

## ویژگی های ژئوشیمیایی اسکارن های جنوب غرب یزد و مقایسه آنها با اسکارن های شناخته شده مرتبط با گرانیت ها

ساسان لیاقت، علیرضا زراسوندی\* و محبوبه حسینی

گروه زمین شناسی - دانشگاه شیراز

\*گروه زمین شناسی - دانشگاه شهید چمران اهواز

پست الکترونیکی: [liaghat@susc.ac.ir](mailto:liaghat@susc.ac.ir)

### چکیده

توده های گرانیتوئیدی حسن آباد و دره زرشک و اسکارن های میزبان آنها در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب یزد، مابین دو زون ایران مرکزی و کمربند تکتونوماگمایی سهند- بزمان واقع شده اند. این توده های گرانیتوئیدی با سن احتمالی الیگومیوسن سنگ های رسوبی - آتشفشانی ائوسن و واحدهای کنگلومرایی سازند سنگستان و سنگ های کربناتی سازند تفت را قطع نموده و اسکارن سازی و کانه زایی را در منطقه باعث شده اند. هدف از انجام این تحقیق بررسی ویژگی های ژئوشیمیایی توده های نفوذی مرتبط با اسکارن های جنوب غرب یزد و مقایسه آنها با سایر گرانیتوئیدهای مرتبط با اسکارن های دنیا، به منظور ارزیابی پتانسیل کانه زایی اسکارن های منطقه می باشد. در این راستا تعداد ۱۶ نمونه از سنگ های ماگمایی و اسکارنی موجود در منطقه جهت آنالیز  $XRF$  و  $XRD$  و ۲۰ نمونه جهت مطالعات پتروگرافی برداشت گردید. نتایج حاصل از داده های ژئوشیمیایی و مطالعات پتروگرافی صورت گرفته بر روی این منطقه نشان می دهد که سنگ های گرانیتوئیدی منطقه مانند بسیاری از گرانیتوئیدهای اسکارنی دنیا دارای ترکیب سنگ شناختی از گرانیت تا کوارتز دیوریت می باشند که مشخصات یک ماگمای کالک آلکالین متآلومینوس گرانیتوئیدی تیپ I را دارا هستند و در یک محیط تکتونوماگمایی مرتبط با کمان های آتشفشانی یا کمان های ولکانو- پلوتونیک شکل گرفته اند. بدین طریق با مقایسه عناصر اصلی و جزئی گرانیتوئیدهای اسکارنی حسن آباد و دره زرشک با سایر گرانیتوئیدهای اسکارنی دنیا مشخص گردید که این اسکارن ها از نوع  $Cu - Fe$  می باشند.

واژه های کلیدی: اسکارن، گرانیتوئید، ژئوشیمی، کانه زایی، جنوب غرب یزد

## مقدمه

اسکارن‌های همراه آن‌ها وجود دارد و لذا می‌توان از آن به عنوان یک راهکار اکتشافی برای مناطقی که پتانسیل مشابهی دارند استفاده نمود [۱]. هدف از این مطالعه بررسی خواص ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی مرتبط با دو منطقه اسکارنی جنوب غرب یزد (حسن‌آباد- دره‌زرشک) و مقایسه آن‌ها با سایر گرانیتوئیدهای مرتبط با اسکارن دنیا بوده است.

## روش کار

به منظور مطالعات دقیق کانی‌شناسی و بررسی خواص ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی و اسکارن‌های منطقه مورد مطالعه، پس از بررسی‌های دقیق صحرایی، تعداد ۱۶ نمونه از سنگ‌های آذرین و اسکارنی موجود در منطقه برداشت گردید. از این تعداد، ۸ نمونه متعلق به گمانه حفاری شده تا عمق ۱۸۴ متری بر روی توده‌های نفوذی منطقه می‌باشد. تمامی نمونه‌های برداشت‌شده جهت تعیین عناصر اصلی و فرعی به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) مورد تجزیه قرار گرفتند، که نتایج آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. تعداد ۲۰ نمونه از واحدهای آذرین و اسکارنی موجود در منطقه جهت مطالعات پتروگرافی و تهیه مقاطع نازک و صیقلی برداشت گردید. با این حال جهت تشخیص بعضی از کانی‌های مجهول تعداد ۲ نمونه نیز تحت آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) قرار گرفتند.

منطقه جنوب غرب یزد به لحاظ زمین‌شناسی و گسترش کانه‌زایی به صورت اسکارن یکی از مناطقی محسوب می‌گردد که همواره در اولویت کارهای اکتشافی قرار داشته است. وجود باتولیت گرانیتی شیرکوه و توده‌های گرانیتوئیدی الیگو- میوسن (۳۰-۱۶ میلیون سال) [۲] بر اهمیت این موضوع افزوده است. چندین ذخیره به صورت اسکارن، اسکارن- پورفیری، پورفیری و رگه‌های پلی‌متال در منطقه گزارش شده‌اند. اسکارن زائی یکی از مهم‌ترین پدیده‌های موجود در منطقه می‌باشد. پراگندگی و گسترش اسکارن‌ها در این منطقه ارتباط بسیار نزدیکی با توده‌های گرانیتوئیدی با ترکیب کوارتز دیوریتی، کوارتز مونزونیتی، گرانودیوریتی تا گرانیتی دارند [۳]. در غرب و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه کمان تکتونوماگمایی سه‌د- بزمان جای گرفته است. قسمت اعظم سنگ‌های جنوب غرب یزد از توده‌های آتشفشانی- نفوذی الیگو- میوسن [۴] متعلق به این کمربند تشکیل یافته است. تاکنون مطالعات فراوانی از دیدگاه‌های گوناگون زمین‌شناسی در جنوب غرب یزد صورت گرفته است [۳]، ولی مطالعه جامع ژئوشیمیایی و اقتصادی بر روی اسکارن‌های این منطقه صورت نگرفته است. به هر حال مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی و تئوری در سایر نقاط دنیا نشان داده است که همبستگی خوبی بین ترکیب شیمیایی توده‌های نفوذی و محتوای فلزی

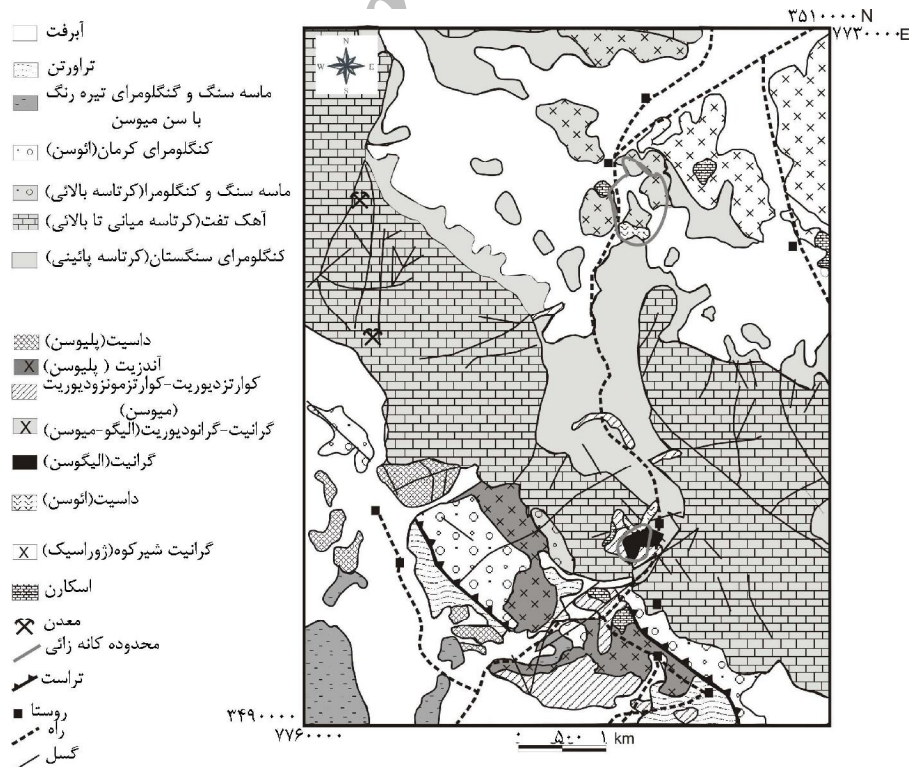
جدول ۱- نتایج آنالیز عناصر اصلی (wt%) و جزئی (ppm) گرانیتوئیدها و اسکارن های حسن آباد و دره زرشک، (HA): نمونه های حسن آباد، S-DZ: نمونه های سطحی دره زرشک، DZ: نمونه های متعلق به گمانه حفر شده در دره زرشک، SK: نمونه های اسکارن)

