- پلاتین- پالادیم در نمونه های گرفته شده از چاهک های حفر شده در منطقه رستمی و جانمائی شده بر روی نقشه ها، آورده شده است. در جدول 4-5 نیز مشخصات چاهک های حفر شده، لیتولوژی داخل چاهک ها و عیار عناصر با اهمیت در نمونه های اخذ شده آورده شده است.

1-5-2-4- رستمی شمالی (چشمه رستمی)

در محدوده چشمه رستمی تعداد 22 چاهک بر روی خاکه های لاتریتی حفر شده است. همانگونه که در جدول 4-5 دیده می شود، در داخل برخی چاهک ها، جدای از قطعات سنگی چرتی رادیولاریتی و پریدوتیتی سرپانتینی شده، قطعاتی از سنگ های بازیک بشدت دگرسان و هوازده شده نیز مشاهده شده است. این موضوع با مطالعه کانی شناسی نمونه چاهک شماره BH9 و با ثبت مقادیر فرعی از آلبیت مورد تأیید قرار گرفته است. در دیواره چاهک های شماره BH6 و BH26، رگچه هائی از آزبست حضور دارد. از هر چاهک یک نمونه بصورت شیاری از دیواره آن گرفته شده است. بدلیل تغییرات لیتولوژیکی، از چاهک شماره BH14 تعداد 2 نمونه برداشت شده است. از چاهک های شماره BH4 و BH27 نیز بدلیل لیتولوژیکی نامناسب، نمونه برداری نشده است.

تغییرات عیار نیکل در 21 نمونه مربوط به چاهک های این محدوده، بین 1590 تا 7310 گرم در تن با میانگین 3382 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 21 نمونه تنها در یک نمونه بالاتر از 7000، در سه نمونه بالاتر از 4000 و در 8 نمونه بیش از 3000 گرم در تن

بوده است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، آهن، کروم، پلاتین و پالادیم می باشد. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم، آهن، پلاتین و پالادیم به ترتیب میزان 7310، 355، 2200 گرم در تن، 19/2 درصد، 32 و 36 میلی گرم در تن بوده که مربوط به نمونه اخذ شده از چاهک شماره BH19 می باشند.

2-5-2-4- رستمی میانی

در محدوده رستمی میانی تعداد 14 چاهک بر روی خاکه های لاتریتی حفر شده است. همانگونه که در جدول (5-4) دیده می شود، در داخل برخی چاهک ها، جدای از قطعات سنگی رادیولاریتی و پریدوتیتی سرپانتینی شده، قطعاتی از سنگ های بازیک بشدت دگرسان و هوازده شده نیز مشاهده شده است. از هر چاهک یک نمونه بصورت شیاری از دیواره آن گرفته شده است. در چاهک های شماره BH23 و BH25 بدلیل تغییرات لیتولوژیکی، از هر چاهک دو نمونه گرفته شده است.

تغییرات عیار نیکل در 16 نمونه مربوط به چاهکهای این محدوده، بین 1115 تا 6460 گرم در تن با میانگین 2487 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 16 نمونه تنها در یک نمونه بالاتر از 6000، تنها در یک نمونه بالاتر از 5000 و در 7 نمونه بیش از 2000 گرم در تن بوده است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، آهن، پلاتین، پالادیم و کروم می باشد. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم، آهن، پلاتین و پالادیم به ترتیب میزان 6460، 291، 2610 گرم در تن، 17/6 درصد، 30 و 38 میلی گرم در تن بوده که مربوط به نمونه اخذ شده از چاهک شماره BH21 می باشند. جالب توجه آنکه پس از نمونه چاهک شماره

BH21، بیشترین عیار کلیه عناصر فوق الذکر به ترتیب بـه میـزان 5110، 203، 1410 گـرم در تن، 13/9 درصد، 20 و 16 میلی گرم در تن در نمونه شماره BH32 به ثبت رسیده است.

3-5-2-4- رستمی جنوبی (دره رستمی)

در محدوده دره رستمی تعداد 6 چاهـک بـر روی خاکـه هـای لاتریتـی حفـر شـده اسـت. همانگونه که در جدول 4-5 دیده می شود، در داخل چاهک شماره BH37 مقداری رگچه های آزبسـتی درون سـرپانتینیتها و در داخـل چاهـک هـای شـماره BH33 وBH37 قطعـاتی از سـنگ ولکانیکی بازیک بشدت دگرسان و هوازده شده، مشاهده شده است. از هر چاهـک یـک نمونـه بصورت شیاری از دیواره آن گرفته شده است. از چاهک شماره BH36، بـدلیل نامناسـب بـودن لیتولوژیکی داخل آن، نمونه برداری نشده است.

تغییرات عیار نیکل در 5 نمونه مربوط به چاهک های این محـدوده، بـین 2280 تـا 5370 گرم در تن با میانگین 3728 گرم در تن می باشد. هر چند تعـداد نمونـه هـا بـرای بررسـی هـای آماری مناسب نمی باشد اما بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، پلاتین، آهن، پـالادیم و کروم می باشد. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، آهـن و پلاتـین بـه ترتیـب میـزان 5370، 217 گرم در تن، 20 میلی گرم در تن و 12/3 درصد بوده که مربوط به نمونه اخـذ شـده از چاهـک شماره BH37 می باشند. بیشترین عیار کروم و پالادیم نیز به ترتیب میـزان 1850 گـرم در تـن و 13 میلی گـرم در تـن در چاهـک شـماره BH35 بـه ثبـت رسـیده اسـت کـه دارای رتبـه دوم از بیشترین مقادیر نیکل، کبالت، آهن و پلاتین می باشد.

2-4-6- بررسی پروفیل های زمین شناسی ترانشه های اکتشافی

در منطقه رستمی تعداد 2 ترانشه حفر گردیده است. یک ترانشه در رستمی شمالی یا چشمه رستمی و دیگری در رستمی میانی. در دو برش پیوست به شماره نقشه های 4-5 و 4-6، مقاطع زمین شناسی هر ترانشه بطور جداگانه و همراه با توصیف نمونه ها و مهمترین نتایج آنالیز آنها آورده شده است. در دو نمودار تغییرات غلظت عناصر که به پیوست می باشند (شکل های A و B)، نیز تغییرات مقادیر اندازه گیری شده مهمترین عناصر در سه گروه نیکل-کروم-کبالت، آهن- منگنز- منیزیم و پلاتین- پالادیم- طلا در نمونه های گرفته شده از هر ترانشه بطور جداگانه نمایش داده شده اند. لازم به توضیح است که در دو نمودار مذکور و بدلیل امکان پذیری مقایسه غلظت عناصر، مقادیر کبالت و منگنز در 10 ضرب شده اند.

1-6-2-4- ترانشه شماره T1

ترانشه حفر شده در چشمه رستمی به نام T1 دارای روند خاوری- باختری است.

محل این ترانشه درست بر روی خاک های لاتریتیِ قرار گرفته بر روی رخنمون سنگهای اولترامافیک- مافیک انتخاب شده است. از توده پریدوتیتی بطرف بیرون، ابتدا یک واحد روشن رنگ به ضخامت 18 متر و سپس یک واحد به رنگ قرمز تیره تا قهوه ای به ضخامت 20 متر حضور دارد. مرز این دو واحد که با تغییر رنگ مشخص می شوند، توسط یک رگه سیلیسی جدا شده است. طول این ترانشه 20/30 متر بوده که هر دو واحد را پوشش می دهد.

از این ترانشه و بر اساس تغییرات لیتولوژیکی و فیزیکی (تغییر رنگ،...) داخل آن، تعداد 11 نمونه اخذ شده است. نمونه برداری عمدتاً از کف ترانشه صورت گرفته است. در جدول زیر نتایج حاصل از مطالعات کانی شناسی تعداد 4 نمونه مأخوذه از این ترانشه آورده شده است.

شماره نمونه	کانی شناسی
T1-1	اصلی: مونتموریلونیت، هماتیت، گوتیت، کوارتز، کائولن، کلسیت، تالک، کریزوتیل
T1-4	اصلی: هماتیت، گوتیت، کوارتز، مونتموریلونیت ؛ فرعی: کریزوتیل، تالک، کائولن
T1-6	اصلی: مونتموریلونیت، کریزوتیل، هماتیت، گوتیت، کوارتز
T1-9	اصلی: کوارتز، کریزوتیل ؛ فرعی: تالک، هماتیت ؛ جزئی: کلسیت

با توجه به مقطع زمین شناسی این ترانشه، سه نمونه اول (T1-1, T1-4, T1-6) در واحد تیره رنگ فوقانی و نمونه چهارم (T1-9) در واحد روشن رنگ و سیلیسی شده تحتانی (نسبت به سنگ های هارزبورژیتی زیر آنها) واقع شده اند. همانگونه که در جدول فوق دیده می شود، حضور کریزوتیل و تالک در نمونه های لاتریتی این ترانشه، حکایت از یک منشاء اولترامافیک در زیر آنها دارد. حضور مقادیر فراوان مونتموریلونیت و کائولن (از انواع کانی های رسی) در سه نمونه اول و عدم حضور آنها در نمونه چهارم، همچنین حضور کوارتز فراوان در نمونه چهارم نیز، دال بر رسی بودن واحد تیره رنگ فوقانی در مقابل سیلیسی بودن واحد روشن رنگ تحتانی است. این تغییرات در زمان فروشست سنگهای پریدوتیتی در طول فرآیند لاتریتی شدن صورت پذیرفته است. در واحد روشن رنگ تحتانی نیز، در اثر همین فرآیند، پدیده سیلیسیفیکاسیون صورت گرفته است. هر چند در هر دو واحد شاهد حضور هماتیت هستیم، اما در واحد تیره رنگ فوقانی اولاً گوتیت نیز هماتیت را همراهی نموده و ثانیاً بعنوان کانی اصلی حضور دارند، در صورتی که در واحد روشن رنگ تحتانی هماتیت بعنوان کانی فرعی حضور

دارد و اثری از گوتیت دیده نمی شود. این موضوع نیز با تمرکز بیشتر آهن در بخشهای فوقانی افق های لاتریتی قابل انطباق است.

