بررسی پترولوژی و محیط تکتونوماگمایی سنگ‌های آتشفشانی آشتیان

رضا زارعی سهامیه: دانشگاه لرستان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان
هادی طبسی و محمود جلالی:دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان، گروه زمین شناسی

چکیده

منطقهٔ پژوهش در استان مرکزی در ۲۳۵ کیلومتری جنوب باختری تهران واقع شده است و بخشی از چهارگوش قم است. از نظر سنگ‌شناسی سنگ‌های آتشفشانی بخش اعظم منطقه را در بر گرفته‌اند که عمدتاً در شمال خاوری و خاور آشتیان برون‌زد دارند. سنگ‌های آتشفشانی مورد نظر دارای ترم‌های مختلف سنگی شامل آندزیت بازالت، آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت، ریوداسیت و ریولیت است. به لحاظ سنی، سنگ‌های فوق متعلق به ائوسن (لوتسین میانی تا پایانی) هستند که در امتداد کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر قرار گرفته و شامل شش عضو E_1 تا E6 در ناحیهٔ تفرش و آشتیان هستند. سنگ‌های پلوتونیکی مربوط به الیگومیوسن هستند و سنگ‌های قدیمی‌تر از تریاس در منطقه دیده نمی‌شود. سنگ‌های آتشفشانی اعم از گدازه و توف گستره وسیعی از منطقه را پوشانده است. فوران‌های آتشفشانی در هر دو محیط خشکی و دریایی صورت گرفته است که ایگنمبریت‌ها و توفیت‌ها معرف آن هستند. از نظر حجمی، فوران‌های اسیدی و حد واسط بر فوران‌های بازیك برتری دارند. ضمناً سنگ‌های ماگمایی به با دایك‌های متعددی قطع شده‌اند. به لحاظ کانی‌شناسی سنگ‌های مزبور دارای پلاژیوکلاز، فلدسپات آلکالن، کوارتز، کلینوپیروکسن، آمفیبول و بیوتیت هستند و الیوین نیز به مقدار کم در سنگ‌های آندزیت بازالتی دیده می‌شود. پلاژیوکلازها دارای ساخت منطقه‌ای و آمفیبول‌ها دارای حاشیه سوخته هستند که این پدیده نشانهٔ دمای زیاد ماگمای سازنده است. از نظر ژئوشیمیایی، پتروگرافی و پترولوژی، تغییرات عناصر اصلی، عناصرکمیاب و ضریب تفریق نسبت به سیلیس بررسی شده که همگی پدیدهٔ تفریق از طریق تبلور بخشی برای پیدایش این سنگ‌ها را تأیید می‌کند. براساس نمودارهای پترولوژیك سنگ‌های ماگمایی دارای ماهیت کالکوآلکالن هستند. همچنین با استفاده از نمودارهای جدا کننده محیط زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی مورد نظر در گسترهٔ نواحی فرورانش قرار گرفته و متعلق به کمربند آندزیت‌های کوه‌زایی‌اند. نمودار عناصر کمیاب این سنگ‌ها بررسی شده است که از جمله بی‌هنجاری‌های موجود در این نمودارها مربوط به عناصر استرانسیم و نیوبیوم است. همچنین بررسی الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی، تشکیل ماگمای کالکوآلکالن را از یك گداز بخشی گوشته فوقانی پیشنهاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ولکانیسم، آندزیت، آشتیان، حاشیهٔ قاره، کالکوآلکالن
دریافت ۸۷/۶/۲۴ پذیرش۸۷/۱۲/۲۱

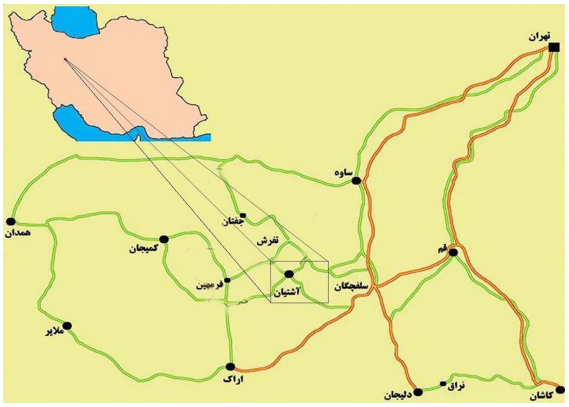
Zareisah@yahoo. Com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