عناصر	HA-2	HA-5	HA-11	HA-4	DZ34-68	DZ34-78	DZ34-79	DZ34-80	DZ34-92	S-DZ-36	S-DZ-38	DZ34-1	DZ34-2	DZ34-21	SK12	SK13
SiO <sub>2</sub> (Wt. %)	۶۰/۶۸	۶۲/۰۸	۶۷/۳۴	۶۰/۶۷	۶۲/۴۸	۶۵/۴۲	۶۵/۲۴	۶۶/۲۷	۵۷/۶۳	۷۴/۷۴	۷۱/۵۹	۷۴/۸۱	۶۹/۹	۷۱/۳۲	۴۴/۰۸	۴۷/۶۸
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۵/۷۷	۱۵/۸۷	۱۴/۹۶	۱۵/۹۸	۱۵/۰۸	۱۴/۶۱	۱۵/۰۵	۱۵/۰۹	۱۴/۴	۱۳/۴۸	۱۵/۲۸	۱۳/۱۵	۱۴/۳۴	۱۴/۱۵	۲/۹۷	۱۶/۴۱
TiO <sub>2</sub>	۰/۴۸۳	۰/۴۰۲	۰/۳۶۳	۰/۵۰۳	۰/۵۸۱	۰/۵۳۰	۰/۶۱۷	۰/۴۹۳	۰/۶۰۴	۰/۳۴۰	۰/۳۰۳	۰/۳۳۳	۰/۲۹۹	۰/۳۱۵	۰/۳۶۰	۰/۴۲۱
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱/۲	۱/۶	۱/۷۲	۲/۱۹۰	۱/۲۲	۰/۸۰	۱/۳۲	۲/۰۲	۱/۵	۱/۰۹	۱/۳۵	۱/۲۳	۱/۷۴	۰/۹۴	۳/۱۰	۴/۲۹
FeO	۱/۲	۱/۳۱	۱/۴۰	۲/۱۹	۱/۱۳	۰/۶۸	۱/۱۳	۱/۶۵	۱/۶	۰/۷۰	۰/۹۴	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۶۶	-	-
MnO	۰/۰۵۶	۰/۰۴۱	۰/۰۶۴	۰/۰۸۱	۰/۰۲۶	۰/۰۳۴	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۷۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۴۰	۰/۰۰۷	۰/۰۳۸	۰/۰۹۳	۰/۱۱۸
CaO	۸/۳۲	۶/۶۱	۵/۳۶	۵/۸۵	۶/۳۳	۴/۸۶	۴/۹۶	۴/۱۵	۱۰/۵۰	۲/۲۹	۲/۹۴	۱/۹۰	۱/۸۷	۴/۰۵	۲۶/۸۴	۱۴/۰۶
MgO	۱/۲۲	۰/۸۹	۱/۲۷	۲/۱۲	۱/۴۴	۱/۱	۱/۶۵	۱/۱	۱/۹۲	۰/۸۵	۰/۳۴	۰/۷۹	۰/۷۹	۱/۰۵	۰/۰۴	۰/۸۷
K <sub>2</sub> O	۳/۰۸	۲/۰۰	۱/۷۲	۱/۰۹	۲/۱۹	۶/۳۴	۳/۷۳	۲/۵۳	۲/۳۷	۲/۷۳	۳/۳۹	۳/۶۰	۳/۶۵	۳/۳۹	۴/۸	۰/۰۵
Na <sub>2</sub> O	۰/۸۴	۳/۵۴	۳/۲۴	۳/۴۲	۲/۴۷	۲/۰۴	۲/۰۷	۳/۲۱	۲/۹۴	۲/۳۷	۲/۹۴	۱/۷۴	۲/۲۳	۲/۳	۰/۰۴	۰/۸۷
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰/۲۱۵	۰/۲۰۶	۰/۱۶۵	۰/۲۶۴	۰/۲۶۳	۰/۱۳۷	۰/۲۵۵	۰/۲۰۶	۰/۲۷۴	۰/۱۱۰	۰/۱۲۵	۰/۰۹۹	۰/۱۲۱	۰/۰۹۷	۰/۰۱۸	۰/۲۱۴
LOI	۵/۱۱	۵/۲۳	۲/۶۶	۵/۲۳	۶/۳۵	۳/۱۴	۳/۳	۲/۶۸	۵/۶۶	۰/۵۵	۰/۳۴	۰/۷۱	۴/۴۱	۰/۹۳	۲۱/۵۶	۹/۳۳
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	۱/۰۸	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۳۱	۰/۸۸	۳/۱۰	۱/۸۰	۰/۷۸	۰/۸۰	۱/۱۵	۱/۱۵	۲/۰۶	۱/۶۳	۱/۵۲	-	-
K <sub>2</sub> O/MgO	۲/۵۲	۲/۲۴	۱/۳۵	۰/۵۱	۱/۵۲	۵/۷۶	۲/۲۶	۲/۳	۱/۲۳	۲/۲۱	۹/۹۷	۳/۷	۴/۶	۳/۲۲	-	-
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	۵/۹۲	۵/۵۴	۴/۹۶	۴/۵۱	۴/۶۶	۸/۳۸	۵/۸	۵/۷۴	۵/۳۱	۵/۱	۶/۳۳	۵/۳۴	۵/۸۸	۵/۶۲	-	-
Ba (ppm)	۹۳۵	۸۳۱	۸۹۵	۸۴۱	۷/۸۸	۲۰۳۴	۱۵۲۶	۹۹۰	۶۸۹	۸۳۳	۹۰۸	۱۰۲۳	۸۸۳	۸۴۵	۱۰	۳۰۷۸
Rb	۷۶	۴۷	۴۴	۲۷	۴۱	۹۶	۶۳	۴۵	۵۰	۴۴	۴۷	۵۹	۶۱	۵۶	۷	۱۷۳
Sr	۱۲۵۵	۱۴۴۸	۹۸۱	۱۲۰۶	۹۹۳	۵۷۲	۷۳۴	۹۹۶	۹۳۲	۷۴۰	۷۴۶	۶۱۱	۵۷۴	۶۱۵	۶۳	۲۵۲۲
Nb	۷	۴	۵	۳	۱۵	۷	۹	۷	۸	۴	۷	۴	۷	۶	۶	۲
Zr	۱۴۱	۳۵	۱۳۳	۱۱۹	۱۲۸	۱۳۳	۱۵۸	۱۸۳	۱۲۱	۱۱۴	۱۰۵	۱۰۳	۱۰۲	۱۰۱	۱۲۰	۱۰۵
Y	۱۴	۱۴	۱۵	۱۴	۱۷	۱	۱۶	۱۴	۱۶	۱۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۲	۱۲	۲۳
Th	۳	۲	۲	۲	۹	۱۷	۱۶	۱۴	۱۶	۱۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۲	۱۲	۲۳
Ni	۱۵	۱۶	۹	۱۰	۱	۱۶	۱۲	۱۰	۵	۷	۹	۳	۱۱	۱۱	۲	۴
Cr	۱	۴	۲	۱	۳	۱	۱	۲	۸	۳	۶	۱	۱	۱	۱۳	۱۵
V	۸۸	۶۳	۷۱	۱۰۷	۵۹	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۴۱	۳
Cu	۵	۴	۲۱	۳۵۲	۶۶۲	۱۵۰۸	۱۷۳۵	۱۵۷	۲۳۱۸	۲۲۶۰	۴۵۷	۲۵۵۴	۱۴۴۰	۱۸۸۳	۴	۴۲۴
Pb	۵۷	۶۰	۴۱	۴۶	۳۷	۵۱	۶۱	۷۴	۵۹	۴۷	۴۴	۴۴	۴۳	۴۲	۳۶	۷۹
Zn	۵۹	۴۹	۹۹	۱۲۷	۸۶	۳۷	۳۵	۳۲	۳۳	۲۴	۳۰	۵۶	۳۲	۶۱	۷	۶۰
Co	۴۱	۳	۴۲	۳۷	۱۷	۴۰	۵۶	۶۳	۷۰	۷۶	۴۹	۸۷	۱۴۶	۸۶	۱۰۶	۵۷
W	۶۱۵	۷۷۰	۵۳۷	۳۴۷	۲۲۶	۲۲	۲	۲۷	۴۲	۱۳	۲۷	۱۵	۲۱	۲۲	۱۹	۳۳
U	۱	۱	۱	۱	۱	۴	۱	۱	۹	۱	۵	۱	۳	۵	۱	۱
Cl	۳۶۸	۳۳۵	۹۱	۴۴۲	۴۳۴	۲۴۵	۳۵۶	۴۰۴	۳۸۲	۱۸۳	۴۵۲	۱۸۱	۳۵۶	۳۷۰	۳۹۹	۴۲۳
S	۱۶	۲۲	۱۰	۱۵	۲۸۰	۶۳۶	۴۰۵	۳۴۹	۳۳۷	۱۶۶	۱۰۶	۹۷	۱۰۵	۸۱	۲۵۷	۴۵۲

