

فاکتورهای کنترل کننده توزیع عناصر اصلی، فرعی، جزئی و نادر خاکی در نهشته لاتریت داش آغل، شرق بوکان، استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران

علی عابدینی^{۱*}، شه‌پول مرادی^۱ و اکرم علیزاده^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

*abedini2020@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۴/۳۱ پذیرش: ۹۱/۹/۱۱

چکیده

نهشته لاتریت داش‌آغل در فاصله ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان بوکان، جنوب استان آذربایجان غربی (شمال غرب ایران) واقع می‌باشد. این نهشته به صورت لایه‌ها و عدسی‌های منفصل چینه‌سان در مرز بین دولومیت‌های سازند الیکا (تریاس) و ماسه‌سنگ‌های سازند شمشک (ژوراسیک) توسعه یافته است. مطالعات کانی‌شناسی نشان می‌دهند که هماتیت، گوتیت، کائولینیت، کلریت، مونت‌موریلونیت، ایلیت، بوهمیت، کوارتز، روتیل و پیریت کانی‌های اصلی کانسنگ‌های لاتریتی می‌باشند. بر اساس داده‌های شیمیایی، این نهشته به سه تیپ، (۱) فریت، (۲) فریت کائولینیتی و (۳) کائولینیت بوکسیتی قابل تقسیم‌بندی است. بررسی ضرایب همبستگی و الگوهای توزیع عناصر در یک نیمرخ انتخابی دلالت بر نقش موثر عناصر Al و Si در توزیع و تمرکز عناصری نظیر Cr، Sc، Ba، Cs، Ga، Hf، Nb، Ta، Th و REEs در کانسنگ‌ها دارد. توزیع ناموزون عناصر نادر خاکی در نیمرخ مورد مطالعه، منشاء نابرجا را برای نهشته نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از مطالعات زمین‌شیمیایی پیشنهاد می‌کنند که رفتار عناصر در طی توسعه کانسنگ‌ها تابعی از عواملی چون تغییر در شیمی محلول-های هوازده کننده (pH و Eh)، مکانسیم آهن‌زدایی-آهن‌زایی، جذب سطحی، روبش توسط اکسیدهای فلزی، شدت لاتریت‌زایی، حضور در فازهای مقاوم در برابر هوازدگی و تثبیت در فازهای نئومورف می‌باشد. بررسی‌های زمین‌شیمیایی بیش‌تر ثابت می‌نمایند که توزیع و تثبیت عناصر نادر خاکی در کانسنگ‌ها توسط کانی‌های رسی (کائولینیت، کلریت، مونت‌موریلونیت و ایلیت)، بوهمیت، روتیل، زیرکن، سریانیت، باستانزیت و زینوتایم صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: لاتریت، زمین‌شیمی، توزیع عناصر، داش آغل، بوکان

مقدمه

حامل در برابر هوازدگی، تثبیت در فازهای نئومورف و ... نقش کنترلی مهم و ارزنده‌ای در رفتار، تفریق و توزیع عناصر در طی فرآیندهای لاتریت زایی ایفا می‌نمایند. در ایران نهشته‌های لاتریتی فراوانی وجود دارد که از نظر زمانی به طور عمده مربوط به دوره‌های زمانی پرمین، پرمو-تریاس، تریاس، تریاس-ژوراسیک و کرتاسه میانی (سنومانین-تورونین) می‌باشند [۱]. اغلب نهشته‌های این پنج دوره دارای سنگ بستر کربناتی هستند. این نهشته‌ها بعضاً حاوی کانسنگ‌هایی از بوکسیت و کائولن می‌باشند. عمده‌ترین گسترش نهشته‌های لاتریتی در شمال غرب ایران در جنوب استان آذربایجان غربی واقع گردیده است. در این ناحیه از ایران به جزء مقطع زمانی کرتاسه میانی، نهشته‌های چهار مقطع زمانی پرمین، پرمو-تریاس، تریاس، و تریاس-ژوراسیک حضور دارند. از بین ذخایر لاتریتی یاد

لاتریت سنگی بازماندی می‌باشد که در نتیجه عملکرد فرآیندهای هوازدگی شیمیایی در نواحی نیمه استوایی و استوایی ایجاد می‌شود [۱۳]. پیشرفت فرآیند لاتریت‌زایی می‌تواند منجر به تشکیل کانسنگ‌های بوکسیتی گردد که از حیث وجود فلزاتی نظیر Al، Ga و REE می‌توانند حائز اهمیت اقتصادی باشند [۱۰ و ۹]. در چند دهه اخیر کانسارهای لاتریتی در نقاط مختلف دنیا به تفصیل جهت فهم عوامل دخیل در تحرک، تفریق و توزیع عناصر اصلی، فرعی، جزئی و نادر خاکی در طی فرآیندهای هوازدگی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۲۸ و ۵]. این مطالعات نشان داده‌اند که عواملی نظیر Eh، pH وجود لیگندهای ارگانیکی یا غیر ارگانیکی، شدت دگرسانی، همگنی یا ناهمگنی پروتولیت، جذب سطحی، روبش، میزان پایداری کانی‌های

توسط آزمایشگاه‌های شرکت ACME کشور کانادا آنالیز گردیدند. برای تعیین مقادیر عناصر نادر خاکی حدود ۰/۲ گرم از هر نمونه با متابورات و تترابورات لیتیم ترکیب و در اسید نیتریک حل گردیدند. مقادیر LOI نمونه‌های یاد شده توسط اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها قبل و بعد حرارت دادن (۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت) به وسیله شرکت مذکور تعیین شدند. نتایج آنالیزهای شیمیایی انجام شده به همراه محدوده آشکارسازی عناصر در جدول (۱) ارائه شده است. در این پژوهش برای تعبیر و تفسیرهای زمین‌شیمیایی مبادرت به محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون بین عناصر با استفاده از نرم افزار SPSS گردید که نتایج حاصله در جداول (۲) و (۳) آورده شده است.

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

نهبشته لاتریت داش آغل به مختصات جغرافیایی $46^{\circ}21'43''$ تا $46^{\circ}23'13''$ طول شرقی و $36^{\circ}37'58''$ تا $36^{\circ}39'56''$ عرض شمالی، به عنوان بخشی از کمربند بوکسیت کارستی ایران- هیمالیا، در فاصله ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان بوکان، جنوب استان آذربایجان غربی واقع می‌باشد. این منطقه بر اساس تقسیمات زون‌های زمین‌ساختی ایران [۷] بخشی از زون خوی- مهاباد محسوب می‌شود. بارزترین واحدهای سنگی محدوده مورد بررسی به ترتیب از قدیم به جدید شامل سازندهای دولومیتی الیکا (تریاس)، ماسه‌سنگی و شیلی شمشک و آهکی کرتاسه می‌باشند [۲] (شکل ۱). سنگ- های دولومیتی سازند الیکا در منطقه مورد مطالعه سنگ درونگیر لایه‌ها و عدسی‌هایی از لاتریت می‌باشند (شکل ۲). بر اساس پیمایش‌های صحرایی مرز کاملاً مشخصی بین این سازند و لایه‌ها و عدسی‌های لاتریتی دیده می‌شود. ماسه‌سنگ‌های سازند شمشک با یک مرز کاملاً مشخص سنگ پوشش این نهبشته‌های بازماندی را تشکیل می‌دهند. از نظر هندسه، تعداد هشت لایه و یا عدسی منفصل لاتریتی در این منطقه به شکل چینه‌سان و با دو روند کلی شرقی- غربی و شمال غربی- جنوب شرقی قابل تشخیص است. مشاهدات صحرایی نشان می‌دهند که ویژگی‌های مزوسکوپیکی این هشت لایه و عدسی لاتریتی مشابه هم می‌باشد، به طوری که در طول‌ترین لایه

شده، نهبشته‌های پرمین و پرمو-تریاس به تفصیل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۲ و ۶] ولی نهبشته‌های تریاس و تریاس- ژوراسیک کمتر مورد توجه بوده‌اند. تاکنون هیچ مطالعه جامعی روی زمین شیمی عناصر اصلی، فرعی، جزئی و نادر خاکی نهبشته‌های لاتریت تریاس- ژوراسیک در شمال غرب ایران انجام نشده است. در این مقاله، نهبشته لاتریتی داش آغل (واقع در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان بوکان، جنوب استان آذربایجان غربی)، به عنوان نمونه و نماینده تیپیکی از ذخایر بازماندی تریاس- ژوراسیک انتخاب و به تفصیل به بررسی فاکتورهای کنترل کننده توزیع عناصر اصلی، فرعی، جزئی و نادر خاکی در کانسنگ‌های آن پرداخته شده است.

روش مطالعه

این مطالعه در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام گردیده است. در بخش صحرایی، پیمایش‌هایی جهت شناخت واحدهای سنگ‌شناختی منطقه، هندسه ماده معدنی و ارتباط آن با سنگ‌های درونگیر و مشخصات ماکروسکوپی کانسنگ‌های لاتریتی صورت گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده از مشاهدات صحرایی، تعداد ۱۰۰ نمونه معدنی به همراه سنگ‌های درونگیرشان در امتداد لایه‌ها و عدسی‌های لاتریتی برداشت گردیدند. هم- چنین نیم‌رخ‌ها به ضخامت ۴ متر عمود بر امتداد طولی- ترین لایه لاتریتی که دارای بیش‌ترین تغییرات فیزیکی بود، انتخاب و تعداد ۱۰ نمونه از آن با فاصله تقریبی ۴۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شدند. مطالعات بخش آزمایشگاهی در دو مرحله مختلف و متوالی انجام گردیده است. در مرحله اول، از بین نمونه‌های مطالعه شده در نمونه‌های دستی، تعداد ۶ نمونه انتخاب و جهت تعیین فازهای کانپایی نامشخص آن‌ها مبادرت به انجام آنالیزهای پراش پرتو X (XRD) (با استفاده از دیفراکتومتر SIMENS مدل D-5000) در شرکت معدنی کانساران بینالود گردید. در مرحله دوم، جهت بررسی‌های زمین‌شیمیایی تعداد ۱۰ نمونه لاتریتی از نیم‌رخ نمونه‌گیری شده به روش‌های طیف سنجی انتشاری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-ES) و طیف سنج جرمی پلاسمای جهت شده القایی (ICP-MS) (با کد آنالیزی 4A4B) به ترتیب برای تعیین مقادیر عناصر اصلی و فرعی، و عناصر جزئی و نادر خاکی

زمین شیمی

عناصر اصلی و فرعی

نتایج آنالیزهای زمین‌شیمیایی نشان می‌دهند که اجزای اصلی کانسنگ‌های نیمرخ مورد مطالعه شامل Fe_2O_3 ، Al_2O_3 ، SiO_2 و LOI می‌باشند (جدول ۱).

دامنه تغییرات برای اجزای یاد شده به ترتیب عبارتند از: $1/12$ الی $90/99$ ، $0/26$ الی $29/80$ ، $1/81$ الی $61/29$ و $5/9$ الی $10/3$ درصد وزنی (جدول ۱). اجزای مذکور در مجموع $92/50$ الی $98/96$ درصد وزنی کانسنگ‌ها را تشکیل می‌دهند. عناصر قلیایی و قلیایی خاکی همراه با P ، Ti و Mn (فرم اکسیدی) در مقادیر کم در کانسنگ‌ها حضور داشته و در مجموع $0/99$ الی $7/21$ درصد وزنی کانسنگ‌ها را شامل می‌شوند. از مهم‌ترین روابط عنصری بین عناصر اصلی و فرعی می‌توان به همبستگی‌های مثبت و خوب بین $Al-Si$ ($r=0/96$)، $Al-Mg$ ($r=0/81$)، $Al-K$ ($r=0/99$)، $Al-Ti$ ($r=0/99$)، $Al-Na$ ($r=0/84$)، $Si-Ti$ ($r=0/99$)، $Si-K$ ($r=0/98$)، و $Fe-Mn$ ($r=0/80$) و همبستگی منفی و خوب بین $Si-Fe$ ($r=-0/99$)، $Al-Fe$ ($r=-0/98$) و $Ti-Fe$ ($r=-0/99$) اشاره نمود (جدول ۲).

عناصر جزئی و نادر خاکی

آنالیزهای شیمیایی آشکار می‌سازند که در نیمرخ مورد مطالعه عناصر جزئی در بازه خیلی بزرگی در تغییر می‌باشند (جدول ۱). از بین عناصر جزئی، عناصری چون Ba ، Rb ، Sr ، Ni ، V ، Zr در مقادیر قابل ملاحظه و عناصری نظیر Hf ، Sc ، Co ، Ga ، Nb ، U ، Th ، Cs و Ta در مقادیر بسیار ناچیز در کانسنگ‌ها حضور دارند. مقادیر $\sum REE$ در کانسنگ‌های نیمرخ مورد بررسی در بازه‌ای از $5/51$ الی $259/45$ ppm در نوسان است. مقادیر $\sum LREE$ La-Gd و $\sum HREE$ Tb-Lu در کانسنگ‌ها به ترتیب در بازه‌ای از $4/70$ الی $239/85$ و $0/81$ الی $19/60$ ppm در تغییر می‌باشد. ضرایب همبستگی بین عناصر نشان می‌دهند که روابط درونی متوسط تا خوبی بین $LREE$ La-Gd ($r=0/99$) و $HREE$ Tb-Lu ($r=0/71$)، $HREE$ Tb-Lu ($r=0/79$) و $HREE$ La-Lu ($r=0/66$) وجود دارد (جدول ۳).