مقدمه

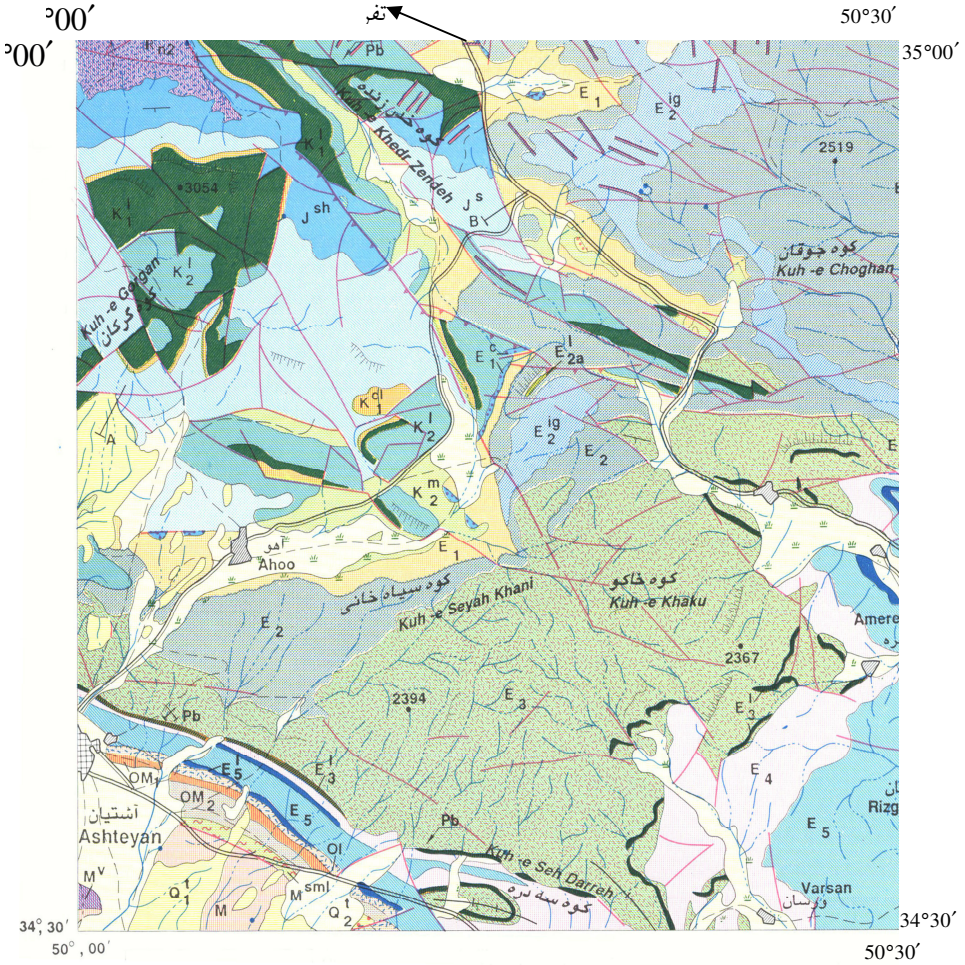
سنگ‌های آتشفشانی بررسی شده در شمال خاوری و خاور آشتیان در ۲۳۵ کیلومتری جنوب باختری تهران قرار گرفته و دارای مختصات جغرافیایی ′۱۸ °۵۰ تا ′۳۲ °۵۰ طول شرقی و ′۱۲ °۳۴ تا ′۳۳ °۳۴ عرض شمالی است. بیش‌ترین برون‌زد این سنگ‌ها در نواحی آهو، جادهٔ آشتیان تفرش، نهرعلی‌نقی‌بیك و سلفچگان دیده می‌شود. سنگ‌های یاد شده در چهارگوش قم در بخشی از زون ایران مرکزی و در امتداد کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر واقع شده اند. ناحیهٔ پژوهشی دارای ساختارهای سادهٔ گسلی و چین‌خوردگی با روند کلی شمال باختری- جنوب خاوری وشمال- جنوب است که نقش عمده‌ای در تکوین زمین‌شناسی منطقه به‌خصوص کنترل حوضه‌های رسوبی وفرایندهای آتشفشانی داشته است به گونه‌ای که فوران‌های آتشفشانی احتمالاً ناشی از حرکات گسل‌ها نسبت به هم و به‌خصوص حرکات کششی بوده است که طی زمان‌های مختلف ازائوسن تا میوسن صورت گرفته و مشابه آن در سایر مناطق ایران نظیر تفت و خضرآباد[۱۳] نیز دیده می‌شود. برون‌زدهای سنگی در محدودهٔ پژوهش متعلق به مزوزوییك و سنوزوییك است و سنگ‌های قدیمی‌تر از تریاس وجود ندارد [۳] . کهن‌ترین رسوبات ترشیری در منطقهٔ متعلق به ائوسن زیرین است[۱] . نهشته‌های ائوسن شامل سنگ‌های رسوبی، آذر آواری و جریان‌های گدازه‌ای با بیش از ۳۰۰۰ متر ضخامت است که به شش لیتوزون E1 تا E6 تقسیم می‌شود. فوران‌های آتشفشانی در هر دو محیط خشکی و دریایی صورت گرفته است که ایگنمبریت‌ها و توفیت‌ها معرف آن هستند. از نظر حجمی فوران‌های اسیدی و حد واسط بر فوران‌های بازیك برتری دارند. موقعیت جغرافیایی آشتیان و راه‌های دسترسی به آن در نقشهٔ ایران نشان داده شده است (شکل۱).

تاکنون نقشهٔ زمین‌شناسی چهارگوش قم با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ را امامی [۱]، نقشهٔ زمین‌شناسی تفرش با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با حاجیان [۳] و نقشهٔ زمین‌شناسی فرمهین با امامی و حاجیان [۲] تهیه کرده‌اند؛ ولی نقشهٔ زمین‌شناسی آشتیان تاکنون تهیه نشده است. با این حال بخش‌هایی از منطقهٔ آشتیان در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تفرش و فرمهین آمده است (شکل۲).



شکل ۱. موقعیت آشتیان و راه‌های ارتباطی منطقهٔ پژوهش در این شکل نشان داده شده است

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۲. نقشهٔ زمین‌شناسی تفرش با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که منطقهٔ آشتیان بر روی آن نشان داده شده است (حاجیان،۱۹۷۰)

روش کار

برای بررسی سنگ‌های آتشفشانی در چند ناحیهٔ جداگانه نمونه‌برداری صورت گرفته و حدود ۲۰۰ نمونهٔ سنگی جمع‌آوری شده است. سپس مقطع نازك از آن‌ها تهیه شد و پس از بررسی‌های میکروسکوپی و سنگ‌شناختی ۲۰ نمونه سنگی نادگرسان انتخاب و به روش‌های XRF ، XRD و EPMA تجزیهٔ شیمیایی شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها از نرم افزارهای igpet ، Minpet، newpet و GCDkit جهت رسم نمودارهای مختلف استفاده شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

سنگ‌های آتشفشانی بر اساس بررسی‌های سنگ‌شناختی و داده‌های ژئوشیمیایی و با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی دارای ترم‌های مختلف بوده که به صورت آذرآواری و گدازه در مناطق مختلف برون‌زد دارند. در جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها آورده شده است.

