

سلام افلاک



دانشکده علوم  
گروه زمین‌شناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی  
گرایش زمین‌شناسی اقتصادی

عنوان

ژئوشیمی کانسنگ‌های بوکسیتی - لاتریتی درزی‌ولی، شرق بوکان، استان  
آذربایجان غربی

اساتید راهنما

دکتر علی عابدینی - دکتر صمد علیپور

۱۳۸۹/۹/۸

مجموعه اساتید بزرگ علمی بزرگ  
تمت در آران

پژوهشگر

مریم خسروی

شماره ۱

مهر ۱۳۸۹

"حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ می‌باشد"

۱۴۶۳۷۱

تقدیم ہے

پدر و مادر نزر کو ارم

## مشکر و قدردانی

یگانہ پروردگار،ستی را پاس می گویم و پیشانی شکر بردگاه آن احدیت اقدس به خاک می سایم که مرا به لطف و بخشایش خداوندیش توفیق عطا فرمود تا این مجموعه هر چند مختصر را تقدیم دارم. وظیفه خود می دانم از تمامی بزرگوارانی که مراد انجام این پژوهش مساعدت و راهمبانی نموده اند شکر نمایم. ابتدا از جناب آقای دکتر علی عابدینی به خاطر لگهای بیدریغشان و صبر جلیشان در طول انجام این رساله شکر و قدردانی می نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر صد علیپور که مراراد تدوین پایان نامه یاری نموده اند شکر می نمایم. از داوران ارجمند جناب آقای پرفور علی اصغر کلاگری (استاد مدعو از دانشگاه تبریز) و جناب آقای دکتر رامین نیکروز (داور داخلی) بسیار سپاسگزارم. همچنین از لطف و مساعدت های دکتر عبدالناصر فضل نیا، عضو هیئت علمی دانشگاه ارومیه سپاسگزارم.

و در پایان ولی نه کمتر از بقیه، از برادر و خواهرم که همواره یاریگرم بودند، شکر می کنم.

خدایا به من زیستنی عطا کن که در لحظه مرگ بر بی ثمری لحظه ای که برای زیستن گذشته است حسرت نخورم و مردنی عطا کن که بر  
یهودکی اش سوگوار نباشم. نه در حالت بان نه در جایت بان. همواره روحی مهابرج باش به سوی مبداء، به سوی مقصد، به سوی آنجا که  
می توانی انسان باشی، به سوی آنجا که می توانی جهاد کنی، به سوی آنجا که می توانی از آنچه که هستی و هستند فاصله بگیری، این رسالت  
دانی توست. خدایا به من صبر و نومی، فداکاری در سکوت، عظمت بی نام، ایمان بی ریا، دوست داشتن، بی آنکه دوست  
بداند روزی کن. خدایا آرامش عطا فرما تا بپذیرم، آنچه را که نمی توانم تغییر دهم و شامتی تا تغییر دهم آنچه را که می توانم و دانشی، تا  
بدانم تفاوت این دورا. خداوند مردم شکر نعمتهای تومی کنند و من شکر بودن تو چرا که نعمت، بودن توست.

نام خانوادگی: خسروی	نام: مریم
عنوان پایان نامه: ژئوشیمی کانسنگ‌های بوکسیتی - لاتریتی درزی ولی، شرق بوکان، استان آذربایجان غربی.	
اساتید راهنما: دکتر علی عابدینی - دکتر صمد علیپور	
رشته تحصیلی: زمین شناسی	مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد
گرایش: زمین شناسی - اقتصادی	دانشکده: علوم
موسسه: دانشگاه ارومیه	تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۷/۱۴
تعداد صفحه: ۱۱۱	
کلید واژه‌ها: بوکسیت، درزی ولی، ژئوشیمی، منشاء، ژنز، عناصر نادر خاکی.	
<p style="text-align: center;"><b>چکیده</b></p> <p>کانسنگ‌های بوکسیتی - لاتریتی درزی ولی، در ۲۰ کیلومتری شرق بوکان، جنوب استان آذربایجان غربی (شمال غرب ایران) واقع می‌باشند. این کانسنگ‌ها با گسترشی بالغ بر ۱ کیلومتر به صورت چینه‌سان در درون سازند کربناتی سازند روته (پرمین میانی - بالایی) توسعه یافته‌اند. در مشاهدات صحرایی، بر سیماهای فیزیکی نظیر رنگ، چهار تیپ سنگی مشخص شامل، (۱) قرمز قهوه‌ای، (۲) کرم مایل به سبز، (۳) سبز مایل به خاکستری، (۴) سبز تیره تشخیص داده شد. از نظر پتروگرافیکی، کانسنگ‌ها بافت‌های پلیتومورفیک، اوئیدی، جریان‌ی - کلومورفیکی، برشی دروغین و کاتاکلاستیک را نشان می‌دهند. این سیماهای بافتی پیشنهاد می‌کنند که این کانسنگ‌ها متحمل دگرشکلی‌های ساختاری شده و از ژنز برجزا برخوردارند. از نظر کانی‌شناسی، این کانسنگ‌ها کانی‌های نظیر پیروفیلیت، ایلیت، گوتیت، دیاسپور، بوهمیت، هماتیت، شاموزیت، کائولینیت، روتیل، آاناتاز، میکا، کلسیت، دولومیت، کلریت، کروندوم و کوارتز را شامل می‌شوند. مطالعات کانی‌شناسی نشان می‌دهد که آب‌های سطحی با ماهیت اکسیدی - اسیدی و آب‌های زیرزمینی با ماهیت بازی - احیاء نقش بارزی در توسعه و تکامل این کانسنگ‌ها ایفا نموده‌اند. با توجه به بررسی‌های ژئوشیمیایی، سنگ‌های بازالتی محتمل‌ترین سنگ منشاء برای کانسنگ‌ها می‌باشند. نتایج محاسبات فاکتور غنی‌شدگی عناصر نشان می‌دهد که عناصری مانند Si, Ca, Na, K, Mn, Mg, Co, Rb, Ba, و Hf در طی هوازدهگی سنگ‌های بازالتی شسته شده و عناصری مانند Al, Ti, V, Cr, Ni, U, Th, Zr, Nb, Ga, Y, REE غنی شده‌اند. تلفیق یافته‌های بدست آمده از کانی‌شناسی و ژئوشیمی نشان می‌دهند بوکسیتی شدن از اکسیداسیون پیریت و شکسته شدن کانی‌هایی چون فلدسپار، هورنبلند، ایلمنیت، پیروکسن، آپاتیت، الیوین و اوژیت نتیجه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که فرایندهایی مانند جذب سطحی، رویش، تمرکز بوسیله کانی‌های مقاوم، بافرینگ محلول‌های هوازده کننده توسط سنگ بستر کربناتی، کنترل مینرالوژیکی، شدت دگرسانی، نوسانات سطح سفره آب‌های زیرزمینی و تثبیت در فازهای نومورف از جمله عواملی بوده‌اند که نقش بارزی در توزیع عناصر ایفا نموده‌اند. بررسی الگوی تغییرات REEs نورمالیزه شده به کندریت غنی‌شدگی LREEs نسبت به HREEs در طی فرایندهای بوکسیتی شدن را نشان می‌دهد. ملاحظات ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که تمرکزات REEs توسط فسفات‌های ثانویه (Rhabdophane, Monazite, Vitusite, Churchite, Xenotime و Gorceixite) رخ داده است. این مطالعات همچنین نشان می‌دهند که این نهشته‌ها بیشتر شبیه به کانسارهای بوکسیت کارستی مدیترانه‌ای هستند و کانسنگ‌های فقیر از آهن خصوصیات مناسبی برای استفاده در صنایع دیرگداز را دارا هستند.</p>	