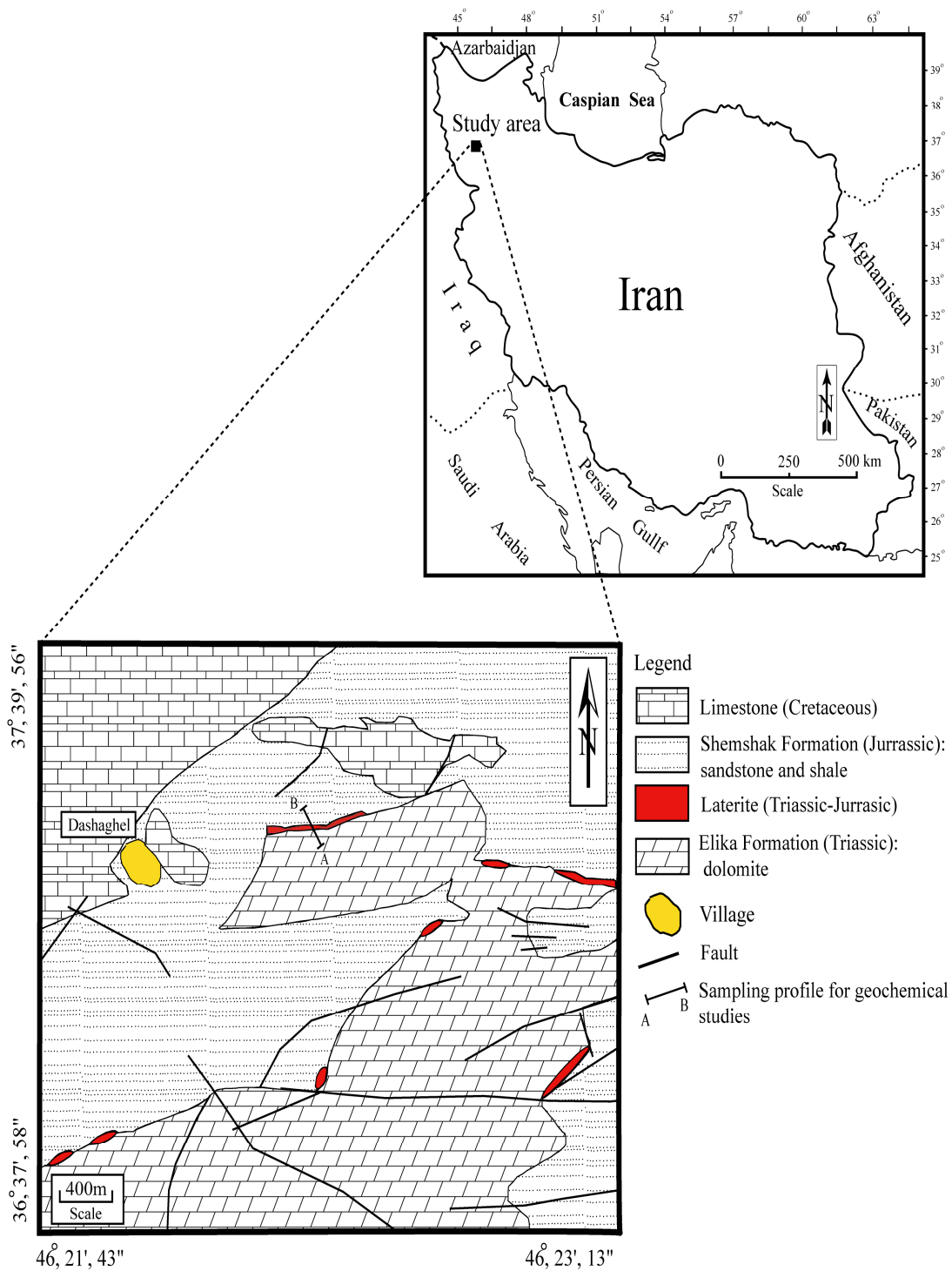
لاتریتی، با توجه به تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی نظیر رنگ و سختی، سه تیپ کانسنگ قابل تشخیص است که به ترتیب از پایین به بالا شامل کانسنگ‌های (۱) قرمز قهوه‌ای، (۲) خاکستری و (۳) سفید می‌باشند (شکل ۳). مرز بین این سه تیپ کانسنگ در صحرا کاملاً مشخص است (شکل ۲ ب). گسترش درزه‌های غیرسیستماتیک و توسعه در محل گودی‌ها و فرورفتگی‌ها، و مرز کاملاً صاف با سنگ‌های پوشش ماسه‌سنگی از مهم‌ترین ویژگی‌های صحرایی این نهشته محسوب می‌شود. کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای نسبت به دو کانسنگ دیگر دارای ذخیره و ضخامت بالایی می‌باشند، سختی و چگالی آن‌ها بالاتر بوده و توسعه کنکرسینون‌های هماتیتی در آن‌ها شدیدتر است. آثار فراوان لیمونیت‌زایی و سطح شکستگی خشن و ناهموار در سطح کانسنگ‌های خاکستری و قرمز قهوه‌ای از دیگر سیماهای قابل ذکر این نهشته لاتریتی هستند.

کانی‌شناسی

آنالیزهای پراش پرتو X (XRD) نشان می‌دهند که کانی‌های هماتیت، گوتیت، کائولینیت، کلریت، مونت-موریلونیت، ایلیت، بوهمیت، روتیل، پیریت و کوارتز در مقادیر سنگ‌ساز (فراوانی بیش از ۴٪) در کانسنگ‌ها حضور دارند (شکل ۴). بر اساس نتایج به دست آمده، هماتیت و گوتیت فاز کانیایی اصلی کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای و کائولینیت فاز کانیایی اصلی کانسنگ‌های خاکستری و سفید می‌باشد. کوارتز و پیریت فقط در کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای شناسایی شده است. کلریت، مونت-موریلونیت، ایلیت، بوهمیت، و روتیل در کانسنگ‌های خاکستری و سفید حضور دارند (جدول ۴). آنچه که از این تغییرات نتیجه می‌شود این است که کانی‌های رسی در بخش‌های بالایی نیمرخ مورد مطالعه (کانسنگ‌های خاکستری و سفید) از فراوانی بالایی برخوردار بوده و با نزدیک شدن به سنگ‌های بستر دولومیتی در کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای توسط هماتیت و گوتیت جایگزین شده‌اند.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی کانسنگ‌های نیمرخ مورد مطالعه.

	Detection limit	Bs-1	Bs-2	Bs-3	Bs-4	Bs-5	Bs-6	Bs-7	Bs-8	Bs-9	Bs-10
SiO ₂ (Wt%)	<0.1	۴/۶۵	۲/۳۳	۱/۸۱	۲/۹۱	۲/۳۳	۱۸/۰۳	۵/۷۵	۵۵/۴۸	۶۱/۲۹	۶۰/۶۸
TiO ₂	<0.1	<0.۷	n.d.	n.d.	<0.۱	<0.۶	<0.۳۴	<0.۲	۱/۳۱	۱/۱۵	۱/۰۹
Al ₂ O ₃	<0.1	۱/۷۰	<0.۳۵	<0.۲۶	<0.۷۳	۱/۰۹	۸/۱۴	۲/۶۸	۲۹/۸۰	۲۰/۸۵	۲۰/۳۳
Fe ₂ O ₃	<0.1	۸۳/۰۱	۸۸/۸۳	۹۰/۹۹	۸۸/۱۸	۸۵/۷۴	۶۱/۱۰	۸۰/۲۹	۱/۱۲	۴/۱۹	۵/۴۵
MgO	<0.1	<0.۲۳	<0.۲۲	<0.۱۴	<0.۱۵	<0.۱۶	<0.۹۰	<0.۲۳	<0.۷۱	<0.۷۹	<0.۷۹
MnO	<0.1	<0.۶۹	<0.۶۱	<0.۴۲	<0.۵۸	<0.۸۹	<0.۰۸	۱/۰۴	n.d.	<0.۰۲	<0.۰۲
CaO	<0.1	۱/۹۸	<0.۲۷	<0.۱۹	<0.۳۲	۱/۸۷	<0.۳۵	<0.۶۷	<0.۲۷	<0.۳۸	<0.۳۹
Na ₂ O	<0.1	<0.۳	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0.۰۲	<0.۰۲	۱/۸۱	<0.۳۸	<0.۳۶
K ₂ O	<0.1	<0.۵	<0.۱	<0.۱	n.d.	<0.۰۲	<0.۰۶	<0.۰۵	۳/۰۵	۴/۲۶	۴/۰۸
P ₂ O ₅	<0.1	<0.۲۹	<0.۲۹	<0.۲۲	<0.۳۳	۱/۵	<0.۵۵	<0.۲۸	<0.۰۵	<0.۱۲	<0.۱۳
Cr ₂ O ₃	<0.۰۲	<0.۰۹	<0.۱۱	<0.۰۸	<0.۰۷	<0.۱۵	<0.۱۳	<0.۰۸	<0.۰۲۲	<0.۱۷	<0.۱۶
LOI	<0.1	۷/۱۰	۷۰	۵/۹۰	۶/۷۰	۶/۱۰	۱۰/۳۰	۸/۶۰	۶/۱۰	۶/۴۰	۶/۵۰
Sum	-	۹۹/۸۰۹	۹۹/۹۳۱	۹۹/۹۵۸	۹۹/۹۱۷	۹۹/۷۸۵	۹۹/۸۸۳	۹۹/۸۱۸	۹۹/۷۲۲	۹۹/۸۴۷	۹۹/۸۳۶
Co (ppm)	<0.۲	۱۸/۶۰	۲۹/۵۰	۳۱/۲۰	۳۳/۱۰	۳۵/۶۰	۱۵/۰۰	۴۹/۱۰	۲۶/۷۰	۷/۵۰	۹/۲۰
Hf	<0.۱	<0.۵۰	<0.۲۰	<0.۰۵	<0.۳۰	<0.۲۰	۱/۷۰	<0.۸۰	۸/۳۰	۵/۷۰	۶/۰۰
Nb	<0.۱	۱/۶۰	<0.۷۰	<0.۷۰	<0.۷۰	۱/۱۰	۶/۴۰	۴/۰۰	۲۳/۰۰	۲۳/۸۰	۲۲/۲۰
Ni	۲۰	۶۲/۰۰	۹۸/۰۰	۱۱۲/۰۰	۸۶/۰۰	۹۱/۰۰	۹۵/۰۰	۹۲/۰۰	۵۴/۰۰	۳۱/۰۰	۳۳/۰۰
Sr	<0.۵	۲۳۵/۰۰	۱۲۸/۷۰	۸۱/۸۰	۱۳۷/۲۰	۲۷۳/۶۰	۷۸/۷۰	۱۷۹/۲۰	۲۴۱/۴۰	۱۶۹/۱۰	۱۶۶/۰۰
Th	<0.۲	<0.۸۰	<0.۱۰	<0.۱۰	<0.۲۰	<0.۶۰	۴/۴۰	۱/۱۰	۲۱/۵۰	۱۷/۹۰	۱۷/۰۰
U	<0.۱	۵/۴۰	۶/۳۰	۷/۵۰	۸/۳۰	۱۳/۸۰	۱۴/۷۰	۹/۹۰	۶/۱۰	۳/۶۰	۳/۷۰
V	۸	۱۵۴/۰۰	۱۰۸/۰۰	۹۶/۰۰	۱۰۵/۰۰	۵۶/۰۰	۳۲۲/۰۰	۱۴۲/۰۰	۱۵۴/۰۰	۱۶۵/۰۰	۱۷۱/۰۰
Y	<0.۱	۱۳/۶۰	۵/۶۰	۳/۵۰	۱۱/۰۰	۴۵/۵۰	۱۸/۵۰	۱۰/۱۰	۳۷/۷۰	۳۳/۹۰	۳۲/۲۰
Sc	۱	۲/۰۰	۱/۰۰	n.d.	۲/۰۰	۵/۰۰	۹/۰۰	۴/۰۰	۱/۱۰۰	۱۸/۱۰۰	۵/۵۰۰
Ga	<0.۵	۵/۱۰	۳/۴۰	۳/۳۰	۱/۹۰	۳/۱۰	۷/۷۰	۳/۵۰	۳۲/۹۰	۲۷/۷۰	۲۶/۳۰
Ta	<0.۱	<0.۱۰	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0.۶۰	<0.۲۰	۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۶۰
Zr	<0.۱	۱۱/۱۰	۴/۴۰	۴/۱۰	۷/۰۰	۱۰/۸۰	۷۲/۹۰	۲۵/۱۰	۲۹۲/۲۰	۲۰۵/۶۰	۱۹۶/۸۰
Ba	۱	۲۲۱/۰۰	۹۹/۰۰	۶۵/۰۰	۱۴۵/۰۰	۲۹۵/۰۰	۱۲۴/۰۰	۲۲۲/۰۰	۷۸۳/۰۰	۵۹۰/۰۰	۵۶۴/۰۰
Rb	<0.۱	۱/۹۰	<0.۲۰	<0.۴۰	<0.۲۰	<0.۶۰	۲/۷۰	۲/۵۰	۲۴۲/۷۰	۱۶۴/۴۰	۱۵۵/۵۰
Cs	<0.۱	<0.۳۰	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	۱/۰۰	<0.۷۰	۱۳/۹۰	۴۴/۸۰	۱۳/۹۰
La (ppm)	<0.۱	۶/۳۰	۲/۷۰	<0.۹۰	۲/۴۰	۷/۵۰	۱۵/۰۰	۱۲/۹۰	۵۶/۱۰	۴۸/۸۰	۴۶/۷۰
Ce	<0.۱	۱۰/۵۰	۴/۴۰	۲/۰۰	۶/۶۰	۲۱/۲۰	۲۸/۰۰	۲۳/۳۰	۱۱۳/۷۰	۱۰۳/۴۰	۹۷/۰۰
Pr	<0.۰۲	۱/۲۹	<0.۵۱	<0.۱۸	<0.۸۷	۲/۸۰	۲/۸۷	۲/۵۵	۱۲/۰۹	۱۱/۵۷	۱۰/۹۵
Nd	<0.۳	۴/۲۰	۱/۵۰	۱/۱۰	۵/۸۰	۱۳/۵۰	۱۲/۲۰	۱۱/۰۰	۴۱/۸۰	۴۲/۷۰	۴۲/۴۰
Sm	<0.۵	۱/۲۲	<0.۳۴	<0.۱۵	۱/۸۷	۴/۹	۲/۰۴	۱/۹۲	۶/۸۱	۸/۴۷	۷/۶۴
Eu	<0.۰۲	<0.۴۴	<0.۱۳	<0.۰۷	<0.۶۳	۱/۷۶	<0.۵۵	<0.۵۲	۲/۲۴	۱/۷۴	۱/۶۸
Gd	<0.۵	۱/۶۲	<0.۶۲	<0.۳۰	۲/۴۴	۹/۲۹	۲/۹۹	۱/۱۸	۷/۱۱	۶/۹۱	۶/۵۷
Tb	<0.۱	<0.۲۱	<0.۰۷	<0.۰۴	<0.۳۳	۱/۴۳	<0.۴۸	<0.۳۰	۱/۱۱	۱/۰۹	۱/۰۴
Dy	<0.۵	۱/۳۶	<0.۵۹	<0.۳۷	۲/۰۴	۸/۰۸	۳/۵۶	۱/۶۱	۷/۱۲	۶/۱۱	۶/۲۱
Ho	<0.۰۲	<0.۲۱	<0.۱۵	<0.۰۷	<0.۳۲	۱/۵۰	<0.۶۰	<0.۳۵	۱/۳۶	۱/۲۵	۱/۲۴
Er	<0.۰۳	<0.۴۵	<0.۳۶	<0.۱۳	۱/۰۲	۲/۷۵	۱/۸۵	<0.۹۳	۴/۳۸	۳/۵۲	۳/۶۰
Tm	<0.۱	<0.۰۹	<0.۰۲	<0.۰۳	<0.۱۰	<0.۳۲	<0.۲۵	<0.۱۴	<0.۶۶	<0.۵۶	<0.۵۲
Yb	<0.۵	<0.۴۴	<0.۲۵	<0.۱۵	<0.۵۹	۱/۴۹	۱/۳۸	<0.۷۵	۴/۳۷	۳/۴۱	۳/۳۳
Lu	<0.۱	<0.۱۰	<0.۰۲	<0.۰۲	<0.۱۲	<0.۲۳	<0.۲۷	<0.۱۲	<0.۶۰	<0.۵۲	<0.۵۰
ΣREE	-	۲۸/۴۳	۱۱/۶۶	۵/۵۱	۲۵/۱۳	۷۶/۷۵	۷۲/۰۴	۵۸/۲۷	۲۴۰/۰۵	۲۲۹/۳۸	۲۵۹/۴۵



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی منطقه داش‌آغل که در آن موقعیت لایه‌ها و عدسی‌های لاتریتی مشخص گردیده است [۲].