## زمین‌شناسی منطقه

منطقه حسن‌آباد و دره‌زرشک در جنوب غرب یزد و در محدوده جغرافیایی  $۵۳^{\circ} ۴۵'$  تا  $۵۳^{\circ} ۵۳'$  طول شرقی و  $۳۱^{\circ} ۳۱'$  تا  $۳۱^{\circ} ۴۲'$  عرض شمالی قرار دارد. توده‌های آتشفشانی - نفوذی منطقه حسن‌آباد و دره‌زرشک در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب یزد در کمربند آتشفشانی سهند- بزمان قرار دارند. با توجه به [۵، ۶، ۷ و ۸] می‌توان چنین بیان نمود که این منطقه در لبه غربی ایران مرکزی و حاشیه شرقی زون سهند- بزمان قرار گرفته است. قدیمی‌ترین سنگ‌هایی که در منطقه رخنمون دارند مربوط به واحدهای دگرگون‌شده سازند نایبند می‌باشند که در شمال و شمال شرق توده‌های

گرانیتوئیدی دیده می‌شوند. بخش وسیعی از منطقه توسط واحدهای سنگی کرتاسه پوشیده شده است (شکل ۱). واحد کرتاسه زیرین سنگستان متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل‌های قرمز رنگ در نواحی مرکزی و شمال منطقه قابل مشاهده می‌باشند [۹]. بر روی واحدهای کنگلومرای سنگستان واحد کربناتی تفت به صورت همشیب و تدریجی قرار دارد که به صورت آهک‌های نازک‌لایه تا توده‌ای و خاکستری رنگ دارای اریبتولین در تمام گستره مورد مطالعه دیده می‌شود. با توجه به میکروفسیل‌های به دست آمده از سازند کربناتی تفت می‌توان سن بارمین - آپتین را برای آن در نظر گرفت [۱۰].



شکل ۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

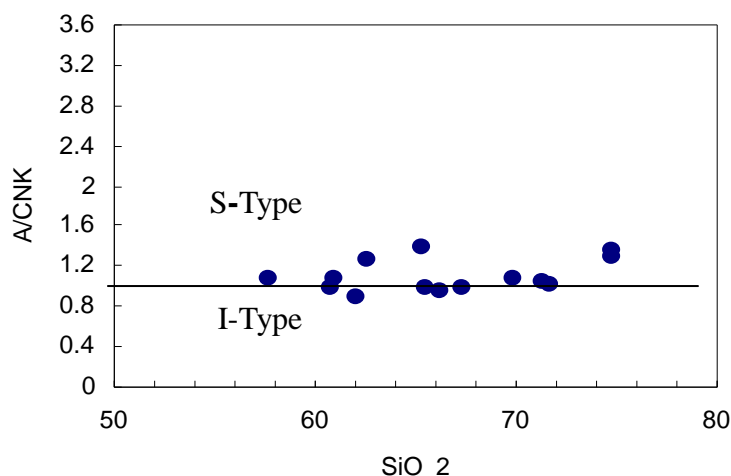
سنگ‌شناسی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین منطقه توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی موجود در حسن‌آباد و دره‌زرشک عمدتاً دانه‌درشت بوده و دارای بافت گرانولار، پورفیری و گلومروپورفیریک متشکل از درشت بلورهای پلاژیوکلاز با ساخت منطقه‌ای، آمفیبول، کوارتز و ارتوز می‌باشند. وجود بافت گلومروپورفیریک می‌تواند نقش بسیار مهمی را در پدیده تفریق ماگمایی ایجاد کند [۱۲]. ساخت منطقه‌ای در پلاژیوکلازها نیز می‌تواند بیانگر پدیده افت سریع فشار و تغییرات ترمودینامیک محیط تبلور باشد [۱۲ و ۱۳]. کانی‌های فرعی این سنگ‌ها عمدتاً اسفن، زیرکن و کانه‌های مس‌دار (کالکوپریت و بورنیت) هستند. گرانیتوئیدهای این منطقه عمدتاً دارای بیگانه‌سنگ‌هایی (زینولیت) به صورت دواپر سیاه کوچک می‌باشند و توده‌های کوچک ولکانیکی به صورت گندهای داسیتی و ریوداسیتی و ندرتاً گدازه‌های آندزیتی تا بازالتی در اطراف آن‌ها دیده می‌شود (جنوب دره‌زرشک).

بر اساس عناصر غیر متحرک نفوذهای منطقه در محدوده‌ای از دیوریت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت تا گرانیت قرار می‌گیرند [۴]. برای تشخیص نوع توده گرانیتی موجود در منطقه از نمودار [۱۴] استفاده گردید که بر این اساس تقریباً تمامی نمونه‌ها در محدوده‌ای بین گرانیت‌های تیپ S و I قرار می‌گیرند (شکل ۲)، برخی از نمونه‌ها گرایش به نوع S نشان می‌دهند، که این موضوع می‌تواند مرتبط با افزایش پتاسیم از طریق ذوب سنگ‌های پوسته قاره‌ای

