

## فصل پنجم

### جمع بندي، نتيجه گيري و پيشنهادات

#### 1-5- جمع بندي و نتيجه گيري

با توجه به مطالعات گذشته و مطالعات انجام شده در اين نوشتار، جمع بندي و نتيجه گيري اين گزارش بصورت زير بيان مي گردد.

- منطقه مورد بررسي به وسعت 400 كيلومتر مربع كه در 40 كيلومتری جنوب سوريان قرار دارد، از شمال به كمپلكس سوريان و از جنوب به دشت كره ای محدود می گردد. اين منطقه در لبه برخورد گاه دو واحد زمين ساختي زاگرس و سنندج- سیرجان واقع شده و عموماً پهنه های تكتونيكي زاگرس خرد شده (Crushed Zone) را شامل می گردد.
- كهن ترين واحدهای سنگي منطقه، متعلق به پوسته اقيانوسي نئوتتيس به سن كرتاسه است كه در كرتاسه بالائی بر روی پلاتفرم عربي رورانده شده است. سنگ های افيوليتي رورانده شده در اين منطقه بيشتر شامل بخش های الترامافيك تا مافيك بوده، كه با خروج از آب و قرار گيري در يك رژيم آب و هوائی گرم و حاره ای، تحت فرآيند لاتريتيزاسيون قرار گرفته است كه محور بحث اين مطالعات می باشد. با پيشروي حوضه رسوبي پالئوسن در منطقه، نهشته های ميكروكنگومرائی، كنگومرائی و ماسه سنگي سرخ رنگ همراه با لایه های آهكي بصورت نودولار در بخش های فوقانی، نهشته های لاتريتی را پوشانده اند. كل

مجموعه لاتريتي و نهشه هاي روي آن، تحت عنوان واحد  $PE^{Cl}$  شناخته مي شوند. اين واحد توسط کنگلومرای قاعده ائوسن (ايرزين) و آهک هاي زيست- تخريبي ائوسن پوشيده مي شود.

• واحد پایه انباشت هاي پائوسن- ائوسن ( $PE^{Cl}$ ) که بطور کلی دارای رنگ تيره مي باشد، بعنوان راهنمای کلیدی به جهت بررسی و شناسایی لاتريت هاي نیکل دار معرفی مي شود. بايد توجه نمود که افق هاي لاتريتي بخش تحتانی اين واحد را تشكيل مي دهند.

• بر پایه مطالعات مرحله مقدماتی يا فاز پی جویی، تعداد 16 پيمایش عمود بر واحدهای ساختاری در منطقه انجام پذیرفت و در همین راستا تعداد 25 نمونه سنگی و لاتريتي با هدف بررسی هاي آزمایشگاهی و مطالعات کانی شناسی، مقاطع صیقلی و پتروگرافی از سطح منطقه برداشت گردید. بعد از بررسی نتایج مطالعات آزمایشگاهی و تلفیق آن با داده هاي صحرايي، چهار محدوده رستمی، باب الجوز، چشمه تریاکی و گردنه برحج به جهت استمرار مطالعات با گزینش نیمه تفصیلی انتخاب شدند.

• در مرحله اکتشافات تکمیلی تعداد 93 حلقه چاهک به عمق یک متر و 5 عدد ترانشه جمعاً به طول 92/1 متر در چهار محدوده امیدبخش مذکور حفر گردید و در مجموع تعداد 96 نمونه از چاهک هاي اکتشافی و 51 نمونه از ترانشه ها به منظور بررسی وضعیت کانی سازی نیکل اخذ گردید.

• کلیه نمونه هاي مأخوذه توسط شرکت كان پژوه، نماینده شرکت (Als-Chemex) به کشور کانادا ارسال و پس از آماده سازی، به روش ICP-MS برای 37 عنصر مورد آزمایش

قرار گرفتند. لازم به ذکر است که عناصر پلاتين، پالاديم و طلا نیز در تمامی نمونه ها اندازه گيري شده اند.