جدول ۲: ضرایب همبستگی پیرسون بین عناصر اصلی، فرعی، جزئی، و نادر خاکی در بین کانستگ‌های نیمرخ مورد مطالعه.

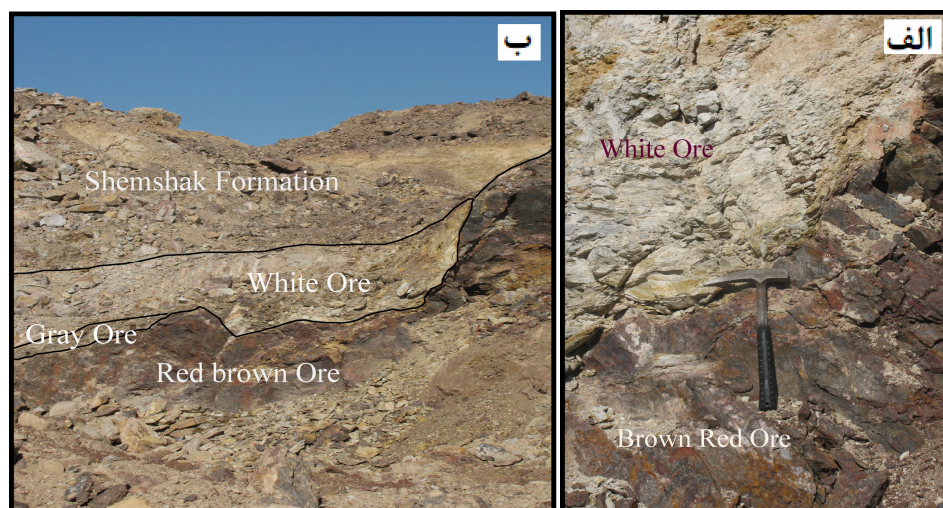
	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	Mn	Cr	Ni	Sc	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	
Si	۱/۰۰																					
Al	۰/۹۶	۱/۰۰																				
Fe	-۰/۹۹	-۰/۹۸	۱/۰۰																			
Mg	۰/۸۳	۰/۸۱	-۰/۸۴	۱/۰۰																		
Ca	-۰/۳۵	-۰/۳۵	۰/۳۳	-۰/۳۸	۱/۰۰																	
Na	۰/۶۷	-۰/۸۴	-۰/۷۲	۰/۴۷	-۰/۲۶	۱/۰۰																
K	۰/۹۸	۰/۹۰	-۰/۹۶	۰/۷۲	-۰/۳۱	۰/۵۹	۱/۰۰															
Ti	۰/۹۹	۰/۹۹	-۰/۹۹	۰/۸۱	-۰/۳۵	۰/۷۷	۰/۹۵	۱/۰۰														
P	-۰/۴۵	-۰/۴۴	۰/۴۳	-۰/۳۲	۰/۶۲	-۰/۳۶	-۰/۴۴	-۰/۴۵	۱/۰۰													
Mn	-۰/۸۱	-۰/۷۹	۰/۸۰	-۰/۸۶	۰/۵۵	-۰/۵۴	-۰/۷۴	-۰/۷۷	۰/۴۸	۱/۰۰												
Cr	-۰/۸۱	۰/۸۸	-۰/۸۴	۰/۷۰	-۰/۱۱	۰/۸۰	-۰/۷۵	۰/۸۶	-۰/۲	-۰/۶۵	۱/۰۰											
Ni	-۰/۸۷	-۰/۷۹	۰/۸۶	-۰/۶۳	-۰/۰۱	-۰/۴۹	-۰/۹۰	-۰/۸۴	۰/۳۸	۰/۵۸	-۰/۶۳	۱/۰۰										
Sc	۰/۹۹	۰/۹۵	-۰/۹۹	۰/۸۶	-۰/۲۹	۰/۶۴	۰/۹۵	۰/۹۷	-۰/۳۱	-۰/۷۸	۰/۸۴	-۰/۸۵	۱/۰۰									
Ba	۰/۹۰	۰/۹۴	-۰/۹۲	۰/۶۲	-۰/۱۰	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۴	-۰/۲۸	-۰/۵۸	۰/۸۸	-۰/۸۴	۰/۹۰	۱/۰۰								
Be	۰/۴۴	۰/۴۱	-۰/۴۲	۰/۲۴	-۰/۴۹	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۴۳	-۰/۴۲	۰/۳۹	-۰/۳۹	-۰/۴۲	-۰/۳۷	۰/۳۶	۱/۰۰							
Co	-۰/۶۷	-۰/۵۴	۰/۶۴	-۰/۷۴	۰/۱۱	-۰/۱۶	-۰/۶۵	-۰/۵۷	۰/۳۰	۰/۸۱	-۰/۴۶	۰/۶۹	-۰/۶۴	-۰/۴۱	-۰/۲۹	۱/۰۰						
Cs	۰/۷۷	۰/۹۱	-۰/۸۲	۰/۵۶	-۰/۳۰	۰/۹۹	۰/۷۱	۰/۸۶	-۰/۴۰	-۰/۶۲	۰/۸۴	-۰/۶۰	۰/۷۵	۰/۹۰	۰/۴۰	-۰/۲۶	۱/۰۰					
Ga	۰/۹۸	۰/۹۹	-۰/۹۹	۰/۷۷	-۰/۳۲	۰/۸۰	۰/۹۵	-۰/۴۶	-۰/۷۹	۰/۸۶	-۰/۴۶	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۴۵	-۰/۵۹	۰/۸۸	۱/۰۰					
Hf	۰/۹۶	۰/۹۹	-۰/۹۸	۰/۷۷	-۰/۳۵	۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۹۹	-۰/۴۶	-۰/۷۷	۰/۸۷	-۰/۸۰	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۴۴	-۰/۵۳	۰/۹۲	۰/۹۹	۱/۰۰			
Nb	۰/۹۹	۰/۹۷	-۰/۹۹	۰/۸۱	-۰/۳۵	۰/۷۱	۰/۹۷	۰/۹۹	-۰/۴۵	-۰/۷۸	۰/۸۲	-۰/۸۶	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۴۳	-۰/۶۱	۰/۸۱	۰/۹۹	۰/۹۷	۱/۰۰		
Rb	۰/۹۴	۰/۹۸	-۰/۹۶	۰/۶۸	-۰/۳۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۹۷	-۰/۴۵	-۰/۷۳	۰/۸۶	-۰/۸۰	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۴۸	-۰/۴۸	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۶	۱/۰۰	
Sr	۰/۵۰	۰/۵۱	-۰/۵۲	۰/۴۸	-۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۵۵	-۰/۴۱	-۰/۱۵	۰/۳۱	-۰/۳۵	۰/۵۴	۰/۴۸	-۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۳۹	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۴۵	۱/۰۰
Ta	۰/۹۹	۰/۹۸	-۰/۹۹	۰/۸۴	-۰/۳۷	۰/۷۳	۰/۹۶	۰/۹۹	-۰/۴۵	-۰/۸۱	۰/۸۴	-۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۴۳	-۰/۶۳	۰/۸۲	۰/۹۹	۰/۹۸	۱/۰۰	۰/۹۶	۱/۰۰
Th	۰/۹۸	۰/۹۹	-۰/۹۹	۰/۷۹	-۰/۳۴	۰/۷۹	۰/۹۵	۰/۹۹	-۰/۴۴	-۰/۷۹	۰/۸۷	-۰/۸۳	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۴۴	-۰/۵۸	۰/۸۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۸
U	-۰/۵۴	-۰/۴۵	۰/۵۰	-۰/۱۴	۰/۲۳	-۰/۳۳	-۰/۶۴	-۰/۵۰	۰/۷۴	۰/۳۷	-۰/۱۸	۰/۶۶	-۰/۴۰	-۰/۴۷	-۰/۵۹	۰/۴۲	-۰/۴۰	-۰/۵۵	-۰/۴۹	-۰/۵۳	-۰/۵۶	-۰/۵۶
V	۰/۳۳	-۰/۳۳	-۰/۳۵	۰/۷۷	-۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۳۱	-۰/۲۷	-۰/۵۵	۰/۱۹	-۰/۱۸	۰/۳۷	۰/۰۷	-۰/۱۲	-۰/۵۳	۰/۱۱	-۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
W	۰/۹۵	۰/۹۵	-۰/۹۵	۰/۶۷	-۰/۳۷	۰/۷۷	۰/۹۵	۰/۹۶	-۰/۴۷	-۰/۷۴	۰/۷۹	-۰/۸۵	۰/۹۲	۰/۹۴	-۰/۵۱	-۰/۵۳	۰/۸۶	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۸
Zr	۰/۹۶	۰/۹۹	-۰/۹۸	۰/۷۹	-۰/۳۶	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۹۹	-۰/۴۴	-۰/۷۹	۰/۸۸	-۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۴۲	-۰/۵۳	۰/۹۲	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸
Y	۰/۶۲	۰/۶۳	-۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۲۸	۰/۵۱	۰/۶۰	۰/۶۳	۰/۳۹	-۰/۳۴	۰/۸۴	-۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۰۷	-۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۶۳
La	۰/۹۸	۰/۹۹	-۰/۹۹	۰/۷۹	-۰/۳۰	۰/۷۷	۰/۹۴	۰/۹۹	-۰/۴۱	-۰/۷۳	۰/۸۶	-۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۹۶	۰/۴۰	-۰/۵۴	۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۷
Ce	۰/۹۸	۰/۹۸	-۰/۹۹	۰/۷۸	-۰/۲۸	۰/۷۶	۰/۹۵	۰/۹۹	-۰/۳۷	-۰/۷۳	۰/۸۷	-۰/۸۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۴۰	-۰/۵۴	۰/۸۵	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۷
Pr	۰/۹۸	۰/۹۷	-۰/۹۹	۰/۷۷	-۰/۲۶	۰/۷۴	۰/۹۶	۰/۹۹	-۰/۳۵	-۰/۷۲	۰/۸۷	-۰/۸۶	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۴۰	-۰/۵۵	۰/۸۳	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۶
Nd	۰/۹۸	۰/۹۵	-۰/۹۸	۰/۷۷	-۰/۲۵	۰/۶۹	۰/۹۶	۰/۹۸	-۰/۳۰	-۰/۷۰	۰/۸۵	-۰/۸۶	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۳۸	-۰/۵۵	۰/۷۹	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۴
Sm	۰/۹۰	۰/۸۵	-۰/۹۰	۰/۶۷	-۰/۰۷	۰/۵۷	۰/۹۱	۰/۸۹	-۰/۰۷	-۰/۵۹	۰/۸۳	-۰/۸۵	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۳۱	-۰/۵۲	۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵
Eu	۰/۷۷	۰/۸۰	-۰/۷۹	۰/۵۳	۰/۰۷	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۱۲	-۰/۴۵	۰/۸۹	-۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۲۲	-۰/۳۲	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۸۲
Gd	۰/۶۱	۰/۶۱	-۰/۶۳	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۴۷	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۳۹	-۰/۳۱	۰/۸۰	-۰/۵۸	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۰۹	-۰/۲۹	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۱
Tb	۰/۶۳	۰/۶۳	-۰/۶۵	۰/۴۷	۰/۲۰	۰/۴۷	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۳۸	-۰/۳۳	۰/۸۱	-۰/۵۹	۰/۷۲	۰/۶۶	-۰/۳۰	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۳
Dy	۰/۶۶	۰/۶۸	-۰/۶۸	۰/۵۳	۰/۱۶	۰/۵۳	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۳۵	-۰/۴۰	۰/۸۵	-۰/۵۸	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۱۰	-۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶
Ho	۰/۷۰	۰/۷۱	-۰/۷۲	۰/۵۴	۰/۱۳	۰/۵۴	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۳۰	-۰/۴۱	۰/۸۷	-۰/۶۲	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۱۵	-۰/۳۴	۰/۶۱	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۷۰
Er	۰/۸۷	۰/۸۹	-۰/۸۹	۰/۷۲	-۰/۱۱	۰/۷۲	۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۰۰	-۰/۶۲	۰/۹۳	-۰/۷۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۲۸	-۰/۴۴	۰/۷۹	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷
Tm	۰/۹۲	۰/۹۴	-۰/۹۴	۰/۷۶	-۰/۱۴	۰/۷۵	۰/۸۸	۰/۹۴	-۰/۱۳	-۰/۶۷	۰/۹۳	-۰/۷۹	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۲۸	-۰/۴۹	۰/۸۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳
Yb	۰/۹۴	۰/۹۷	-۰/۹۶	۰/۷۷	-۰/۲۳	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۷	-۰/۲۴	-۰/۷۱	۰/۹۳	-۰/۸۰	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۳۶	-۰/۵۰	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶
Lu	۰/۹۵	۰/۹۶	-۰/۹۶	۰/۸۲	-۰/۲۰	۰/۷۴	۰/۹۰	۰/۹۶	-۰/۲۲	-۰/۷۴	۰/۹۰	-۰/۸۲	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۳۰	-۰/۵۶	۰/۸۳	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۳

جدول ۳: ضرایب همبستگی پیرسون بین عناصر جزئی و نادر خاکی در بین کانسنگ‌های نیمرخ مورد مطالعه.