تغییرات عیار نیکل در 11 نمونه مربوط به این ترانشه، بین 1955 تا 7240 گرم در تن با میانگین 4917 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 10 نمونه، در دو نمونه بالای 7000، در سه نمونه بالای 6000، در یک نمونه بالاتر از 5000 و در یک نمونه بالاتر از 4000 گرم در تن بوده است. هر چند تعداد نمونه ها برای بررسی های آماری مناسب نمی باشد، اما بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، کروم، آهن، پلاتین و پالادیم می باشد که در نمودار تغییرات غلظت عناصر بخوبی قابل مشاهده است (شکل A). بیشترین عیارهای نیکل، کبالت و آهن به ترتیب میزان 7240 و 309 گرم در تن و 23/4 درصد در نمونه شماره T1-4 به ثبت رسیده اند. حداکثر عیار کروم، پلاتین و پالادیم نیز به ترتیب به مقدار 2840 گرم در تن در نمونه شماره T1-2، 36 میلی گرم در تن در نمونه شماره T1-1 و 30 میلی گرم در تن در هر دو نمونه T1-2 و T1-3 بوده است.

لازم است اشاره شود که تغییرات عیار نیکل در واحد تیره رنگ فوقانی بین 5690 تا 7240 گرم در تن با میانگین 6650 گرم در تن بوده است. ضخامت این واحد در داخل ترانشه، به 11/5 متر می رسد. قابل ذکر آنکه این واحد از بالا، تا فاصله قریب به 8 متر، کماکان ادامه دارد. با نگرش به نمودار تغییرات غلظت عناصر در این ترانشه (شکل A) می بینیم که عیار نیکل از پائین واحد تیره رنگ (نمونه شماره T1-6 با عیار 5690 گرم در تن) بطرف بالا سیر صعودی سریعی داشته و پس از رسیدن به محل نمونه شماره T1-4 با حداکثر عیار 7240 گرم در تن، سیر نزولی کندی پیدا می کند. لذا می توان انتظار داشت که، هر چند احتمال حضور عیارهای

مناسبی از نیکل در 8 متر فوقانی ترانشه (کـه حفریـاتی در آن صـورت نگرفتـه اسـت) زیـاد مـی باشد، اما عیارهای نیکل در ادامه روند ثبـت شـده در داخـل ترانشـه، سـیر نزولـی کمـی خواهنـد داشت. این امر از یک طرف باعث افزایش ضخامت افق لاتریتی با عیار بـیش از 5500 گـرم در تن نیکل از 11/5 متر به حدود 16 متر خواهد شد و از طرف دیگر باعث سـقوط عیـار میـانگین نیکل از 6650 گرم در تن به حدود 6000 گرم در تن نیز خواهد گردید.

2-6-2-4- ترانشه شماره T2

ترانشه حفر شده در رستمی میانی به نـام T2 دارای رونـد N60°E اسـت. محـل ایـن ترانشـه درست بر روی خاک های لاتریتیِ قرار گرفته بر روی رخنمون سنگ هـای پریـدوتیتی انتخـاب شده است. طول این ترانشه20/10 متر بوده است. با توجه به توصیف لیتولوژیکی ارائـه شـده در جدولِ زیرِ برش زمین شناسی این ترانشه، در طول این ترانشـه قطعـات سـنگی فراوانـی از جـنس چرت، دیاباز، آهک فسیل دار و سنگهای بازیک بشدت هوازده دیده می شود.

از این ترانشه و بر اساس تغییـرات لیتولـوژیکی و فیزیکـی (رنـگ، ...) داخـل آن، تعـداد 8 نمونه اخذ شده است. نمونه برداری عمدتاً از کف ترانشه صورت گرفته است.

تغییرات عیار نیکل در 8 نمونه مربوط به این ترانشه، بـین 3570 تـا 4070 گـرم در تـن بـا میانگین 3764 گرم در تن می باشد. هر چند تعداد نمونه ها برای بررسـی هـای آمـاری مناسـب نمی باشد، اما نیکل تنها با کبالت همبستگی بالائی نشان می دهد که در نمـودار تغییـرات غلظـت عناصر (شکل B) بخوبی قابل مشاهده است. بیشترین عیارهای نیکـل، کبالـت و آهـن بـه ترتیـب میزان 4070 و 179 گرم در تن و 10/55 درصد در نمونه شماره T2-7 به ثبت رسیده اند.

4-3- منطقه باب الجوز

در این بخش از گزارش وضعیت کانی سازی در مناطق باب الجوز خاوری، باب الجوز میانی و باب الجوز باختری مورد ارزیابی قرار می گیرد.

4-3-1- زمین شناسی منطقه

عمده ترین واحدهای سنگی که در منطقه باب الجوز واقع شده نهشته های پالئوسن و الیگومیوسن همراه با سنگهای الترابازیکی است. در گستره باب الجوز سه منطقه خاوری، میانی و باختری مورد بررسی قرار گرفته که در هر سه آنها حفریات ترانشه و چاهک به جهت شناخت وضعیت لاتریت های نیکل دار صورت پذیرفته است.

واحد PE^{cl} دارای ریختاری تپه ماهوری با سطوح فرسایش صاف و هموار با خاکهای لاتریتی ارغوانی رنگ در بخش پایینی است که به سوی بالاتر لایه های سنگ ماسه ای، میکروکنگلومرا و آهکهای گرهک دار به آن افزوده می گردد. در باب الجوز خاوری گسترش آهک چهره ساز آلوئولین دار در سه سوی منطقه آشکار است درحالیکه در منطقه باب الجوز باختری تنها در بخش شمال خاوری آن شاهد حضور آهک های آلوئولین دار می باشیم. در محدوده باب الجوز اکثر حفریات در واحد لاتریتی ارغوانی رنگ حفر گردیده که شرح آن در جدولی در فصل حفریات آمده است.

تعداد پنج نمونه به شماره های KS109, KS107, KS106, KB108, KB111 از سنگهای الترابازیکی و میکروگابرو برداشت و مورد مطالعات پتروگرافی قرار گرفته که اصل نتایج

پیوست گزارش می باشد ولی بطور خلاصه آنکه در سنگهای میکروگابرویی به شماره 109 کانی های اصلی پیروکسن، آمفیبول، پلازیوکلاز همراه با کانیهای اپک است بر سنگ نام میکروگابرو نهاده شده است.

نمونه KS106 شامل سنگهای سرپانتینیتی است که اساس سنگ از سرپانتین و تا حدودی کرومیت تشکیل شده است. معمولاً کانیهای اپک که در فرآیند سرپانتینیتی شدن آزاد و ترکیبی معادل منیتیت دارد، گاه به هماتیت و هیدروکسیدهای آهن تغییر یافته است.

در نمونه KS107 سنگ هارزبورژیت است که در حال سرپانتینیتی شدن است. الیوین در اثر سرپانتینیتی شدن به بلورهای ریز تغییر یافته و در حال سرپانتینیتی شدن است. بلورهای الیوین گاه دارای ماکل هستند.

پیروکسن از نوع ارتوپیروکسن در اندازه های یک میلیمتر در سنگ تبلور یافته و در حال سرپانتینیتی شدن هستند. کرومیت نیز در متن سنگ مشاهده و گزارش گردیده است.

در نمونهKB110 که مورد مطالعات مقاطع صیقلی واقع شده، هیدروکسیدهای آهن و منگنز مشاهده شده است که در درزه ها و سطوح آنها در حال جایگیری هستند.

در تصاویر سی و پنجم لغایت چهل و هفتم، دورنمایی از واحد PE^{cl} که در برگیرنده خاکهای لاتریتی نیز می باشد، دیده می شود. در تصویر سی و نهم، سنگ های الترابازیکی همراه با میکروگابرو در معرض دید قرار دارد. تصاویر فوق الذکر به پیوست گزارش می باشد.

2-3-4- مطالعات آماری تک متغیره

در این منطقه نیز مانند منطقه رستمی داده های خام عناصر بعد از ورود به محیط نرم افزار SPSS و اجرای فایل بندی، جهت محاسبه پارامترهای آماری عناصر آماده می شوند. در مبحث پردازش داده های خام، مقادیر اولیه آماری، هیستوگرام هر عنصر محاسبه گردیده است.

1-2-3-4- پارامترهای آماری داده های خام

در این مرحله مقادیر میانگین، میانه، مد، پراش، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی، کشیدگی، مقادیر حداقل و حداکثر، 25٪ و 75٪ هر عنصر بدون نرمال سازی و تغییرات در داده ها در جدول (6-4) نشان داده شده است.

با توجه به این جدول، میانگین غلظت عنصر نیکل 1720/79 گرم درتن می باشد و از 59 نمونه برداشتی از 37 چاهک (42 نمونه) و 2 ترانشه (17 نمونه) در منطقه باب الجوز، 25 درصد نمونه ها برای عنصر نیکل عیار بالای 2140 را به ثبت رسانده اند بطوریکه 4 نمونه برداشت شده از چاهک های BH55, BH59, BH79, BH44 دارای عیارهای بالای 2500 گرم در تن می باشند. با این حال میانگین عنصر نیکل در منطقه باب الجوز (0/17 درصد) در مقایسه با پایین ترین حد عیار اقتصادی کانسارهای فعال نیکل در حدود 0/82 درصد کمتر است. همچنین لازم به ذکر است که میانگین عیار نیکل در منطقه باب الجوز در حدود نصف غلظت نیکل در منطقه رستمی می باشد که این موضوع می تواند حکایت از پیشرفت بیشتر فرآیند لاتریتی زاسیون در منطقه رستمی نسبت به منطقه مورد سخن باشد. با توجه به طرح شماتیک پروفیل لاتریتی که در فصل دوم آمده است (شکل 2-3)، به احتمال می توان عنصر نیکل را در این منطقه به زون فوقانی (زون لیمونیتی) از پروفیل لاتریتی نسبت داد.

با توجه به جدول (6-4)، میانگین غلظت کبالت (84/93 گرم درتن) 11 برابر کمتر از متوسط عیار این عنصر (1000 گرم درتن) در کانسارهای نیکل لاتریتی می باشد.

میانگین عیار کروم 645/23 گرم در تن است و 25 درصد از داده های این عنصر دارای عیاری بالای 762 گرم درتن می باشند، بطوریکه 5 نمونه برداشت شده از چاهک های این ناحیه برای عنصر کروم عیارِ بالای 1000 گرم درتن را به ثبت رسانده اند.

میانگین عیار عنصر آهن در منطقه باب الجوز برابر با 5/797 درصد می باشد. بطورکلی عنصر آهن در این منطقه از بازهٔ تغییرات وسیعی برخوردار نیست، بطوریکه بیشترین غلظت ثبت شده برای این عنصر 9/77 درصد است. لازم به ذکر است با توجه به جدول (4-10)، رابطهٔ مستقیمی میان غلظت عناصر نیکل و آهن در این منطقه برقرار است و با افزایش عیار آهن عیار نیکل نیز افزایش یافته است. برای مثال نمونهٔ BH44 بالاترین عیارهای نیکل،کبالت و آهن را بخود اختصاص داده است.