## فهرست مطالب

صفحه	
	<b>فصل اول: کلیات</b>
۱	۱-۱- مقدمه .....
۱	۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه .....
۲	۳-۱- شرایط آب و هوایی در منطقه مورد مطالعه .....
۳	۴-۱- زمین ریخت شناسی محدوده معدنی .....
۳	۵-۱- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای بوکسیتی در ایران .....
۳	۶-۱- پیشینه مطالعاتی .....
۵	۱-۶-۱- پیشینه مطالعاتی در شمال غرب ایران .....
۵	۲-۶-۱- پیشینه مطالعاتی در منطقه مورد مطالعه .....
۸	۷-۱- هدف از مطالعه .....
۹	۸-۱- روش کار و سیر مطالعاتی .....
۹	۱-۸-۱- مطالعات صحرایی .....
۹	۲-۸-۱- مطالعات آزمایشگاهی .....
۱۰	
	<b>فصل دوم: بررسی منابع</b>
۱۱	۱-۲- تعاریف .....
۱۱	۲-۲- خواص فیزیکی بوکسیت .....
۱۲	الف- نحوه شکستگی .....
۱۲	ب- لمس .....
۱۲	ج- سختی .....
۱۲	د- میزان تراکم .....
۱۲	ه- رنگ .....
۱۳	۳-۲- کاربرد .....
۱۳	۴-۲- کانی شناسی بوکسیت .....
۱۶	۵-۲- طبقه بندی کانسارهای بوکسیتی .....
۱۷	۶-۲- بافت بوکسیت .....
۲۰	۷-۲- عوامل ژنتیکی در تشکیل کانسارهای بوکسیت .....
۲۰	۱-۷-۲- آب و هوا .....
۲۰	۲-۷-۲- سنگ مادر .....
۲۱	۳-۷-۲- پوشش گیاهی .....
۲۱	۴-۷-۲- شرایط زیر سطحی .....
۲۱	۵-۷-۲- توپوگرافی .....
۲۲	۶-۷-۲- تکنیک .....
۲۲	۷-۷-۲- زمان .....
۲۲	۸-۷-۲- حفاظت و نگهداری .....
۲۳	۹-۷-۲- فاکتور بیوژنیک .....

۲۳	..... ۸-۲-ژنر بوکسیت
۲۴	..... ۹-۲-توزیع زمانی و مکانی و تولید جهانی کانسارهای بوکسیت در جهان
۲۷	<b>فصل سوم: زمین‌شناسی</b>
۲۷	..... ۱-۳-زمین‌شناسی ناحیه‌ای
۲۸	..... ۲-۳-زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه
۲۸	..... ۱-۲-۳-سازند روته
۳۰	..... ۲-۲-۳-سازند شمشک
۳۰	..... ۳-۲-۳-تشکیلات کرتاسه
۳۰	..... ۴-۲-۳-تشکیلات پلیوکواترنر
۳۴	..... ۵-۲-۳-افق‌های بازماندی
۳۶	..... ۱-کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای
۳۸	..... ۲-کانسنگ‌های کرم مایل به سبز
۳۸	..... ۳-کانسنگ‌های سبز مایل به خاکستری
۳۸	..... ۴-کانسنگ‌های سبز تیره
۳۸	..... ۳-۳-نتیجه‌گیری بر اساس شواهد صحرائی
۴۱	<b>فصل چهارم: پتروگرافی و کانی‌شناسی</b>
۴۱	..... ۱-۴-مطالعات پتروگرافی
۴۱	..... ۱-۱-۴-پتروگرافی سنگ‌های درونگیر کربناتی
۴۱	..... ۲-۱-۴-پتروگرافی کانسنگ‌های بازماندی
۴۲	..... الف-پتروگرافی کانسنگ‌های سبز تیره
۴۲	..... ب-پتروگرافی کانسنگ‌های سبز مایل به خاکستری
۴۲	..... ج-پتروگرافی کانسنگ‌های کرم مایل به سبز
۴۲	..... ج-پتروگرافی کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای
۴۴	..... ۲-۴-مطالعات کانی‌شناسی
۴۸	..... ۳-۴-شرایط فیزیکو‌شیمیایی تشکیل کانسنگ‌ها
۵۰	<b>فصل پنجم: ژئوشیمی</b>
۵۰	..... ۱-۵-سنگ مادر
۵۷	..... ۲-۵-تیب کانسنگ‌ها
۵۹	..... ۳-۵-تحرک و توزیع دوباره عناصر در طی فرایندهای هوازدهی
۶۶	..... ۱-عناصر اصلی و فرعی
۶۹	..... ۲-عناصر جزئی عبوری
۷۱	..... ۳-عناصر لیتوفیل درشت یون
۷۳	..... ۴-عناصر با قدرت میدان بالا
۷۵	..... ۵-عناصر نادر خاکی
۷۵	..... ۱-۵-تغییرات جرم و الگوی توزیع عناصر نادر خاکی در طی فرایند بوکسیتی شدن