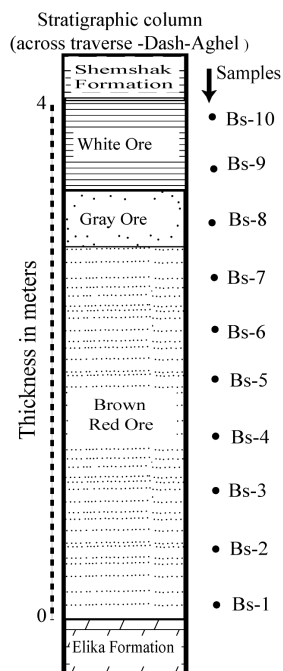
	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Sn	۱/۰۰																							
Sr	-۰/۰۷	۱/۰۰																						
Ta	-۰/۵۳	-۰/۱۷	۱/۰۰																					
Th	-۰/۴۹	-۰/۲۳	-۰/۹۹	۱/۰۰																				
U	-۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۵۰	-۰/۵۱	۱/۰۰																			
V	-۰/۳۵	-۰/۴۰	-۰/۳۵	-۰/۲۸	-۰/۲۰	۱/۰۰																		
W	-۰/۴۱	-۰/۳۵	-۰/۹۶	-۰/۹۷	-۰/۶۱	-۰/۱۲	۱/۰۰																	
Zr	-۰/۵۱	-۰/۲۴	-۰/۹۸	-۰/۹۹	-۰/۴۵	-۰/۳۱	-۰/۹۵	۱/۰۰																
Y	-۰/۲۲	-۰/۶۶	-۰/۶۲	-۰/۶۴	-۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۶۰	-۰/۶۳	۱/۰۰															
La	-۰/۵۸	-۰/۲۸	-۰/۹۹	-۰/۹۹	-۰/۴۸	-۰/۲۹	-۰/۹۵	-۰/۹۹	-۰/۶۷	۱/۰۰														
Ce	-۰/۵۵	-۰/۳۰	-۰/۹۹	-۰/۹۹	-۰/۴۷	-۰/۳۵	-۰/۹۶	-۰/۹۸	-۰/۷۰	-۰/۹۹	۱/۰۰													
Pr	-۰/۵۴	-۰/۳۲	-۰/۹۸	-۰/۹۹	-۰/۴۸	-۰/۲۳	-۰/۹۶	-۰/۹۷	-۰/۷۲	-۰/۹۹	-۰/۹۹	۱/۰۰												
Nd	-۰/۵۵	-۰/۳۱	-۰/۹۷	-۰/۹۷	-۰/۴۴	-۰/۲۳	-۰/۹۵	-۰/۹۵	-۰/۷۴	-۰/۹۸	-۰/۹۹	-۰/۹۹	۱/۰۰											
Sm	-۰/۴۵	-۰/۴۴	-۰/۸۹	-۰/۸۸	-۰/۳۵	-۰/۰۹	-۰/۸۸	-۰/۸۵	-۰/۸۶	-۰/۹۰	-۰/۹۳	-۰/۹۴	-۰/۹۶	۱/۰۰										
Eu	-۰/۳۵	-۰/۶۳	-۰/۷۸	-۰/۸۱	-۰/۱۷	-۰/۰۳	-۰/۸۰	-۰/۸۱	-۰/۹۵	-۰/۸۲	-۰/۸۵	-۰/۸۶	-۰/۸۷	-۰/۹۳	۱/۰۰									
Gd	-۰/۲۴	-۰/۶۳	-۰/۶۱	-۰/۶۳	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۶۱	-۰/۶۲	-۰/۹۹	-۰/۶۶	-۰/۶۹	-۰/۷۱	-۰/۷۵	-۰/۸۷	-۰/۹۵	۱/۰۰								
Tb	-۰/۲۷	-۰/۶۱	-۰/۶۳	-۰/۶۵	-۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۶۲	-۰/۶۳	-۰/۹۹	-۰/۶۷	-۰/۷۱	-۰/۷۳	-۰/۷۶	-۰/۸۸	-۰/۹۵	-۰/۹۹	۱/۰۰							
Dy	-۰/۲۷	-۰/۵۸	-۰/۶۶	-۰/۶۸	-۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۶۴	-۰/۶۸	-۰/۹۹	-۰/۷۰	-۰/۷۳	-۰/۷۵	-۰/۷۸	-۰/۸۸	-۰/۹۶	-۰/۹۹	-۰/۹۹	۱/۰۰						
Ho	-۰/۳۲	-۰/۵۷	-۰/۷۰	-۰/۷۲	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۶۸	-۰/۷۱	-۰/۹۹	-۰/۷۴	-۰/۷۷	-۰/۷۹	-۰/۸۲	-۰/۹۱	-۰/۹۷	-۰/۹۹	-۰/۹۹	-۰/۹۹	۱/۰۰					
Er	-۰/۴۴	-۰/۴۴	-۰/۸۸	-۰/۸۹	-۰/۱۷	-۰/۱۸	-۰/۸۵	-۰/۸۹	-۰/۹۰	-۰/۹۰	-۰/۹۲	-۰/۹۲	-۰/۹۴	-۰/۹۵	-۰/۹۷	-۰/۹۰	-۰/۹۱	-۰/۹۳	-۰/۹۴	۱/۰۰				
Tm	-۰/۴۹	-۰/۴۱	-۰/۹۳	-۰/۹۴	-۰/۲۷	-۰/۲۳	-۰/۹۰	-۰/۹۴	-۰/۸۵	-۰/۹۵	-۰/۹۶	-۰/۹۷	-۰/۹۷	-۰/۹۶	-۰/۹۴	۸۴	-۰/۸۵	-۰/۸۸	-۰/۹۰	-۰/۹۹	۱/۰۰			
Yb	-۰/۴۹	-۰/۳۷	-۰/۹۶	-۰/۹۷	-۰/۳۵	-۰/۲۳	-۰/۹۴	-۰/۹۷	-۰/۷۹	-۰/۹۸	-۰/۹۸	-۰/۹۸	-۰/۹۸	-۰/۹۳	-۰/۹۱	-۰/۷۸	-۰/۷۹	-۰/۸۲	-۰/۸۵	-۰/۹۷	-۰/۹۹	۱/۰۰		
Lu	-۰/۵۰	-۰/۳۴	-۰/۹۶	-۰/۹۶	-۰/۳۱	-۰/۳۲	-۰/۹۲	-۰/۹۶	-۰/۷۹	-۰/۹۷	-۰/۹۷	-۰/۹۷	-۰/۹۸	-۰/۹۴	-۰/۹۰	-۰/۷۸	-۰/۸۰	-۰/۸۳	-۰/۸۵	-۰/۹۷	-۰/۹۹	-۰/۹۹	۱/۰۰	

جدول ۴: نتایج آنالیزهای پراش پرتو X (XRD) در کانسنگ‌های انتخابی از نیمرخ مورد مطالعه.

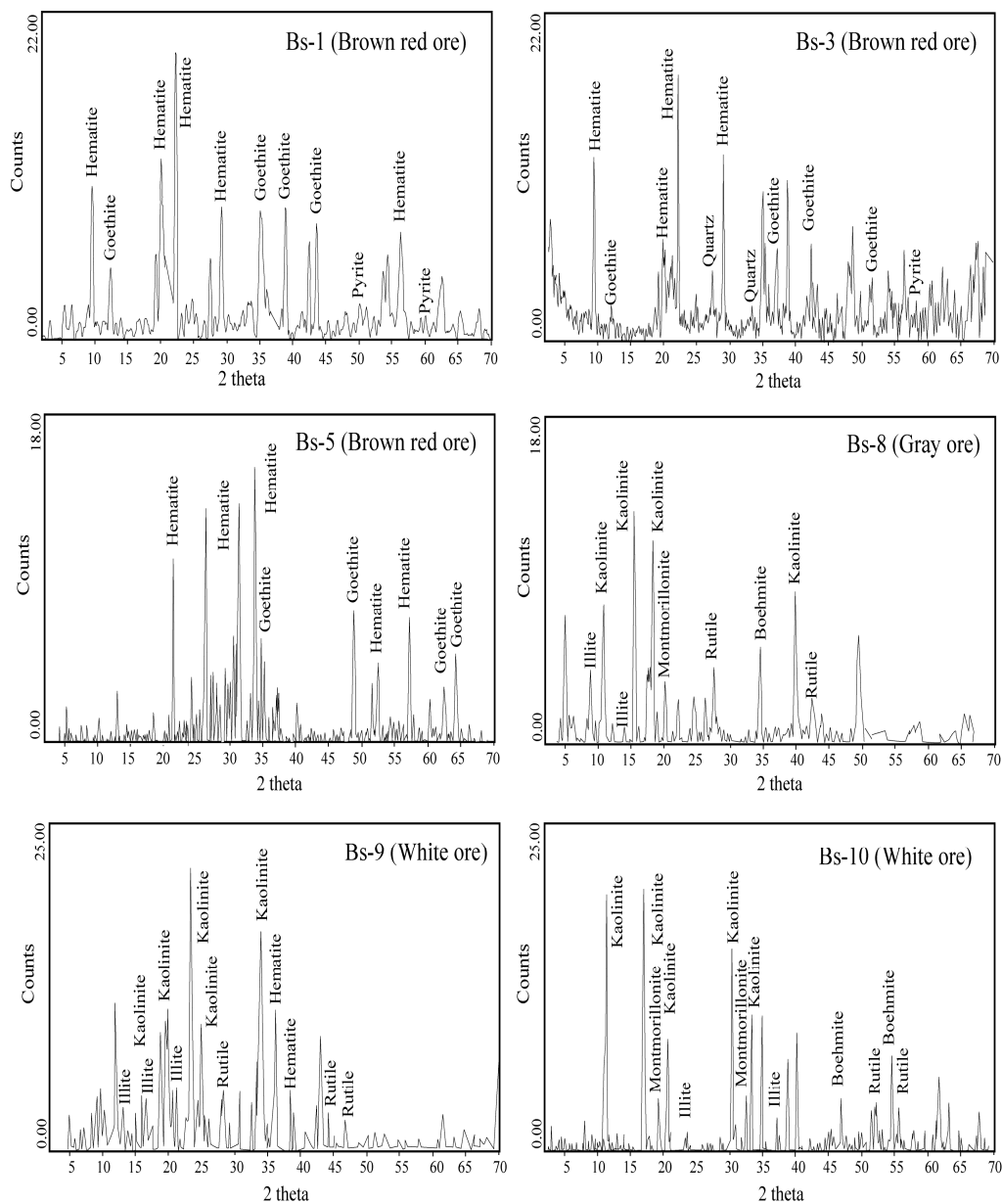
شماره نمونه	نوع کانسنگ	فازهای کانیاپی اصلی	فازهای کانیاپی فرعی
Bs-1	قرمز قهوه‌ای	هماتیت، گوتیت	پیریت
Bs-3	قرمز قهوه‌ای	هماتیت، گوتیت	کوارتز، پیریت
Bs-5	قرمز قهوه‌ای	هماتیت، گوتیت	-
Bs-8	خاکستری	کانولینیت	مونت‌موریلونیت، ایلپیت، بوهمیت، روتیل
Bs-9	سفید	کانولینیت	ایلپیت، روتیل، هماتیت
Bs-10	سفید	کانولینیت	مونت‌موریلونیت، ایلپیت، بوهمیت، روتیل



شکل ۲: (الف) تصویر صحرایی از یک لایه لاتریتی که در آن کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای و سفید نمایان هستند. (ب) مرز کاملاً مشخص بین کانسنگ‌های سفید، خاکستری و قرمز قهوه‌ای.



شکل ۳: ستون چینه‌شناسی نیمرخ انتخابی که در آن موقعیت نمونه‌های برداشت شده جهت انجام آنالیزهای زمین‌شیمیایی با دوائر توپر نشان داده شده است.



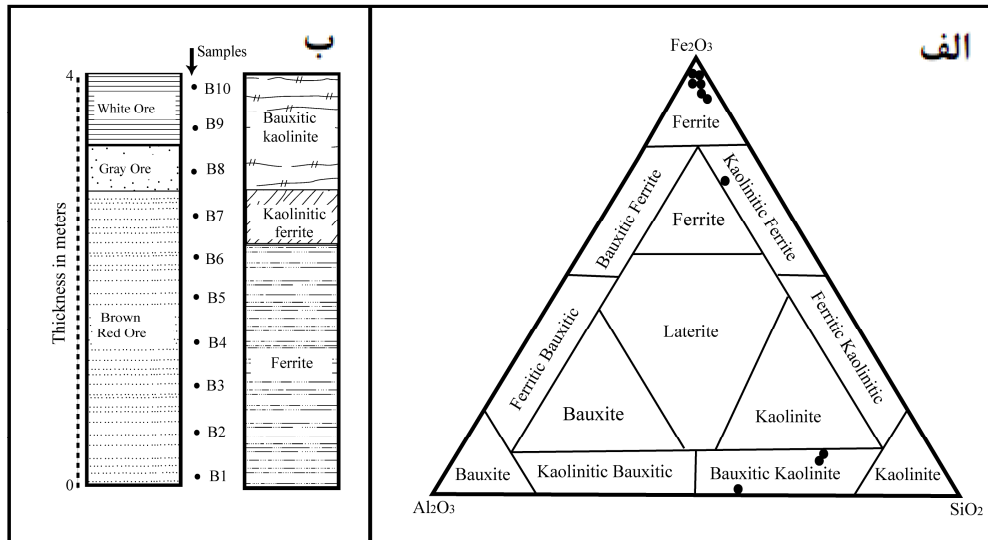
شکل ۴: گراف‌های آنالیزهای پراش پرتو X در کانسنگ‌های مورد مطالعه.

مقایسه ستون چینه‌شناسی نیمرخ مورد مطالعه (شکل ۳) با نحوه توزیع Al_2O_3 ، SiO_2 و Fe_2O_3 در شکل (۵ الف) حاکی از آن است که کانسنگ‌های قرمز قهوه‌ای ترکیبی در حد فریت، کانسنگ‌های خاکستری ترکیبی در حد فریت کائولینیتی و کانسنگ‌های سفید ترکیبی در حد کائولینیت بوکسیتی دارند (شکل ۵ ب).

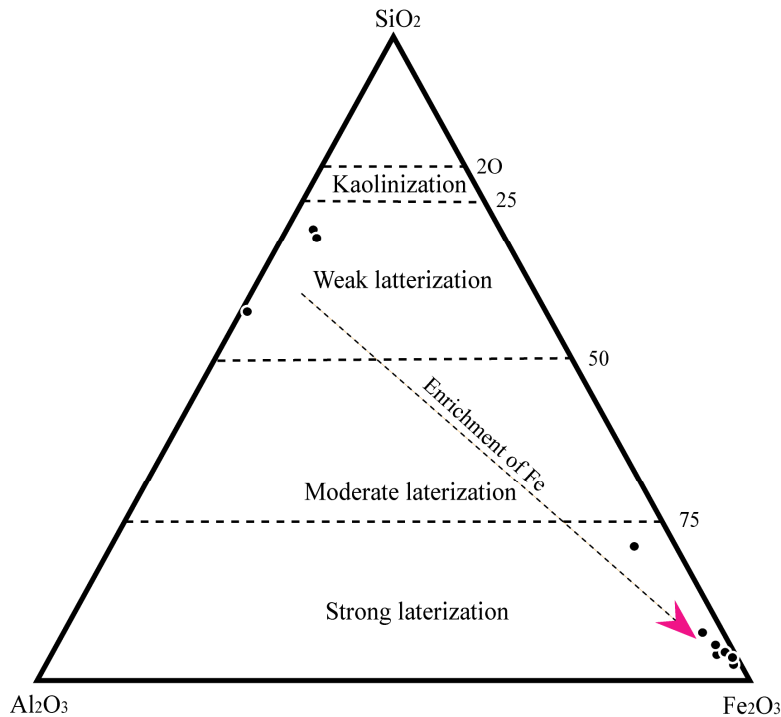
بحث

طبقه‌بندی کانسنگ‌ها با استفاده از شیمی عناصر اصلی

ترسیم مقادیر SiO_2 و Fe_2O_3 ، Al_2O_3 کانسنگ‌های مورد مطالعه در نمودار سه متغیره $SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3$ [۲۷] (شکل ۵ الف) نشان می‌دهد که نیمرخ مورد بررسی شامل ۳ تیپ کانسنگی (۱) فریت، (۲) فریت کائولینیتی و (۳) کائولینیت بوکسیتی می‌باشد.