میانگین غلظت منیزیم از 59 نمونهٔ برداشتی از این منطقه برابر با 8/42 درصد است.

با توجه به جدول (6-4)، غلظت عنصر منگنز از 234 تا 2280 گرم درتن متغیر است و تنها نمونه T4-3B دارای عیارِ بالای 2000 ppm می باشد (2280 ppm).

میانگین عناصر طلا، پلاتین و پالادیم در این منطقه به ترتیب 2 میلی گرم درتن، 0/008 و0/005 گرم درتن می باشد. با توجه به عیارهای ثبت شده برای عنصر طلا، این منطقه نیز از دیدگاه کانی سازی این عنصر گرانبها فاقد اهمیت می باشد.

چولگی عناصر نیکل،کروم، کبالت، منیزیم، آهن، تیتانیم وکلسیم حول محور صفر بوده و توزیع متقارن تری را نشان می دهند.کشیدگی عناصر از 2/580 برای استرانسیم تا 47/832 برای باریم متغیر است.

2-2-3-4- توصیف نمودارهای آماری(هیستوگرام)

به جز پارامترهای آماری اولیه که نشان دهنده خواص هر تابع ژئوشیمیایی برای هر عنصر می باشد، هیستوگرام هر عنصر نیز می تواند همان خواص و بعضی خواص دیگر توزیع ژئوشیمیایی را نشان دهد. برای این منظور در اشکال (5-4) و (6-4) موارد فوق به نمایش گذارده شده و با توجه به اشکال فوق نتایج ذیل برای عناصر بدست آمده است.

با توجه به هیستوگرام عنصر نیکل، این نمودار تمایل به پیروی از منحنی توزیع نرمال را نشان می دهد. کمترین عیار در تابع توزیع این عنصر 279 و بیشترین عیار 3340 گرم درتن می باشد. غلظتهای بالای نیکل در این منطقه نیز مربوط به حفریاتی است که متشکل از خاکهای تیره و شیل های ارغوانی رنگ می باشند. هیستوگرام عناصر کروم، کبالت، منیزیم، آهن و اسکاندیم نیز توزیع نسبتاً نرمال از داده ها را به نمایش گذاشته اند. غلظت کروم از 104 تا 1290 گرم درتن و بازهٔ تغییرات غلظت عنصر کبالت از 23 تا 156 گرم در تن می باشد.

وجود چند نمونه در کرانه های بالایی هیستوگرام منیزیم موجب انحراف این منحنی از توزیع نرمال گردیده است. عیارهای بالای 15/5 درصد جدا از جامعهٔ اول (عیارهای کمتر از 12/5 درصد) قرار گرفته وجامعه ای مستقل را تشکیل داده اند.

با صرفنظر از مقادیر خارج از رده (غلظت های بالای 2200 گرم در تن) در هیستوگرام منگنز، می توان این تابع را نسبتاً نرمال فرض نمود.

با توجه به شکل (6-4)، هیستوگرام عنصر طلا دارای توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت بوده وعیار این عنصر از 1 تا 9 میلی گرم درتن در تغییر است.

هیستوگرام عناصر پلاتین و پالادیم نشان دهنده توزیع غیرنرمال داده ها است، بازهٔ تغییرات عیار پلاتین از 0/005 تا 0/036 گرم درتن و دامنهٔ تغییرات غلظت عنصر پالادیم از 0/003 تا 0/038 گرم درتن می باشد.

3-3-4- مطالعات آماری دو متغیره

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مطالعات آماری دو متغیره به بند 4-2-4 از همین فصل مراجعه شود.]

در منطقه باب الجوز ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن که مستقل از توزیع نرمال می باشد مورد محاسبه قرار گرفته اند و نتایج این محاسبات در جدول (7-4) آورده شده است.

1-3-3-4-بررسی آماری همبستگی موجود میان داده های ژئوشیمیایی

همانطور که ملاحظه می شود بر پایه روش اسپیرمن، بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر نیکل وکبالت و به مقدار (0/954) و بیشترین همبستگی منفی بین عناصر آلومینیم- منیزیم و سرب- منیزیم هر دو به مقدار (0/723-) می باشد.

از همبستگی های مثبت نیکل می توان به همبستگی نیکل با عناصر کبالت، آهن، کروم، تیتانیم، اسکاندیم و پالادیم که به ترتیب دارای ضرائب همبستگی (0/954)، (0/865)، (0/833)، (0/716)، (0/543) و (0/530) می باشند، اشاره نمود.

از همبستگی های مهم دیگر می توان به همبستگی های کبالت وکروم (0/825)، کبالت وآهن (0/808) و آهن و کروم (0/735) اشاره نمود.

در منطقه باب الجوز عناصر طلا و منیزیم از همبستگی های بسیار پایینی با سایر عناصر برخوردار می باشند.

4-3-4- مطالعات آماری چند متغیره

در این پروژه از میان روش های چند متغیره، از تکنیک آنالیز کلاستر و تجزیه به عامل ها به منظور تعیین ارتباط ژنتیکی عناصر بهره گرفته شد.

1-4-3-4-آنالیز کلاستر (خوشه ای)

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ روش آنالیز کلاستر به بند 4-2-4-1 از همین فصل مراجعه شود.]

نتیجه آنالیز خوشه ای منطقه باب الجوز به صورت یک نمودار درختی (شکل 4-7) ارائه شده است. با توجه به نمودار درختی فوق گروه های اصلی زیر را می توان جدا نمود.

گروه اول : دراین گروه عناصر کبالت، نیکل، اسکاندیم، آهن، کروم، تیتانیم، پالادیم، وانادیم و آنتیموان بیشترین قرابت را نشان می دهند. از طرفی با توجه به ضرایب انطباقی، این گروه به سه شاخهٔ مجزا تقسیم می شود. در شاخهٔ اول عناصر کبالت، نیکل از ضریب انطباق بالایی(حدود 1) برخوردارند و عناصر آهن، کروم و تیتانیم به ترتیب با ضرایب انطباقی کمتر حدود 3، 4 و 8 به این دو عنصر متصل شده اند. در شاخهٔ دوم دو عنصر اسکاندیم و وانادیم با ضریب حدود 5 قرار دارند و عنصر پالادیم با انطباق پایینی(حدود 11) به آنها متصل شده است.

در شاخهٔ سوم عنصر آنتیموان با ضریب انطباق بسیار پایین به شاخه های قبل متصل می گردد.

گروه دوم : شامل عناصر طلا، پلاتین، بیسموت و آرسنیک می باشد. این گروه از دو شاخهٔ مجزا تشکیل شده است، بطوریکه در شاخهٔ اول دو عنصر طلا و پلاتین با ضریب انطباق حدود 10 قرار دارند و عنصر بیسموت با قرابت پایین تر به آنها متصل شده است. در شاخهٔ دوم عنصر آرسنیک با ضریب انطباق بسیار پایین (حدود20) به شاخهٔ اول متصل گردیده است.

گروه سوم : شامل عناصر آلومینیم، پتاسیم، مس، روی، سرب و گوگرد است. این گروه متشکل از سه شاخه است و ضرایب انطباقی در این گروه بین 10 الی16 می باشد.

گروه چهارم : شامل دوعنصر سدیم و کلسیم است که با قرابت انطباقی بسیار پایین با سایر گروه ها قرار گرفته اند.

گروه پنجم : شامل عناصر منیزیم و منگنز می باشد. ضرایب انطباقی این گروه بین 17 الی 24 می باشد که از لحاظ اعتبار سطح پایینی را داراست.

2-4-3-4-تجزیهٔ عامل ها

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ روش تجزیه عامل ها به بند 4-2-4-2 از همین فصل مراجعه شود.]

در منطقه باب الجوز پارامترهای آماری شامل: مقادیر ویژه، واریانس و واریانس تجمعی هر مؤلفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مؤلفه محاسبه و نتایج آن در جدول (8-4) آورده شده است. در این راستا از امکانات نرم افزار SPSS در محیط Windows بهره جسته ایم. برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مؤلفه ها، نمودار صخره ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است (شکل 4-8).

با توجه به جدول (8-4) بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مولفهٔ اول و برابر 6/341 و کمترین آن مربوط به مؤلفه بیست و پنجم و مساوی 0/0032 می باشد. حد اعتبار بکارگیری مقادیر ویژه در این منطقه 1/027 محاسبه شده و از آن برای تعیین مؤلفه های اصلی استفاده گردیده است. از طرفی با توجه به شکل (8-4) بعد از سومین مؤلفه، شکستی بین مؤلفه ها بوجود آمده است که این شکست برای انتخاب مؤلفه های اصلی بکار گرفته می شود. لذا با توجه به این نمودار، از سری داده ها، مؤلفه های اول، دوم و سوم بعنوان مؤلفه اصلی انتخاب و معرفی می شوند.

مقدار واریانس برای مؤلفه اول 25/362 درصد، برای مؤلفه دوم 19/867، برای مؤلفه سوم 10/795، برای مؤلفه چهارم 2/339، برای مولفهٔ پنجم 1/601، برای مولفهٔ ششم 4/513 و برای مولفهٔ هفتم 4/107 درصد می باشد. با توجه به مقادیر ویژه بالای 1/027 بهتر است هفت مؤلفه اول بعنوان مؤلفه انتخابی برگزیده شوند. (مؤلفه های اصلی با Eigen value >1 و توسط نرم افزار انتخاب گردیده است). این هفت مؤلفه در حدود 80/401 درصد واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی مورد مطالعه را پوشش می دهند.

بیشترین مشارکت عناصر در ارتباط با عنصر آهن می باشد که 0/956 و به ترتیب عناصر نیکل، آلومینیم، گوگرد،کبالت، اسکاندیم، پتاسیم،آرسنیک، روی،کروم، منیزیم، باریم، تیتانیم، بیسموت، وانادیم، سرب، برلیم، مس،آنتیموان، منگنز،کلسیم، پلاتین، طلا، سدیم و پالادیم در مراحل بعدی می باشند.