چنان که در مقدمه گفته شد، سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان به صورت گدازه و آذرآواری در مناطق مختلف برون‌زد دارند. به لحاظ پتروگرافی بافت عمدهٔ سنگ‌های بررسی شده در ناحیهٔ آشتیان پورفیری، پورفیری میکرولیتی، میکرولیتی و بعضاً غربالی [۹] در یك زمینهٔ شیشه‌ای و یا ریزبلور است. کانی‌های عمده تشکیل دهنده سنگ‌ها پلاژیوکلاز (اغلب شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار با ساخت منطقه‌ای)، فلدسپات آلکالن، کوارتز (گاهی حاوی خوردگی خلیجی شکل) هورنبلند (با حاشیهٔ سوخته)، بیوتیت و به مقدار کم‌تر پیروکسن و الیوین است. در اکثر سنگ‌ها آمفیبول با حاشیهٔ کاملاً سوخته دیده می‌شود که این پدیده حاکی از دمای زیاد ماگمای سازندهٔ سنگ‌های آتشفشانی در هنگام خروج بوده است. بافت غربالی در پلاژیوکلاز ها گمان اختلاط ماگمایی در بعضی از موارد را تقویت می‌کند.

پیروکسن به همراه هور نبلند و بیوتیت عمده‌ترین کانی‌های مافیك سنگ را شامل می‌شود. کانی‌های ثانویه موجود در سنگ‌ها شامل کلسیت، کلریت، زئولیت و اکسیدهای آهن مثل لیمونیت، هماتیت و منیتیت است. آغشتگی‌های اکسیدهای آهن در بیش‌تر سنگ‌ها دیده می‌شود. شکل ۳ و ۴ بافت بعضی از سنگ‌ها را نشان می‌دهد

۳



شکل۳. بلورهای هورنبلند با حاشیهٔ سوخته در آندزیت‌های منطقهٔ آشتیان (5X10 XPL)

۴



شکل ۴. بلورهای پلاژیوکلاز با بافت غربالی در سنگ‌های داسیتی منطقهٔ آشتیان (5X10 XPL)

ضمناً برای تشخیص دقیق ترکیب شیمیایی کانی‌های سازندهٔ سنگ‌های آتشفشانی تعدادی از آن‌ها تجزیه میکروپروب شده‌اند. نتایج میکروپروب سه نوع از کانی‌های پیروکسن، آمفیبول و پلاژیوکلاز [۱] در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۱. نتایج حاصل از تجزیهٔ شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان، عناصر اصلی بر حسب درصد وزنی و عناصر کمیاب برحسب پی.پی.ام.

sample name	Symbol	Colour	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
AB1	17	1	51.78	0.75	19.98	3.08	0.92	0.28	4.64	8.35	2.91	1.35	0.45	1.98	238	66	202	27	72	8
AE12	18	1	52.44	0.1	20.91	4.59	3.41	0.19	1.8	10.21	2.78	0.95	0.99	0.65	388	105	269	22	139	10
MB2	18	1	53.67	0.56	21.37	2.07	4.43	0.17	6.61	4.78	3.37	0.57	0.07	1.22	631	124	168	23	230	28
AS4	18	1	55.26	0.9	18.21	1.3	6.98	0.16	3.4	5.65	4.99	1.58	0.31	0.67	372	153	133	24	149	11
AE7	18	1	55.99	1.31	12.65	11.23	2.92	0.35	2.89	5.44	2.15	2.17	0.06	2.03	596	128	263	31	115	12
AB2	14	1	57.27	0.51	18.4	2.02	4.22	0.15	3.65	7.1	3.41	1.94	0.18	1.02	80	41	27	28	148	13
MB5	14	1	58.85	0.37	19.64	1.88	3.91	0.22	1.65	7.01	3.34	0.94	0.21	1.35	408	157	125	20	128	10
AE18	14	1	59.35	0.49	15.96	2.03	3.95	0.14	1.33	8.7	2.99	2.41	0.13	1.55	361	78	231	30	58	10
AS1	14	1	60.92	0.96	17.45	2.6	2.47	0.08	2.31	5.7	4.52	1.1	0.18	0.83	404	167	239	21	137	11
AE15	14	1	61.42	0.84	14.61	3.83	2.75	0.12	2.14	5.36	3.53	2.36	0.12	1.35	372	111	261	23	5	12
AE1	14	1	61.44	0.88	14.66	3.85	2.78	0.11	2.09	5.38	3.55	2.3	0.15	1.76	242	103	299	20	117	8
AE98	10	1	63.32	0.55	16.25	2.12	2.13	0.11	2.65	5.81	3.2	2.1	0.12	1.58	236	79	197	18	78	7
AB40	10	1	64.36	0.45	16.88	1.99	1.16	0.08	2.15	5.32	2.73	2.84	0.19	0.87	320	129	122	23	178	32
AE21	10	1	64.41	0.62	14.73	0.52	2.65	0.13	1.41	8.71	3.61	0.61	0.13	1.25	407	107	347	22	164	10
AE88	10	1	65.21	0.71	16.6	2.28	2.13	0.06	2.99	2.79	2.93	1.89	0.18	1.36	296	67	334	18	90	13
AE40	12	1	66.12	0.41	16.41	1.92	1.58	0.08	1.89	2.93	4.52	2.25	0.21	0.95	454	101	388	2	176	9
AB12	12	1	67.93	0.39	16.42	2.65	2.31	0.07	0.82	0.44	5.42	2.38	0.19	0.95	39	189	28	60	82	9
AB88	12	1	68.23	0.26	15.33	2.69	2.21	0.12	0.54	0.39	4.87	2.36	0.21	1.02	399	146	229	19	117	11
AE25	12	1	71.22	0.23	15.41	1.65	0.68	0.12	1.52	0.97	3.24	3.45	0.21	0.87	355	88	347	23	162	12
AB98	12	1	71.24	0.21	15.42	1.63	0.67	0.13	1.53	0.98	3.21	3.47	0.25	0.98	276	64	114	3	106	10