۸۰	..... ۲-۵- بررسی تغییرات نسبت‌های $(La/Yb)_N$ و $(LREE/HREE)_N$ در کانسنگ‌ها
۸۱	..... ۳-۵- کانی‌های میزبان عناصر نادر خاکی
۸۳	..... ۴-۵- تفسیر آتومالی‌های Ce و Eu در کانسنگ‌های مورد مطالعه
۸۵	<b>فصل ششم: تیپ نهشته‌ها و ارزیابی اقتصادی</b>
۸۵	..... ۱-۶- تیپ نهشته‌ها
۸۸	..... ۲-۶- ارزیابی اقتصادی- کاربردی
۹۳	<b>فصل هفتم: خلاصه و نتیجه‌گیری</b>
۹۳	..... ۱-۷- مقدمه
۹۳	..... ۱-۱-۷- مطالعات صحرایی
۹۴	..... ۲-۱-۷- مطالعات پتروگرافی
۹۵	..... ۳-۱-۷- مطالعات کانی‌شناسی
۹۶	..... ۴-۱-۷- مطالعات ژئوشیمیایی
۹۹	..... ۵-۱-۷- تیپ نهشته‌ها و ارزیابی اقتصادی- کاربردی
۱۰۰	..... ۶-۱-۷- پیشنهادات
۱۰۱	..... منابع
-	..... ضمائم
-	..... چکیده انگلیسی

## فهرست جداول

صفحه

### فصل دوم: بررسی و منابع

۱-۲- مهم‌ترین کانی‌های موجود در بوکسیت ..... ۱۴

### فصل چهارم: پتروگرافی و کانی‌شناسی

۱-۴- نتایج آنالیز پراش پرتو X (XRD) نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۴۷

### فصل پنجم: ژئوشیمی

۱-۵- مقادیر ضرایب انباشتگی عناصر جزئی (R) برای تیپ‌های سنگی مختلف (Shaw, 1964) ..... ۵۱

۲-۵- مقایسه مقادیر ضرایب انباشتگی عناصر جزئی دنیا با کانسنگ‌های مورد مطالعه ..... ۵۲

۳-۵- مقایسه توزیع مقادیر عناصر Ga, Cr و Zr در کانسنگ‌های مورد مطالعه با دنیا ..... ۵۴

۴-۵- خلاصه مشخصات شاخص‌های هوازدگی ..... ۶۰

۵-۵- مقادیر شاخص‌های هوازدگی برای کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه ..... ۶۰

۶-۵- محدوده تغییرات عناصر بی‌تحرک در کانسنگ‌های مورد مطالعه ..... ۶۱

۷-۵- ضرایب همبستگی اسپیرمن بین عناصر مختلف در کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی درزی‌ولی ..... ۶۳

۸-۵- محاسبه فاکتور غنی‌شدگی برای کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه ..... ۶۶

### فصل ششم: تیپ نهشته و ارزیابی اقتصادی

۱-۶- مهم‌ترین مشخصات انواع کانسارهای بوکسیت کارستی ..... ۸۷

۲-۶- متوسط ترکیب شیمیایی اکسیدهای اصلی کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی منطقه مورد مطالعه ..... ۹۱

۳-۶- درجات تجاری ترکیب شیمیایی بوکسیت‌ها برای مصارف مختلف صنعتی ..... ۹۱

۴-۶- ترکیب شیمیایی ایده‌آل بوکسیت به عنوان سنگ اولیه آجر و مواد دیرگداز (Manning, 1995) ..... ۹۱

۵-۶- مواد اولیه، ترکیب شیمیایی و کاربرد دیرگدازها (Halvac, 1983) ..... ۹۲

## فهرست اشکال

صفحه

### فصل اول: کلیات

- ۱-۱- موقعیت زمین‌شناسی در چهار گوش مهاباد در شمال غرب ایران ..... ۲
- ۲-۱- نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه ..... ۳
- ۳-۱- نقشه پراکندگی مکانی بعضی از مناطق دارای بوکسیت و رس آلومینیوم بالا در ایران ..... ۴

### فصل دوم: بررسی منابع

- ۱-۲- انواع تیپ‌های کانیاپی در کانسارهای بوکسیتی بر اساس توزیع کانی‌های رسی، آهن دار، آلومینیوم دار ..... ۱۵
- ۲-۲- انواع تیپ‌های کانیاپی در کانسارهای بوکسیتی، فریتی و کائولنی و ترکیب حد واسط آنها بر اساس ..... ۱۵
- ۳-۲- تکامل نهشته‌های بوکسیتی در فانروزوئیک وابسته به تغییرات آب و هوایی ..... ۲۴
- ۴-۲- توزیع جغرافیایی کانسارهای بوکسیت لاتریتی و کارستی در دنیا ..... ۲۵
- ۵-۲- تغییرات آلومینا در برابر میزان ذخیره برای ۸۸ کانسار بوکسیت لاتریتی و ۳۴ کانسار بوکسیت ..... ۲۶
- ۶-۲- توزیع جهانی ذخایر بوکسیت بر اساس میزان ذخیره و آلومینای بازیافت در سال ۲۰۰۱ میلادی ..... ۲۶

### فصل سوم: زمین‌شناسی

- ۱-۳- نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه ..... ۲۹
- ۲-۳- نحوه توزیع افق‌های بازماندی در نقشه‌ی محدوده‌ی معدنی شماره ۱ ..... ۳۱
- ۳-۳- موقعیت افق بازماندی مورد مطالعه در نقشه‌ی محدوده‌ی معدنی شماره ۲ ..... ۳۲
- ۴-۳- موقعیت افق‌های بازماندی مورد مطالعه در نقشه‌ی محدوده‌ی معدنی شماره ۳ ..... ۳۳
- ۵-۳- تصاویر صحرایی از سنگ‌های درونگیر کربناتی روت ..... ۳۴
- ۶-۳- تصاویر صحرایی از منطقه‌ی مورد مطالعه و دورنمایی از افق‌های بازماندی ..... ۳۵
- ۷-۳- تصاویر صحرایی مربوط به کانسنگ‌های مورد مطالعه ..... ۳۶
- ۸-۳- تصاویری از نمونه‌های دستی مربوط به کانسنگ‌های مورد مطالعه ..... ۳۷
- ۹-۳- تصاویری از نمونه‌های دستی مربوط به کانسنگ‌های مورد مطالعه ..... ۳۹