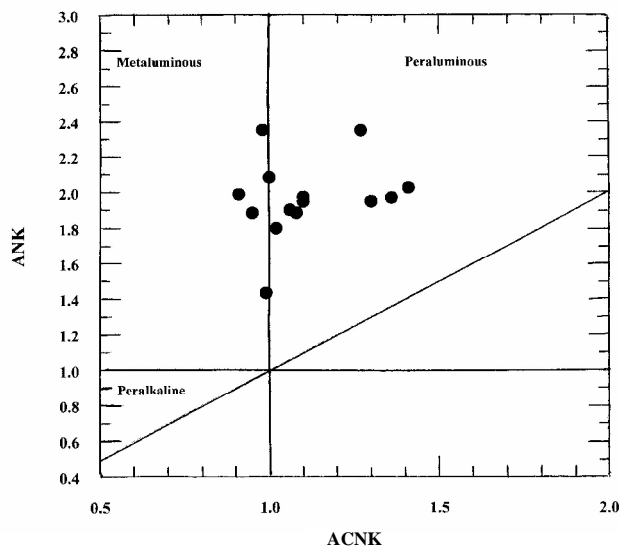
اسکارن‌سازی در منطقه مورد مطالعه فقط در واحد آهکی تفت صورت گرفته و سازند سنگستان (متشکل از کنگلومرا، ماسه‌سنگ و شیل) نیز تا حدودی متحمل دگرگونی مجاورتی شده و متا کنگلومرا، کوارتزیت و هورنفلس را به وجود آورده است. آهک‌های تفت به طور جانبی به تناوبی از شیل و ماسه‌سنگ با میان لایه‌هایی از آهک اربیتولین‌دار تغییر رخساره می‌دهد. در شرق منطقه مورد مطالعه روی آخرین لایه‌های واحدهای آهکی را یک سری سنگ‌های تخریبی شامل ماسه‌سنگ، کنگلومرا با ناپیوستگی می‌پوشاند و در نهایت توسط کنگلومرای کرمان پوشیده می‌شوند. تمامی واحدهای سنگی توسط طیف گسترده‌ای از سنگ‌های آتشفشانی شامل آندزیت، بازالت، داسیت و مواد پیروکلاستیک (آذرآواری) قطع شده‌اند. گستردگی این واحدهای آتشفشانی - رسوبی در نواحی جنوب منطقه مورد مطالعه بسیار بیشتر از سایر نواحی می‌باشد. البته این واحدهای آتشفشانی در بعضی نقاط به صورت سیل در میان لایه‌های رسوبی قرار گرفته است. تمامی واحدهای رسوبی - آتشفشانی موجود در منطقه توسط سنگ‌های نفوذی گرانیتوئیدی (الیگو-میوسن) قطع شده‌اند [۱۱]. این سنگ‌های گرانیتوئیدی دارای ترکیبی از گرانیت تا دیوریت با بافت پورفیری می‌باشند که اسکارن‌سازی و کانه‌زایی پورفیری مس در منطقه را باعث شده‌اند [۳].

اکسیدهای عناصر اصلی سنگ‌های مختلف توده‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه (نمودار هاگر) و همچنین عناصر غیر متحرک همگی دال بر یک تفریق ماگمایی دارند.

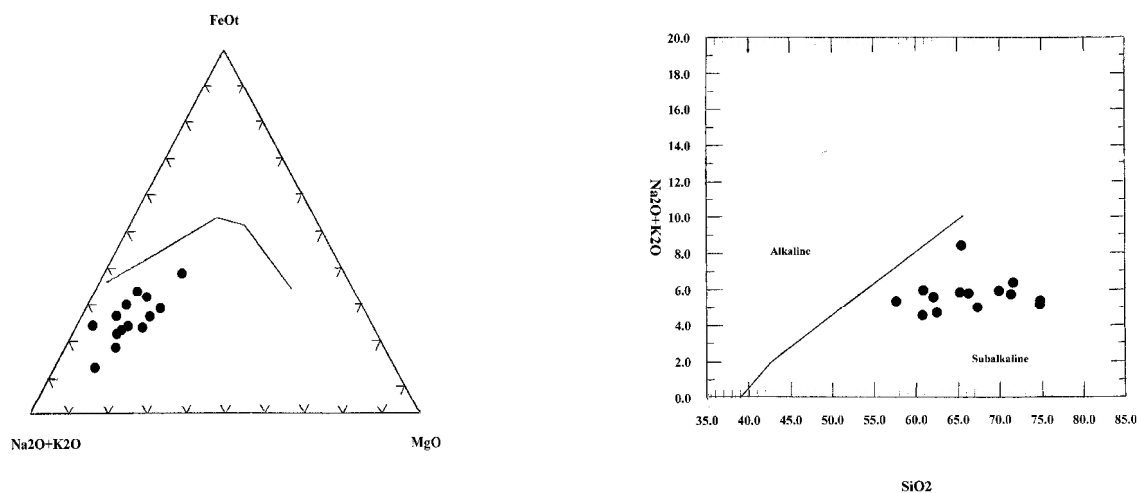
باشد. بر اساس نمودار [۱۵]، سنگ‌های منطقه عمدتاً در محدوده سنگ‌های پر آلومین تا متا آلومینوس قرار می‌گیرند (شکل ۳). بر اساس نمودارهای شکل ۴ ماگمای سازنده سنگ‌های نفوذی حسن‌آباد و دره‌زرشک از نوع ساب آلکان (کالک‌آلکان) می‌باشند [۱۶]. تغییرات



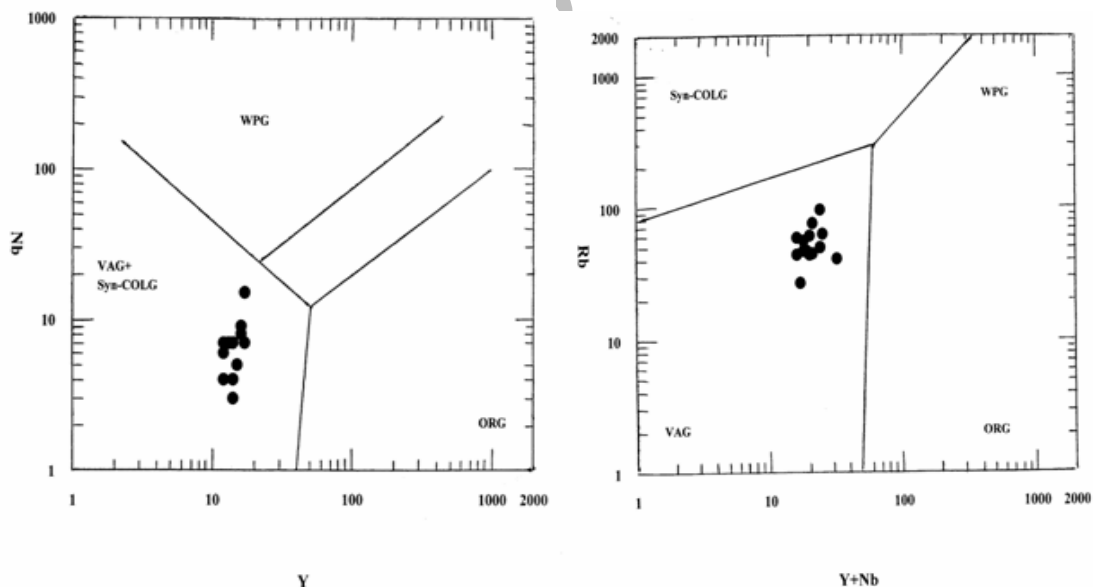
شکل ۲- نمودار اندیس اشباع‌شدگی آلومینوم [۱۴] در سنگ‌های گرانیتوئیدی ناحیه حسن‌آباد و دره‌زرشک (  $A=Al_2O_3$ ,  $C=CaO$ ,  $N=Na_2O$ ,  $K=K_2O$  )



شکل ۳- نمودار  $Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  [۱۵] در سنگ‌های گرانیتوئیدی ناحیه حسن‌آباد



شکل ۴- الف: نمودار تفکیک سنگ های آذرین سری کالک آلکان از ساب آلکان در منطقه حسن آباد و دره زرشک (ایروین و بارگار، ۱۹۷۱)، ب: نمودار تفکیک سنگ های آذرین کالک آلکان از تولیتی در منطقه حسن آباد و دره زرشک با استفاده از نمودار AFM [۱۶]



شکل ۵- الف: نمودار تعیین موقعیت زمین ساختی گرانیتوئیدهای منطقه حسن آباد و دره زرشک با استفاده از عناصر Rb, Y+Nb. ب: نمودار تعیین موقعیت زمین ساختی گرانیتوئیدهای منطقه حسن آباد و دره زرشک با استفاده از عناصر Y, Nb. WPG: گرانیت های درون صفحه ای، ORG: گرانیت های زون گسترش، Sy-COLG: گرانیت های همزمان با تصادم قاره ها، و VAG: گرانیت های کمر بند آتشفشانی زون فرورانش [۱۷]

درشت دارای میانبرهایی از کوارتز، کلسیت و کمی دیوپسید می‌باشد. میانبرهای کلسیت و کوارتز می‌توانند از واکنش سیالات تاخیری با ولاستونیت و یا واکنش بین میانبرهای سیال به دام افتاده در ولاستونیت با کانی دربرگیرنده آن‌ها ایجاد شده باشد [۱۸]. مطالعات XRD نشان می‌دهد که ولاستونیت از نوع تری‌کلینیک بوده و در ترکیب آن Fe به جای Ca جانشین شده است. با دور شدن از همبری، بلورهای گارنت نیز ظاهر می‌شوند. این بلورها به صورت شکل‌دار و مجزا دیده می‌شوند. این گارنت‌ها ترکیبی نزدیک به گروسولار دارند. در فواصل دورتر از توده نفوذی، کانی وزوویانیت نیز ظاهر می‌شود که بلورهای آن دارای میانبرهایی از کلسیت، کوارتز و ترمولیت است. کانی ترمولیت به صورت رشته‌ای و گاهی شکل‌دار و کشیده، در درون یا کنار بلورهای درشت وزوویانیت یا کلسیت دیده می‌شود. درشت بلورهای کلسیت در تمام مجموعه دگرگون شده دیده می‌شود و با دور شدن از توده نفوذی درصد بیشتری از کانی‌های سازنده سنگ دگرگونی را به خود اختصاص می‌دهد.