بعد از انتخاب هفت مولفهٔ اول، مقادیر خام هر مؤلفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مؤلفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول (9-4) به

نمایش درآمده است. مقادیر خام تحت بردار خاص وریمکس (Varimax) قرار گرفته اند که این بردار در اثر چرخش محورها بیشترین واریانس را برای هر مؤلفه محاسبه می نماید. مقادیر عددی چرخش یافته بالای 0/5 در هر مؤلفه چرخش یافته (Rotated Component) ملاک انتخاب هر فاکتور می باشد. مقادیرکمتر از 0/5 ازسطح اعتماد غیر قابل اطمینانی برخوردارند. بنابراین فاکتور اول شامل عناصر نیکل، کبالت، آهن، تیتانیم و کروم، فاکتور دوم در برگیرنده عناصر سدیم، سرب، برلیم، پتاسیم و آلومینیم، فاکتور سوم شامل آلومینیم، اسکاندیم، وانادیم و پالادیم، فاکتور چهارم شامل عناصرطلا، بیسموت و پلاتین، فاکتور پنجم در بردارندهٔ عناصر گوگرد و باریم، فاکتور ششم شامل منگنز، روی و مس و فاکتور هفتم شامل آرسنیک می باشد.

در این قسمت نحوهٔ عملکرد روش های آنالیز کلاستر و تجزیهٔ عامل ها در جداسازی جوامع آماری مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به نمودار درختی در شکل (15-4) عناصر نیکل، کبالت، آهن، کروم و تیتانیم در روش آنالیز کلاستر دارای بیشترین ضرایب انطباقی بوده و عناصر منیزیم و منگنز کمترین قرابت را با سایر عناصر نشان می دهند. همینطور در نتایج بدست آمده از روش تجزیهٔ به عامل ها عناصر نیکل، کبالت، آهن، کروم و تیتانیم دارای بیشترین ضرایب امتیازی بوده و در فاکتور اول قرار گرفته اند و عنصر منیزیم به دلیل ضریب امتیازی بسیار پایین در هیچیک از فاکتورها قرار نگرفته ولی عنصر منگنز به همراه عناصر روی و مس در فاکتور ششم قرار گرفته است (جدول 4-9).

5-3-4- بررسی نقشه های انتشار عناصر بر پایهٔ نتایج حاصل از چاهک های اکتشافی

نهشته های لاتریتی قرمز، قهوه ای تا ارغوانی رنگ منطقه باب الجوز، که بخشی از واحد زمین شناسی PE^{cl} بشمار می روند، با روندکلی شمال خاوری-جنوب باختری تا خاوری- باختری در شمال تا شمال باختری تنگه جوکان واقع شده اند. دو دره نسبتاً عمیق شمالی- جنوبی این محدوده را به سه بخش جداگانه خاوری، میانی و باختری تفکیک نموده است.

در منطقه عمومی باب الجوز تنها در بخش خاوری می توان شاهد حضور رخنمون های سنگی اولترامافیک- مافیک در پیکر سنگهای هارزبورژیتی و میکروگابروئی، در زیر نهشته های لاتریتی بود. در سنگهای هارزبورژیتی می توان شاهد دانه های درشت و نسبتاً گرد شده پیروکسن بود که همراه با اولیوین های سرپانتینیزه وکمی دانه های کروم اسپینل در نمونه دستی بخوبی قابل رؤیت هستند. در برخی نقاط از این هارزبورژیت سرپانتینی شده می توان باندهای غنی و فقیر از پیروکسن را مشاهده کرد که دارای روند N160°E/60°NE هستند. همچنین مقادیری پیروکسنیت نیز در پیکر پاکت های کوچک در میان هارزبورژیت ها رؤیت می شوند. رخنمونی از سنگ های میکروگابروئی در مجاورت توده هارزبورژیتی، و یک دایک دیابازی بودینه شده درون هارزبورژیتها دیده می شود. درقسمتهای شمالی باب الجوز خاوری لایه های بشدت چین خورده رادیولاریتی نیز رخنمون دارند که ضخامت مرئی آنها به 8 تا 10 متر رسیده و مقادیری آهک نیز در بخش های تحتانی، آنها را همراهی می نماید.

در باب الجوز میانی و باختری هیچگونه رخنمونی از سنگ های اولترامافیک- مافیک دیده نشده و تنها می توان شاهد حضور واریزه های عمدتاً رادیولاریتی و بعضاً پریدوتیتی در داخل خاک های تیره رنگ لاتریتی بود. در باب الجوز باختری، همراه با خاک های لاتریتی، مقادیر

فراوانی کنگلومرا با عناصر آهکی دیده می شود که مربوط به بخش های بالائی واحد PE^{cl} می باشند.

در نقشه شماره 4-7 وضعیت زمین شناسی این منطقه در مقیاس 1:20.000 ارائه شده است. در سه نقشه پیوست به شماره های 4-8، 9-4 و 4-10، میزان غلظت مهمترین عناصر به ترتیب در سه گروه نیکل- کروم- کبالت، منیزیم- منگنز- آهن و طلا- پلاتین- پالادیم در نمونه های گرفته شده از چاهک های حفر شده در منطقه باب الجوز و جانمائی شده بر روی نقشه ها، آورده شده است. در جدول 4-10 نیز مشخصات چاهک های حفر شده، لیتولوژی داخل چاهک ها و عیار عناصر با اهمیت در نمونه های اخذ شده آورده شده است.

1-5-3-4- باب الجوز خاوری

در باب الجوز خاوری تعداد 13 چاهک بر روی خاکه های لاتریتی حفر شده است. با توجه به جدول 4-10، لیتولوژی داخل اکثر چاهک ها زیاد مناسب نبوده و حاوی قلوه های سنگی، قطعات آهکی، چرتی، ریشه های گیاهی و سنگ های سیلیسی شده می باشد. در دیواره چاهک شماره BH50 مقادیری آزبست در محل درزه ها دیده می شود. از هر چاهک یک نمونه شیاری از دیواره آن گرفته شده است. از چاهک شماره BH51، بدلیل تغییرات لیتولوژیکی، 2 نمونه برداشت شده است.

تغییرات عیار نیکل در 14 نمونه مربوط به چاهک های این محدوده، بین 279 تا 3340 با میانگین 1706 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 14 نمونه، تنها در 4 نمونه بالای 2000 و تنها در یک نمونه بالای 3000 گرم در تن است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، کروم، آهن و پالادیم می باشد. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت و آهن به ترتیب میزان 3340،

156 گرم در تن و 9/77 درصد بوده که مربوط به نمونه اخذ شده از چاهک شماره BH44 می باشند. بیشترین عیار کروم و پالادیم نیز به ترتیب میزان 1290 گرم در تن و 12 میلی گرم در تن در چاهک شماره BH55 به ثبت رسیده است که دارای رتبه دوم از بیشترین مقادیر نیکل، کبالت و آهن می باشد. همین نمونه حاوی حداکثر مقدار پلاتین به میزان 10 میلی گرم در تن نیز بوده است.

در نمونه اخذ شده از سنگ هارزبورژیتی این منطقه به شماره KB109A در مرحله مقدماتی، میزان 1740 گرم در تن نیکل ثبت شده است. لذا، با توجه به میانگین عیار 1706 گرم در تنی نیکل در نمونه های لاتریتی چاهک های باب الجوز خاوری، می توان اذعان نمود که تمرکز یافتگی مناسبی از نیکل در لاتریت های این منطقه صورت نپذیرفته است.

2-5-3-4- باب الجوز میانی

در باب الجوز میانی تعداد 8 چاهک بر روی خاکه های لاتریتی حفر شده است. از هر چاهک یک نمونه شیاری از دیواره آن گرفته شده است. بدلیل تغییرات لیتولوژیکی، از چاهک شماره BH63 تعداد 2 نمونه و از چاهک شماره BH59 تعداد 4 نمونه برداشت شده است.

تغییرات عیار نیکل در 12 نمونه مربوط به چاهک های این محدوده، بین 1000 تا 2790 با میانگین 1777 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 12 نمونه، تنها در 4 نمونه بالای 2000 گرم در تن بوده است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، آهن، کروم و پالادیم می باشد. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم، پالادیم و آهن به ترتیب میزان 2790، 141، 774 گرم در تن، 8 میلی گرم در تن و 8/64 درصد بوده که همگی مربوط به نمونه اخذ شده از چاهک شماره BH59 به شماره نمونه BH59-B می باشند.

با توجه به میزان 1740 گرم در تن نیکل ثبت شده در نمونه سنگ هارزبورژیتی این منطقه در مرحله مقدماتی و با توجه به میانگین 1777 گرم در تنی نیکل در نمونه های لاتریتی چاهک های باب الجوز میانی، می توان اذعان نمود که تمرکز یافتگی مناسبی از نیکل در لاتریت های این منطقه صورت نپذیرفته است.

3-5-3-4- باب الجوز باختری

در باب الجوز باختری تعداد 16 چاهک بر روی خاکه های لاتریتی حفر شده است. از هر چاهک یک نمونه شیاری از دیواره آن گرفته شده است.

تغییرات عیار نیکل در 16 نمونه مربوط به چاهک های این محدوده، بین 1255 تا 2600 با میانگین 1860 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 16 نمونه، تنها در 5 نمونه بالای 2000 گرم در تن بوده است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، کروم و آهن می باشد. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم و آهن به ترتیب میزان 2600، 121 (هر دو در چاهک شماره BH76)، 1105 (در چاهک شماره BH72) گرم در تن و 7/73 درصد (در چاهک شماره BH74) بوده است.

با توجه به میزان 1740 گرم در تن نیکل ثبت شده در نمونه سنگ هارزبورژیتی این منطقه در مرحله مقدماتی و با توجه به میانگین 1860 گرم در تنی نیکل در نمونه های لاتریتی چاهک های باب الجوز باختری، می توان اذعان نمود که تمرکز یافتگی مناسبی از نیکل در لاتریت های این منطقه صورت نپذیرفته است.

6-3-4- بررسی پروفیل های زمین شناسی ترانشه های اکتشافی

در منطقه باب الجوز تعداد 2 ترانشه حفر گردیده است. یک ترانشه در باب الجوز خاوری و دیگری در باب الجوز میانی. در دو برش پیوست به شماره نقشه های 4-11 و 4-12، مقاطع زمین شناسی هر ترانشه بطور جداگانه و همراه با توصیف نمونه ها و مهمترین نتایج آنالیز آنها آورده شده است. در دو نمودار تغییرات غلظت عناصر که به پیوست می باشند (اشکال C و D)، نیز تغییرات مقادیر اندازه گیری شده مهمترین عناصر در سه گروه نیکل- کروم- کبالت، آهن- منگنز- منیزیم و پلاتین- پالادیم- طلا در نمونه های گرفته شده از هر ترانشه بطور جداگانه نمایش داده شده اند. لازم به توضیح است که در دو نمودار مذکور و بدلیل امکان پذیری مقایسه غلظت عناصر، مقادیر کبالت و منگنز در 10 ضرب شده اند.