### فصل چهارم: پتروگرافی و کانی‌شناسی

- ۱-۴- تصاویر میکروسکوپی از واحدها و کانسنگ‌های مختلف ..... ۴۳
- ۲-۴- تصاویر میکروسکوپی از کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای ..... ۴۵
- ۳-۴- دیاگرام Eh-pH محیط‌های اتمسفریک طبیعی با توجه به حیطه پایداری ..... ۴۹

## فصل پنجم: ژئوشیمی

- ۵۱ ..... ۱-۵ موقعیت کانسنگ‌های منطقه‌ی مورد مطالعه در نمودار دو متغیره Cr-Ni
- ۵۳ ..... ۲-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه در نمودار دو متغیره R-Cr
- ۵۵ ..... ۳-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه در نمودار سه متغیره Ga و Cr، Zr
- ۵۶ ..... ۴-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه در نمودار دو متغیره Zr/Ti -Nb/Y
- ۵۶ ..... ۵-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه در نمودار دو متغیره Ti-Zr
- ۵۷ ..... ۶-۵ بررسی خط روند هوازدگی برای کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی و سنگ بازالتی
- ۵۸ ..... ۷-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی در نمودار سه متغیره  $Al_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2$
- ۵۸ ..... ۸-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی در نمودار سه متغیره  $Al_2O_3-Fe_2O_3-SiO_2$
- ۵۹ ..... ۹-۵ موقعیت کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی در نمودار سه متغیره  $(Al_2O_3+TiO_2)-Fe_2O_3-SiO_2$
- ۶۸ ..... ۱۰-۵ تغییرات مقادیر فاکتور غنی‌شدگی عناصر اصلی و فرعی در کانسنگ‌های مورد مطالعه
- ۶۹ ..... ۱۱-۵ تغییرات مقادیر فاکتور غنی‌شدگی عناصر اصلی و فرعی در کانسنگ‌های مورد مطالعه
- ۷۰ ..... ۱۲-۵ تغییرات مقادیر فاکتور غنی‌شدگی عناصر جزئی عبوری در کانسنگ‌های مورد مطالعه
- ۷۲ ..... ۱۳-۵ تغییرات مقادیر فاکتور غنی‌شدگی عناصر لیتوفیل درشت یون در کانسنگ‌های مورد مطالعه
- ۷۳ ..... ۱۴-۵ ضرایب همبستگی عناصر  $Hf-Zr$  و  $Zr-Th$ ،  $Rb-K_2O$  در کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی مورد مطالعه
- ۷۴ ..... ۱۵-۵ تغییرات مقادیر فاکتور غنی‌شدگی عناصر با قدرت میدان بالا در کانسنگ‌های مورد مطالعه
- ۷۶ ..... ۱۶-۵ تغییرات مقادیر فاکتور غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی در کانسنگ‌های مورد مطالعه
- ۷۶ ..... ۱۷-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به کندریت برای کانسنگ‌های سبز تیره
- ۷۷ ..... ۱۸-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به کندریت برای کانسنگ‌های سبز مایل به خاکستری
- ۷۷ ..... ۱۹-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به کندریت برای کانسنگ‌های کرم مایل به سبز
- ۷۸ ..... ۲۰-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به کندریت برای کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای
- ۷۸ ..... ۲۱-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به بازالت برای کانسنگ‌های سبز تیره
- ۷۹ ..... ۲۲-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به بازالت برای کانسنگ‌های سبز مایل به خاکستری
- ۷۹ ..... ۲۳-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به بازالت برای کانسنگ‌های کرم مایل به سبز
- ۸۰ ..... ۲۴-۵ الگوی عناصر کمیاب خاکی نورمالیزه شده نسبت به بازالت برای کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای
- ۸۱ ..... ۲۵-۵ الگوی تغییرات  $(La/Y)_N$  و  $(LREE/HREE)_N$  کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی نسبت به سنگ مادر
- ۸۴ ..... ۲۶-۵ درصد تغییرات آنومالی Ce و Eu کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی نسبت به سنگ مادر

## فصل ششم: تپ نهشته‌ها و ارزیابی اقتصادی-کاربردی

- ۸۶ ..... ۱-۶ مقطع قائم نیپیک در کانسارهای بوکسیت لاتریتی (Bardossy and Aleva, 1990)
- ۸۹ ..... ۲-۶ الگوی تغییرات عناصر اصلی و فرعی تشکیل دهنده‌ی نهشته‌های بوکسیتی-لاتریتی نسبت به سنگ مادر

- ۳-۶- الگوی پراکندگی کانسنگ‌های بوکسیتی- لاتریتی در نمودار سه متغیره  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$  ..... ۸۹
- ۴-۶- موقعیت کانسنگ‌های غنی از سیلیس و آلومینیوم در نمودار سه متغیره  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$  ..... ۹۲