### اسکارن دره‌زرشک

اسکارن دره‌زرشک بیشتر شامل گارنتیت‌های قهوه‌ای تا سبز (آندرادیت) هستند ولی در بین آن‌ها انواع ولاستونیت و وزوویانیت را می‌توان تشخیص داد. در اسکارن‌های این منطقه می‌توان مجموعه کانی‌های زیر را تشخیص داد:

در این مطالعه جهت تشخیص محیط زمین‌ساختی توده‌های گرانیتوئیدی حسن‌آباد و دره‌زرشک از دیاگرام‌های [۱۷] (Nb/Y Rb/Y+Nb) استفاده گردید. بر اساس این نمودارها توده‌های نفوذی از نوع گرانیتوئیدهای کمان آتشفشانی (VAG) و درون قاره‌ای می‌باشند که همزمان با برخورد قاره‌ای (syn-collosional) شکل گرفته است (شکل ۵).

### اسکارن‌های منطقه

#### اسکارن حسن‌آباد

بر اساس مشاهدات صحرایی، بررسی‌های میکروسکوپی و مطالعات XRD اسکارن‌های حسن‌آباد را به چهار زون مختلف می‌توان تقسیم نمود [۱۸]، که به ترتیب از محل همبری با توده نفوذی به سمت سنگ‌های میزبان عبارتند از:

۱. ولاستونیت + کلسیت + دیوپسید
۲. ولاستونیت + کلسیت + گارنت (گروسولاریت) + وزوویانیت + دیوپسید
۳. وزوویانیت + کلسیت + کوارتز + گارنت (گروسولاریت) + ترمولیت
۴. کلسیت + گارنت (گروسولاریت) + کلریت + اپیدوت

در محل همبری بلورهای درشت ولاستونیت که گاهی طول بلورهای آن به بیش از ۱۰ سانتی‌متر می‌رسد عمده‌ترین کانی تشکیل‌دهنده سنگ دگرگونی است. ولاستونیت به صورت بلورهای خودشکل و



مشاهده می شود که احتمالاً مربوط به جانشینی گارنت توسط ولاستونیت است. اپیدوت با بافت آتولی در حال رشد همراه با کلسیت دیده می شود. بعضی از کلسیت ها حاوی میانبارهایی از اکسید آهن هستند که شبیحی از زون بندی گارنت (آندرادیت) را در خود حفظ کرده اند. احتمالاً این مورد نیز واکنش برگشتی آندرادیت به کلسیت + کوارتز + اکسید آهن را نشان می دهد.

ولاستونیت های درشت بلور عمدتاً کلسیتی شده و در بعضی موارد به طور نامنظم به یک کانی ایزوتروپ (۹) تبدیل شده اند. در بسیاری از نمونه ها تبدیل تدریجی ولاستونیت به وزوویانیت از حاشیه به خوبی دیده می شود و در بعضی موارد بازمانده هایی از رشته های ولاستونیت داخل وزوویانیت وجود دارد [۱۹]. به طور کلی در اسکارن دره زرشک ترادف کانی ها را می توان به صورت جدول ۲ در نظر گرفت:

گارنت (آندرادیت) + کلسیت + کلریت + ولاستونیت  
گارنت (آندرادیت) + مگنتیت  
گارنت (آندرادیت) + کوارتز + کلسیت + کلریت + ملاکیت  
کوارتز + کانه + کلریت + بیوتیت  
گارنت (آندرادیت) + اپیدوت + کلسیت + کوارتز + کالکوپیریت  
ولاستونیت + وزوویانیت + کلسیت  
در گارنتیت ها بیش از ۹۵٪ حجم سنگ توسط آندرادیت اشغال شده و کلسیت به صورت فاز بین بلوری بقیه حجم سنگ را تشکیل می دهد. کانه به صورت پراکنده و کاملاً بی شکل مشاهده می شود. گارنت ها به دو رنگ زرد و بی رنگ دیده می شوند. واکنش برگشتی تبدیل گارنت به سازه های کلسیت، کوارتز و اکسید آهن به وضوح در حواشی گارنت ها

جدول ۲- مراحل اسکارن سازی در دره زرشک

کانی	I	II	III
دیوپسید	—————		
ولاستونیت	—————		
کلسیت	—————	—————	—————
گارنت (آندرادیت)		—————	—————
وزوویانیت		—————	—————
کالکوپیریت		—————	—————
کوارتز		—————	—————

## مقایسه ترکیب گرانیتوئیدهای جنوب غرب یزد با

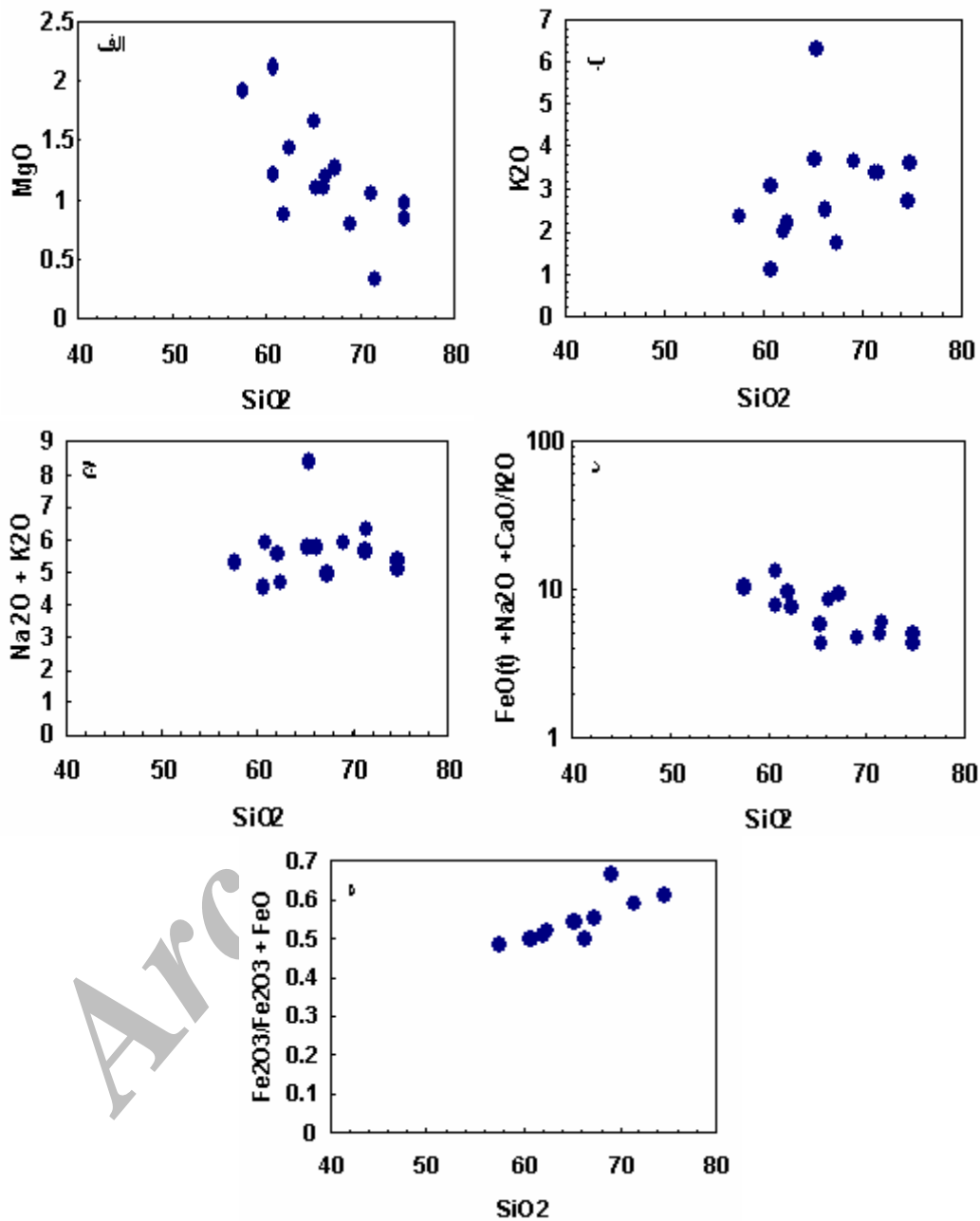
## سایر گرانیتوئیدهای مرتبط با اسکارن دنیا