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

ادامه جدول ۱

sample name	Th	Ga	Zn	Ni	V	Cr	Hf	Cs	Ta	Co	U	Sn	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Yb	
AB1	5	18	114	103	274	690	2	4	1	37	1	2	20	51	24	5	1	5	3	
AE12	7	17	62	57	144	260	5	7	1	22	2	2	19	44	21	5	1	5	3	
MB2	32	20	79	20	27	10	6	1	3	55	6	4	60	102	30	5	1	5	3	
AS4	13	17	47	8	11	110	5	5	1	4	3	4	25	5	20	4	1	4	3	
AE7	24	18	70	53	144	280	4	6	1	21	3	3	68	147	49	8	1	8	4	
AB2	23	15	10	12	31	20	5	1	2	55	2	2	52	94	36	6	1	6	3	
MB5	11	17	39	9	11	80	4	5	20	4	3	4	20	41	15	3	1	4	2	
AE18	5	18	58	49	150	320	4	5	1	24	3	2	16	42	24	5	1	5	3	
AS1	20	17	35	12	29	20	4	6	2	54	3	2	40	77	29	5	1	5	2	
AE15	13	19	69	63	148	330	5	8	1	23	2	2	34	72	29	6	1	6	3	
AE1	4	19	96	37	176	260	4	10	1	20	3	5	13	33	15	4	1	4	2	
AE98	5	16	63	86	217	490	2	3	1	32	2	1	17	40	16	4	1	4	2	
AB40	31	19	30	7	17	10	5	1	31	54	6	3	43	75	23	5	1	5	3	
AE21	11	18	68	115	170	420	5	10	1	48	2	6	30	56	24	5	1	5	2	
AE88	7	19	79	38	168	150	3	4	1	55	2	3	19	44	20	5	1	4	2	
AE40	10	20	118	101	210	450	5	5	1	29	3	4	24	50	22	5	1	4	2	
AB12	19	16	16	7	3	130	4	4	2	2	4	3	7	18	10	4	1	6	7	
AB88	15	17	29	11	24	20	4	3	2	33	3	2	33	65	24	5	1	4	2	
AE25	9	22	127	25	204	360	5	6	1	28	3	3	27	58	25	5	1	5	3	
AB98	16	17	13	13	23	150	4	2	1	4	3	3	33	64	22	5	1	4	3	

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۲. تجزیهٔ الکترون میکروپروب پیروکسن موجود در سنگ‌های آندزیتی منطقهٔ آشتیان
محاسبهٔ کاتیون‌ها بر مبنای ۶ اکسیژن صورت گرفته است

نوع پیروکسن	اکسیدها	SiO2	TiO2	Al2o3	Cr2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Total			
اوژیت	درصد وزنی	50.4	1.57	6.98	0.14	11.2	0.42	16.9	11.4	1.64	0	100			
	نوع کاتیون‌ها	Si	Al4	Al6	Cr	Fe	Ti	Mg	Mn	Ca	Na	K	Wo	En	Fs
	تعداد کاتیون‌ها	1.86	0.14	0.16	0	0.345	0.04	0.88	0.01	0.45	0.12	0	26.8	52.6	20.6

جدول ۳. تجزیهٔ الکترون میکروپروب آمفیبول موجود در سنگ‌های آندزیتی منطقهٔ آشتیان
محاسبهٔ کاتیون‌ها بر مبنای ۲۴ اکسیژن صورت گرفته است

نوع آمفیبول	اکسیدها	SiO2	TiO2	Al2O3	FeOt	MnO	MgO	CaO	Cr2O3	Na2O	K2O	F	Cl	Total
هورنبلند	درصد وزنی	45.2	0.42	12.1	12.1	0.07	13.9	11.9	0.18	1.05	0.39	0.12	0	97.52
	نوع کاتیون‌ها	Si	Al4	Al6	Ti	Fe	Mg	Mn	Ca	Cr	Na	K	F	Cl
	تعداد کاتیون‌ها	6.88	1.12	1.05	0.05	1.54	3.14	0.01	1.95	0.02	0.31	0.07	0.06	0

جدول ۴. تجزیهٔ الکترون میکروپروب یك نمونه از پلاژیوکلاز سنگ‌های تراکی آندزیتی منطقهٔ آشتیان
محاسبهٔ کاتیون‌ها بر مبنای ۳۲ اکسیژن صورت گرفته است