## فصل اول

### کلیات

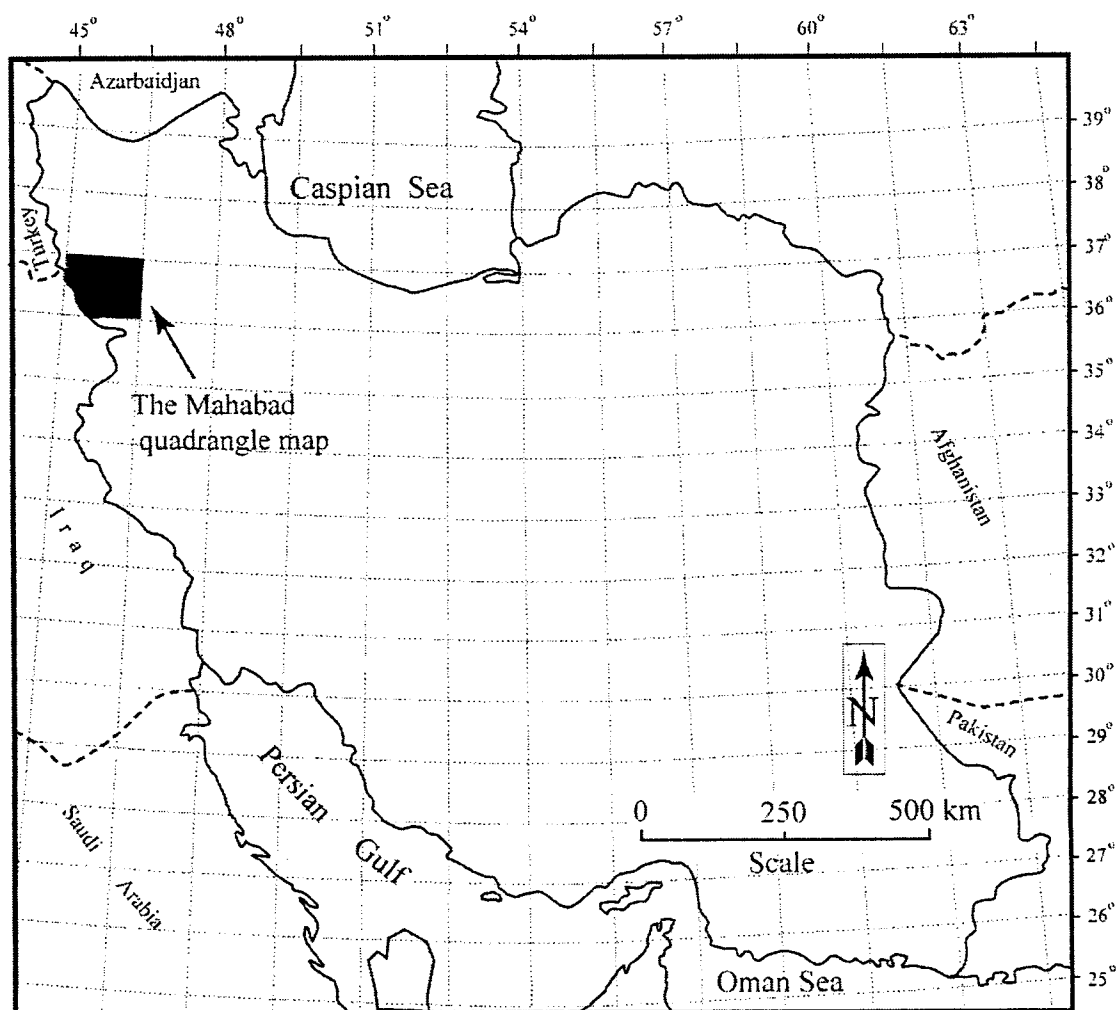
#### ۱-۱- مقدمه

بوکسیت کانسنگ آلومینا بوده و با توجه به عدم خودکفائی کشور در تأمین این ماده معدنی و نیاز روز افزون صنایع مختلف کشور به این کانسنگ، ضرورت اکتشاف و شناسایی کانسارهای جدید بوکسیتی در کشور بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. از طرفی، قرارگیری ایران بر روی کمربند بوکسیت کارستی ایرانو- هیمالیا احتمال اکتشاف و شناسایی کانسارهای جدید بوکسیتی در کشور را دوچندان می‌نماید.

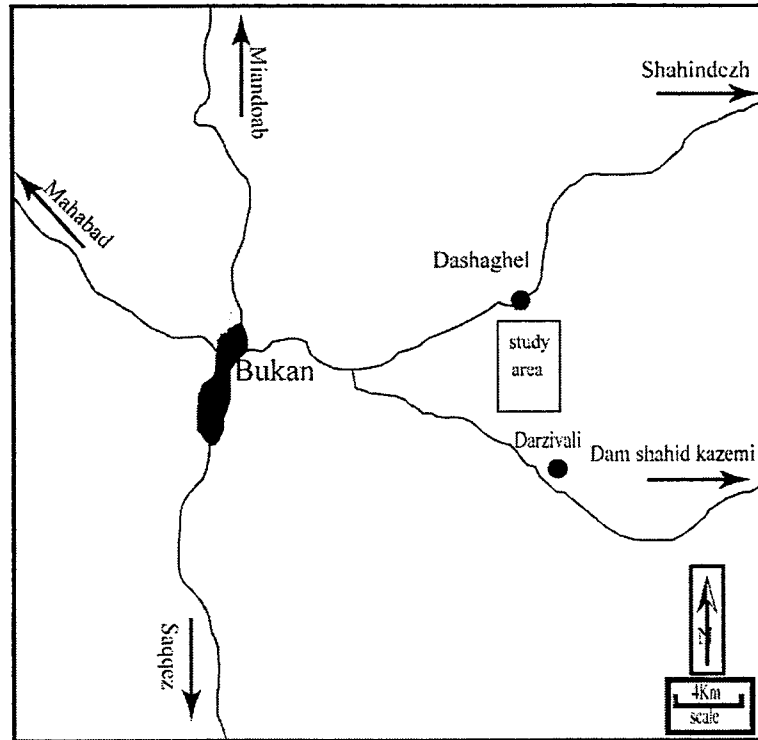
لایه‌ها و عدسی‌های بوکسیتی در منطقه‌ی درزی‌ولی بوکان یکی از جالب‌ترین سیمای زمین‌شناسی اقتصادی شمال‌غرب کشور محسوب می‌شوند که در گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته است. علیرغم کارهای پژوهشی گسترده بر روی نهشته‌ها در مقیاس بین‌المللی، تاکنون مطالعات جامعی بر روی افق‌های بوکسیتی- لاتریتی منطقه درزی ولی صورت نگرفته است. بررسی‌های قبلی انجام شده بر روی این افق‌ها، بیشتر بصورت اکتشافات چکشی و شناسایی مواد دیرگداز بوده است. با توجه به مسائل مطروحه فوق، افق‌های بوکسیتی- لاتریتی منطقه‌ی درزی ولی بوکان جهت مطالعات ژئوشیمیایی در قالب پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد انتخاب گردید. امید است با انجام این مطالعه، با تعیین مکانیسم تشکیل این کانسنگ‌ها، عوامل مؤثر در افزایش یا کاهش کیفیت مواد معدنی را مورد بررسی قرار داد و از نتایج حاصله جهت شناسایی پتانسیل‌های جدید بوکسیتی- لاتریتی در کشور استفاده نمود.

## ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان بوکان، به مختصات جغرافیایی  $46^{\circ}20'84''$  تا  $46^{\circ}23'89''$  طول شرقی و  $36^{\circ}30'00''$  تا  $36^{\circ}32'53''$  عرض شمالی، در بخش جنوبی استان آذربایجان غربی، در چهارگوش زمین‌شناسی مهاباد واقع گردیده است (شکل ۱-۱). روستای درزی‌ولی (نزدیک‌ترین روستا به منطقه‌ی مورد مطالعه) در ۳ کیلومتری جنوب منطقه مورد مطالعه واقع شده است. برای دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه می‌توان از جاده‌ی آسفالتی بوکان به شاهین‌دژ و یا بوکان به سد شهید کاظمی استفاده نمود (شکل ۲-۱).