تا به حال ارتباط بین ترکیب شیمیایی توده نفوذی و نوع اسکارن (محتوای فلزی) شکل گرفته مرتبط با آنها توسط افراد زیادی از جمله [۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴] و [۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸] مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. آنها معتقدند که ارتباط نزدیکی بین ترکیب ماگما و نوع اسکارن، خود می تواند دلیل بر ارتباط ژنزی بین فرایندهای ماگمایی و کانه‌زایی باشد. بر همین اساس در آناتولی مرکزی ترکیه با توجه به جایگاه زمین‌ساختی و مشخصه‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های آذرین همراه با اسکارن‌ها، چندین کانسار اسکارنی کشف و استخراج گردیده است [۱].

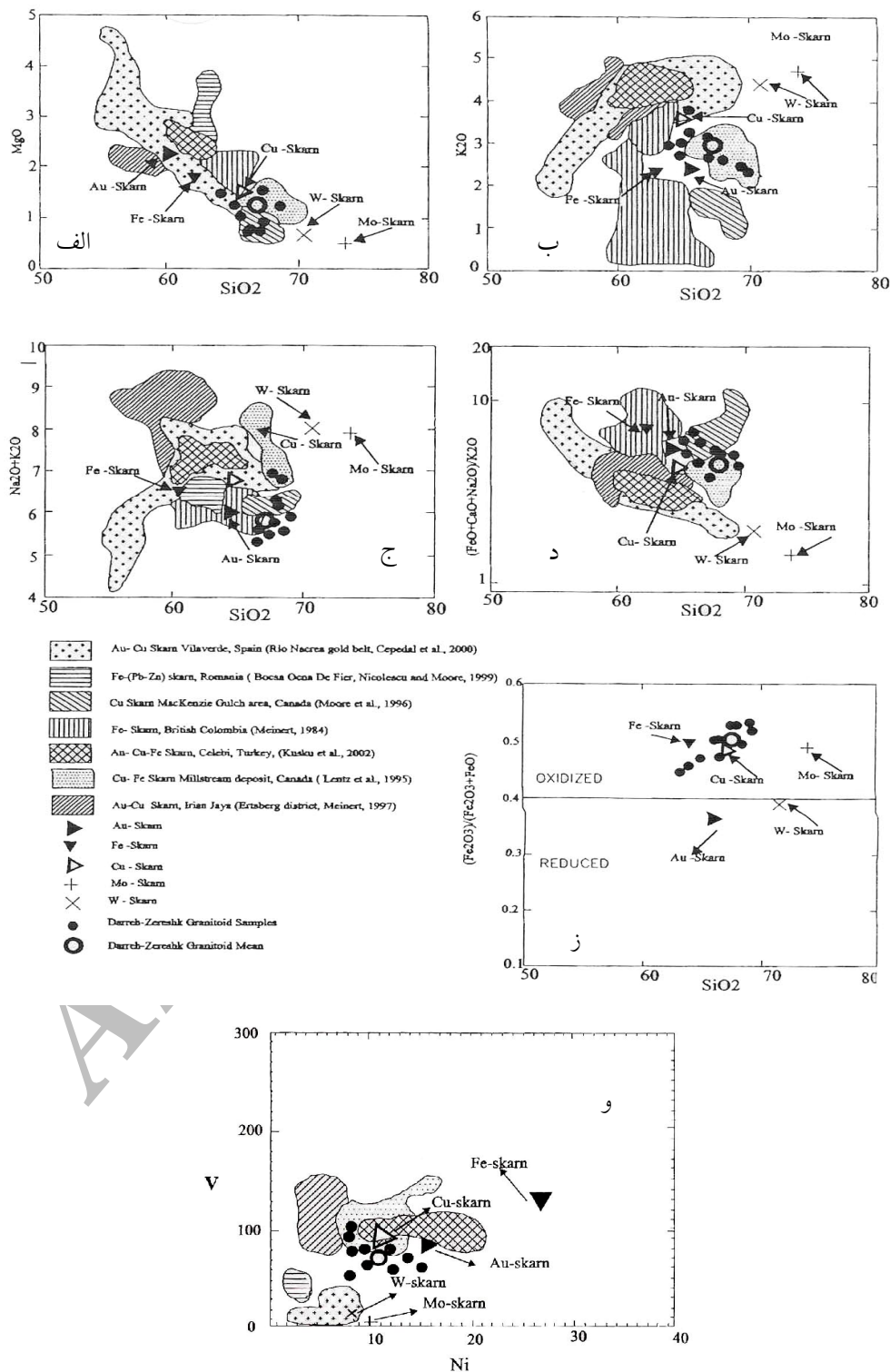
## مقایسه عناصر اصلی

به منظور مقایسه ترکیب شیمیایی گرانیتوئیدهای اسکارنی حسن‌آباد و دره‌زرشک با سایر گرانیتوئیدهای اسکارنی دنیا، داده‌های ژئوشیمیایی این توده‌ها و میانگین آنها به ترتیب در نمودارهای شکل ۶ و ۷ رسم شده است. با استفاده از نمودارهای هارکر ترکیب عناصر گرانیتوئیدهای مرتبط با اسکارن‌های جنوب یزد با ترکیب میانگینی که [۲۶] برای گرانیتوئیدهای اسکارنی مس، آهن، و طلای دنیا ارائه کرده است، و همچنین

گرانیتوئیدهای اسکارنی ارتسبرگ اندونزی، بوسکا و اکنادفیر رومانی، مکنزی کانادا، میلستریم کانادا، بریتیش کلمبیای کانادا و کمربند طلای ریونارکای اسپانیا مقایسه گردید. از میان این نمودارها تمایز بین گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن، مس و طلا در نمودارهای  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{MgO}$ ،  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$ ،  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{SiO}_2$  vs.  $(\text{FeO} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})/\text{K}_2\text{O}$  بهتر از سایر نمودارها قابل مشاهده است (شکل ۷). میانگین گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن توسط محتوای بالاتر و محتوای پائین‌تر  $\text{SiO}_2$  و  $\text{K}_2\text{O}$  در مقایسه با سایر اسکارن‌ها مشخص می‌شود. میانگین  $\text{MgO}$  برای گرانیتوئیدهای نوع اسکارن آهن‌دار در حدود ۳٪، برای گرانیتوئیدهای اسکارنی طلا ۳/۲٪ و برای مس ۱/۱٪ می‌باشد [۲۶] و این در حالی است که مقدار میانگین  $\text{MgO}$  در هر دو توده منطقه مورد مطالعه در حدود ۱/۱۹٪، و در بین اسکارن‌های آهن و مس قرار می‌گیرد. از طرف دیگر چون الگوی پراکندگی سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه در نمودار  $\text{MgO}-\text{SiO}_2$  (شکل ۶-الف) مشابه گرانیتوئیدهای اسکارنی  $\text{Fe}-\text{Cu}$  میلستریم کانادا و اسکارن  $\text{Cu}$  مکنزی کانادا می‌باشد و همچنین نمونه‌ها در نزدیکی ترکیب میانگین اسکارن‌های مس رسم شدند، لذا گرانیتوئیدهای حسن‌آباد و دره‌زرشک می‌توانند همراه با اسکارن‌های  $\text{Cu}-\text{Fe}$  باشند (شکل ۷-الف).



