

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم پایه

گروه زمین شناسی

پایان نامه برای دریافت کارشناسی ارشد

گرایش پترولوژی

عنوان:

**مطالعه ترمودینامیکی سنگهای دگرگونی ناحیه چورزق - ریحان واقع
در جنوب باختری زنجان**

پژوهشگر:

سمیه عظیمی

استاد راهنما:

دکتر جواد ایزدیار

فروردین 88

نام و نام خانوادگی : سمیه عظیمی	
عنوان پایان نامه : مطالعه ترمودینامیکی سنگ های دگرگونی ناحیه چورزق- ریحان واقع در جنوب باختری زنجان	
استاد راهنما : دکتر جواد ایزدیار	
درجه تحصیلی : کارشناسی ارشد	تاریخ فراغت از تحصیل : 1388 /1/ 25
رشته : زمین شناسی	گرایش : پترولوژی
دانشگاه : زنجان	دانشکده : علوم
کلید واژه ها : پرکامبرین، ترمودینامیک، زنجان، ترموکالک، فشار – دماسنجی	
<p>چکیده</p> <p>منطقه مورد مطالعه در جنوب باختری استان زنجان، در محدوده طول های جغرافیایی $48^{\circ}24' - 48^{\circ}16'$ و عرض های جغرافیایی $36^{\circ}36' - 36^{\circ}32'$ در جنوب روستای چورزق تا شمال روستای ریحان واقع شده است. در این منطقه ردیفی از سنگ های دگرگونی از نوع فیلیت و شیست همراه با میان لایه هایی از کوارتزیت با سن پرکامبرین بالایی، همچنین سه زون دگرگونی کلریت، بیوتیت و استارولیت رخمون دارند. $D1$ قدیمی ترین دگرشکلی در منطقه است که همزمان با آن دگرگونی $M1$ اتفاق افتاده است که باعث تبلور کانی های کلریت، مسکویت و کوارتز گردیده است. $D2$ دومین فاز دگرشکلی در منطقه است که با شیستوزیته $S2$ و کلیواژ همراه است. $D3$ دگرشکلی غالب منطقه است که باعث چین خوردگی شیستوزیته های قبلی شده است. هم زمان با آن دگرگونی $M2$ به صورت پیش رونده صورت گرفته است که تبلور پورفیروبلست استارولیت در این فاز رخ داده است. قدیمی ترین ساختار صفحه ای مشاهده شده در منطقه، چین خوابیده $F1$ می باشد. در بررسی شیمی کانی ها، ترکیب شیمیایی بیوتیت مابین دو قطب آنیت و فلوگوپیت قرار گرفته ترکیب شیمیایی بیوتیت ها از زون بیوتیت به زون استارولیت تغییراتی نشان می دهد که عبارتند از مقدار $MgO/(MgO+FeO)$ از زون بیوتیت به استارولیت افزایش دارد که این نشان دهنده افزایش دما از زون بیوتیت به استارولیت می باشد. مقدار MgO بیوتیت ها از $F1$ به $F3$ افزایش قابل توجهی دارد که نشان دهنده افزایش دما و در نتیجه افزایش شدت دگرگونی از $F1$ به $F3$ می باشد و جانشینی $FeMg-1$ (تبادل کاتیونی) بین بیوتیت و کلریت صورت گرفته است. پلاژیوکلازها از نوع آلبیت و مقدار بسیار کمی (حدود 5 درصد) آنورتیت بوده اند درصد $Na2O$ از زون بیوتیت به استارولیت کاهش و مقدار CaO افزایش می یابد. جانشینی پلاژیوکلاز ($CaAlNa-1Si-1$) مهمترین جانشینی رخ داده در فازهای این سیستم می باشد. مسکویت ها عمدتاً از عضو نهایی مسکویت و مقدار بسیار کمی (حدود 7 درصد) سلادونیت و پاراگونیت تشکیل شده اند ترکیب شیمیایی کلریت ها نشان میدهد که کلریت های مربوط به $F3$ دارای Mg بیشتری ($17/51$) نسبت به $F1$ و $F2$ ($14/89$) می باشند و در محدوده پینوکلر قرار می گیرند، کلریت های مربوط به زون استارولیت در محدوده کلینوکلر قرار می گیرند. با استفاده از برنامه ترموکالک، منحنی های تعادلی چندگانه شرایط $P-T$ مراحل دگرگونی محاسبه شد در مرحله $M1$ فشار تشکیل سنگها $3 \pm 0/5$ کیلو بار و دمای تشکیل آنها حدود 570 ± 30 درجه سانتیگراد محاسبه شد که با استفاده از داده ها گرادیان زمین گرمایی $68 c^{\circ}/km$ محاسبه شد که این گرادیان زمین گرمایی با دگرگونی نوع دما بالا – فشار پایین (HT/LP)</p>	