شکل ۱-۱- موقعیت زمین‌شناسی در چهارگوش مهاباد در شمال غرب ایران.



شکل ۱-۲- نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه.

### ۳-۱- شرایط آب و هوایی در منطقه‌ی مورد مطالعه

به لحاظ آب و هوایی دو رژیم معتدل کوهستانی از اردیبهشت تا آبان ماه و آب و هوای سرد کوهستانی از آذر ماه تا اواخر فروردین ماه بر منطقه حاکم است. تابستانها نسبتاً گرم و معتدل، و زمستانها سرد می‌باشد. میزان بارندگی در ناحیه حدود ۳۰۰ الی ۴۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد.

### ۴-۱- زمین ریخت‌شناسی محدوده‌ی معدنی

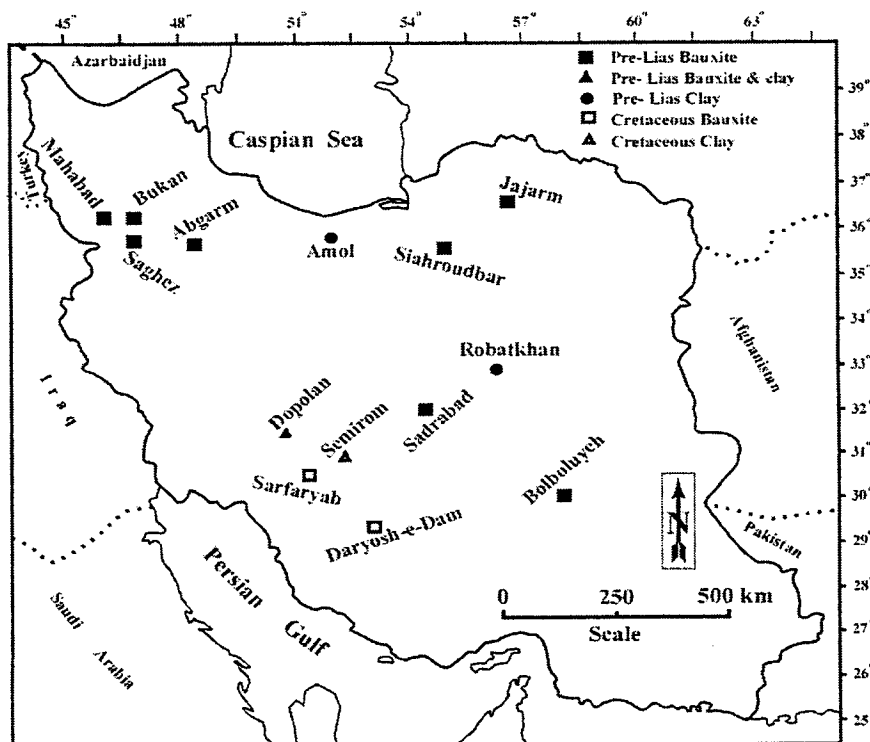
بخش‌های دارای ماده معدنی دارای توپوگرافی نسبتاً ملایمی با شیب ۲۰-۱۰ درجه به سمت غرب و جنوب می‌باشد.

### ۵-۱- توزیع زمانی و مکانی کانسارهای بوکسیتی در ایران

با توجه به توزیع جغرافیایی کانسارهای بوکسیت در دنیا (Bardossy, 1982)، نهشته‌های بوکسیتی در ایران بخشی از کمربند بوکسیت کارستی ایران- هیمالیا محسوب می‌شوند. کانسارهای بوکسیت در ایران از نظر توزیع جغرافیایی به ۴ ناحیه، (۱) شمالغرب ایران (با محوریت بوکان- شاهین‌دژ)، (۲) سلسله جبال البرز، (۳) فلات ایران



مرکزی و (۴) ارتفاعات زاگرس و از نظر توزیع زمانی به ۵ پریود، (۱) پرمین، (۲) پرمو-تریاس، (۳) تریاس، (۴) تریاس فوقانی- ژوراسیک و (۵) کرتاسه میانی (تورونین- سانتونین) قابل تفکیک می‌باشد (قربانی و هوشمندزاده، ۱۳۷۴؛ میرصادقی و میرعالی، ۱۳۷۵؛ سهیلی‌نیا، ۱۳۸۳). شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی برخی از نهشته‌های بوکسیتی در ایران را نشان می‌دهد. از بین افق‌های مذکور، با توجه به ذخایر شناسایی شده، بیشترین سهم پراکندگی مربوط به افق پرمو-تریاس (۳۳٪) و کمترین سهم پراکندگی مربوط به افق کرتاسه میانی (۷٪) می‌باشد (سهیلی‌نیا، ۱۳۸۳؛ سهیلی‌نیا و صادقی فلک‌دهی، ۱۳۸۵). با وجود این بزرگترین کانسار بوکسیتی کشور مربوط به افق تریاس فوقانی- ژوراسیک می‌باشد که در شهرستان جاجرم، استان خراسان شمالی واقع می‌باشد. ذخیره‌ی این کانسار حدود ۲۲ میلیون تن برآورد شده است (ملائی و شریفیان عطار، ۱۳۸۴). از دیگر ذخایر معروف در ایران می‌توان به نهشته‌ی بوکسیتی فاریاب در تاق‌دیس ماندان اشاره کرد. این نهشته بزرگترین و مهم‌ترین نهشته‌ی بوکسیتی در کمربند کوهزایی چین‌خورده زاگرس بوده (Zarasvandi et al., 2008) و ذخیره‌ی در حدود ۳ میلیون و ۷۵۰ هزار تن با عیار ۳۷ تا ۴۰ درصد  $Al_2O_3$  دارا می‌باشد (Badri and Charchi, 2000).