شکل ۶- نمودارهای هارکر الف:  $SiO_2$  vs. Mg، ب:  $SiO_2$  vs.  $K_2O$ ، ج:  $SiO_2$  vs.  $Na_2O + K_2O$ ، د: total iron، ه: Ferrus-ferric vs.  $SiO_2$  + CaO +  $Na_2O/K_2O$  برای ترکیب گرانیتوئیدهای حسن‌آباد و دره‌زدشک



شکل ۷- مقایسه نمودارهای هارکر (عناصر اصلی) توده‌های مورد مطالعه با سایر گرانیوئیدهای اسکارنی دنیا

می توان گرانیتوئیدهای مشتق شده از گوشته به شمار می آورد که چندان دستخوش آلودگی با مواد پوسته ای نشده اند [۲۹]، ولی از آن جا که ضریب اشباع شدگی توده های مورد مطالعه بین ۰/۹ تا ۱/۱ تغییر می کند، بر خلاف دیگر گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن، این توده های گرانیتوئیدی آلودگی بیشتری با مواد پوسته ای نشان می دهند. از نسبت  $K_2O/MgO$  گرانیتوئیدهای اسکارنی نیز می توان جهت تشخیص نوع اسکارن ها استفاده نمود. این نسبت برای گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن برابر ۲،  $Mo=91/2$ ،  $Au=1$ ،  $Cu=2/9$ ،  $W=26/8$ ،  $Sn=58/1$  می باشد [۲۶]. این نسبت در توده های گرانیتوئیدهای جنوب غرب یزد در حدود ۲/۵ می باشد، که بسیار نزدیک به نسبت های گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن، طلا و مس می باشد. در نمودار  $FeO(t)+CaO+Na_2O/K_2O$  نیز همپوشانی نمونه های رسم شده با گرانیتوئیدهای اسکارنی  $Fe-Cu$  میلستیریم کانادا،  $Cu$  مکنزی و همچنین قرابت آن ها با ترکیب میانگین گرانیتوئیدهای اسکارنی مس و طلا قابل مشاهده می باشد (شکل ۷-د).

### مقایسه عناصر جزئی

برای فهم ارتباط بین اسکارن ها و گرانیتوئیدهای همراه، محتوای عناصر جزئی آن ها نیز مورد مطالعه قرار گرفت. در سنگ های ماگمایی با پیشرفت فرایند تفریق و تبلور، میزان  $Rb$  افزایش می یابد. گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن

میانگین محتوای  $K_2O$  گرانیتوئیدی جنوب غرب یزد در حدود ۲/۹۸٪ می باشد.  $K_2O$  میانگین که [۲۶] برای گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن گزارش کرده در حدود ۱/۲٪، برای طلا ۲/۵٪ و برای مس ۳/۶٪ می باشد. میانگین  $K_2O$  گرانیتوئیدهای حسن آباد و دره زرشک گرچه بیشتر از میانگین آن در اسکارن های آهن است، ولی الگوی پراکندگی نمونه ها (شکل ۶-ب) قابل مقایسه با گرانیتوئید اسکارنی  $Fe-Cu$  میلستیریم کانادا می باشد. علاوه بر این از آن جا که نمونه ها در نزدیکی ترکیب میانگین گرانیتوئیدهای اسکارنی طلا قرار گرفتند، توده های نفوذی مورد مطالعه علاوه بر  $Cu$  و  $Fe$  از نظر پتانسیل  $Au$  نیز می توانند حائز اهمیت باشند (شکل ۷-ب). نمودار  $SiO_2$  در مقابل  $K_2O+Na_2O$  نیز این مطلب را تصدیق می کند، به گونه ای که تعدادی از نمونه ها با گستره نمونه ای گرانیتوئیدهای اسکارنی طلای موکواریتوزای اسپانیا (کمر بند طلای ریوناکرا) همپوشانی می دهند (شکل ۷-ج). در بین گرانیتوئیدهای اسکارنی فقط گرانیتوئیدهای اسکارنی طلا و آهن حاوی  $Na_2O+K_2O$  کمتر از ۰/۷٪ می باشند [۲۶]. میانگین مجموع آلکالی گرانیتوئیدهای دره زرشک و حسن آباد در حدود ۵/۷۴٪ است، بنابراین محتوای آلکالی نشان می دهد که این دو توده قابل مقایسه با گرانیتوئیدهای اسکارنی مس و آهن در سایر نقاط می باشند.

اندیس اشباع شدگی گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن بین ۰/۳۶ تا ۱/۰۹ تغییر می کند [۲۶]، و لذا آنان را

گرانیتوئیدهای اسکارنی مختلف ارائه نمود. بعد از [۲۶]، پتانسیل تعدادی از اسکارن‌های دنیا (مانند اسکارن‌های Au-Fe-Cu آناتولی مرکزی ترکیه، [۱] بدین طریق ارزیابی گردید و در نهایت منجر به اکتشاف و استخراج محتوای فلزی اسکارن‌ها گردید.

در این تحقیق با استفاده از مطالعات پترولوژیکی، جایگاه زمین‌ساختی و ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای جنوب غرب یزد، پتانسیل کانه‌زایی اسکارن‌های همراه با آن‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. مطالعات پترولوژیکی و ژئوشیمیایی به عمل آمده بر روی توده‌های گرانیتوئیدی جنوب غرب یزد نشان می‌دهد که ترکیب سنگ‌شناختی این توده‌ها از گرانیت، گرانودیوریت تا کوارتزدیوریت متغیر بوده و مشخصات یک ماگمای کالک‌آلکان و متاآلومینوس گرانیتوئیدی تیپ I را دارا می‌باشد [۴]. مطالعات کانی‌شناختی نیز این مطلب را تأیید می‌کند. این توده‌های گرانیتوئیدی بر اساس نمودارهای ژئوشیمیایی موجود در یک محیط تک‌نومماگمایی مرتبط با کمان‌های آتشفشانی یا کمان‌های ولکانو-پلوتونیک شکل گرفته‌اند.

بر اساس مقایسه مشخصه‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و جزئی توده‌های گرانیتوئیدی جنوب غرب یزد با سایر گرانیتوئیدهای اسکارنی دنیا، این توده‌ها شبیه گرانیتوئیدهای مرتبط با اسکارن‌های Cu-Fe میلستریم کانادا، Cu مکنزی کانادا، Fe بریتیش کلمبیا می‌باشند.

توسط محتوای پائین Rb (۳۹ ppm) نسبت به گرانیتوئیدهای اسکارنی مس (۱۰۳ ppm) و طلا (۶۹ ppm) مشخص می‌شوند. جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین Rb در سنگ‌های آذرین جنوب غرب یزد در حدود ۵۴ ppm می‌باشد، که این مقدار بیش از میانگین Rb در گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن است. این مسئله می‌تواند نشان دهنده این مطلب باشد که گرانیتوئیدهای همراه با اسکارن‌های جنوب غرب یزد دارای مولفه پوستره‌ای بیشتری بوده [۳۰، ۱] و یا در مقایسه با دیگر گرانیتوئیدهای اسکارنی دنیا بیشتر تفریق یافته‌اند.