1-6-3-4- ترانشه شماره T3

ترانشه حفر شده در باب الجوز خاوری به نام T3 دارای روند خاوری- باختری است. محل این ترانشه درست بر روی خاک های لاتریتیِ قرار گرفته بر روی رخنمون سنگهای اولترامافیک- مافیک باب الجوز انتخاب شده است. طول این ترانشه 21/5 متر بوده که قریب به 9 متر باختری آن در خاک های قرمز رنگ بلافصل توده هارزبورژیتی و 12/5 متر خاوری آن در خاک های قهوه ای تیره رنگ حفر شده است.

از این ترانشه و بر اساس تغییرات لیتولوژیکی و فیزیکی (رنگ، ...) داخل آن، تعداد 10 نمونه اخذ شده است. نمونه برداری عمدتاً از کف ترانشه صورت گرفته است بجز نمونه های شماره T3-1A و T3-2 که از دیواره ترانشه برداشت شده اند.

تغییرات عیار نیکل در 10 نمونه مربوط به این ترانشه، بین 488 تا 2410 با میانگین 1320 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 10 نمونه، تنها در یک نمونه بالای 2000 گرم در تن

بوده است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، کروم و آهن می باشد که در نمودار تغییرات غلظت عناصر (شکل C) بخوبی قابل مشاهده است. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم و آهن به ترتیب میزان 2410، 111، 807 گرم در تن و 7/45 درصد بوده که همگی مربوط به نمونه شماره T3-1A می باشند. لازم به توضیح است که این نمونه دارای بیشترین مقدار پالادیم به میزان 5 میلی گرم در تن نیز بوده است، هر چند که همبستگی بالائی با نیکل از خود نشان نمی دهد.

با توجه به میزان 1740 گرم در تن نیکل ثبت شده در نمونه سنگ هارزبورژیتی منطقه باب الجوز در مرحله مقدماتی و با توجه به میانگین 1860 گرم در تنی نیکل در نمونه های لاتریتی چاهک های باب الجوز باختری، و میانگین 1320 گرم در تنی نیکل در نمونه های ترانشه حفر شده در این محدوده، می توان اذعان نمود که تمرکز یافتگی مناسبی از نیکل در لاتریت های این منطقه صورت نپذیرفته است.

2-6-3-4- ترانشه شماره T4

ترانشه حفر شده در باب الجوز میانی به نام T4 دارای روند شمالی- جنوبی است که طول آن 9/5 متر بوده است. از این ترانشه و بر اساس تغییرات لیتولوژیکی و فیزیکی (رنگ، ...) داخل آن تعداد 7 نمونه اخذ شده است. نمونه برداری بصورت شیاری و از دیواره ترانشه صورت گرفته است.

تغییرات عیار نیکل در 7 نمونه مربوط به این ترانشه، بین 1600 تا 2340 با میانگین 1907 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 7 نمونه، در سه نمونه بالای 2000 گرم در تن بوده است. هر چند تعداد نمونه ها برای بررسی های آماری مناسب نمی باشد اما بیشترین همبستگی

نیکل به ترتیب با آهن، کبالت و کروم می باشد که در نمودار تغییرات غلظت عناصر (شکل D) بخوبی قابل مشاهده است. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم و آهن به به ترتیب میزان 2410، 111، 807 گرم در تن و 7/45 درصد بوده که همگی مربوط به نمونه شماره T3-1A می باشند. لازم به توضیح است که این نمونه دارای بیشترین مقدار پالادیم به میزان 5 میلی گرم در تن نیز بوده است، هر چند که همبستگی بالائی با نیکل از خود نشان نمی دهد.

با توجه به میزان 1740 گرم در تن نیکل ثبت شده در نمونه سنگ هارزبورژیتی منطقه باب الجوز در مرحله مقدماتی و با توجه به میانگین 1860 گرم در تنی نیکل در نمونه های لاتریتی چاهک های باب الجوز باختری، و میانگین 1320 گرم در تنی نیکل در نمونه های ترانشه حفر شده در این محدوده، می توان اذعان نمود که تمرکزیافتگی مناسبی از نیکل در لاتریت های این منطقه صورت نپذیرفته است.

4-4- منطقه چشمه تریاکی

در این بخش از گزارش نتایج حاصل از نمونه های گرفته شده از منطقه چشمه تریاکی مورد بررسی قرار می گیرد.

1-4-4- زمین شناسی منطقه

راستای دره چشمه تریاکی شمالی- جنوبی و در پایانه شمالی آن چشمه تریاکی واقع شده است. در بالادست خاوری این دره رسوبات PE^{cl} دیده می شود که به گونه ای آشکار می توان نهشته های ارغوانی رنگ حاوی خاکهای لاتریتی را در پائین دست وآهکهای چهره ساز پالئوسن را در بالادست آن مشاهده نمود (تصویر چهل و هشتم). دو نمونه KB113,119 از آن با

هدف سنگ شناسی برداشت شده که اصل نتایج پیوست گزارش ولی بطور خلاصه آنکه بر سنگ نام لیتیک کالک آرنایت و سنگ سیلیس کربناتی نهاده شده است. در نهشته های لاتریتی این منطقه تعدادی حفریات بصورت چاهک و ترانشه حفر گردیده که در مبحث مربوطه در مورد آن و نتایج بدست آمده صحبت شده است.

2-4-4- مطالعات آماری تک متغیره

در این منطقه نیز مانند مناطق قبل داده های خام عناصر بعد از ورود به محیط نرم افزار SPSS و اجرای فایل بندی، جهت محاسبه پارامترهای آماری عناصر آماده می شوند. در مبحث پردازش داده های خام، مقادیر اولیه آماری، هیستوگرام هر عنصر محاسبه گردیده است.

1-2-4-4- پارامترهای آماری داده های خام

در این مرحله مقادیر میانگین، میانه، مد، پراش، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی، کشیدگی، مقادیر حداقل و حداکثر، 25٪ و 75٪ هر عنصر بدون نرمال سازی و تغییرات در داده ها در جدول (11-4) نشان داده شده است.

با توجه به این جدول، از 12 نمونهٔ برداشت شده از 14 چاهک در منطقه چشمه تریاکی میانگین عیار نیکل برابر با 2141/25 ppm محاسبه شده است این مقدار نسبت به عیار نیکل درکانسار لاتریتی مورین مورین (Murin Murin) واقع در غرب استرالیا (جدول 2-4 از فصل دوم) که کمترین عیار را در بین کانسارهای نیکل در حال بهره برداری، دارا می باشد 0/78 درصد کمتر است. بالاترین عیار نیکل مربوط به نمونهٔ BH91 می باشد که برای عناصر آهن، کروم وکبالت نیز بالاترین عیارها را بخود اختصاص داده است. این چاهک از خاک های رسی قهوه ای رنگ وآهک های هوازده و بشدت سیلیسی شده تشکیل شده است. بطورکلی تقریباً

حدود 75 درصد نمونه ها دارای عیاری بالای 2000ppm می باشند. با توجه به اینکه عیارهای عنصر نیکل در این منطقه تقریباً نصف مقادیر این عنصر در منطقه رستمی می باشد، اینگونه استنباط می شود که فرآیند لاتریتی شدن در این منطقه کامل نشده و نمی توان عیارهای نیکل را به افق مشخصی از پروفیل لاتریتی نسبت داد.

میانگین عنصر کبالت در این منطقه 94/917 ppm می باشد که تقریباً 10/5 برابر کمتر از میانگین عیارِ این عنصر در 20 معدن فعال دنیا می باشد.

میانگین عنصر کروم از 12 نمونه برداشتی برابر با 842/75 گرم درتن است و 25 ٪ داده های این متغیر دارای عیار بالای 1000 گرم درتن می باشند.

در این مطالعات میانگین عنصر آهن 6/ 724 درصد بوده و بیشترین غلظت این عنصر مربوط به نمونهBH91 با عیار 10/15 درصد می باشد. میانگین عیار منیزیم 7/803 درصد است و به عبارت دیگر میانگین اکسیدمنیزیم (MgO) برابر با 13٪ می باشد. بطورکلی در منطقه چشمه تریاکی نمی توان مشخص کرد که عیارهای منیزیم و آهن مربوط به کدام افق لاتریتی می باشد.

میانگین منگنز در این ناحیه 788/66 ppm است و25٪ داده های این عنصر دارای عیاری بالای 851 ppm می باشند. با توجه به جدول (4-11) به جز عناصر نیکل، کبالت، کروم، وانادیم و سدیم سایر عناصر از چولگی مثبت برخوردارند.

2-2-4-4- توصیف نمودارهای آماری(هیستوگرام)

در اشکال (9-4) و (10-4) هیستوگرام عناصر به نمایش گذارده شده و با توجه به اشکال فوق نتایج ذیل برای عناصر بدست آمده است.

هیستوگرام عنصر نیکل نشان دهنده توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت می باشد.کمترین غلظت این عنصر ppm 1170 و بیشترین عیار آن ppm 2940 است. با توجه به نمودار کروم، بیشترین فراوانی این عنصر مربوط به عیارهای بالای ppm 1050 می باشد. هیستوگرام کبالت نشان دهنده توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت است. با توجه به این هیستوگرام غلظت عنصر کروم از 58 تا 133 گرم درتن در تغییر است. این نمودار تمایل به پیروی از توزیع نرمال را نشان می دهد (چولگی 0/304- وکشیدگی3/399).

وجود چند نمونه در کرانه های بالایی تابع توزیع منیزیم موجب انحراف این منحنی از توزیع نرمال گردیده است. هیستوگرام عناصر منگنز، اسکاندیم و وانادیم تمایل به پیروی از شکل زنگوله ای توزیع نرمال را نشان می دهند ولی عنصر آهن دارای توزیع غیرنرمال می باشد. عیار عنصر آهن از 4/68 تا 10/15 درصد در تغییر است. با توجه به هیستوگرام طلا در شکل (10-4) این نمودار نشان دهنده توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت بوده و دامنهٔ تغییرات غلظت این عنصر از 1 تا 18 میلی گرم درتن می باشد. هیستوگرام عنصر پلاتین توزیع نسبتاً نرمال داده ها را به نمایش گذاشته (چولگی 0/522 وکشیدگی 2/546) ولی هیستوگرام عنصر پالادیم انحراف از منحنی توزیع نرمال را نشان می دهد.