مطابقت دارد. در نتیجه، دگرگونی نوع ابوکوما برای این مرحله دگرگونی در نظر گرفته شد این نوع دگرگونی در اثر نازک شدگی پوسته (در اثر فاز کوهزایی کاتانگایی) و همچنین توده های نفوذی موجود در منطقه (گرانیت دوران) بوجود آمده است. در مرحله $M2$ دما در حدود $610 \pm 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ و فشار $5/5 \pm 0/5$ کیلوبار محاسبه شد در نتیجه عمق تشکیل سنگ ها در حدود $15/4$ کیلومتر و گرادیان زمین گرمایی $39/6 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{km}$ بدست آمد که با نوع باروین تطبیق دارد. این نوع دگرگونی از سرشتهای برخورد قاره- قاره ای است و در اثر فاز آلی و متعاقب آن بسته شدن نتوتتیس و برخورد صفحه ایران مرکزی به البرز رخ داده است.

محاسبات شریمنیکرز نشان داد که در بخش دما بالا و فشار پایین کانیهای کلریت، مسکوویت و بیوتیت پایدار هستند و در بخش دما بالا و فشار متوسط کانیهای استارلیت و بیوتیت پایدارتر هستند.

با استفاده از مدل سازی P-T-X برای زون بیوتیت، عضو نهایی فلوگوپیت به افزایش دما و فشار حساس بوده و با افزایش فشار مقدار آن افزایش می یابد. مقدار فلوگوپیت از مرکز به سمت حاشیه افزایش می یابد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

تشکر و قدردانی

چکیده

فصل اول : پیشگفتار

- 2..... معرفی منطقه
- 2..... 1-1- موقعیت جغرافیایی منطقه
- 2..... 1-2- راههای دسترسی به منطقه
- 3..... 1-3- وضعیت توپوگرافی منطقه
- 4..... 1-4- وضعیت آب و هوایی منطقه
- 4..... 1-5- تاریخچه مطالعات پیشین
- 4..... 1-6- هدف و روش مطالعه

فصل دوم – مبانی نظری مطالعه

- 8..... مقدمه
- 9..... 2-1- تعریف سیستم
- 9..... 2-2- تعریف فاز
- 9..... 2-3- سازنده
- 10..... 2-4- قانون های اول و دوم ترمودینامیک
- 11..... 2-5- تبدیل لجندر توابع آنتالپی (H)، انرژی آزاد هلم هولتز (F) و انرژی آزاد گیبس (G)
- 16..... 2-6- ترمودینامیک محلول های جامد

- 16.....2-6-1-روش آرمانی
- 20.....2-7-تعداد فازی ناهمگن.....
- 20.....2-7-1-شرایط تعادل فازی ناهمگن.....
- 23.....2-8-دما- فشار سنجی (ترموبارومتري).....
- 2 3.....2-8-1-دما- فشار سنجی بر روی نمونه هایی از رخساره گرانولیت مربوط به کشور تانزانیا.....

فصل سوم - سرزمین های دگرگونی پرکامبرین ایران

- 30.....مقدمه.....
- 31.....3-1-پوسته های اقیانوسی پرکامبرین
- 32.....3-2- پوسته های قاره ای پرکامبرین.....
- 32.....3-2-1- سنگ های دگرگونی پرکامبرین.....
- 33.....3-2-1-1- پراکندگی جغرافیایی سنگ های دگرگونی پرکامبرین
- 43.....3-2-2- سنگ های نادگرگونی پرکامبرین.....
- 44.....3-3- تحولات تکتونیکی و کوهزایی در پرکامبرین.....
- 44.....3-3-1- فاز کوهزایی کارلین
- 44.....3-3-2- فاز کوهزایی بایکالین یا کاتانگایی
- 47.....3-7- مروری بر مطالعات ترمودینامیکی سرزمین های پرکامبرین.....

فصل چهارم - زمین شناسی زنجان

- 50.....مقدمه.....
- 52.....4-1- زمین شناسی عمومی زنجان.....
- 52.....4-1-1- سنگ های دگرگونه پرکامبرین.....