- اولین محدوده، منطقه چشمه رستمي تقريباً در پایانه جنوب خاوري منطقه واقع شده و واحدهای سنگي موجود در این محدوده شامل هارزبورژيت و دونيت سرپانتيني شده و میکروگابرو می باشد که در بخش های بالایی، واحد  $PE^{cl}$  روی آن می نشیند و اساساً از خاکهای لاتریتی قرمز، قهوه ای تا ارغوانی، میکروکنگلوامرا و کنگلوامرا همراه با لایه های آهکی بصورت نودولار در بخش های فوقانی تشکیل شده است.

- بعد از بررسی پارامترهای آماری عناصر، میانگین غلظت عنصر نیکل از 61 نمونه برداشتی از 42 چاهک و 2 ترانسه در منطقه رستمي برابر با 0/35 درصد گزارش شده است. عیارهای بالای این عنصر مربوط به سنگهای به شدت هوازده با رنگ تیره و ارغوانی می باشد. بر پایه ماتریس همبستگی اسپیرمن، عنصر نیکل به ترتیب با عناصر کبالت، آهن، کروم و پلاتين همبستگی نشان می دهد، همچنین بر اساس هر دو روش آنالیز کلاستر و تجزیه عاملها عناصر کبالت، نیکل، اسکاندیم، آهن و کروم با هم از قرابت و تشابه بالایی برخوردارند.

- از بررسی نقشه های انتشار عناصر به ویژه عنصر نیکل که بعنوان اصلی ترین عنصر در این مطالعه می باشد، بیشترین عیارهای عنصر نیکل را می توان مربوط به نمونه های برداشت شده از ترانسه T1 دانست که در خاکهای لاتریتی واقع بر روی سنگهای اولترامافیک - مافیک محدوده چشمه رستمي حفر گردیده است. لازم به ذکر است که در واحد تیره رنگ فوقانی که دارای ضخامت 11/5 متر در داخل این ترانسه است، عیار نیکل بین 5690 تا 7240 با میانگین 6650 گرم در تن می باشد. با توجه به سیر صعودی عیار نیکل در بخش فوقانی و در

واحد تيره رنگ، مي توان انتظار حضور ضخامتي در حدود 16 متر لاتريت با عيار ميانگين حدود 0/6 درصد نيكل در نيمه باختری و بخشهای باختری تر اين ترانشه را داشت.

- محدوده دوم، منطقه باب الجوز از نهشته های پالتوسن (شامل لاتريت ها) و اليگوميوسن همراه با سنگهای الترابازيکی و گابرو تشکيل شده است. در منطقه عمومي باب الجوز تنها در بخش خاوری مي توان شاهد حضور رخنمون های سنگي اولترامافیک- مافیک در پيکر سنگهای هارزبورژيتي سرپانتيني شده و میکروگابروئي، در زیر نهشته های لاتريتی بود.

- از 59 نمونه برداشتي از 37 چاهک و 2 ترانشه در منطقه باب الجوز، ميانگين عيار نيكل برابر با 1720 گرم در تن می باشد. در بحث بررسی همبستگی متغيرها، عنصر نیکل به ترتیب با عناصر کبالت، آهن، کروم و تیتانیم دارای همبستگی های بالایی می باشد. همچنین در مطالعات آماری چند متغیره در روش آنالیز کلاستر عناصر کبالت، نیکل، اسکاندیم، آهن و کروم با قرابت بالا در یک شاخه قرار گرفته و در روش تجزیه عاملها نیز عناصر مذکور به جز عنصر اسکاندیم با ضرایب امتیازی بالا در یک فاکتور قرار می گیرند.

- با توجه به نقشه های انتشار عناصر در چاهک ها و ترانشه های حفر شده در سطح منطقه، بیشترین میانگین عنصر نیکل (1907 گرم در تن) مربوط به ترانشه T4 حفر شده در باب الجوز میانی می باشد.

- با توجه به میانگین غلظت نیکل ثبت شده در نمونه سنگ هارزبورژيتي منطقه باب الجوز در مرحله مقدماتی (1740 گرم در تن) و با توجه به میانگین این عنصر در نمونه های لاتريتی چاهک ها و ترانشه های حفر شده در این محدوده، می توان اذعان نمود که تمرکز یافتگی مناسبی از نیکل در لاتريت های این منطقه صورت پذیرفته است.