شکل ۱-۳- نقشه پراکندگی مکانی از مناطق دارای بوکسیت و رس آلومینیوم بالا در ایران

(Calagari and Abedini, 2007)

## ۱-۶- پیشینه مطالعاتی

## ۱-۶-۱- پیشینه مطالعاتی در شمال غرب ایران

بالکای و صمیمی (Balkay and Samimi, 1972) اولین افرادی بودند که در طی عملیات پی‌جویی و آثاریابی مواد با آلومینای بالای کشور، ۱۵ محل را به عنوان محل‌هایی با آثار بوکسیت در چهارگوش زمین‌شناسی مهاباد شناسایی و معرفی نموده‌اند. افتخارنژاد (۱۹۷۳) در طی مطالعه و تهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش مهاباد، افق‌ها و عدسی‌هایی از بوکسیت را در سه پریمو-تریمین، پرمو-تریمین و تریمین بالایی شناسایی نموده است. آقائاتی (۱۳۸۵) در طی تهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مهاباد موقعیت دقیق این نهشته‌ها را در جنوب‌شرق و شمال‌غرب مهاباد مشخص نموده است. کامیننی و افتخارنژاد (Kamineni and Eftekharnesad, 1977) در طی مطالعات زمین‌شناسی و کانی‌شناسی بر روی لاتریت‌های پرمین شمال‌غرب ایران، به این نتیجه رسیده‌اند که لاتریت‌های پرمین منطقه‌ی سقز متحمل فرایندهای دیاژنتیک شدید و دگرگونی‌های درجه پایین شده و با تحمل حرارتی حدود ۳۷۵ الی ۴۰۰ درجه سانتیگراد، در حد رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند. نتایج مشابهی توسط اکبرپور (۱۳۷۵) در طی مطالعه‌ی ذخایر مذکور در قالب رساله‌ی کارشناسی ارشد حاصل شده است. حریری و همکاران (۱۳۸۲) در طی تهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز عدسی‌های زیادی از بوکسیت-لاتریت با ضخامت‌های متغیر از چند سانتیمتر تا ۵ متر و با طول چند متر تا ۱۰۰ متر را در داخل واحدهای کربناته روته معرفی نموده‌اند. بررسی‌های آنها نشان داده که این عدسی‌ها اغلب ترکیب دیاسپوری داشته و سنگ‌های درونگیر این نهشته‌ها متعلق به آشکوب مرغابین می‌باشند. آنها در این مطالعه تعداد ۱۷ زون بوکسیتی-لاتریتی را در داخل سنگ‌های کربناتی روته گزارش نموده و معتقدند که از نظر کانی‌شناسی این زونها شامل ایلیت، دیاسپور، هماتیت و کائولینیت بوده و از نوع بوکسیت‌های نامرغوب به شمار می‌روند. حسامی (۱۳۷۰) ویژگی‌های زمین‌شناختی افق‌های پرمین و پرمو-تریمین شرق و شمال‌شرق بوکان را به عنوان بخشی از رساله‌ی کارشناسی ارشد خود، از دیدگاه فسیل‌شناسی طبقات درونگیر و زمین‌آمار مورد بررسی قرار داده است. مطالعات وی نشان داده است که پارامتر  $P = (Al_2O_3 + L.O.I) / (SiO_2 + Fe_2O_3)$  نه به عنوان یک پارامتر ژئوشیمیایی قاطع، بلکه به عنوان فاکتور مهم و قابل قبول می‌تواند جهت ارزیابی کیفیت مواد بوکسیتی مورد استفاده قرار بگیرد. قربانی و هوشمندزاده (۱۳۷۴) در طی بررسی خاک‌های نسوز کشور، اشاراتی به پتانسیل‌های نسوز در شمال‌غرب ایران داشته‌اند. حقی‌پور و آقائاتی (۱۳۶۷) با توجه به مجموعه‌های فسیلی شناخته شده در بخش‌های آهکی سازند روته حاوی مواد لاتریتی واقع در غرب ارومیه از نظر سنی، اشکوب جلفین (Julfian) را برای این سازند پیشنهاد نموده‌اند. قاسمی‌نکو (۱۳۷۹) به بررسی زمین‌شناسی و ژئوشیمی افق لاتریتی پرمین در غرب ارومیه پرداخته است. بررسی‌های ایشان نشان داده است که لاتریت‌های مذکور به دلیل پایین بودن مقادیر آلومینیوم از

نظر اقتصادی از ارزش چندانی برخوردار نیستند. عابدینی و همکاران (۱۳۸۰) در طی بررسی منشاء و فرایندهای ژئوشیمیایی حاکم در تشکیل نهشته‌های بوکسیتی پرمو- تریاس غرب میاندواب به این نتیجه رسیده‌اند که این ذخایر از تیپ ذخایر بوکسیت کارستی مدیترانه‌ای می‌باشند. عابدینی (۱۳۸۱) در طی بررسی ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی ذخایر بوکسیتی پرمو- تریاس غرب میاندواب، این ذخایر را از تیپ ذخایر بازماندی می‌داند که در پروفیل خود بدلیل انحلال هماهنگ و همگن بودن کلونید اولیه فاقد ساختارهای اوئیدی و پیزوئیدی می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۳۸۱) به بررسی ویژگی‌های بافتی ذخایر بوکسیتی پرمو- تریاس غرب میاندواب پرداخته‌اند. بررسی‌های انجام شده توسط آنها، بر طبیعت برجزای این نهشته‌ها دلالت دارند. عابدینی و همکاران (۱۳۸۲) چهار رخساره ژئوشیمیایی، (۱) کانسنگ آهن بوکسیتی، (۲) بوکسیت آهن دار، (۳) بوکسیت غنی از آهن و (۴) بوکسیت رسی غنی از آهن را به عنوان تیپ‌های سنگی ذخایر بوکسیتی پرمو- تریاس غرب میاندواب معرفی نموده‌اند. بررسی‌های کلاگری و همکاران (۱۳۸۲) نشان می‌دهد عامل اصلی تشکیل لایه‌های مختلف بوکسیتی پرمو- تریاس غرب میاندواب، تغییرات Eh آب‌های فرورو (+۰/۱ تا +۰/۶) و pH مناسب (۶ الی ۸) از یک ژل همگن بوده است. عابدینی و کلاگری (۱۳۸۳) معتقدند بوکسیتی شدن در محدوده‌ی پرمو- تریاس در غرب میاندواب نتیجه‌ی سیلیس‌زدایی پیشرونده، هیدراسیون و جدایش عمودی مشخص آهن و آلومینیوم در افق بازماندی، و خروج فلزات قلیایی و قلیایی خاکی از سیستم می‌باشد. کلاگری و همکاران (۱۳۸۳) سنگ‌های دیابازی منطقه را به عنوان منبع عمده‌ی افق بوکسیتی پرمو- تریاس غرب میاندواب معرفی نموده و معتقدند که بوکسیتی شدن نتیجه‌ی اکسیداسیون پیریت و شکسته شدن کانی‌هایی چون الیون، اوژیت، فلدسپار، ایلمنیت و آپاتیت بوده است. کلاگری و عابدینی (۱۳۸۴) و (Calagari and Abedini 2007) با استفاده از محاسبات تعادل جرم در سیستم‌های دگرسانی و هوازگی به بررسی ویژگی‌های سنگ‌نگاری، ژنتیکی و تعیین منشاء احتمالی نهشته‌ی بوکسیتی پرمو- تریاس کانی‌شسته در شرق بوکان پرداخته‌اند. مطالعات آنها نشان داده است فاکتورهایی مانند تثبیت عناصر در فازهای نئومورف، جذب سطحی و تغییرات شیمی (pH) محلول‌های هوازده کننده نقش بسیار مهمی در توزیع عناصر در این نهشته ایفا نموده‌اند. عابدینی (۱۳۸۷) مطالعات جامعی بر روی مسائل زمین‌شناسی از جمله کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز نهشته‌های بوکسیتی- لاتریتی پرمین تا تریاس شمال‌غرب ایران انجام داده است. عابدینی و همکاران (۱۳۸۷) در طی بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی نهشته‌ی بوکسیت آجاجری واقع در جنوب شاهین‌دژ به این نتیجه رسیده‌اند که حضور مواد ارگانیکی در بخش‌های فوقانی نهشته به همراه سنگ بستر کربناتی، نقش بسیار ارزنده‌ای در تحرک و ترسیب دوباره عناصر اصلی و جزئی در عرض نهشته داشته‌اند و دو مکانیزم آهن‌زدایی و آهن‌زایی مهم‌ترین عوامل تفریق LREE از HREE در این نهشته بوده‌اند. عابدینی و همکاران (۱۳۸۷) در طی بررسی‌های ژئوشیمیایی بر روی نهشته‌های بوکسیتی-