53.....4-1-2- نهشته های آواری سازند کهر

55.....4-1- تکتونیک منطقه زنجان

فصل پنجم - زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

59.....مقدمه

59.....5-1- سرزمین های پرکامبرین

59.....5-1-1- سرزمین های دگرگون شده پرکامبرین منطقه

61.....5-1-1-1- سنگ شناسی سنگ های دگرگونی منطقه مورد مطالعه

72.....5-1-1- زون های دگرگونی منطقه

73.....5-1-1-1- زون کلریت

73.....5-1-1-2- زون بیوتیت

73.....5-1-1-3- زون استارلیت

76.....5-1-1- سرزمین های آذرین پرکامبرین منطقه

76.....5-1-2-1- سازند کهر

76.....5-1-2-2- سازند بایندر

76.....5-1-2-3- سازند سلطانیه

77.....5-2- سرزمین های پالتوزوئیک

77.....5-2-1- سازند باروت

77.....5-3- سرزمین های مزوزوییک و سنوزوییک

فصل ششم - دگرشکلی سنگ های پلیتی

79.....	مقدمه.....
79.....	6-1- تشریح انواع ساختارهای مشاهده شده در منطقه.....
79.....	6-1-1- چین خوردگی ها.....
81.....	5-4-2- شیستوزیته.....
82.....	5-4-3- خطواره ها.....
83.....	5-5- انواع دگرشکلی در منطقه.....

فصل هفتم - شیمی کانی ها

86.....	مقدمه.....
86.....	7-1- بیوتیت.....
89.....	7-2- آلبیت.....
90.....	7-3- موسکوویت.....
92.....	7-4- کلریت.....
95.....	7-5- استارولیت.....

فصل هشتم - دما- فشارسنجی

98.....	مقدمه.....
99.....	8-1- تعادل در سنگهای دگرگونی.....
99.....	8-2- ملاک انتخاب نمونه ها برای محاسبات P-T.....
99.....	8-3- مهمترین روشهای حرارت سنجی و فشار سنجی.....
101.....	8-4- ترموکالک (THERMOCALC).....

- 102.....8-5- فشار - دماسنجی با استفاده از اجزای نهایی برای هر یک از زون ها.
- 102.....8-5-1- زون کلریت
- 104.....8-5-2- زون بیوتیت
- 106.....8-5-3- زون استارولیت
- 109.....8-6- دما - فشارسنجی با استفاده از اکتیویته ایده ال برای هر یک از زون ها.
- 110.....8-6-1- دما- فشارسنجی زون کلریت
- 111.....8-6-2- دما- فشارسنجی زون بیوتیت
- 113.....8-6-3- دما- فشارسنجی زون استارولیت
- 115.....8-7- دما- فشارسنجی با استفاده از اکتیویته ایده ال برای هر یک از مراحل دگرگونی
- 115.....8-7-1- دما- فشارمرحله دگرگونی M1
- 117.....8-7-2- دما- فشارمرحله مرحله دگرگونی M2
- 120.....8-8- دما- فشارسنجی بادر نظر گرفتن عضو نهایی برای هر یک از مراحل دگرگونی
- 120.....8-7-2- دما- فشارمرحله مرحله دگرگونی M1
- 121.....8-7-2- دما- فشارمرحله مرحله دگرگونی M2

فصل نهم - مطالعه شرینمیکرز

- 124.....مقدمه
- 124.....9-1- قوانین شرینمیکرز
- 124.....9-1-1- قانون اول شرینمیکرز- قانون ادامه قسمت نیمه پایدار
- 125.....9-1-2- قانون دوم شرینمیکرز- قاعده 180 درجه

125.....	9-2-قانون محدودیت.....
127.....	9-3-قانون پوشش.....
128.....	9-4-شبکه های پتروژنتیکی.....
129.....	9-5-محاسبات شریمنیکرز.....
فصل دهم – مدلسازی $P-T-X$ برای زون بیوتیت با در نظر گرفتن ساختار منطقه بندی	
135.....	مقدمه.....
136.....	10-1- ارتباطات تعادلی.....
138.....	10-2- تحلیل ارتباطات فازی در سیستم دگرگون $KFMASH$ برای زون بیوتیت.....
فصل یازدهم – نتیجه گیری	
146.....	نتیجه گیری.....
151.....	فهرست منابع.....