- محدوده سوم، در پاينه شمالي دره چشمه ترياكي واقع است كه در بالادست خاوري اين دره، نهشته هاي واحد  $PE^{Cl}$  ديده مي شود كه بگونه اي آشكار مي توان نهشته هاي ارغواني رنگ حاوي خاكهاي لاتريتي را در پائين دست و آهكهاي چهره ساز پالئوسن را در بالادست آن مشاهده نمود. در اين منطقه هيچگونه رخنموني از سنگ هاي اولترامافيك-مافيك ديده نشده و تنها مي توان شاهد حضور واريزه هاي عمدتاً راديولاريتي و بعضاً اولترامافيك سرپانتينيزه تا مافيك بشدت دگرسان شده در داخل خاك هاي تيره رنگ لاتريتي بود.
- ميانگين عيار نيكل از 12 نمونه برداشت شده از 14 چاهك در اين منطقه برابر با 2141 گرم در تن مي باشد. در اين منطقه نيز در بحث آماري دو متغيره و چند متغيره عناصر نيكل، كروم، اسكنديم و آهن بيشترين ارتباط را با يكديگر نشان داده اند.
- با توجه به نقشه هاي انتشار عناصر در چاهك هاي حفر شده در اين محدوده، بيشترين عيارهاي نيكل، كبالت، كروم و آهن در بخش جنوبي چشمه ترياكي تمرکز يافته اند.
- آخرين محدوده اميدبخش، گردنه برحج مي باشد كه از طريق روستاي ابوتربه مي توان به اين محدوده دسترسي يافت. اين ناحيه شامل خاكهاي لاتريتي ارغواني رنگ همراه با سنگ ماسه هاي ريزدانه كه گاهاً تا ميكروكنگلوگرام متغير مي باشد، در نوسان بوده و سپس در بالادست به آهك گرهك دار و در خاتمه به سوي ارتفاعات با آهكهاي آلئولين دار ستبر لايه و چهره ساز خاتمه مي پذيرد. در اين منطقه نيز هيچگونه رخنموني از سنگ هاي اولترامافيك-مافيك ديده نشده و تنها مي توان شاهد حضور واريزه هاي عمدتاً راديولاريتي

و بعضاً اولترامافيك سرپانتينيزه تا مافيك شدت دگرسان شده در داخل خاک هاي تيره رنگ لاتريتي بود.

• از 15 نمونه برداشت شده از ترانسه T5 که در نهشته هاي لاتريتي قرمز، قهوه اي تا ارغواني رنگ در منطقه گردنه برحج حفر شده است، ميانگين عيار عنصر نیکل 0/35 درصد بدست آمده است. در بررسي آماری همبستگی میان داده ها عناصر کبالت، کروم، آهن و اسکاندیم از ضرایب همبستگی بالایی با یکدیگر برخوردارند. نتایج بدست آمده از دو روش آماری آنالیز کلاستر و تجزیه عامل ها نشان می دهد که در این روشها نیز عناصر کروم، کبالت، نیکل، آهن و اسکاندیم با ارتباط بسیار بالا در یک گروه قرار می گیرند.

• با توجه به نقشه انتشار عناصر در ترانسه T5، انتهای جنوبی ترانسه به ضخامت 4/5 متر، دارای بیشترین تمرکز نیکل به مقدار بیش از 5000 گرم در تن می باشد و بیشترین غلظتهای عناصر نیکل، کروم، کبالت و آهن مربوط به این قسمت از ترانسه است که متشکل از خاک هاي لاتريتي به رنگ قهوه اي تيره و حاوی قطعات سنگی شدت سیلیسی شده با باندهای لیمونیتی زرد رنگ می باشد. قابل ذکر آنکه در بالا دست ترانسه حفر شده در این محل، هنوز خاک هاي لاتريتي به رنگ قهوه اي تيره و مشابه انتهای جنوبی ترانسه، 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 لاتريتي با عيار 0/5 درصد نیکل در منطقه گردنه برحج در نظر گرفت.