اکسیدها	SiO2	TiO2	Al2O3	FeOt	MgO	CaO	Na2O	K2O	Total		نوع پلاژیوکلاز
درصد وزنی	55.9	-	28.17	0	0	10.1	5.63	0.15	99.94		آندزیت (فنوکریست)
کاتیون‌ها	Si	Al	Fe	Mg	Na	Ca	K	Ab	An	Or	
تعداد کاتیون‌ها	10.1	5.97	0	0	1.95	1.94	0.03	49.7	49.5	0.8	
اکسیدها	SiO2	TiO2	Al2O3	FeOt	MgO	CaO	Na2O	K2O	Total		نوع پلاژیوکلاز
درصد وزنی	60.8	-	24.79	0.18	0	5.15	8.21	0.44	99.58		الیگوکلاز (میکروفنوکریست)
کاتیون‌ها	Si	Al	Fe	Mg	Na	Ca	K	Ab	An	Or	
تعداد کاتیون‌ها	10.9	5.21	0.027	0	2.83	0.98	0.1	72.3	25.1	2.5	

تجزیهٔ میکروپروب نشان می‌دهد که پیروکسن‌ها در سنگ‌های بازیك از نوع اوژیت و آمفیبول‌ها از نوع هورنبلند است که ضمناً غنی از منیزیم و آهن هستند. پلاژیوکلازها اعم از فنوکریست و میکرولیت در سنگ‌های تا حد واسط از نوع اسیدی الیگوکلاز- آندزین هستند.

به منظور تعیین دقیق نوع سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان پس از بررسی‌های میکروسکوپی و شناسایی کانی‌ها از طبقه‌بندی‌های شیمیایی نیز استفاده شده است. بر این اساس، ترم‌های مختلف سنگی شامل آندزیت بازالت، آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت، ریوداسیت و ریولیت است. شمارهٔ نمونه‌ها، شمارهٔ علائم و شکل آن‌ها و معیار دسته‌بندی نمونه‌ها بر اساس نرم‌افزارهای Minpet و GCDkit در جدول ۵ و شکل ۳ مشخص شده است.

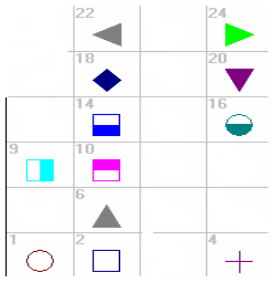
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۵. شمارهٔ نمونه‌ها، شمارهٔ علائم و معیار دسته‌بندی نمونه‌ها در این جدول مشخص شده است

شمارهٔ نمونه	شمارهٔ سیمبل نمونه‌ها در محیط GCDkit	معیار دسته بندی نمونه‌ها	شمارهٔ سیمبل نمونه‌ها در محیط minpet
AB1	17	SiO2<52 %	6
AE12	18	52 % <SiO2<57%	18
MB2	18	52 % <SiO2<57%	18
AS4	18	52 % <SiO2<57%	18
AE7	18	52 % <SiO2<57%	18
AB2	14	57 % <SiO2<62%	22
MB5	14	57 % <SiO2<62%	22
AE18	14	57 % <SiO2<62%	22
AS1	14	57 % <SiO2<62%	22
AE15	14	57 % <SiO2<62%	22
AE1	14	57 % <SiO2<62%	22
AE98	10	62 % <SiO2<66%	1
AB40	10	62 % <SiO2<66%	1
AE21	10	62 % <SiO2<66%	1
AE88	10	62 % <SiO2<66%	1
AE40	12	SiO2>66 %	2
AB12	12	SiO2>66 %	2
AB88	12	SiO2>66 %	2
AE25	12	SiO2>66 %	2
AB98	12	SiO2>66 %	2
M silurian	8		16
N MORB	6		20
WP	2		14
SVZ calc-alkal	4		10
CVZe ANDES	5		7
CVZw ANDES	1		9
NVZa ANDES	11		4
St Andes	3		24



علائم و شماره آن‌ها در محیط GCDkit



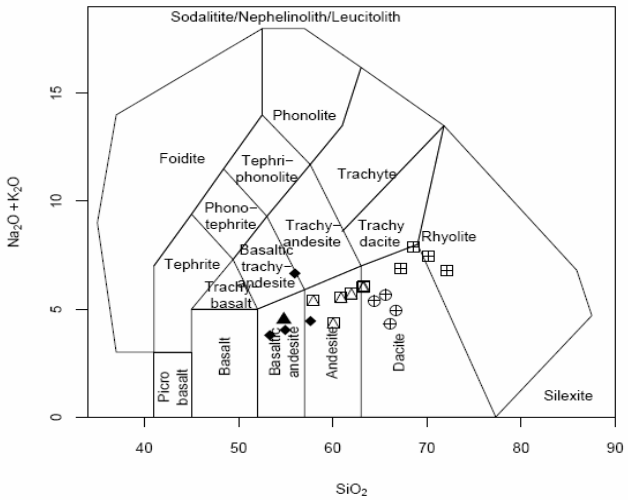
علائم و شماره آن‌ها در محیط GCDkit

شکل۳. در این شکل علائم و شمارهٔ آن‌ها در محیط‌های نرم افزاری GCDkit و minpet که در نمودارهای ژئوشیمیایی استفاده شده، نشان داده شده است