در شکل (10-4) عناصر بیسموت، سدیم، کلسیم و پتاسیم دارای توزیع غیرنرمال می باشند. در صورت حذف مقادیر کرانه ای در تابع توزیع آلومینیم می توان این منحنی را نسبتاً نرمال فرض نمود.

3-4-4- مطالعات آماری دو متغیره

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مطالعات آماری دو متغیره به بند 4-2-4 از همین فصل مراجعه شود.]

در منطقه چشمه تریاکی ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن که مستقل از توزیع نرمال می باشد، مورد محاسبه قرار گرفته و نتایج این محاسبات در جدول (12-4) آورده شده است.

1-3-4-4-بررسی آماری همبستگی موجود میان داده های ژئوشیمیایی

همانطور که می دانیم در روابط آماری دو متغیره و چند متغیره، تعداد نمونه های جوامع آماری در تعیین سطح اعتماد حاصل از این روابط بسیار نقش آفرین هستند. به عبارت دقیق تر هرچه تعداد نمونه های مورد بررسی در جوامع آماری افزایش یابد، نتایج حاصل از آمار چند متغیره نیز در سطح اعتماد بالاتری محاسبه می شوند. این مورد در محدوده های مورد مطالعه در پروژه حاضر کاملاً مشهود است، بطوریکه جوامع آماری مناطق چشمه تریاکی و گردنه برحج به ترتیب از 12 و 15 نمونه تشکیل یافته اند که این مقدار برای بررسی های آماری در فضاهای چند بعدی از میزان قابل توجهی برخوردار نبوده و به نتایج حاصل از آن بایستی به دیدهٔ احتیاط نگریست. با این حال به بررسی آنالیز همبستگی نمونه ها پرداخته شده است.

همانطور که ملاحظه می شود بر پایه روش اسپیرمن، بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر نیکل و کبالت و به مقدار (0/984) و بیشترین همبستگی منفی بین عناصر پتاسیم وکروم (0/792-) می باشد و به ترتیب عناصر کروم و مس (0/767-)، روی و کروم (0/753-)، روی و نیکل (0/746-)، نیکل و پتاسیم (0/689-)، کبالت و روی(0/661-) وکروم و سدیم (0/648-) دارای بیشترین همبستگی های منفی می باشند.

از همبستگی های مثبت نیکل می توان به همبستگی نیکل و کبالت (0/984)، نیکل و کروم (0/902)، نیکل و آهن (0/853)، نیکل و اسکاندیم (0/776)، نیکل و پالادیم (0/594)، نیکل و تیتانیم (0/562) اشاره کرد.

از همبستگی های مهم دیگر می توان به همبستگی های کبالت و آهن (0/914)، آهن و اسکاندیم (0/982)، کبالت و اسکاندیم (0/854)، کبالت و کروم(0/872)، کروم و آهن (0/734)، کبالت و پالادیم (0/647) اشاره نمود.

در منطقهٔ چشمه تریاکی نظیر مناطق رستمی و باب الجوز عناصر طلا و منیزیم از همبستگی های بسیار پایینی با سایر عناصر برخوردار می باشند.

4-4-4- مطالعات آماری چند متغیره

در این منطقه از میان روش های چند متغیره ازتکنیک آنالیز کلاستر و تجزیه به عامل ها به منظور تعیین ارتباط ژنتیکی عناصر بهره گرفته شده است.

1-4-4-4-آنالیز کلاستر(خوشه ای)

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ روش آنالیز کلاستر به بند 4-2-4-1 از همین فصل مراجعه شود.]

نتیجه آنالیز خوشه ای منطقه چشمه تریاکی به صورت یک نمودار درختی (شکل 4-11) ارائه شده است. با توجه به نمودار درختی فوق گروههای اصلی زیر را می توان جدا نمود.

گروه اول : در این گروه عناصر کبالت، نیکل، کروم، اسکاندیم، آهن، تیتانیم، وانادیم وآلومینیم دارای بیشترین ضرایب انطباقی می باشند، بطوریکه عناصر وانادیم و آلومینیم با ضریب انطباق بسیار پایین (حدود11) در این گروه قرار گرفته اند.

گروه دوم : این گروه از عناصر منیزیم و منگنز با ضریب انطباقی پایین (حدود 11) تشکیل یافته است.

گروه سوم : شامل عناصر مس، روی، آرسنیک، پتاسیم، سرب، آنتیموان، گوگرد، بیسموت و سدیم می باشد. ضرایب انطباقی در این گروه بین 3 الی 15 است و بیشترین ضریب انطباقی بین آرسنیک و پتاسیم (حدود3) می باشد.

گروه چهارم : این گروه به دو شاخهٔ مجزا تقسیم شده که در آن عناصر طلا وکلسیم با ضریب حدود 6 و پلاتین و پالادیم با ضریب کمتر حدود 10 به یکدیگر متصل شده اند.

2-4-4-4-تجزیهٔ عامل ها

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ روش آنالیز کلاستر به بند 4-2-4-1 از همین فصل مراجعه شود.]

در منطقه چشمه تریاکی پارامترهای آماری شامل: مقادیر ویژه، واریانس و واریانس تجمعی هر مؤلفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مؤلفه محاسبه و نتایج آن در جدول (4-13) آورده شده است. در این راستا از امکانات نرم افزار SPSS در محیط Windows بهره جسته ایم. برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مؤلفه ها، نمودار صخره ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است (شکل 4-12).

بعد از انتخاب پنج مولفهٔ اول، مقادیر خام هر مؤلفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مؤلفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول (4-14) به نمایش درآمده است. با توجه به این جدول فاکتور اول شامل عناصر سرب، باریم، پتاسیم، آرسنیک، روی، مس، آنتیموان و گوگرد، فاکتور دوم در برگیرنده عناصر کروم، اسکاندیم، آهن، تیتانیم، کبالت، وانادیم و نیکل، فاکتور سوم شامل طلا، کلسیم و گوگرد، فاکتور چهارم شامل عناصرآلومینیم و بیسموت و فاکتور پنجم در بردارندهٔ عناصر پلاتین و پالادیم می باشد.

در این قسمت نحوهٔ عملکرد روش های آنالیز کلاستر و تجزیهٔ عامل ها در جداسازی جوامع آماری مورد مقایسه قرار گرفت، بطوریکه با توجه به نمودار خوشه ای عناصر درشکل (11-4) عناصر کبالت، نیکل، کروم، اسکاندیم و آهن بیشترین انطباق را نشان داده و دو عنصر منیزیم و منگنز ازکمترین ضریب انطباقی با سایر عناصر برخور دارند و در نتایج بدست آمده از روش تجزیهٔ عامل ها نیز عناصر کبالت، نیکل، کروم، اسکاندیم و آهن دارای ضرایب امتیازی بالایی بوده به نحوی که در یک فاکتور قرار گرفته اند و عناصر منیزیم و منگنز بدلیل ضرایب امتیازی بسیار پایین در هیچیک از فاکتورها جای نگرفته اند (جدول 4-14).

5-4-4- بررسی نقشه های انتشار عناصر بر پایهٔ نتایج حاصل از چاهک های اکتشافی

خاکه های لاتریتی قرمز تا قهوه ای رنگ منطقه چشمه تریاکی، که بخشی از واحد زمین شناسی PE^{cl} بشمار می روند، با روندی شمال خاوری- جنوب باختری و در دامنه ارتفاعات خاوری دره چشمه تریاکی قرار دارند. هیچگونه آثار برجا از سنگ های پریدوتیتی در واحدهای زیرین این خاکه های لاتریتی دیده نمی شود. تنها می توان در برخی نقاط شاهد حضور واریزه های عمدتاً رادیولاریتی و بعضاً اولترامافیک در داخل خاک های تیره رنگ لاتریتی بود.

در نقشه شماره 3-2 وضعیت زمین شناسی این منطقه ارائه شده است. در سه نقشه پیوست به شماره های 4-14، 4-15 و 4-16، میزان غلظت مهمترین عناصر به ترتیب در سه گروه نیکل- کروم-کبالت، منیزیم- منگنز- آهن و طلا- پلاتین- پالادیم در نمونه های گرفته شده از چاهک های حفر شده در منطقه چشمه تریاکی و جانمائی شده بر روی نقشه ها، آورده شده

است. در جدول (15-4) نیز مشخصات چاهک های حفر شده، لیتولوژی داخل چاهک ها و عیار عناصر با اهمیت در نمونه های اخذ شده آورده شده است.

در منطقه چشمه تریاکی تعداد 14 چاهک بر روی خاکه های لاتریتی حفر شده است. از دیواره تعداد 12 چاهک، به صورت شیاری نمونه برداری شده است و از نمونه برداری 2 چاهک، بدلیل لیتولوژی نامناسب، نمونه برداری نشد.

با توجه به جدول 4-15 و نقشه های ارائه شده، بیشترین عیارهای نیکل مربوط به نمونه های لاتریتی به رنگ قهوه ای تیره می باشد. همچنین، در 12 نمونه اخذ شده از این منطقه بیشترین عیارهای نیکل در بخش جنوبی متمرکز بوده و بین 2430 تا 2940 گرم در تن تغییرات دارند. در بخش شمالی میزان تغییرات نیکل بین 1170 تا 2250 گرم در تن می باشد.

نظر به همبستگی بالای نیکل به ترتیب با کبالت، کروم و آهن (ارائه شده در بخش های پیشین)، مقادیر این عناصر در بخش های جنوبی منطقه بیشتر از بخش های شمالی آن است. بیشترین عیارهای نیکل، کبالت، کروم و آهن در بخش جنوبی به ترتیب میزان 2940، 133، 1130 گرم در تن و 10/15 درصد بوده که همگی مربوط به نمونه اخذ شده از چاهک شماره BH91 می باشند.

4-5- منطقه گردنه برحج

در این بخش از گزارش وضعیت کانی سازی در منطقه برحج مورد بررسی قرار می گیرد.

4-5-1- زمین شناسی منطقه

دسترسی به منطقه برحج از طریق روستای ابوتربه مهیا می گردد. این ناحیه شامل خاکهای لاتریتی ارغوانی رنگ همراه با سنگ ماسه های ریزدانه که گاهاً تا میکروکنگلومرا متغیر می باشد در نوسان بوده و سپس در بالادست به آهک گرهک دار و در خاتمه به سوی ارتفاعات با آهکهای آلوئولین دار ستبر لایه و چهره ساز خاتمه می پذیرد.