• لاتريت های اکسیدی در اثر تجزیه شدن سنگهای هارزبورژیتی و دونیتی در محیطهای گرم حاره ای ایجاد می شوند. در این لاتریتها منیزیم و سیلیس از محیط خارج شده و آهن

(Fe<sup>2+</sup>) نیز پس از آزاد شدن اکسیده شده و بصورت هیدروکسید آهن، در ابتدا بصورت آمورف و تا حد کمی بلورش یافته و سپس در پیکر گوتیت تا گوتیت توده ای، متظاهر می شود. نیکل و کبالت نیز که بصورت محلول جامد درون الیوین و سرپانتین حاصل از آن حضور داشته اند، با تجزیه این کانی ها آزاد شده و جانشین Fe<sup>3+</sup> در ساختمان هیدروکسید آهن تا حدی تبلور یافته (گوتیت Fe<sup>3+</sup>O(OH)) می شوند (Gerth, 1990). درجه تبلور این گوتیت با طی زمان تا ایجاد گوتیتی به رنگ شاخص قهوه ای مایل به زرد (لیمونیت زرد) ادامه می یابد. این تغییر تا تشکیل هماتیته به رنگ قهوه ای مایل به قرمز (لیمونیت قرمز) تداوم می یابد. تبدیل گوتیت به هماتیت با خروج نیکل از ساختار هماتیت همراه است و این به علت عدم میزبانی نیکل قبلاً جایگزین شده در گوتیت، در شبکه هماتیت است.

- لاتریت های رسی در شرایط کم اثر تر هوازدگی و بر روی سنگ های هارزبورژیته (حاوی پروکسن بعنوان منبع آلومینیم) تشکیل شده و سیلیس آزاد شده در اثر تجزیه، با ترکیب با مقدار کمی آلومینیم، افقی رسی با ترکیب کانی شناسی غالب نانترونیت و اسمکتیت را تشکیل می دهد. در اینگونه لاتریت ها، نانترونیت به فرمول Na<sub>0.3</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>2</sub>Si<sub>3</sub>AlO<sub>10</sub>(OH)<sub>2.4</sub>(H<sub>2</sub>O) نقش محافظ و نگهدار درون شبکه ای نیکل بصورت جانشینی Ni بجای Fe<sup>3+</sup> را ایفا می کند (Brand et al., 1998).

- در کل مطالعات و آنالیزهای شیمیائی، همبستگی بالائی بین نیکل و آهن و کبالت دیده شده است. با توجه به مطالعات کانی شناسی، آهن بصورت هماتیت و گوتیت در خاکه های لاتریتی حضور دارد.

• بر اساس مطالعات کانی شناسی بر روی تعداد 10 نمونه از ترانسه های شماره T1 و T5 به ترتیب مربوط به مناطق چشمه رستمي و گردنه برحج و تعداد 8 نمونه از چاهک های حفر شده در منطقه رستمي، در اکثر قریب به اتفاق نمونه ها، کانی های مونتموریلونیت، هماتیت و گوتیت بعنوان فاز اصلی کانی شناسی حضور دارند. لازم به توضیح است که مطالعات کانی شناسی، کانی نانترونیت که از گروه مونتموریلونیت می باشد را بطور شاخص مشخص نکرده است.

• با توجه به کلاسه بندی انواع مختلف لاتریت های نیکل دار جهان (ارائه شده در فصل سوم)، لاتریت های نیکل دار سوریان از نوع اکسیدی یا رسی یا ترکیبی از هر دو نوع (اکسیدی- رسی) خواهند بود. از آنجا که در مقایسه با لاتریت های سیلیکاتی، لاتریت های اکسیدی و لاتریت های رسی هر دو دارای میزان منیزیم ناچیزی هستند و همچنین با توجه به کانی شناسی غالب این لاتریت ها، معمول است که مجموع لاتریت های اکسیدی و رسی را تحت عنوان لاتریت های لیمونیتی نام گذاری کنند. لذا می توان لاتریت های نیکل دار سوریان را از به نام عمومی تر لاتریت های لیمونیتی نامید.

• بمنظور شناخت دقیق از حضور نیکل در ساختمان گوتیت یا کانی های رسی، لازم است تا برخی نمونه های لاتریتی پرعیار مورد مطالعه میکروسوند قرار گیرند.