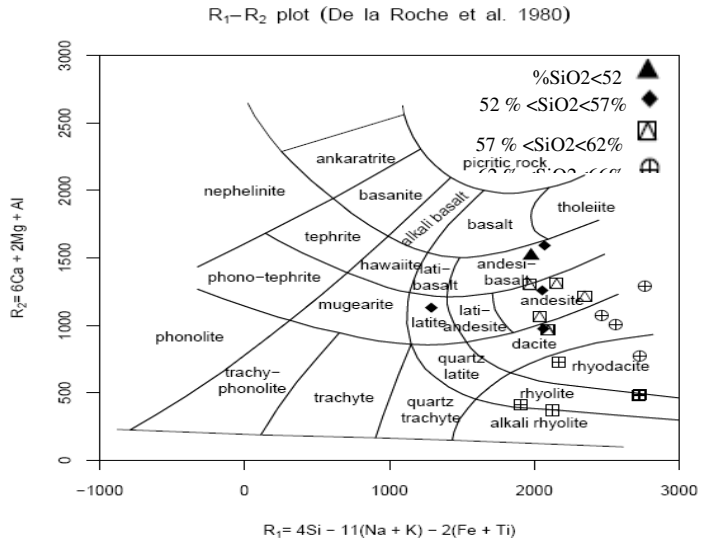
برای طبقه‌بندی سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان از نمودارهای مجموع آلکالن در مقابل سیلیس [۶]، دولاروش و همکاران [۴]، Zr/TiO2 در مقابل Nb/Y [۱۱] استفاده شده است. بر اساس این نمودارها

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان اغلب از نوع آندزیت بازالتی، آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت، ریوداسیت و ریولیت است (شکل‌های۴، ۵ و ۶).



شکل۴. نمودار مجموع آلکالن (TAS) در مقابل SiO2 [۶] سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان بر اساس این نمودار شامل آندزیت بازالتی، آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت و ریولیت هستند

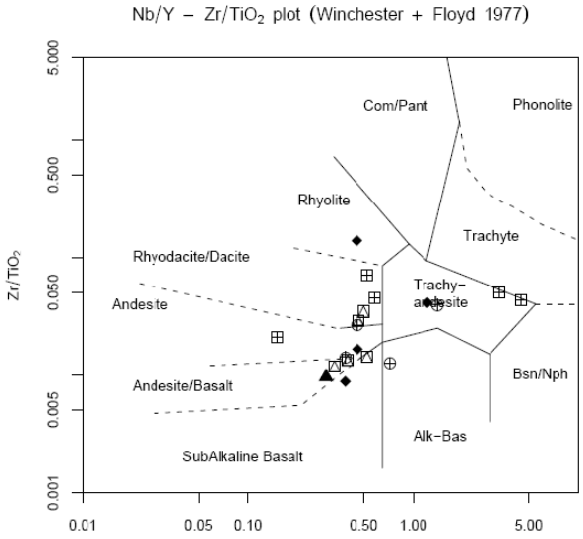


شکل ۵. نمودار دولارش و همکاران [۴] بر طبق این نمودار سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان در محدودهٔ آندزیت بازالتی، آندزیت، لاتیت (تراکی آندزیت)، داسیت، ریوداسیت و ریولیت قرار می‌گیرد

نمودارهای ژئوشیمیایی و پترولوژیك، تغییرات عناصر اصلی نسبت به سیلیس، ضریب تفریق و نیز ژئوشیمی عناصر کمیاب بررسی شده‌اند که ارتباط و خویشاوندی را بین ترم‌های مختلف سنگی نشان می‌دهد و بیانگر تفریق از طریق تبلور بخشی است. برای تعیین نوع ماگمای سازنده سنگ‌های آتشفشانی و ارائه مدل

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

ژنتیکی از نمودارهای مختلف پترولوژی نظیر ایروین و باراگار [۵] و غیره استفاده شده است. براساس نمودارهای فوق ماگمای سازنده سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان عمدتاً کالکوآلکالن است. فقط دو نمونه تمایل به تولیتی را از خود نشان می‌دهند (شکل ۷).



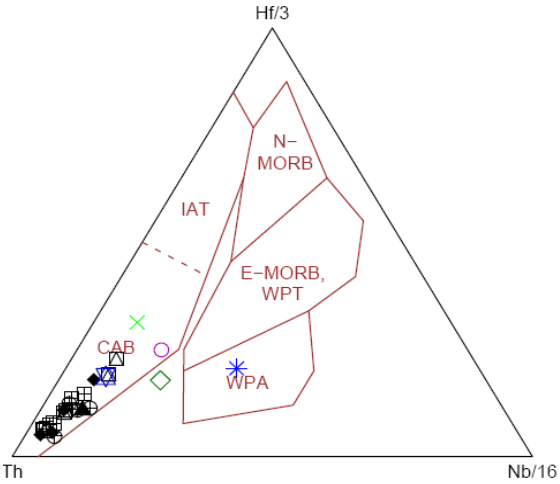
شکل ۶. نمودار Zr/TiO2 در مقابل Nb/Y [۱۱]، بر مبنای این نمودار سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان در قلمرو بازالت ساب آلکالن، آندزیت بازالتی، آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت، ریوداسیت و ریولیت قرار گرفته‌اند



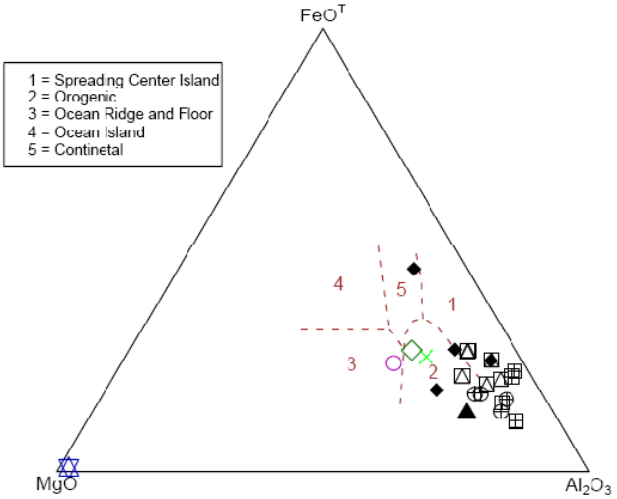
شکل ۷. نمودار AFM [۵] ، بر اساس این نمودار سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان از نوع کالکو آلکالن هستند