لاتریتی شمال شرق بوکان به این نتیجه رسیده‌اند که نهشته‌های مذکور از نظر ژنتیکی در ارتباط با سنگ‌های بازالتی منطقه می‌باشند. عابدینی و همکاران (۱۳۸۷) در طی بررسی مطالعات کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی عناصر خاکی کمیاب در نهشته‌ی بوکستی پرمو- تریاس شمال‌خاوری بوکان به این نتیجه رسیده‌اند که دو ساز و کار آهن‌زدایی و آهن‌زایی نقش بارزی در توزیع کانی‌های دیاسپور، بوهمیت، هماتیت، گوتیت، کائولینیت، پیروفیلیت، کلینوکلر، ایلیت، مونت‌موریلونیت، آنتاز، روتیل، آلپیت، سانیدین، کوارتز و کلسیت در این نهشته داشته و با تلفیق نتایج حاصل از بررسی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی پیشنهاد نموده‌اند که علاوه بر فاکتورهایی چون تغییرات pH آبگونها‌ی عامل هوازده‌گی، پتانسیل یونی، ترکیب شیمیایی سنگ مادر و تثبیت در کانی‌های مقاوم، فرایندهای جذب سطحی نیز نقش مهمی در غنی‌شدگی REE طی لاتریتی شدن متوسط تا شدید داشته‌اند. مطالعات انجام شده توسط عابدینی و کلاگری (۱۳۸۸) بر روی نهشته‌های بوکستی پرمین در شمال سقز نشان می‌دهد که آب‌های سطحی با ماهیت اکسیدی- اسیدی و آب‌های زیرزمینی با ماهیت بازی- احیاء نقش بارزی در تشکیل این نهشته‌ها داشته و این نهشته‌ها از دگرسانی و هوازده‌گی سنگ‌های بازالتی- آندزیتی توسعه یافته‌اند. عابدینی و کلاگری (۱۳۸۸) معتقدند که تغییرات بافتی، جذب ترجیحی بوسیله اکسیدهای فلزی (هماتیت)، بافرینگ محلول‌های هوازده کننده توسط سنگ‌های بستر کربناتی، کنترل کانیایی و تغییر pH محیط، مهم‌ترین فاکتورهای کنترل کننده در توزیع LREEs, HREEs, HFSEs, LILEs و TTEs در طی فرایندهای بوکستی شدن در بوکست کانی‌شسته بوده‌اند. مطالعات انجام شده توسط عابدینی و کلاگری (زیر چاپ) بر روی نهشته‌ی بوکستی- لاتریتی ملکان نشان می‌دهد که تغییر Eh محیط بواسطه‌ی تخریب مواد ارگانیکی، افزایش pH محلول های هوازده کننده توسط سنگ‌های بستر کربناتی، فرایندهای روبش و تثبیت، و نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین عوامل در کنترل توزیع REE در این نهشته‌ها هستند. عابدینی و کلاگری (زیر چاپ) معتقدند که فرایندهایی مانند جذب سطحی، روبش و تمرکز بوسیله اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، پایداری کمپلکس های حامل فلز، تغییرات در شیمی محلول‌های هوازده کننده، حضور مواد ارگانیکی، تثبیت در فازهای نئومورف و حضور در فازهای کانیایی مقاوم از جمله عواملی بوده‌اند که نقش بارزی در توزیع عناصر در نهشته‌های بوکستی سقز ایفا نموده‌اند. مطالعات انجام شده توسط خداپنده و یوسفی‌راد (۱۳۸۳) بر روی نهشته‌های بوکستی- لاتریتی شرق و شمال‌شرق بوکان و غرب میان‌دواب در حین تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میان‌دواب نشان داده است که این نهشته‌ها جهت استفاده در صنایع نسوز شایسته بررسی‌های بیشتر می‌باشند. خلقی خسرقی و همکاران (۱۳۷۳)، و علوی نائینی و همکاران (Alavi-Naeni et al., 1982) مطالعات زمین‌شناسی ناحیه‌ای افق‌های بوکستی در منطقه‌ی شاهین‌دژ را به ترتیب در قالب تهیه‌ی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین‌دژ و ۱:۲۵۰۰۰۰ تکاب به انجام رسانیده‌اند. مطالعات آنها نشان داده که افق‌های بوکستی این منطقه پتانسیل مناسبی