شکل ۵: (الف) موقعیت نمونه‌های نیمرخ مورد مطالعه در نمودار سه متغیره $Al_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3$ [۲۱]. (ب) ستون چین‌شناسی نیمرخ مورد مطالعه و مقایسه آن با تیپ‌های کانسنگی تعیین شده بر اساس نمودار سه متغیره $Al_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3$ [۲۱].



شکل ۶: موقعیت نمونه‌های نیمرخ مورد مطالعه در نمودار سه متغیره $Al_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3$ [۲۲].

که از نحوه توزیع SiO_2 ، Al_2O_3 و Fe_2O_3 در نمودار مذکور استنباط می‌شود این است که در طی شرایط لاتریت‌زایی ضعیف علیرغم پایین بودن میزان Fe ، تفریق بین Si و Al ضعیف بوده ولی در طی شرایط لاتریت‌زایی شدید تفریق بسیار خوبی بین Si و Al صورت گرفته است.

ارتباط بین شدت فرآیند لاتریت‌زایی با تفریق عناصر

ترسیم داده‌های تجزیه‌ای در نمودار سه متغیره $SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$ [۱۱] (شکل ۶) نشان می‌دهد که نهشته بازمندی داش آغل در طی تکوین خود متحمل فرآیندهای لاتریت‌زایی ضعیف و شدید گردیده است. آنچه

عوامل کنترل کننده توزیع اجزاء در کانسنگ‌ها

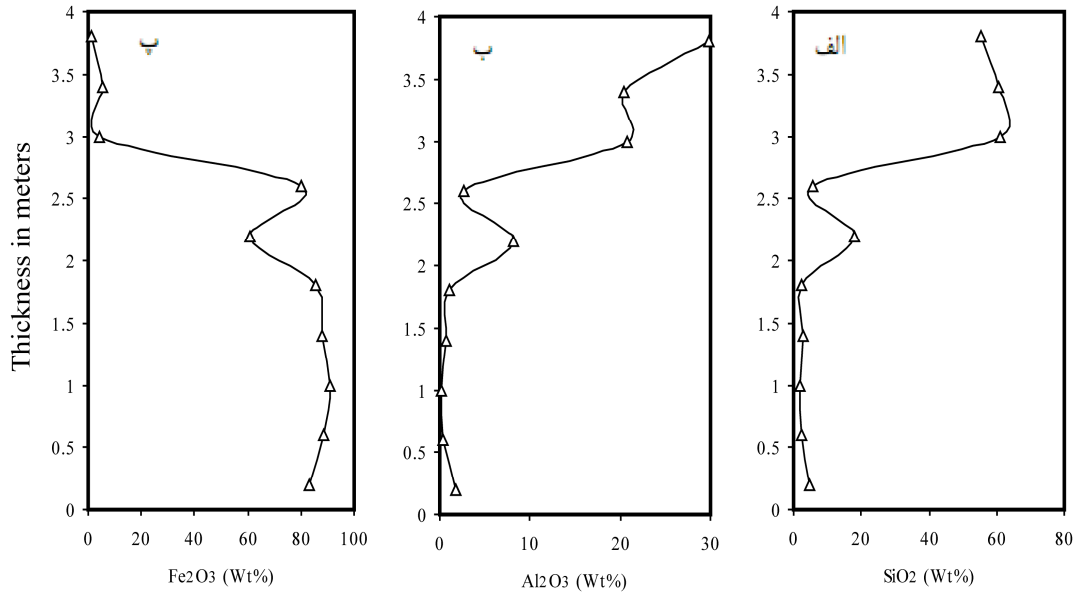
در این پژوهش برای بررسی عوامل کنترل کننده توزیع اجزاء در کانسنگ‌ها مبادرت به ترسیم نمودارهای تغییرات عناصر در یک نیمرخ انتخابی و محاسبه ضرایب همبستگی پیروسون بین عناصر گردید. این بررسی در سه بخش شامل، (الف) عناصر اصلی، فرعی و LOI، (ب) عناصر جزئی و (پ) عناصر نادر خاکی انجام شده است:

عناصر اصلی، فرعی و LOI

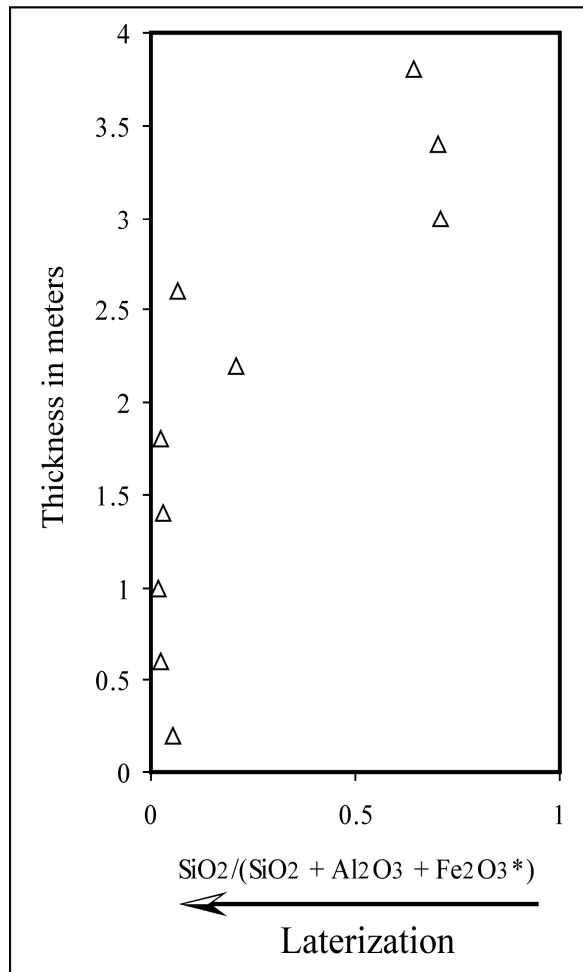
شباهت در الگوی توزیع عناصر Si (شکل ۷ الف) و Al (شکل ۷ ب) در نیمرخ مورد مطالعه بدون در نظر گرفتن کانسنگ سفید همراه با ضریب همبستگی مثبت و خوب بین این دو عنصر ($r=0/96$) نشان می‌دهد که توزیع این دو عنصر در نهشته عمدتاً توسط فازهای کانیاپی یکسانی (رس‌ها) صورت گرفته است. با توجه به روند توزیع کاملاً متناقض Fe (شکل ۷ پ) از Si (شکل ۷ الف) و Al (شکل ۷ ب) همراه با ضرایب همبستگی منفی و خوب بین Fe-Si ($r=-0/99$) و Al-Fe ($r=-0/98$) می‌توان چنین متصور شد که مکانیزم آهن‌زدایی - آهن‌زایی مهمترین پارامتر کنترل کننده توزیع Al، Si و Ti در نهشته مورد مطالعه بوده است. همچنین با استفاده از محاسبه میزان شدت لاتریت‌زایی با استفاده از رابطه $[SiO_2/(SiO_2 + [17] Al_2O_3 + Fe_2O_3(T))]$ و ترسیم تغییرات آن در برابر ضخامت نیمرخ مورد مطالعه (شکل ۸) مشخص می‌گردد که شدت لاتریت‌زایی با نزدیک شدن به سنگ بستر دولومیتی دارای یک روند افزایشی است. با مقایسه روند تغییرات شدت فرآیند لاتریت‌زایی (شکل ۸) با توزیع عناصر Si (شکل ۷ الف)، Al (شکل ۷ ب) و Fe (شکل ۷ پ) می‌توان استنباط نمود که تغییر در میزان شدت لاتریت‌زایی یکی از فاکتورهای کلیدی در تفریق Fe از Al و Si و به عبارت بهتر تفریق کانی‌های هماتیت و گوتیت از کانی‌های رسی در این نهشته می‌باشد. افزایش تقریباً منظم Fe به سمت سنگ بستر دولومیتی (شکل ۷ پ) نشان می‌دهد که آب‌های جوی فرورو با ماهیت pH پایین سبب شستشوی آهن از بخش‌های بالایی نهشته شده و افزایش pH محلول‌های هوازده کننده فرورو به واسطه بالا آمدن سطح سفره آب‌های زیرزمینی و عملکرد سنگ بستر

دولومیتی به عنوان یک سد زمین‌شیمیایی فعال موجب تمرکز آهن به فرم کانی‌های هماتیت و گوتیت در بخش‌های تحتانی نهشته گردیده است. مقایسه الگوی تغییرات عناصر اصلی و فرعی آشکار می‌نماید که شباهت زیادی در نحوه توزیع Ti (شکل ۹ الف) با Al (شکل ۷ ب) در نیمرخ مورد بررسی وجود دارد. این شباهت یک پدیده رایج و مرسوم در نیمرخ‌های بازماندی است. آنچه که از بررسی تغییرات اکسیدهای K (شکل ۹ ب)، P (شکل ۹ پ)، Mg (شکل ۱۰ الف)، Ca (شکل ۱۰ ب)، Na (شکل ۱۰ پ) و Mn (شکل ۱۱ الف) استنباط می‌شود این است که رفتار نامنظم این عناصر در نیمرخ احتمالاً مرتبط با ناهمگنی پروتولیت و یا اختلاف در میزان شدت دگرسانی در طی تکوین نهشته باشد. ضرایب همبستگی مثبت و خوب بین Al-Mg ($r=0/81$)، Si-Na ($r=0/67$)، Al-Na ($r=0/84$)، Si-Mg ($r=0/83$)، Al-K ($r=0/90$)، Si-K ($r=0/98$) همراه با الگوی نامنظم توزیع عناصر K (شکل ۹ ب)، Mg (شکل ۱۰ الف)، و Na (شکل ۱۰ پ) نشان می‌دهند که کانی‌های ایلیت، کلریت، مونت‌موریلونیت به شکل نامنظمی در نهشته توزیع شده‌اند. بررسی‌های بیشتر حکایت از آن دارند که تنها Mn (شکل ۱۱ الف) در برخی از بخش‌های نیمرخ روند توزیع مشابه با Fe دارد. همچنین بین این دو عنصر همبستگی مثبت و خوبی وجود دارد ($r=0/80$). این نکته نشان می‌دهد تغییر در پتانسیل ردوکس یک فاکتور کلیدی در تمرکز این دو عنصر در کانسنگ‌ها است [۲۶]. Cr (شکل ۱۱ ب) و LOI (شکل ۱۱ پ)، دارای توزیع نسبتاً نامنظمی در نیمرخ مورد مطالعه هستند. اگر چه توزیع Cr در تشکیلات لاتریتی عمدتاً توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن کنترل می‌شود [۲۲]، ولی مقایسه نحوه الگوی تغییرات Cr (شکل ۱۱ ب) با Fe (شکل ۷ پ) چنین ارتباطی را در نیمرخ روشن نمی‌سازد.

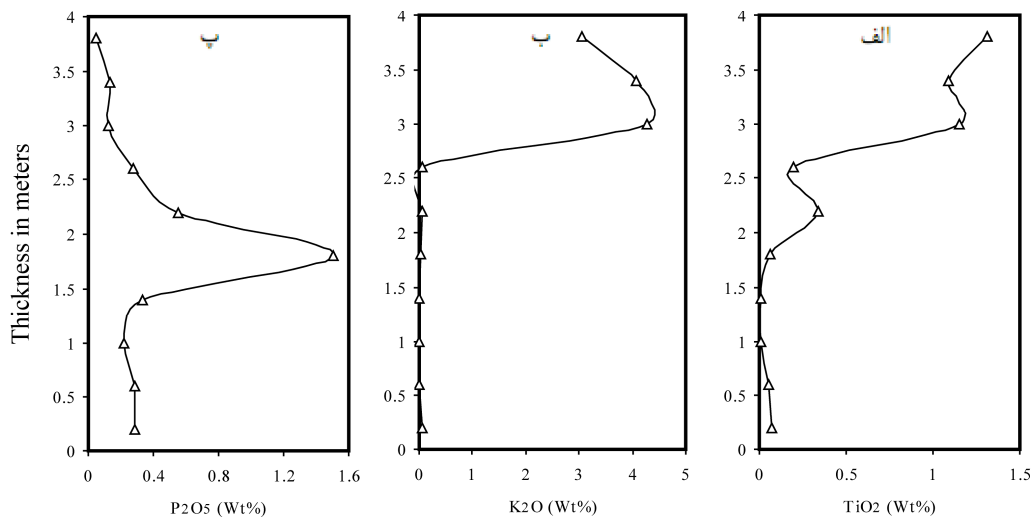
با این حال ضرایب همبستگی مثبت و خوب بین Si-Cr ($r=0/81$) و Al-Cr ($r=0/88$) مبین این مطلب هستند که کانی‌های رسی عامل اصلی توزیع و تثبیت Cr در نهشته مورد مطالعه می‌باشند [۲۵]. توزیع ناموزون LOI در نیمرخ مورد مطالعه دلیل و استدلال محکمی بر توزیع نامنظم کانی‌های آبدار در نهشته است.



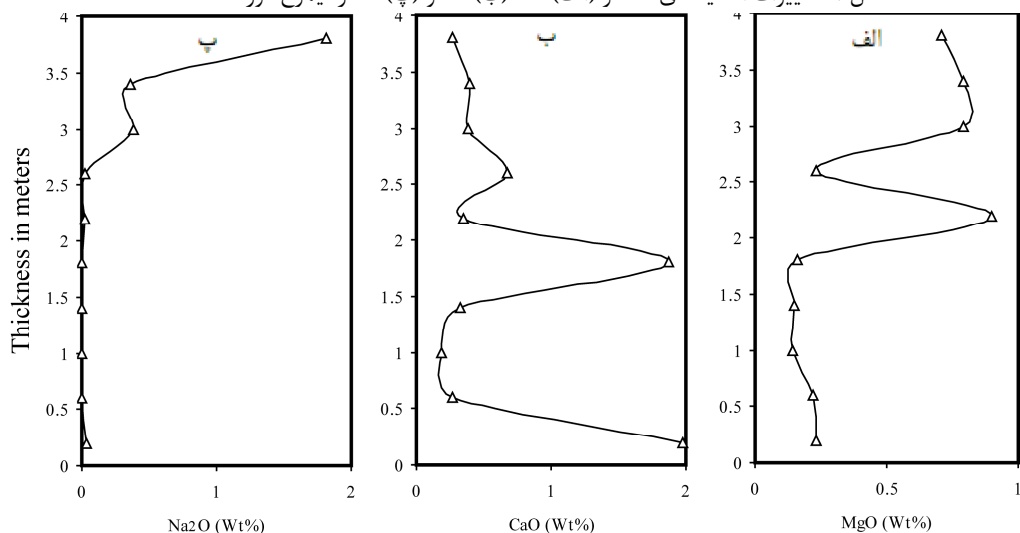
شکل ۷: تغییرات اکسیدهای عناصر (الف) Si، (ب) Al و (پ) Fe در نیمرخ مورد مطالعه.