برای تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های ماگمایی با استفاده از عناصر اصلی و کمیاب از نمودارهای مختلف نظیر مولن (۱۹۸۳)، Ti در مقابل Zr (پیرس و گالی، ۱۹۷۷)، MgO-FeOt-Al2O3 (پیرس و کان، ۱۹۷۷)، Zr-Ti/100-Y/3 [۷]، و Th-Hf/3-Nb/16 [۱۲] می‌توان استفاده کرد. در این تحقیق از نمودارهای وود [۱۲] و پیرس و کان [۷] استفاده شده است. همگی این نمودارها تعلق این سنگ‌ها به مناطق کوه‌زایی و حاشیه فعال قاره‌ای را نشان می‌دهند. شکل‌های ۸ و ۹.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]



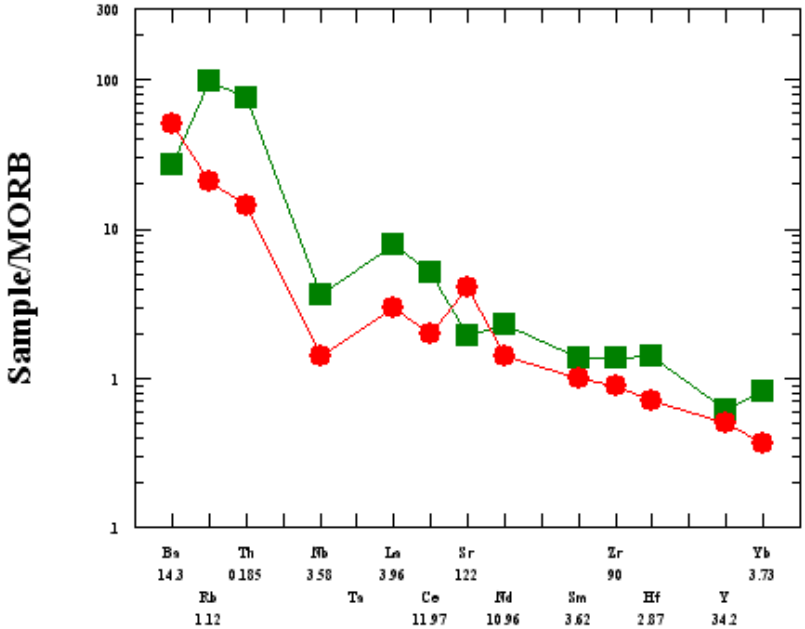
شکل ۸. نمودار تکتونو ماگمایی وود [۱۲]، سنگ‌های آتشفشانی آشتیان در این نمودار در محدودهٔ CAB یا حاشیهٔ مخرب قاره‌ای قرار می‌گیرند. میانگین حدود ۲۰ نمونه از بازالت‌های پالئوزوییك زیرین ایران با علامت ستاره برای مقایسه آورده شده که در موقعیت WPB قرار گرفته است



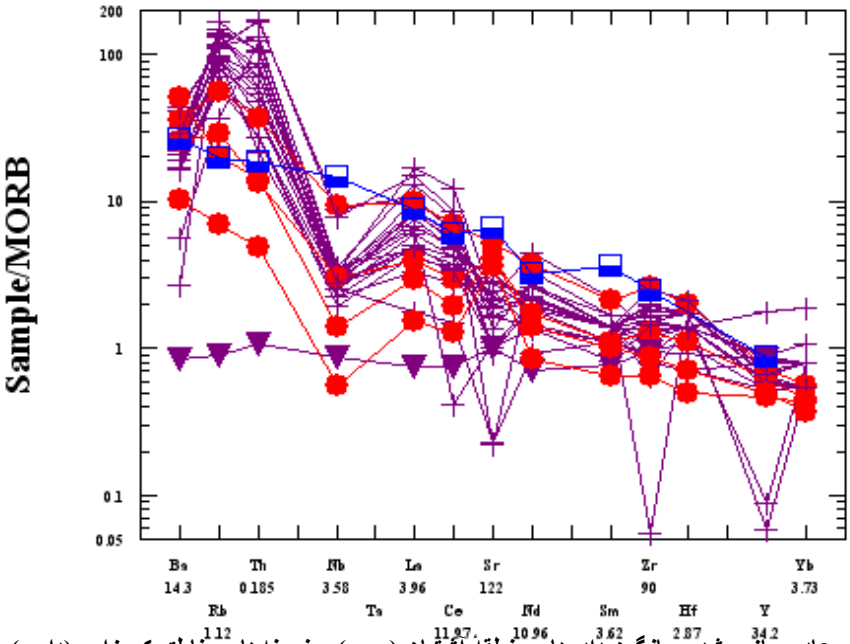
شکل ۹. نمودار تکتونو ماگمایی پیرس و کان [۷] ، بر طبق این نمودار سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان در قلمرو مناطق کوه‌زایی قرار می‌گیرند