V و Ni در گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن برابر  $Ni=85$ ،  $V=35$ ، طلا برابر  $V=99$ ،  $Ni=18$  و مس برابر  $Ni=19$ ،  $V=85$  می‌باشد [۲۶]. میانگین Ni در گرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه برابر ۵/۳۶ ppm می‌باشد، که این مقدار بسیار کمتر از میانگین آن در گرانیتوئیدهای اسکارنی آهن است و به محتوای Ni گرانیتوئیدهای طلا و مس نزدیکتر است (شکل ۷-و).

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات گسترده‌ای که بسیاری از افراد [۲۶] بر روی گرانیتوئیدهای همراه با انواع اسکارن‌های دنیا انجام گرفته‌است، این مطلب که ترکیب شیمیایی توده نفوذی ارتباط نزدیکی با محتوای فلز اسکارن همراه دارند امری کاملاً پذیرفته‌شده‌است و بر همین اساس [۲۶] میانگین عناصر اصلی و جزئی را برای انواع

## مراجع

[5] Stocklin, J., Structural history and tectonics of Iran; a review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52, 7 (1968) 1229-1258.

[6] Davoudzadeh, M. and Schmit, K.A., Review of the Mesozoic paleogeography and paleotectonic evolution of Iran. In; Geodynamic project (geotraverse) in Iran. Final report, Geol. Sur. Iran. 51 (1983) 474-489.

[7] Nogole-Sadate, M.A.A., Les zone de décrochement et les virgation structurales en Iran. Consequences des results de analyze strictira; de la region de Qom. Geological Survey of Iran, Report. 55 (1985).

[۸] آقنابتی، ع، نقشه پهنه‌های رسوبی - تکتونیکی ایران، فصل‌نامه علوم زمین، سال هفتم، ۱۳۷۷، شماره ۲۹-۳۰.

[۹] خسرو تهرانی، خسرو، وزیر مقدم، حسین، چینه‌شناسی کرتاسه زیرین در نواحی غرب و جنوب غرب یزد، فصل‌نامه علوم زمین، ۱۳۷۲، شماره ۷، صفحات ۳۶-۴۵.

[۱۰] مجیدی‌فرد، محمودرضا، چینه‌شناسی، فسیل‌شناسی و محیط رسوبی سنگ‌های کرتاسه زیرین در دامنه

[1] Kusku, I., Kascu, G., Meinert, L. and Floyed, P., Tectonic Setting and petrogenesis of the Celebi granitoid, (Turkey) and comparision with world skarn granitoids, Geochem. Explor. 76 (2002) 175-194

[2] Zarasvandi, A., Liaghat, S. and Zentilli, M., Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposit, central Iran, International Geology Reviews, 47, 6 (2005) 620-646.

[3] Zarasvandi, A., Magmatic and structural controls on localization of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposits, Yazd Province, Central Iran, PhD thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran, (2004) 280.

[۴] زراسوندی، علیرضا؛ لیاقت، ساسان؛ غیوری، کبری (۱۳۸۱) ویژگی‌های ژئوشیمیایی و خاستگاه تکتونیکی توده‌های نفوذی میزبان کانه‌زائی مس در منطقه دره‌زرشک-علی‌آباد (جنوب غرب یزد)، بیست و یکمین گردهمائی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران.

- the common volcanic rocks, *Can. j. Earth Sci*, 8 (1971) 523-548.
- [17] Pearce, J.N., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G., Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks, *J. Petrol*, 25 (1984) 956-983.
- [۱۸] دهقان منشادی، بهروز، ولی زاده، محمدولی، مکی زاده، محمدعلی، روابط پاراژنتیکی دگرگونی همبری آهک‌های حسن‌آباد، غرب استان یزد، خلاصه مقالات چهارمین همایش انجمن زمین، ۱۳۷۹، صفحات ۵۵۴-۵۵۷.
- [۱۹] نوربهشت، ایرج، بررسی متالورژی اسکارنها در کمربند ماگماتیسم سنوزوئیک ایران مرکزی، غرب استان یزد، گزارش طرح پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۱۳۷۹.
- [20] Shimazaki, H., The ratios of Cu/Zn-Pb of pyrometamorphic deposits in Japan and their genetic implications. *Econ. Geol.* 70 (1975) 717-724.
- [21] Einaudi, M.T., Meinert, L.D. and Newberry, R.J., Skarn Deposits *Economic Geology*, 75<sup>th</sup> Anniv. Vol. *Economic Geology Publ. Co., Lancaster Press Inc.* (1981) 317-391.
- [22] Meinert, L.D., Variability of Skarn Deposits-Guide to Exploration. In:
- شمالی شیرکوه یزد، فصل‌نامه علوم زمین، سال پنجم، ۱۳۷۵، شماره ۲۰.
- [۱۱] زراسوندی، علیرضا، زنتیلی، مارکوس، لیاقت، ساسان، مر، فرید، امامی، محمدهاشم، یعقوب‌پور، عبدالمجید، تعیین سن توده‌های نفوذی و کانه زائی مس پورفیری در منطقه علی‌آباد و دره زرشک یزد به روش K-Ar و  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ۱۳۸۳.
- [12] Shelly, D., *Igneous and metamorphic rocks under the microscope*, Chapman and Hall, London, (1993) 445.
- [۱۳] امینی، صدرالدین؛ زراعی، رضا، ویژگی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی کافی‌آباد و آدربلندان (جنوب غرب یزد)، فصل‌نامه علوم زمین، سال هفتم، ۱۳۷۷، شماره ۲۷.
- [14] Tylor, R.P. and Strong, D.F., Recent advances in the geology of granite-related mineral deposits, *Canadian institute of mining and metallurgy, Special*, 39 (1998).
- [15] Maniar, P.D. and Picolli, P.M., Tectonic discrimination of granitoid, *Geol. Soc of Am*, 101 (1989) 635-643.
- [16] Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., A Guide to the chemical classification of



- (Ed.), and Mineral.Assoc.Can. Short Course Series vol. 23. Mineralogical Association of Canada Nepean, Ontario, (1995) 401-418.
- [27]Meinert, L.D., Igneous petrogenesis and skarn deposits . In: Kirkham, R.V. Sinclair, W.D; Thorpe, R.I., Duke , J.M.(Eds.), Geol. Assoc. can. Spec. Pap., vol. 40. Geological Association of Canada, Toronto, ON, (1993) 569-583.
- [28]Meinert, L.D., Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration. *Explore. Min. Geol.* 6 (1997) 185-208.
- [29]Meinert, L.D., Mineralogy and petrology of iron skarns in Western British Columbia, Canada. *Econ. Geol.* 79 (1984) 869-882.
- [30]Martin-Izard, A., Fuertes Fuente, M., Cepedal, A., Moreiras, D., Nieto, J.G., Maldonadi, C. and Pevida, L.R., The Rio Narcea gold belt intrusions: geology, petrology, geochemistry and timing. *J. Geochem. Explor.* 71 (2000) 103-117.
- Boardman, S.J.(Ed.), *Revolution in the Earth Sciences.* Kendall-Hunt Publishing, Dubuque, Iowa, (1983) 301-316.
- [23]Newberry, R.J. and Swanson, S.E., Scheelite skarn granitoids: an evolution and roles of magmatic sources and process. *Ore Geol. Rev.* 1 (1986) 57-81.
- [24]Newberry, R.J., Use of intrusive and calc-silicate compositional data to distinguish contrasting skarn types in the Darwing polymetallic skarn district, CA, U.S.A. *Miner. Deposita.* 22 (1987) 207-215.
- [25]Meinert, L.D., Skarn diposits in Nevaka-Geology, mineralogy and petroloigy of Au, Cu, W, and Zn skarns. In: Mienert, L.D., Muers, G.L., Brooks, J.W. (Eds.), *Geological Societ of Nevada Dieldtrip #2 Guidebook*, Geological Society of Nevada, Reno, NV, (1990) 41-72.
- [26]Meinert, L.D., Compositional variaton of igneous rocks associated with skarn deposits chemical evidence for a genetic connection between petrogenesis and mineralization. In: Thomplon, J.F.H.