راستای رسوبات شمالی- جنوبی بوده و در بخش پایین دست و در منطقه ابوتربه تا حدودی در پشته های قدیمی و فرسایش یافته می توان بقایای سنگ های پریدوتیتی شامل سنگ های هارزبورژیتی سرپانتینیزه را مشاهده نمود. در این منطقه نیز حفریاتی انجام شده که نتایج آن در مبحث حفریات آمده است.

2-5-4- مطالعات آماری تک متغیره

داده های خام عناصر منطقه برحج بعد از ورود به محیط نرم افزار SPSS و اجرای فایل بندی، جهت محاسبه پارامترهای آماری عناصر آماده شدند. در مبحث پردازش داده های خام، مقادیر اولیه آماری و هیستوگرام هر عنصر محاسبه گردیده است.

1-2-5-4- پارامترهای آماری داده های خام

در این مرحله مقادیر میانگین، میانه، مد، پراش، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی، کشیدگی، مقادیر حداقل و حداکثر، 25٪ و 75٪ هر عنصر بدون نرمال سازی و تغییرات در داده ها در جدول (16-4) نشان داده شده است.

میانگین عیار نیکل در منطقه برحج برابر با 3574/3 گرم درتن می باشد و از 15 نمونه برداشت شده از ترانشه T5 در این منطقه 80 درصد نمونه ها (12 نمونه) عیار بالای 3400 گرم

درتن را به ثبت رسانده اند. لازم به توضیح است که اغلب این نمونه ها از خاکهای تیره قهوه ای رنگ همراه با تمرکز باندهای لیمونیتی زرد رنگ برداشت شده اند. متوسط عیار نیکل در این منطقه می تواند مربوط به زون فوقانی (لیمونیتی) در پروفیل لاتریتی باشد (شکل 2-3 از فصل دوم). میانگین غلظت نیکل (0/35 درصد) در مقایسه با کمترین حد عیار اقتصادی کانسارهای نیکل لاتریتی در دنیا 0/6 درصد کمتر می باشد.

عیارهای کبالت از 84 تا 235 گرم درتن متغیر است. بالاترین عیار این عنصر مربوط به نمونه T5-1 می باشد که این نمونه برای عناصر کروم، نیکل وآهن نیز بالاترین عیارهای تابع توزیع را به خود اختصاص داده است. میانگین عنصر کروم از 15 نمونهٔ برداشتی در این منطقه برابر 1709 گرم درتن می باشد. لازم به ذکر است که 11 نمونه برای عنصر کروم عیار بالای 1500گرم درتن را به ثبت رسانده اند.

میانگین عنصر آهن در منطقه برحج 9/517 درصد و متوسط عیار منیزیم برابر با 7/369 درصد می باشد. با توجه به اینکه متوسط غلظت اکسید منیزیم (MgO) در این منطقه حدود 12 درصد می باشد.

با توجه به جدول (4-16) چولگی عناصر نیکل، کبالت، کروم، پلاتین، پالادیم، بیسموت، مس و منگنز نزدیک به صفر و کشیدگی این عناصر نزدیک به 3 می باشد و نسبت به سایر عناصر توزیع متقارن تری را از خود نشان می دهند.

4-5-2-2- توصیف نمودارهای آماری(هیستوگرام)

اشکال (4-13) و (4-14) هیستوگرام عناصر را به نمایش گذارده و با توجه به اشکال فوق نتایج ذیل برای عناصر بدست آمده است.

با توجه به هیستوگرام عنصر نیکل بازهٔ تغییرات این عنصر از 1820 تا5280 گرم درتن می باشد و سه جامعه مجزا برای این متغیر قابل تشخیص است بطوریکه جامعهٔ اول عیارهای بین1820 تا 2725، جامعهٔ دوم که بیشترین فراوانی را دارد عیارهای بین 3250 و4250 و جامعهٔ سوم عیارهای بالای 4750 گرم در تن را شامل می شود.

نمودار عنصر کروم نیز مانند عنصر نیکل سه جامعه مجزا را نشان می دهد که به ترتیب شامل غلظت های 787 تا 1125، 1300 تا 2125 و 2625 تا 2980 گرم در تن می باشند.

هیستوگرام عنصر کبالت توزیع نسبتاً نرمال داده ها را به نمایش گذاشته است (چولگی 0/551 و کشیدگی 3/189).

با توجه به شکل (4-13) در نمودار عنصر منیزیم، بیشترین فراوانی داده ها در عیارهای بین 7/5 تا 8/5 درصد می باشد. این نمودار از چولگی منفی برخوردار است. هیستوگرام های عناصر منگنز و اسکاندیم در این شکل تمایل به پیروی از شکل زنگوله ای تابع توزیع نرمال را نشان می دهند. در هیستوگرام عنصر آهن، جامعهٔ دوم (غلظت های بیش از 13/5 درصد) از جامعهٔ اول (غلظت های کمتر از 10/5 درصد) کاملاً جدا شده است. عیار این عنصر از 6/5 تا 15/4 درصد در نوسان می باشد.

بجز عناصر بیسموت و پالادیم، هیستوگرام سایر عناصر در شکل (4-14) نشان دهندهٔ توزیع غیرنرمال بوده و عنصر سدیم از چولگی منفی برخوردار است. عیار عنصر طلا در منطقه برحج از 1 تا 4 میلی گرم درتن متغیر بوده و بیشترین فراوانی این عنصر در غلظت های 1 میلی گرم درتن می باشد (12 نمونه از 15 نمونه برداشت شده). با توجه به هیستوگرام

عناصر پلاتین و پالادیم، عیارهای این دو عنصر به ترتیب بین 0/005 تا 0/026 گرم درتن و 0/004 تا 0/014 گرم درتن می باشد.

3-5-4- مطالعات آماری دو متغیره

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مطالعات آماری دو متغیره به بند 4-2-4 از همین فصل مراجعه شود.]

در منطقه گردنهٔ برحج ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن که مستقل از توزیع نرمال می باشد مورد محاسبه قرار گرفته و نتایج این محاسبات در جدول (17-4) آورده شده است.

1-3-5-4-بررسی آماری همبستگی موجود میان داده های ژئوشیمیایی

همانطور که ملاحظه می شود بر پایه روش اسپیرمن، بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر کبالت و اسکاندیم به مقدار (0/946) و بیشترین همبستگی منفی بین عناصر پلاتین وکلسیم (0/832-) می باشد و به ترتیب عناصر آلومینیم و منیزیم (0/828-)، نیکل و کلسیم (0/804-)، کبالت و کلسیم (0/793-)، سرب و منیزیم (0/775-) و پتاسیم و منیزیم (0/733-) دارای بیشترین همبستگی های منفی می باشند.

از همبستگی های مثبت نیکل می توان به همبستگی نیکل و اسکاندیم (0/937)، نیکل وکبالت (0/937)، نیکل و آهن (0/899)، نیکل و پلاتین (0/892)، نیکل و پالادیم (0/888)، نیکل و کروم (0/815) و نیکل و منگنز (0/681) اشاره کرد.

عنصر طلا با عناصر کبالت، کروم، پلاتین، اسکاندیم، منگنز و نیکل به ترتیب دارای همبستگی های مثبت (0/656)، (0/656)، (0/623)، (0/597)، (0/580) و (0/531) می باشد. همبستگی طلا با عناصر کروم و کبالت در سطح اعتماد 99٪ و با سایر عناصر در سطح اعتماد 95٪ می باشد.

در منطقه گردنه برحج عنصر منیزیم از همبستگی های بسیار پایینی با سایر عناصر برخوردار است.

از همبستگی های مهم دیگر می توان بـه همبسـتگی عناصـر کبالت و اسـکاندیم (0/946)، کروم و کبالت (0/864)، کبالت و پالادیم (0/836)، کبالت و پلاتین(0/832)، کبالت و آهن (0/839)، کبالت و منگنز (0/693)، کروم و اسکاندیم (0/929)، کـروم و پلاتـین (0/843)، کروم و پالادیم (0/766)، آهـن و پـالادیم (0/899)، پـالادیم و اسـکاندیم (0/845)، آهـن و پلاتین (0/819)، پلاتین و اسکاندیم (0/883)، پلاتین و پـالادیم (0/758) و پلاتـین و تیتـانیم (0/704) اشاره نمود.

4-5-4- مطالعات آماری چند متغیره

در این منطقه نیز مانند سایر مناطق از میان روش های چند متغیره ازتکنیک آنالیز کلاسـتر و تجزیه به عامل ها به منظور تعیین ارتباط ژنتیکی عناصر بهره گرفته شده است.

1-4-5-4-آنالیز کلاستر (خوشه ای)

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ روش آنالیز کلاستر به بند(4-2-4-1) از همین فصل مراجعه شود.]

نتیجه آنالیز خوشه ای منطقه گردنه برحج به صورت یـک نمـودار درختـی (شـکل 4-15) ارائه شده است. با توجه به نمودار درختی فوق گروه های اصلی زیر را می توان جدا نمود.

گـروه اول : شـامل عناصـر روی، پتاسـیم، آلـومینیم، سـرب، مـس، وانـادیم، آرسـنیک، کلسیم، آنتیموان، گوگرد و سدیم می باشد.

گروه دوم : این گروه تنها از عنصر بیسموت تشکیل شده است که با قرابت بسیار پایین (حدود 17) به سایر گروه ها متصل می گردد.

گروه سوم : در این گروه عناصر کروم، اسکاندیم، کبالت، آهن، نیکل، پلاتین، پالادیم، منگنز، تیتانیم، طلا و منیزیم دارای بیشترین ضرایب انطباقی می باشند. در شاخهٔ اول عناصر کروم، اسکاندیم، کبالت، آهن، نیکل و پلاتین از بالاترین قرابت برخوردارند (حدود 1 الی 2) و عناصر پالادیم، منگنز، تیتانیم و طلا به ترتیب با ضرایب حدود 4، 5، 7 و 8 به شاخهٔ اول متصل شده اند. در این گروه عنصر منیزیم با ضریب انطباق پایین (حدود 11) با سایر عناصر قرار دارد.

2-4-5-4-تجزیهٔ عامل ها

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ روش آنالیز کلاستر به بند(4-2-4-1) از همین فصل مراجعه شود.]