نمودار الگوی عادی‌سازی شدهٔ عناصر کمیاب سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان نسبت به مورب نیز ترسیم شده است ([۱۰] ، به نقل از [۸]). از جمله بی‌هنجاری‌های موجود در این نمودارها، تهی‌شدگی نیوبیوم است. الگوی نمودار عنکبوتی سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ پژوهش کاملاً با الگوی میله‌ای شکل مربوط به مناطق فرورانش شباهت دارد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). از طرفی بررسی پراکندگی عناصر نادر خاکی تشکیل ماگمای کالکوآلکالن سازنده سنگ‌های آتشفشانی را از یك گداز بخشی گوشتهٔ فوقانی تحت تأثیر آبگیری از لبه پوستهٔ اقیانوسی فرورونده پیشنهاد می‌کند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۱۰. نمودار عنکبوتی عناصر کم‌یاب سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان که نسبت به مورب به‌هنجار شده‌اند. داده‌های منطقهٔ آشتیان (با علامت +) و آندزیت بازالت‌ها و بازالت‌های کوه‌های آند (با علامت دایره) نسبت به N-type MORB (با علامت مثلث) و Within plate alkali basalt (با مربع نیم پر) الگوی عنکبوتی خاص مناطق کوه‌زای را نشان می‌دهند



شکل ۱۱. نمودار عادی‌سازی شده میانگین داده‌های منطقهٔ آشتیان (مربع) و نمونه‌های مناطق کوه‌زایی (دایره). چنان که ملاحظه می‌شود الگوی غنی شدگی‌ها و تهی شدگی‌های عنصری منطقهٔ آشتیان نسبت به مورب با الگوی مناطق کوه‌زایی قابل مقایسه است

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

نتیجه‌گیری

بخش اعظم منطقهٔ پژوهش با سنگ‌های آتشفشانی، آذر آواری و به مقدار بسیار کم‌تر سنگ‌های نفوذی پوشیده شده است. بررسی رخنمون‌های موجود نشان می‌دهد که در منطقهٔ پژوهشی سنگ‌های قدیمی‌تر از تریاس وجود ندارد. بررسی‌های لیتولوژیك و فسیل‌شناسی نشان می‌دهد که سنگ‌های آتشفشانی متعلق به ائوسن (لوتسین میانی تا پایانی) و سنگ‌های نفوذی جوان‌تر است و سنی معادل الیگو-میوسن دارند. توالی ولکانیك و ولکانوکلاستیك با دایك‌های متعدد قطع شده‌اند. این پدیده تزریق ماگما طی پریودهای مختلف را نشان می‌دهد. از نظر حجمی آندزیت‌های بازالتی کم‌ترین حجم و آندزیت‌ها، تراکی آندزیت‌ها، داسیت‌ها، ریوداسیت‌ها و ریولیت‌ها بیش‌ترین حجم خروجی‌ها را شامل می‌شوند. به عبارتی، برتری حجمی با سنگ‌های اسید و حدواسط است. از سوی دیگر، مقایسهٔ ترکیب شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی با معادل‌های درونی آن‌ها را در منطقهٔ پژوهش نشان می‌دهد. این احتمال وجود دارد که سنگ‌های خروجی و معادل‌های نفوذی آن‌ها دارای خاستگاهی مشترك باشند.

شواهد کانی‌شناسی، پتروگرافی، ژئوشیمی و پترولوژیك همگی پدیدهٔ تفریق از طریق تبلور بخشی برای تشکیل سنگ‌های آتشفشانی را نشان می‌دهند. بر اساس نمودارهای مختلف تعیین نوع ماگما، ماگمای سازندهٔ سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ آشتیان از نوع کالکوآلکالن هستند. ضمناً نمودارهای مختلف تکتونوماگمایی و الگوی نمودار عنکبوتی تعلق سنگ‌های آتشفشانی منطقهٔ پژوهش به حاشیهٔ فعال قاره نشان می‌دهد. از آنجا که خاستگاه تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی به نحوی در ارتباط با مناطق فرورانش است، لذا می‌توان منشأ آن‌ها را از ذوب بخش گوشتهٔ فوقانی متاسوماتیزه با اندکی آلایش پوسته‌ای دانست. برای فهم بیش‌تر این موضوع نیاز به داده‌های ایزوتوپی است.

منابع

۱. امامی، محمد هاشم؛ *شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش قم*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور(۱۳۷۰).

۲. حاجیان، جواد؛ *زمین‌شناسی تفرش*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور گزارش شمارهٔ ۸۲(۱۳۸۰).

۳. حاجیان، جواد؛امامی، محمد هاشم؛ *شرح نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰/۰۰۰ ۱:۱ تفرش*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ورقه شمارهٔ ۶۰۵۹ (۱۹۷۰).

4. De La Roche, H., Laterier, J., Grand Claude, P., Marchel, M., A classification of volcania and plutonica rocks using R1-R2 diagrams and major elements. Chem. Geol., 29 (1980) 183-210.

5. Irvine T.N. & Baragar, W. R. A., A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. - Canad. J. Earth Sci., 8 (1971) 523-548.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

6. Middlemost E A K, Naming materials in the magma/igneous rock system. Earth-Science Reviews 37 (1994) 215–224.
7. Pearce, J. A., and Can, J.R., Tectonic setting of basic volcanic rocks and determined using trace element analyses, Earth and planet(1984).
8. Rollinson, H.R., Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation: London (Longman) (1993).
9. Shelley, David., Igneous and metamorphic rocks under the microscope: classification, textures, microstructures and mineral preferred-orientations. [1st.ed.] London [etc.]: Chapman & Hall, cop (1992).
10. Wilson, M., Igneous Petrogenesis, Global tectonic approach, Unwin Hyman, Inc., London, UK, (1996) 466.
11. Winchester, J. A. & Floyd, P. A., Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements.- Chem. Geol., 20 (1977) 325-343.
12. Wood, D. A., A variably veined suboceanic upper mantle-Genetic significance for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence. Geology 7 (1979) 499-503.
13. Zarasvandi, A., Liaghat, S., Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad Porphyry Copper Deposits, Central Iran, International Geology Review, Volume 47, Number 6 (2005) 640-647.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]