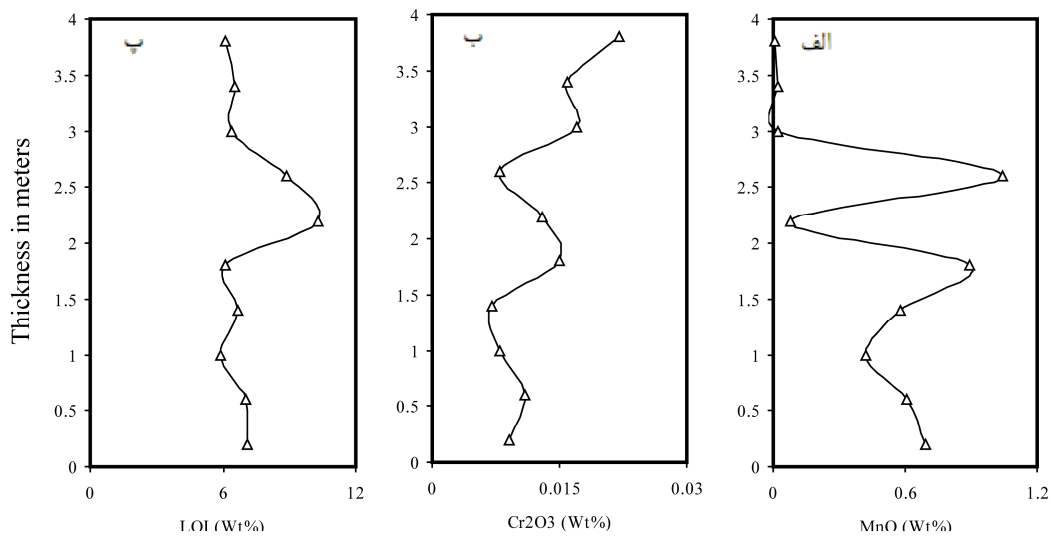
شکل ۸: تغییرات شدت لاتریتی‌زایی در نیمرخ مورد مطالعه.



شکل ۹: تغییرات اکسیدهای عناصر (الف) Ti، (ب) K، و (پ) P در نیمرخ مورد مطالعه.



شکل ۱۰: تغییرات اکسیدهای عناصر (الف) Mg، (ب) Ca، و (پ) Na در نیمرخ مورد مطالعه.

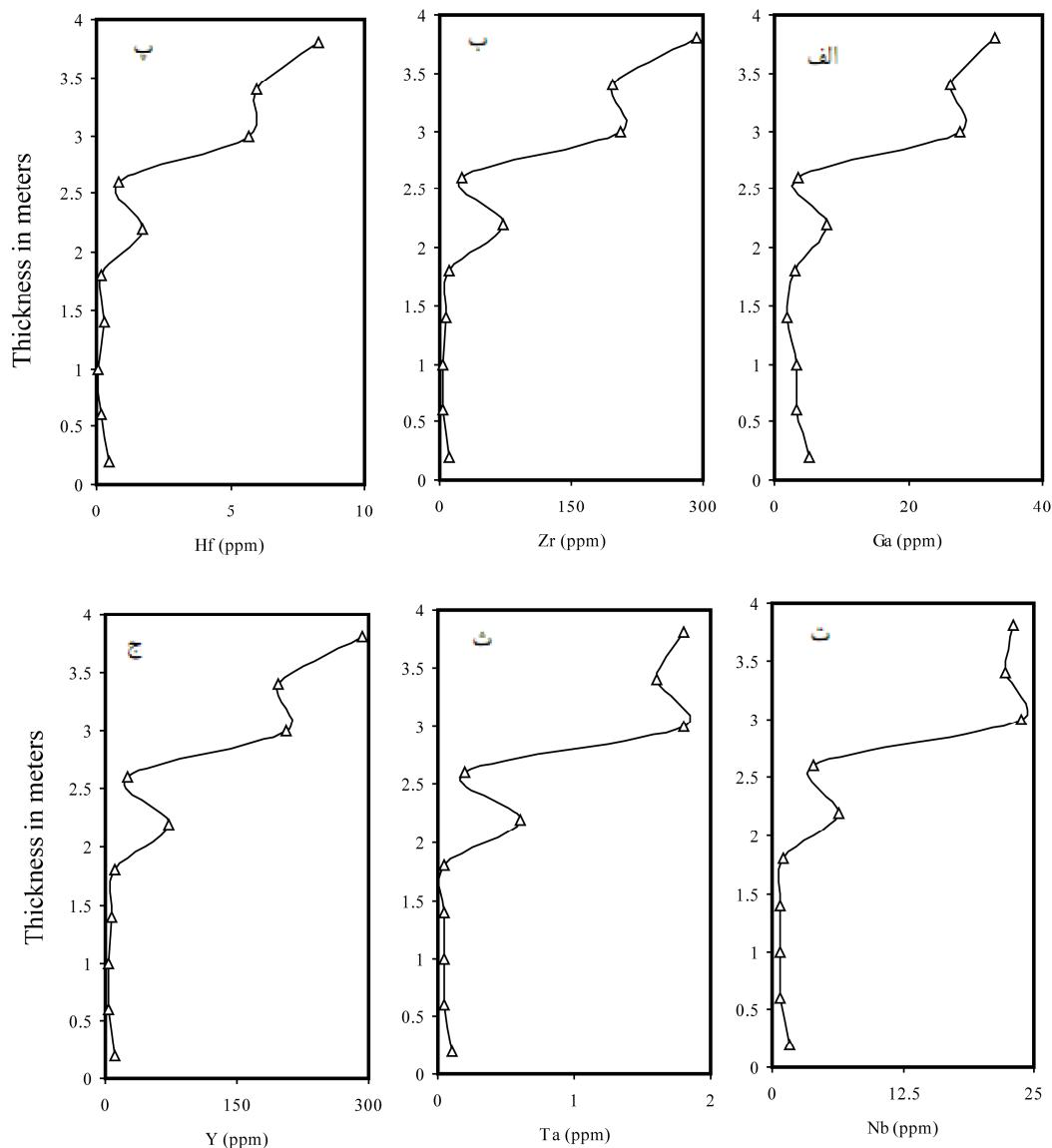


شکل ۱۱: تغییرات اکسیدهای عناصر (الف) Mn و (ب) Cr همراه با LOI (پ) در نیمرخ مورد مطالعه.

عناصر جزئی

این روندها خیلی مشابه به روند توزیع عناصر Si (شکل ۷ مقایسه روند توزیع عناصر در نیمرخ مورد بررسی نشان می‌دهد که روندهای تقریباً مشابهی بین Ga (شکل ۱۲ الف)، Zr (شکل ۱۲ ب)، Hf (شکل ۱۲ پ)، Nb (شکل ۱۲ ت)، Ta (شکل ۱۲ ث) و Y (شکل ۱۲ ج) وجود دارد.

این روندها خیلی مشابه به روند توزیع عناصر Si (شکل ۷ الف)، Al (شکل ۷ ب) و Ti (شکل ۹ الف) می‌باشد. همبستگی‌های مثبت و خوب بین عناصر یاد شده از این ایده حمایت می‌کند (جدول ۲).



شکل ۱۲: تغییرات عناصر (الف) Ga، (ب) Zr، (پ) Hf، (ت) Nb، (ث) Ta و (ج) Y در نیمرخ مورد مطالعه.

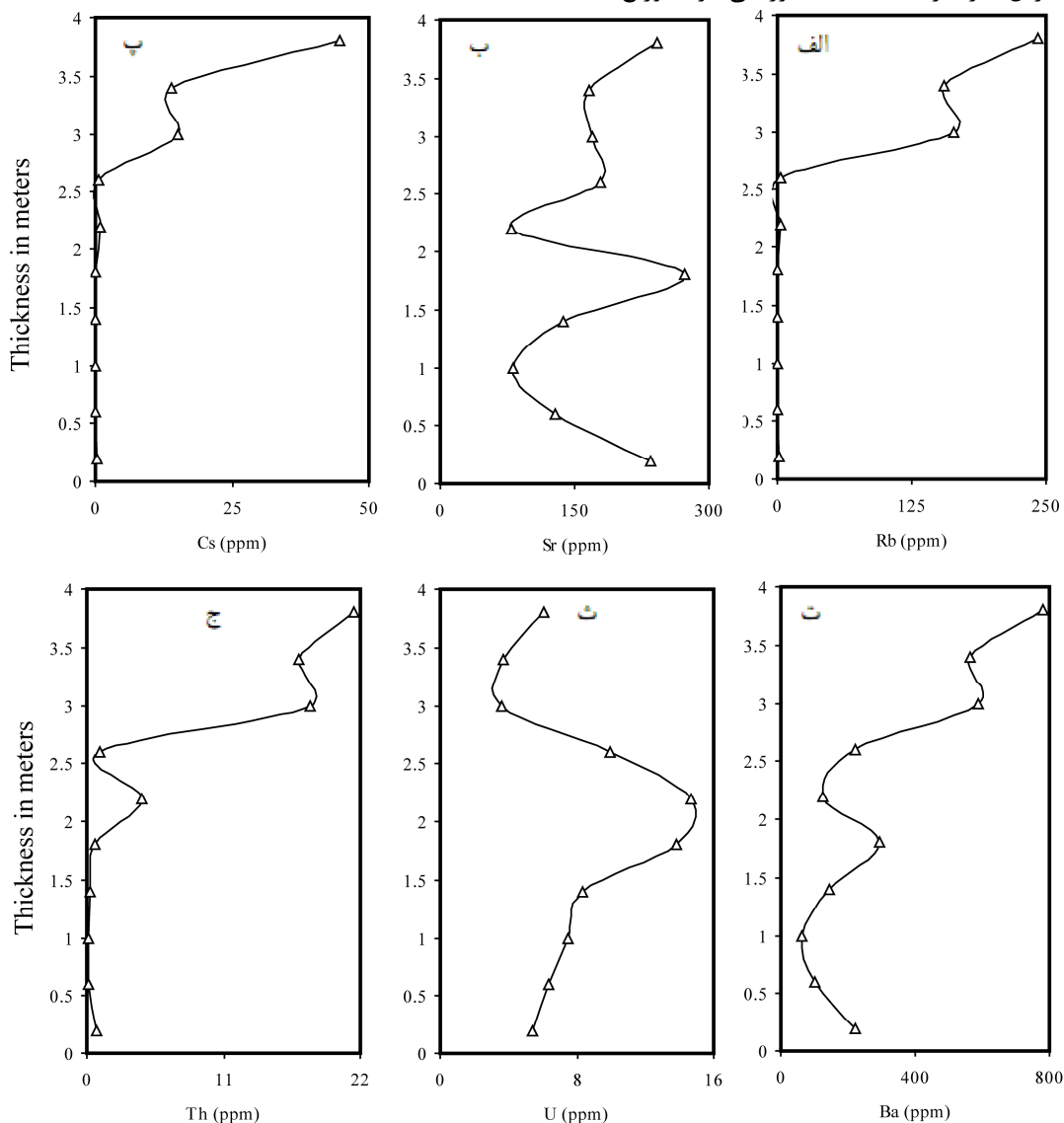
کانسنگ‌ها توسط زیرکن‌های بازماندی صورت گرفته است. الگوی توزیع مشابه Rb (شکل ۱۳ الف) با Si (شکل ۷ الف)، Al (شکل ۷ ب)، و K (شکل ۹ ب) مبین نقش موثر رس‌ها در تثبیت و توزیع Rb در کانسنگ‌ها است. توزیع مشابه Sr (شکل ۱۳ ب) با Ca (شکل ۱۰ ب) به ویژه در بخش‌های تحتانی همراه با ضرایب همبستگی مثبت و

تشابهات مذکور دلیلی بر کنترل توزیع عناصر جزئی در نهشته توسط کانی‌های رسی، بوهمیت و روتیل هستند. هر چند که به نظر می‌رسد با توجه به همبستگی‌های مثبت و متوسط تا خوب بین Zr با عناصر Hf، Th و Y (شکل ۱۲)، توزیع بخشی از این سه عنصر در

(شکل ۱۳ث) روند مشابهی با هیچ یک از عناصر در نیمرخ را نشان نمی‌دهد. به نظر می‌رسد که عدم تشابه در روند توزیع U با بقیه عناصر در کانسنگ‌ها مرتبط با حضور این عنصر در شبکه چندین نوع کانی با شرایط نهشت مختلف نظیر رس‌ها، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و زیرکن-های بازماندی بوده باشد. توزیع Th (شکل ۱۳ج) و Sc (شکل ۱۴ الف) در نیمرخ خیلی شبیه به توزیع عناصر Si (شکل ۷ الف)، Al (شکل ۷ ب)، Ti (شکل ۹ الف) و Zr (شکل ۱۲ ب) می‌باشد. این تشابهات دلیلی بر نقش ارزنده کانی‌های رسی، روتیل و زیرکن‌های بازماندی در توزیع و تثبیت Th و Sc در کانسنگ‌های مورد مطالعه است.

خوب بین آن دو آشکار می‌کند که فازهای کانیایی Ca دار توزیع این عنصر را در نهشته در کنترل خود داشته‌اند. روندهای توزیع مشابه بین Cs (شکل ۱۳ پ) با Si (شکل ۷ الف)، Al (شکل ۷ ب) و K (شکل ۹ ب) همین این نکته می‌باشد که Cs نیز به مانند Rb در کانسنگ‌ها توسط رس‌هایی نظیر ایلیت تثبیت شده است [۱۲].

تغییرات مشابه برای روند توزیع Ba (شکل ۱۳ ت) با Si (شکل ۷ الف)، Al (شکل ۷ ب) و K (شکل ۹ ب) در بخش بالایی نیمرخ همراه با ضرایب همبستگی مثبت و خوب با Ba عناصر یاد شده ($r = 0.89 - 0.94$) می‌بانی Ba توسط رس‌ها را در کانسنگ‌ها محرز می‌سازد. توزیع U



شکل ۱۳: تغییرات عناصر (الف) Rb، (ب) Sr، (پ) Cs، (ت) Ba، (ث) U و (ج) Th در نیمرخ مورد مطالعه.