• در محدوده مورد مطالعه، حداکثر عیار ثبت شده طلا، پلاتین و پالادیم به ترتیب میزان 18، 36 و 38 میلیگرم در تن (ppb) بوده که فاقد اهمیت می باشند. حداکثر عیار کبالت نیز به 355 گرم در تن (ppm) می رسد که آن هم اقتصادی نیست.



• از چهار منطقه مورد مطالعه در اکتشافات تکمیلی، تنها دو منطقه رستمي و گردنه برحج دارای بیشترین عیارهای نیکل بوده اند. همچنین قابل ذکر است که بیشترین عیارها مربوط به خاکه های لاتریتی به رنگ قهوه ای تیره تا ارغوانی می باشند و لاتریت های روشن رنگ دارای عیارهای به نسبت پائین تری هستند. در منطقه چشمه رستمي و در محل ترانشه شماره T1 احتمالاً می توان انتظار حضور قریب به 16 متر لاتریت با عیار میانگین حدود 0/6 درصد نیکل را داشت و شاید بتوان ضخامتی در حدود 10 متر را برای بخش لاتریتی با عیار 0/5 درصد نیکل در منطقه گردنه برحج در نظر گرفت. لازم به توضیح است که کم عیارترین معدن فعال نیکل لاتریتی جهان عیاری نزدیک به 0/99 درصد نیکل دارد.

### 5-2- پيشنهادات

نظر به عیارهای متوسط و ذخیره نچندان قابل توجه لاتریت های نیکل دار منطقه مورد مطالعه و هزینه های بالای سرمایه گذاری جهت احداث کارخانه و استحصال نیکل، پيشنهاداتی چند به شرح زیر بیان می گردد.

1. همانگونه که ذکر شد، از یک طرف بدلیل همبستگی بالای نیکل با آهن و کبالت و حضور فراوان هماتیت و گوتیت و از طرف دیگر بدلیل حضور فراوان کانی رسی مونتموریلونیت در نمونه های مأخوذه، لاتریت های این منطقه از انواع لاتریت های اکسیدی-رسی و یا تحت عنوان عمومی تر لاتریت های لیمونیتی معرفی شدند. شایسته است تا بمنظور آگاهی کافی از حضور نیکل در ساختمان گوتیت یا کانی های رسی، برخی نمونه های لاتریتی پرعیار مورد مطالعه میکروسوند قرار گیرند.

2. همانگونه که در شرح عمليات اکتشافی در منطقه گردنه برحج عنوان شد، بدليل وجود محدوديت در انجام عمليات حفاری و بر اساس شرح خدمات از پيش تعيين شده، در اين محدوده تنها اقدام به حفر يک ترانشه گرديده است. لذا شايسته است تا در ادامه، حفريات بيشتري بويژه در منطقه گردنه برحج و همچنين در منطقه چشمه رستمی (محدوده ترانشه T1) صورت پذيرد.
3. همانگونه که ديده شد، عيار متوسط نیکل حتی در پرعيارترين بخش های لاتريت های نیکل دار منطقه مورد مطالعه، کمتر از کم عيارترين معدن نیکل لاتریتی دنيا (با میانگین عيار 0/99 درصد مربوط به معدن مورین مورین در استرالیا) می باشد. شايسته است تا با انجام مطالعات فرآوری در حداقل 2 نمونه، اقدام به شناسائی روش های امکان پذیری پرعيارسازی لاتريت های مورد مطالعه گردد.
4. با توجه به وجود روش های مختلف استحصال نیکل در مقیاس صنعتی و وابستگی آنها به فاکتورهای مختلف از جمله عيار، میزان ذخيره، کانی شناسی کانسنگ نیکل و ... لازم است تا پس از انجام کلیه پيشنهادات فوق الذکر، اقدام به انجام مطالعه دقیق پيش امکان سنجی لاتريت های نیکل دار سوریان گردد. بدیهی است که در اين مطالعات به فاکتورهای نظیر دسترسی محلی، منابع آبی، قيمت سوخت، نزديکی به منابع انرژی، فاصله تا نزديکترین پایانه دریائی، ملاحظات زیست محیطی و ... نیز توجه لازم خواهد گرديد.