در منطقه گردنه برحج پارامترهای آماری شامل: مقادیر ویژه، واریانس و واریانس تجمعی هر مؤلفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مؤلفه محاسبه و نتایج آن در جدول (4-18) آورده شده است. در این راستا از امکانات نرم افزار SPSS در محیط Windows بهره جسته ایم. برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مؤلفه ها نمودار صخره ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است (شکل 4-16).

بعد از انتخاب پنج مولفهٔ اول، مقادیر خام هر مؤلفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مؤلفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول (4-19) به نمایش درآمده است. با توجه به این جدول، فاکتور اول شامل عناصر آهن، اسکاندیم، پلاتین، کروم، کبالت، نیکل، تیتانیم، طلا، پالادیم و منگنز، فاکتور دوم در برگیرنده عناصر کلسیم،

آلومینیم، وانادیم، سرب، مس، روی، پتاسیم و باریم، فاکتور سوم شامل آرسنیک، آنتیموان، گوگرد، فاکتور چهارم شامل عنصر منیزیم و در فاکتور پنجم عنصر بیسموت قرار گرفته است.

در این قسمت نحوهٔ عملکرد روش های آنالیز کلاستر و تجزیهٔ عامل ها در جداسازی جوامع آماری مورد مقایسه قرار گرفت بطوریکه با توجه به شکل (15-4) عناصر کروم، کبالت، اسکاندیم، آهن و نیکل در روش آنالیز کلاستر دارای بیشترین ضرایب انطباقی بوده و عنصر بیسموت کمترین قرابت را با سایر عناصر نشان می دهد و در نتایج بدست آمده از روش تجزیهٔ به عامل ها نیز عناصر کروم، کبالت، اسکاندیم، آهن و نیکل دارای بیشترین ضرایب امتیازی و عنصر بیسموت کمترین ضریب امتیازی را داراست (جدول 4-19).

5-5-4- بررسی پروفیل زمین شناسی ترانشه اکتشافی

نهشته های لاتریتی قرمز، قهوه ای تا ارغوانی رنگ منطقه گردنه برحج، که بخشی از واحد زمین شناسی PE^{cl} بشمار می روند، با روند کلی شمال خاوری- جنوب باختری و در پهنائی به ضخامت 50 تا 150 متر و به طول 400 متر، در شمال خاوری روستای ابوتربه و شمال خاوری کوه قرمز واقع شده اند. در این منطقه هیچگونه رخنمونی از سنگ های اولترامافیک- مافیک دیده نشده و تنها می توان شاهد حضور واریزه های عمدتاً رادیولاریتی و بعضاً اولترامافیک سرپانتینیزه تا مافیک بشدت دگرسان شده در داخل خاک های تیره رنگ لاتریتی بود. نهشته های لاتریتی بطور همشیب، در زیر آهک های بشدت پر فسیل آلوئولین دار ائوسن (PE^{l}) قرار گرفته اند که دارای شیب زیاد رو به جنوب خاور می باشند. مرز زیرین این نهشته ها گسله است. لاتریت های این منطقه، در بخش خاوری دارای رنگ قهوه ای تیره تا ارغوانی و در بخش باختری دارای رنگ قرمز می باشند.

در نقشه شماره 3-1 وضعیت زمین شناسی این منطقه ارائه شده است.

در منطقه گردنه برحج یک ترانشه حفر گردیده است. در برش پیوست به شماره نقشه 18-4، مقاطع زمین شناسی این ترانشه همراه با توصیف نمونه ها و مهمترین نتایج آنالیز آنها آورده شده است. در نمودار تغییرات غلظت عناصر که به پیوست می باشد (شکل E)، نیز تغییرات مقادیر اندازه گیری شده مهمترین عناصر در سه گروه نیکل- کروم- کبالت، آهن- منگنز- منیزیم و پلاتین- پالادیم- طلا در نمونه های گرفته شده از این ترانشه نمایش داده شده اند. لازم به توضیح است که در نمودار مذکور و بدلیل امکان پذیری مقایسه غلظت عناصر، مقادیر کبالت و منگنز در 10 ضرب شده اند.

1-5-5-4- ترانشه شماره T5

ترانشه حفر شده در منطقه گردنه برحج به نام T5 دارای روند شمالی- جنوبی است که طول آن 20/7 متر بوده است. با توجه به توصیف لیتولوژیکی ارائه شده در جدول زیر برش زمین شناسی این ترانشه، در انتهای شمالی ترانشه شاهد حضور سنگ های بشدت هوازده و سیلیسی شده به رنگ خاکه سبز حنائی تا زرد رنگ پریده هستیم که ضخامت 6/8 متر از ترانشه را به خود اختصاص داده اند. در بخش های میانی ترانشه به ضخامت قریب به 15/5 متر، غالباً شاهد حضور سنگ های شیلی هستیم که در نیمه جنوبی مقادیری ماسه سنگ آهکی وکنگلومرای ریز دانه آنها را همراهی می کند. در بیشتر قسمت های این بخش از ترانشه، باندهای لیمونیتی زرد رنگ در پیکر عدسی های بین لایه ای کشیده و منقطع دیده می شود. رنگ عمومی خاکه های بخش میانی ترانشه قرمز تا قرمز تیره است. جنوبی ترین بخش ترانشه به ضخامت 4/5 متر در اشغال خاک های لاتریتی به رنگ قهوه ای تیره می باشد که حاوی قطعات

سنگی بشدت سیلیسی شده و همچنین باندهای لیمونیتی زرد رنگ در پیکر عدسی های بین لایه ای کشیده و منقطع هستند. روند کلیه واحدهای درون ترانشه N40°E/75-80°SE می باشد.

از این ترانشه و بر اساس تغییرات لیتولوژیکی و فیزیکی (رنگ، ...) داخل آن تعداد 15 نمونه اخذ شده است. نمونه برداری بصورت شیاری و عموماً کف و بنابر ضرورت از دیواره ترانشه صورت گرفته است.

در جدول زیر نتایج حاصل از مطالعات کانی شناسی تعداد 6 نمونه مأخوذه از این ترانشه آورده شده است.

شماره نمونه	کانی شناسی
T5-1	اصلی: هماتیت، گوتیت، کریزوتیل، مونتموریلونیت، کوارتز ؛ فرعی: کلسیت، تالک
T5-5	اصلی: هماتیت، کوارتز، مونتموریلونیت، کریزوتیل، تالک، گوتیت
T5-8	اصلی: هماتیت، کوارتز، مونتموریلونیت ؛ فرعی: کریزوتیل، تالک، گوتیت
T5-12	اصلی: هماتیت، گوتیت، مونتموریلونیت، کوارتز ؛ فرعی: کلسیت، کریزوتیل ؛ جزئی: دولومیت
T5-13	اصلی: مونتموریلونیت، کلسیت، کوارتز ؛ فرعی: کریزوتیل ؛ جزئی: هماتیت، تالک
T5-15	اصلی: مونتموریلونیت، کلسیت، کوارتز ؛ جزئی: هماتیت، کریزوتیل

با توجه به مقطع زمین شناسی این ترانشه (نقشه 4-18)، نمونه اول (T5-1) در بخش شمالی و حنائی رنگ، نمونه های (T5-5, T5-8, T5-12) در بخش میانی و قرمز رنگ و نمونه های (T5-13, T5-15) در بخش جنوبی و قهوه ای رنگ ترانشه واقع شده اند. همانگونه که در جدول فوق دیده می شود، حضور کریزوتیل و تالک در نمونه های لاتریتی این ترانشه، حکایت از یک

منشاء اولترامافیک برای آنها دارد. عمده ترین مطلب قابل اشاره نیز حضور مونتموریلونیت بعنوان فاز اول کانی شناسی در دو نمونه T5-13 و T5-15 از شمالی ترین بخش ترانشه به رنگ خاکه سبز حنائی تا زرد رنگ پریده است. در دیگر نمونه ها، و به عبارت دیگر در دو بخش میانی و جنوبی این ترانشه، شاهد حضور هماتیت بعنوان فاز اول و بعضاً گوتیت بعنوان فاز دوم کانی شناسی هستیم.

تغییرات عیار نیکل در 15 نمونه مربوط به این ترانشه، بین 1820 تا 5280 با میانگین 3574 گرم در تن می باشد. عیار نیکل در کل 15 نمونه، در دو نمونه بالای 5000، در یک نمونه بالای 4000 و در 9 نمونه بالاتر از 3000 گرم در تن بوده است. بیشترین همبستگی نیکل به ترتیب با کبالت، کروم، آهن، پالادیم و پلاتین می باشد که در نمودار تغییرات غلظت عناصر (شکل E) بخوبی قابل مشاهده است. بیشترین عیارهای نیکل و پالادیم در نمونه شماره T5-2 به ترتیب به میزان 5280 گرم در تن و 14 میلی گرم در تن به ثبت رسیده اند. بیشترین عیارهای کبالت، کروم و آهن نیز به ترتیب میزان 2980، 235 گرم در تن و 15/4 درصد، مربوط به نمونه شماره T5-1 بوده است.

با نگرش بر نمودار تغییرات غلظت عناصر در این ترانشه (شکل E) بخوبی می توان همبستگی مثبت بین نیکل، کبالت، کروم، آهن، پالادیم و تا حدودی پلاتین را مشاهده نمود. همچنین می توان بر اساس تغییرات عیاری عناصر مذکور، طول ترانشه را به سه قسمت تقسیم نمود. بخش شمالی با حداقل عیار، بخش میانی با متوسط عیار و بخش جنوبی با حداکثر عیار نیکل و سایر عناصری که دارای همبستگی مثبت بالائی با نیکل هستند، مشخص می شود. این

تقسیم بندی منطبق بر تقسیم بندی این ترانشه بر اساس تغییرات لیتولوژیکی و فیزیکی (رنگ، ...) داخل ترانشه است که در دو پاراگراف پیشین شرح آن رفت.

همانگونه که ذکر شد، انتهای جنوبی ترانشه به ضخامت 4/5 متر، دارای بیشترین تمرکز نیکل به مقدار بیش از 5000 گرم در تن می باشد. قابل ذکر آنکه در بالا دست ترانشه حفر شده در این محل، هنوز خاک های لاتریتی به رنگ قهوه ای تیره و مشابه انتهای جنوبی ترانشه، و به ضخامت حدود 10 متر حضور دارد که بنابر محدودیت های متراژ حفاری در شرح خدمات تعریف شده، حفاری نشده اند. لذا شاید بتوان ضخامتی در حدود 10 متر را برای بخش لاتریتی با عیار 5000 گرم در تن نیکل در منطقه گردنه برحج در نظر گرفت.