و ۳). عدم مشابهت در روند توزیع Fe_2O_3 و MnO با REEs نشان می‌دهد که اکسیدهای Mn همراه با هماتیت و گوتیت نقشی در تمرکز REEs در این نهشته نداشته‌اند. زیرکن که از نظر شیمیایی پایدارترین کانی در طی فرآیندهای هوازدگی در طبیعت محسوب می‌شود [۲۱]، می‌تواند به عنوان حامل و کنترل کننده توزیع برخی از REEs در سیستم‌های هوازده عمل نماید. وجود روندهای مشابه در توزیع Zr (شکل ۱۲ب) با Ce (شکل ۱۵ب) و HREEs (شکل ۱۶الف - ج و شکل ۱۷الف و ب) می‌تواند مبین حضور Ce و HREEs در شبکه زیرکن‌های بازماندی باشد [۱۵]. وجود ضرایب همبستگی مثبت و خوب بین عناصر یاد شده از این ایده حمایت می‌کند (جدول ۲ و ۳). روندهای تقریباً مشابه بین REEs (شکل ۱۵الف - ج، شکل ۱۶الف - ج و شکل ۱۷الف - ب) با Y (شکل ۱۲ج) استدلال محکمی بر نقش کانی زینوتایم $[\text{YPO}_4]$ در تمرکز REEs در کانسنگ‌های این نهشته است. همچنین روند تغییرات مشابه بین Ce (شکل ۱۶ب) و Th (شکل ۱۳ج) دلالت بر تثبیت بخشی از Ce سیستم توسط کانی سریانیت $[(\text{Ce}^{4+}, \text{Th})\text{O}_2]$ دارد. اگرچه روند مشابهی بین توزیع REEs (شکل ۱۵الف - ج، شکل ۱۶الف - ج و شکل ۱۷الف - ب) با P (شکل ۹پ) دیده نمی‌شود، ولی مقایسه روند توزیع REEs و P با Ca (شکل ۱۰ب) نشان می‌دهد که غنی‌شدگی قابل ملاحظه-ای در ضخامت ۱/۵ الی ۲ متری برای این عناصر در نیمرخ مورد مطالعه قابل تشخیص است. این غنی‌شدگی برای این سه عنصر می‌تواند به واسطه حضور فسفات‌های ثانویه‌ای چون باستاناسیت در کانسنگ‌های این بخش از نهشته باشد [۵].

از بررسی روند توزیع REEs در نیمرخ مورد مطالعه می‌توان به دو نکته کلیدی دیگر برای تشکیل این نهشته پی برد. (۱) معمولاً نهشته‌های لاتریتی برجا روند غنی‌شدگی منظمی برای REEs با نزدیک‌تر شدن به سنگ بستر کربناتی و به ویژه در محل برخورد با سنگ بستر از خود نشان می‌دهند [۱۵]. (۲) وجود روندهای نامنظم برای توزیع REEs در نیمرخ مورد مطالعه این نکته را در ذهن تداعی می‌کند که این نهشته از یک منشاء برجازا برخوردار نبوده و به احتمال فراوان در طی تشکیل خود متحمل حمل و جابجایی شده است. نکته کلیدی دیگر در رابطه با

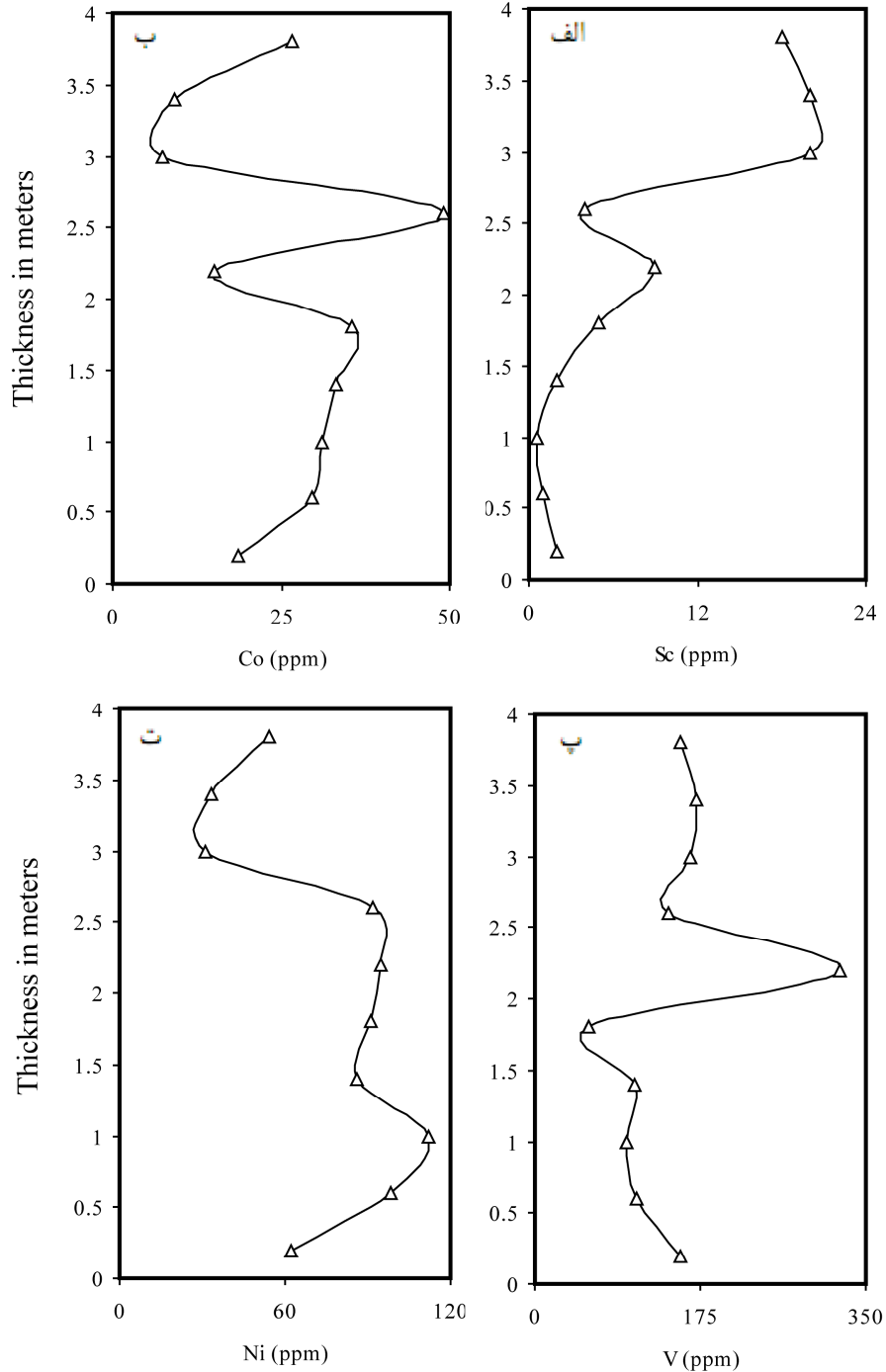
علیرغم اینکه توزیع عناصری نظیر Co، V و Ni در کانسنگ‌های لاتریتی عمدتاً توسط هماتیت و گوتیت کنترل می‌شود [۲۷]، ولی مقایسه نحوه الگوی تغییرات عناصر Co (شکل ۱۴ب)، V (شکل ۱۴پ)، و Ni (شکل ۱۴ت) با Fe (شکل ۷پ) چنین ارتباط واضحی را در نیمرخ ترسیم شده نشان نمی‌دهد. با وجود این، با توجه به ضرایب همبستگی مثبت و خوب Mn با Co ($r = 0.81$)، V-Ca ($r = 0.77$) و Ni-Fe ($r = 0.86$) می‌توان استنباط نمود که اکسیدهای منگنز، فازهای کانیایی Ca دار و هماتیت و گوتیت به ترتیب نقش کنترلی مهمی در توزیع و تثبیت عناصر Co، V و Ni در کانسنگ‌ها ایفا نموده‌اند. بررسی روند تغییرات تقریباً افزایشی برای توزیع Ni (شکل ۱۴ت) با نزدیک شدن به سنگ بستر کربناتی نکته کلیدی دیگری از عوامل تاثیرگذار در توسعه و تشکیل کانسنگ‌های مورد مطالعه را آشکار می‌سازد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که غنی‌شدگی Ni در سیستم‌های لاتریتی وابسته به pH بوده و در pHهای بالاتر میزان غنی‌شدگی Ni بیشتر است [۲۷]. با توجه به این نکته چنین می‌توان استنباط نمود که تغییرات در شیمی محلول‌های مسئول لاتریت‌زایی نظیر pH از عوامل اصلی تشکیل سه تیپ کانسنگی در نهشته مورد مطالعه بوده است.

عناصر نادر خاکی (REEs)

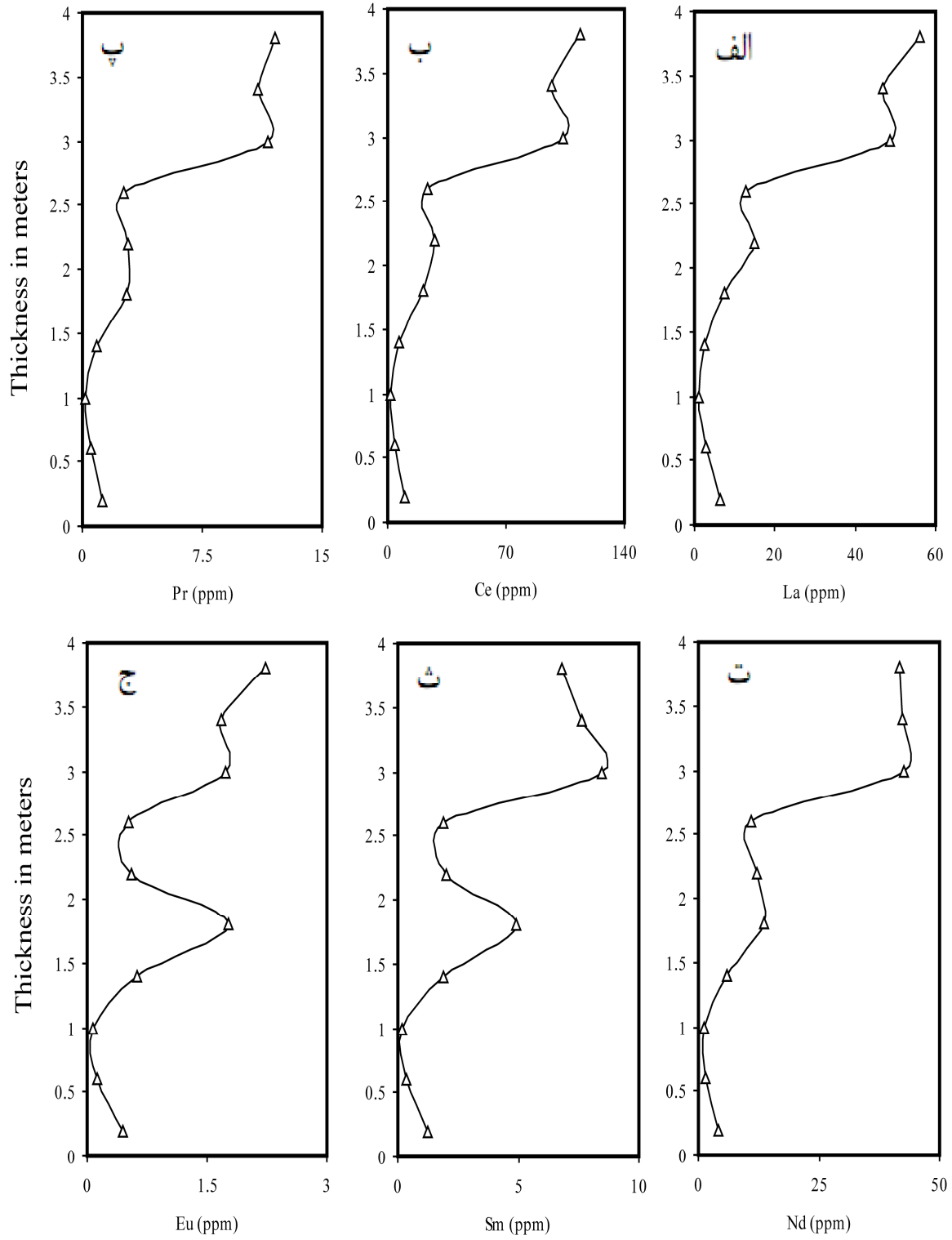
چندین دسته کانی به عنوان میزبانان اصلی REEs در محصولات هوازده توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده‌اند که از آن جمله می‌توان به کانی‌های رسی، کانی‌های ثانویه فسفات‌دار، اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و اکسیدهای تیتانیوم اشاره نمود [۲۶]. روندهای تقریباً مشابه بین نحوه تغییرات REEs (شکل ۱۵الف - ج، شکل ۱۶الف - ج و شکل ۱۷الف - ب) با Si (شکل ۷الف)، Al (شکل ۷ب)، Mg (شکل ۱۰الف)، Na (شکل ۱۰پ) و Ti (شکل ۹الف) در نیمرخ مورد مطالعه نشان می‌دهد که کائولینیت همراه با سایر کانی‌های رسی، روتیل و بوهمیت نقش بارزی در توزیع REEs در کانسنگ‌های این نهشته ایفا نموده‌اند. وجود ضرایب همبستگی مثبت و متوسط تا خوب بین عناصر یاد شده موید این مطلب است (جدول ۲

آنچه که از این نکته استنباط می‌شود این است که عملکرد فرآیندهای جذب سطحی توسط رس‌ها به مراتب مکانیسم موثرتری نسبت به فرایندهای روبش و تمرکز توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در تثبیت REEs در این نهشته بوده است.