فهرست اشکال:

- شکل (1-1) راههای دستیابی به منطقه مورد مطالعه 3
- شکل 1-2-1 (a) ترسیم انرژی داخلی (U) بر حسب متغیرهای آنروپی (S) و حجم (V) 12
- شکل 2-2-2 ترسیم انرژی داخلی (U) بر حسب حجم (V) در آنروپی ثابت (S) 13
- شکل 2-3-3 (a) ترسیم انرژی آزاد گیبس (G) بر حسب متغیرهای دما (T) و فشار (P) 15
- شکل 2-4-4 ترسیم آنتالپی مولی در الیوین (H^0) بر حسب ترکیب شیمیایی 17
- شکل 2-5-5 نمودار $T-P$ محاسبه شده از دماسنج گارنت - کلینوپیروکسن 25
- شکل 2-6-6 نمودار $T-P$ که با استفاده از دما - فشار سنجی 27
- شکل 3-1-3 هم ارزی واحدهای سنگ چینه ای پرکامبرین پسین ایران (بدون مقیاس) 41
- شکل 3-2-3 بیرون زدگی سنگهای دگرگونی پرکامبرین در ایران 43
- شکل 4-1-4 زیر پهنه های ایران میانی از نگاه علوی (1991) 51
- شکل 4-2-4 زیر پهنه های ایران میانی از نگاه نوگل سادات (1993) 51
- شکل 4-3-4 نقشه 1/250000 زمین شناسی استان زنجان 57
- شکل 5-1-5 نقشه (1/20000) از منطقه مورد مطالعه 60
- شکل (5-1) نمونه مزوسکوپی فیلیت که دارای ریز چین است 63
- شکل (5-2) کلریت و مسکویت ها که در اثر دگرشکلی چیچ خورده اند 63
- شکل (5-3) کلریت شیست 65
- شکل (5-3) کلریت و مسکویت هایی که در جهت شیستوزیته خم شده اند 67
- شکل (5-4) نمونه مزوسکوپی کلریت-بیوتیت شیست 69

- 69..... شکل (5-5) کلریت-بیوتیت شیست.....
- 71..... شکل (5-6) در این عکس پورفیروبلاست های استرولیت مشخص هستند.....
- 73..... شکل 5-7-تالک شیست.....
- 76..... شکل 5-8-نقشه زون بندی منطقه مورد مطالعه (مقیاس 1/5000).....
- 82..... شکل 6-1 چین خوابیده $F1$ و ریزچین های $F2$
- 83..... شکل (6-2) چین $F3$
- 84..... شکل 6-3 شیستوزیته موازی با سطح محوری چین.....
- 84..... شکل (6-4) خطواره هایی که غالباً امتداد محور چین خوردگی قرار گرفته اند.....
- 87..... شکل 6-5-نمونه میکروسکوپی $S1, S2, S3$
- 91..... شکل 7-1- ترکیب شیمیایی بیوتیت ها که بین دو قطب آنیت و فلوگوپیت قرار دارند.....
- 93..... شکل 7-2- نمایش ترکیب شیمیایی آلبیت های تجزیه شده.....
- 95..... شکل 7-3- ترکیب شیمیایی مسکوویت آنالیز شده.....
- 97..... شکل 7-4- ترکیب شیمیایی کلریت های تجزیه شده.....
- 98..... شکل 7-5- ترکیب شیمیایی استارلیتهای تجزیه شده.....
- 124..... شکل (9-1) تجزیه و تحلیل شریتمیکرز برای سیستم آلینوسیلیکات.....
- 125..... شکل (9-2) آرایش های مختلف خطوط یک متغیره در اطراف نقطه نامتغیره.....
- 131..... شکل (9-10) نمودار محاسبات شریتمیکرز.....
- 140..... شکل 10-1- نمودار $P-T-X$ محاسبه شده برای X_{Phl}

فهرست جداول

جدول 2-1 ترکیب شیمیایی کانی های تشکیل دهنده گرانولیت تانزانیا.....	24
جدول 7-1 تجزیه های معرف بیوتیت	90
جدول 7-2- تجزیه های معرف آلبیت.....	92
جدول 7-3- تجزیه های معرف مسکوویت.....	94
جدول 7-4- تجزیه های معرف کلریت.....	96
جدول 7-5- تجزیه های معرف استارلیت.....	98

فصل اول

(Chapter 1)

پیشگفتار

(Preface)

فصل اول – پیشگفتار

1- معرفی منطقه :