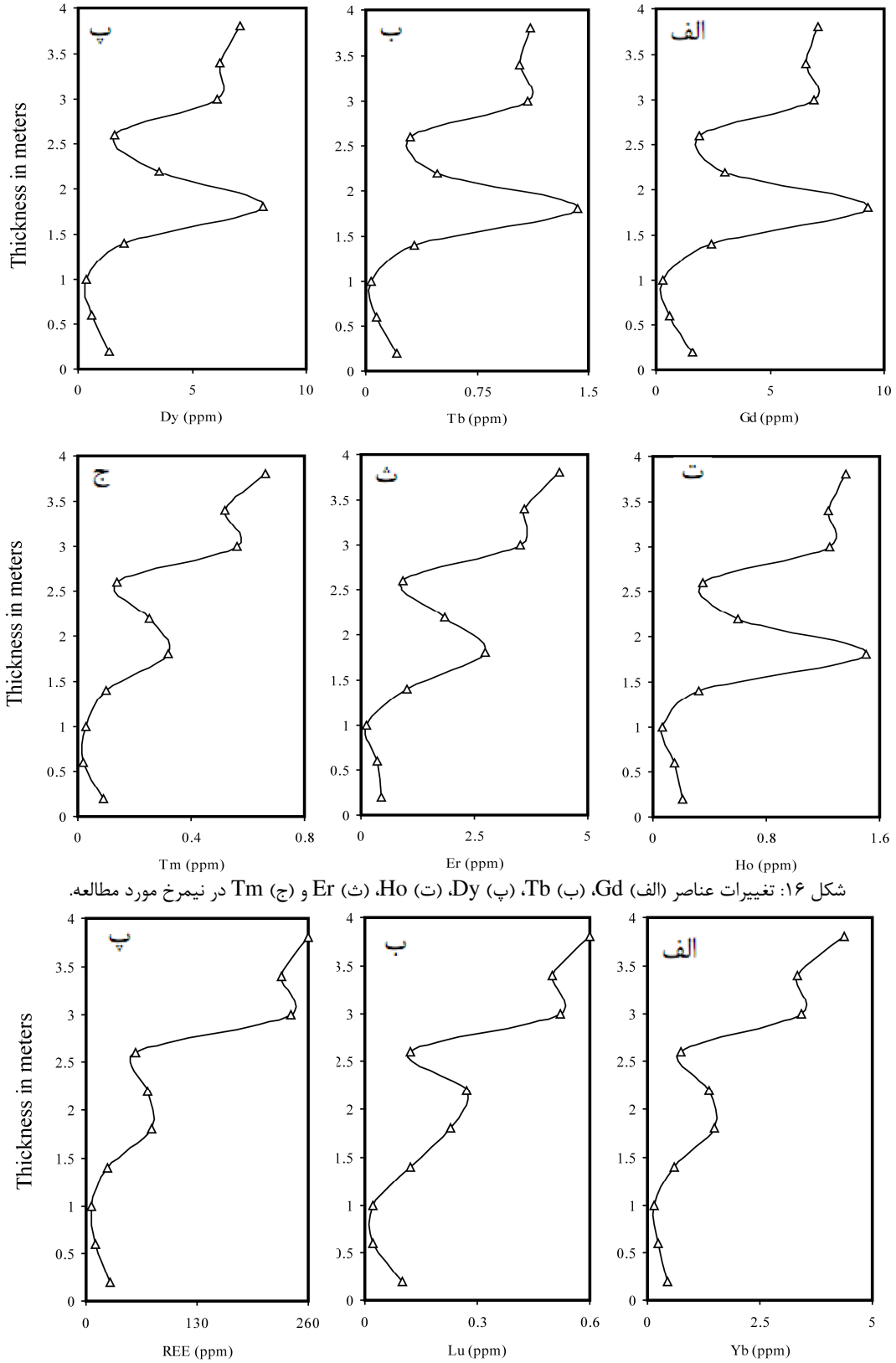
تشکیل نهشته لاتریت داش‌آغل در طی ترسیم نمودار دو متغیره شدت لاتریت‌زایی در برابر مقادیر REEs در کانسنگ‌ها روشن می‌شود (شکل ۱۸) و آن این است افزایش شدت لاتریت‌زایی در طی تکوین این نهشته با شستشوی REEs همراه بوده است.



شکل ۱۴: تغییرات عناصر (الف) Sc، (ب) Co، (پ) V و (ت) Ni در نیمرخ مورد مطالعه.

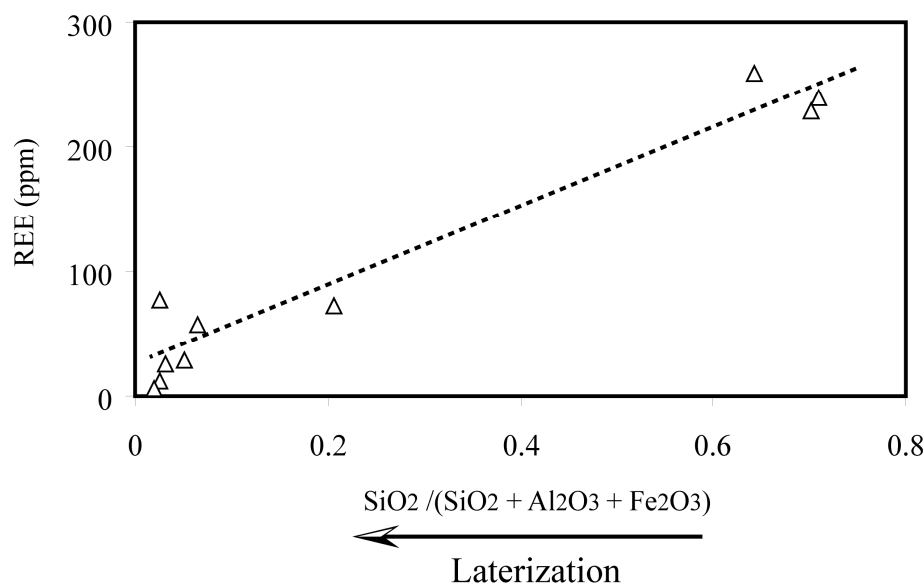


شکل ۱۵: تغییرات عناصر (الف) La، (ب) Ce، (پ) Pr، (ت) Nd، (ث) Sm و (ج) Eu در نیمرخ مورد مطالعه.



شکل ۱۶: تغییرات عناصر (الف) Gd، (ب) Tb، (پ) Dy، (ت) Ho، (ث) Er و (ج) Tm در نیمرخ مورد مطالعه.

شکل ۱۷: تغییرات عناصر (الف) Yb، (ب) Lu و (پ) REE در نیمرخ مورد مطالعه.



شکل ۱۸: نمودار دو متغیره تغییرات شدت لاتریت‌زایی در برابر مقادیر REE در کانسنگ‌های نیمرخ مورد مطالعه.

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شیمیایی نهشته بوکسیت تریاس- ژوراسیک داش‌آغل بوکان عبارتند از:

- ۱- مطالعات زمین‌شیمیایی نشان می‌دهند که توزیع عناصر اصلی در این نهشته تحت تاثیر مکانیسم آهن-زدایی- آهن‌زایی بوده است. به نظر می‌رسد که آب‌های جوی فرورو با ماهیت pH پایین سبب شستشوی آهن از بخش‌های بالایی نهشته و افزایش pH محلول‌های هوازده کننده فرورو به دلیل آمدن سطح سفره آب‌های زیرزمینی و عملکرد سنگ بستر دولومیتی به عنوان یک سد زمین‌شیمیایی سبب ترسیب آهن به فرم کانی‌های هماتیت و گوتیت در بخش‌های تحتانی نهشته گردیده‌اند. به بخش‌های تحتانی در ارتباط تنگاتنگ با شستشو و تثبیت آهن در سیستم بازماندی مورد مطالعه بوده است.
- ۲- الگوی توزیع عناصر فرعی در نیمرخ مورد مطالعه مبین ناهمگنی در ترکیب پروتولیت و یا اختلاف در میزان شدت دگرسانی در طی تکوین نهشته می‌باشد. همچنین ضرایب همبستگی بین عناصر فرعی با عناصر اصلی نشان می‌دهند که پتانسیل احیاء یکی از پارامترهای تاثیرگذار در توسعه کانسنگ‌های این نهشته است.

- ۳- تلفیق نتایج حاصل از ضرایب همبستگی و نحوه تغییرات عناصر جزئی در نیمرخ مورد بررسی حکایت از آن دارند که فرآیندهایی نظیر جذب سطحی توسط رس‌ها، روبش و تمرکز توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای فلزی و اختلاف در پایداری کانی‌ها در برابر هوازدگی نقش برجسته‌ای در توزیع عناصر جزئی در کانسنگ‌های این نهشته ایفا نموده‌اند.
- ۴- نتایج به دست آمده از بررسی‌های زمین‌شیمیایی روی روند تغییرات در توزیع عناصر نادر خاکی در نیمرخ مورد مطالعه آشکار می‌کنند که نهشته لاتریت داش‌آغل از یک منشاء نابرجا برخوردار بوده و عواملی نظیر تغییر در شدت فرآیند لاتریت‌زایی، حضور در فازهای کانیاپی مقاوم و تثبیت در فازهای نئومورف از جمله عوامل کلیدی کنترل کننده تحرک و تثبیت عناصر نادر خاکی در نهشته مورد مطالعه هستند. از بین عوامل مهم در تثبیت REEs در فازهای نئومورف، فرآیندهای جذب سطحی توسط رس‌ها عملکرد بهتری نسبت به روبش توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز ایفا نموده‌اند. همچنین ضرایب همبستگی بین عناصر و مقایسه الگوی توزیع عناصر در نیمرخ روشن می‌سازند که کانی‌های نظیر کائولینیت، کلریت، مونت‌موریلونیت، ایلیت همراه با

- [10] Calagari, A.A., and Abedini, A (2007) Geochemical investigations on Permo-Triassic bauxite deposit at Kanisheeteh, east of Bukan, Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 94, 1–18.
- [11] Hill, I.G., Woren, R.H., and Meighan, I.G (2000) Yttrium: The immobility –mobility transition during basaltic weathering. *Geology*, 10, 923–926.
- [12] Laskou, M., and Economou-Eliopoulos, M (2007) The role of micro-organisms on the mineralogical and geochemical characteristics of the Parnassos-Ghiona bauxite deposits, Greece. *Journal of Geochemical Exploration*, 93, 67–77.
- [13] Liu, X., Wang, Q., Deng, J., Zhang, Q., Sun, S., and Meng, J (2010) Mineralogical and geochemical investigations of the Dajia Salento-type bauxite deposits, western Guangxi, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 105, 137–152.
- [14] Ma, J., Wei, G., Xu, Y., Long, W., Sun, and W (2007) Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3223–3237.
- [15] Maksimovic, Z., and Panto, G.Y (1991) Contribution to the geochemistry of the rare earth elements in the karst bauxite deposits of Yugoslavia and Greece. *Geoderma*, 51, 93–109.
- [16] Mameli, P., Mongelli, G., and Dinelli, E (2007) Geological, geochemical and mineralogical features of some bauxite deposits from Nurra (western Sardinia, Italy): Insights on conditions of formation and parental affinity. *International Journal of Earth Sciences*, 96, 887–902.
- [17] Marques, J.J., Schulze, D.G., Curi, N., and Mertzman S.A (2004) Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 121, 31–43.
- [18] Mongelli, G (1997) Ce anomalies in the textural components of Upper Cretaceous karst bauxites from the Apulian carbonate platform (southern Italy). *Chemical Geology*, 140, 69–79.
- [19] Mongelli, G (2002) Growth of hematite and boehmite in concretions from ancient karst bauxite: clue for past climate. *Catena*, 50, 43–51.
- [20] Muzaffer-Karadağ, M., Küpeli, S., Arýk, F., Ayhan, A., Zedef, V., and Döyen, A (2009) Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortaş bauxite deposit (Seydişehir/Konya–Southern Turkey). *Chemie der Erde-Geochemistry*, 69, 143–159.

بوهمیت، روتیل، زیرکن، سریانیت، باستاناسیت و زینوتايم ميزبانان احتمالی عناصر نادر خاکی در کانسنگ‌ها هستند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه برخوردار بوده‌اند، لذا شایسته است نهایت سپاس و قدردانی خود را ابراز دارند. نگارندگان همچنین از نظرات و پیشنهادات ارزنده و سازنده داوران محترم مجله سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

- [۱] حسامی، ع (۱۳۷۰) بررسی‌های اکتشافی بوکسیت‌های شرق بوکان. رساله کارشناسی ارشد گروه مهندسی معدن دانشگاه تهران، ۲۸۵ص.
- [۲] عابدینی، ع، کلاگری، ع.ا (۱۳۸۸) بررسی فاکتورهای کنترل کننده توزیع عناصر جزئی (شامل عناصر نادر خاکی) در طی فرایندهای بوکسیتی شدن در کانی شیت، شرق بوکان، شمالغرب ایران. مجله علوم زمین، شماره ۷۲، ص ۱۴۵–۱۵۴.
- [۳] عابدینی، ع، کلاگری، ع.ا (۱۳۸۹) ژئوشیمی کانسنگ‌های بوکسیتی-لاتریتی جوانمرد، شمال خاور بوکان، استان آذربایجان غربی. مجله زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۵، ص ۲۹–۳۸.
- [۴] عابدینی، ع، کلاگری، ع.ا (۱۳۹۰) مطالعات ژئوشیمیایی نهشته‌های بوکسیتی-کائولینیتی پرمین در شمال سقز، استان کردستان. مجله علوم زمین، شماره ۷۹، ص ۳۳–۴۰.
- [۵] عابدینی، ع (۱۳۸۷) بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و وزن نهشته‌های بوکسیتی-لاتریتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران. رساله دکتری گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز، ۱۸۴ص.
- [۶] نبوی، م.ح (۱۳۵۵) دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ص.
- [7] Aleva, G.J.J (1994) Laterites: concepts, geology, morphology and chemistry. ISIRC, Wageningen, 165p.
- [8] Boulange, B., and Colin, F (1994) Rare earth element mobility during conversion of nepheline syenite into lateritic bauxite at Passa Quatro, Minas Gerais, Brazil. *Applied Geochemistry*, 9, 701–711.
- [9] Braun, J.J., Pagel, M., Muller, J.P., Bilong, P., Michard, A., and Guillet, B (1990) Ce anomalies in lateritic profiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 781–795.

- [21] Ndjigui, P., Bilong, P., Bitom, D., and Dia, A (2008) Mobilization and redistribution of major and trace elements in two weathering profiles developed on serpentinites in the Lomie ultramafic complex, southeast Cameroon. *Journal of African Earth Sciences*, 50, 305–328.
- [22] Newman, A.D.C (1987) *Chemistry of clay and clay minerals*. Mineralogical Society, Monograph, 6, 480 p.
- [23] Oliva, P., Vires, J., Dupre, B., Fortune, J.P., Martin, F., Braun, J.J., Nahon, D., and Robain, H (1999) The effect of organic matter on chemical weathering: study of a small tropical watershed: Nsimi-Zoetele site, Cameroon. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 4013–4035.
- [24] Patino, L.C., Velbel, M.A., Price, J.R., and Wade, J.A (2003) Trace element mobility during spheroidal weathering of basalts and andesites in Hawaii and Guatemala. *Chemical Geology*, 202, 343–364.
- [25] Plank, T., and Langmuir, C.H (1998) The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chemical Geology*, 145, 325–394.
- [26] Sanematsu, K., Moriyama, T., Sotouky, L., and Watanabe, Y (2011) Mobility of REEs in basalt derived laterite at the Bolaven plateau, Southern Laos. *Resource Geology*, 61, 140–158.
- [27] Schellmann, W (1986) On the Geochemistry of laterites. *Chemie der Erde*, 45, 39–158.
- [28] Wimpenny, J., Gannoun, A., Burton, K.W., Widdowson, M., Jamed, R.H., and Gilason, S.R (2007) Rhenium and osmium isotope and elemental behaviour of India, *Earth and Planetary Science Letters*, 261, 239–258.
- [29] Yang, Z (1987) Clay minerals in the HEE-weathering crust, Longnan, Jiangxi. *Scientia Geologica Sinica*, 22, 1–70.