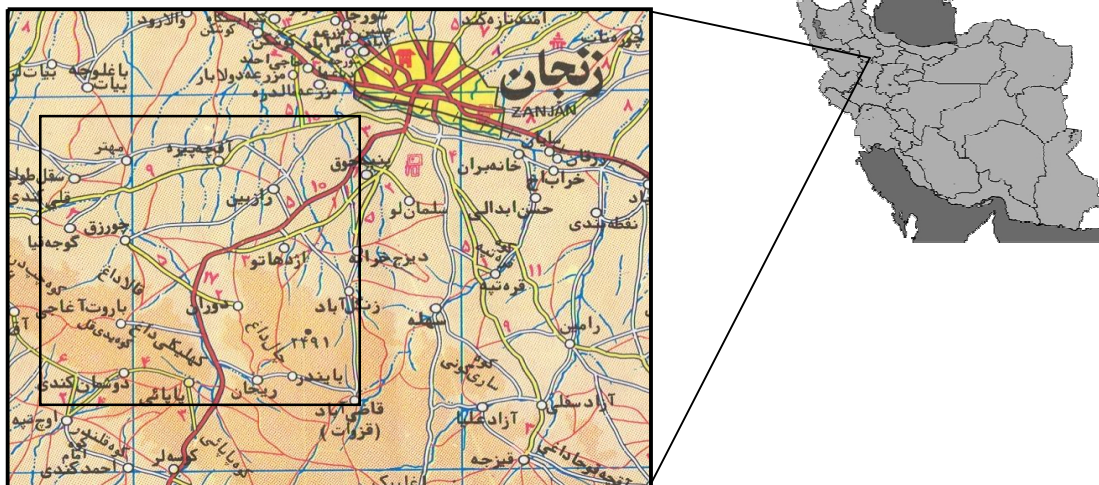
در این بخش سعی شده است جهت آشنایی بیشتر با منطقه ابتدا به شرح موقعیت جغرافیایی، راههای دسترسی به منطقه، توپوگرافی و وضعیت آب و هوایی منطقه پرداخته شود. آنگاه هدف و روش مطالعه توضیح داده خواهد شد.

1-1- موقعیت جغرافیایی منطقه :

استان زنجان در قسمت مرکزی و شمال غربی کشور بین 47 درجه و 8 دقیقه تا 50 درجه 51 دقیقه طول شرقی و 35 درجه و 37 دقیقه تا 37 درجه 10 دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه مطابق شرح نقشه 1:100000 زمین شناسی زنجان (باباخانی - صادقی 1383) در بخش جنوب باختری شهرستان زنجان در محدوده طول های جغرافیایی $48^{\circ}16'$ تا $48^{\circ}24'$ و عرض های جغرافیایی $36^{\circ}32'$ تا $36^{\circ}36'$ واقع در جنوب روستای چورزق تا شمال روستای ریجان قرار گرفته است (شکل 1-1).

1-2- راههای دسترسی به منطقه :

دستیابی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده اصلی زنجان – بیجار و از طریق جاده های فرعی که منشعب از جاده اصلی زنجان – بیجار هستند و منتهی به روستاهای ریجان، چورزق و باروت آغاجی می باشد شکل (1-1).



شکل (1-1) راههای دستیابی به منطقه مورد مطالعه (مقیاس 1/30000 سازمان جغرافیایی و کارتوگرافی ایران).

3-1- وضعیت توپوگرافی منطقه :

از نظر شکل ظاهری زمین، استان زنجان دارای دو منطقه کوهستانی و جلگه ای می باشد. مناطق کوهستانی استان زنجان که اغلب دارای قله مرتفع هستند که از جمله قله مرتفع میتوان کوه بالقیس، کوه سلطانیه و باقیس را نام برد. کوههای زنجان توسط رودهای ابهر و زنجان به دو بخش متمایز شمال شرقی و جنوب غربی تقسیم می شوند. ناهمواری های بخش جنوب غربی واحد زنجان را چند رشته کوه موازی هم تشکیل می دهند که در حدفاصل بین دره قزل اوزن و فروزفتگی زنجان - ابهر از جنوب شرقی به طرف شمال غربی امتداد یافته اند این کوهها عمدتاً از سنگهای رسوبی ساخته شده اند. از جمله رودخانه های فصلی زنجانرود و شاهرود را می توان نام برد. دشت زنجان با وسعت زیاد از شمال به ارتفاعات طارم و از جنوب به ارتفاعات سلطانیه محدود است. ارتفاعات طارم بخشی از کوههای البرز است که دارای روند شمال غرب- جنوب شرق

می باشد. دشت کاوند - دوتپه به موازات حاشیه جنوب غربی کوههای سلطانیه قرار دارد و پوشیده با آبرفت های جوان است. تپه های سعیدآباد- کرسف بخشی از نواحی واقع میان زون سندج - سیرجان فرازمین سلطانیه است. از جمله قلل معروف در منطقه می توان به کوه قلعه داغ و کوه کهلیک داغ اشاره کرد، بجز رودخانه های فصلی موجود در منطقه، رود خانه قزل اوزن از جمله رودخانه های مهم در منطقه می باشد (ایزدیار و همکاران، 1383).

1-4- وضعیت آب و هوایی منطقه :

از لحاظ اقلیمی منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای بسیار متغیری است، زمستان های سرد و تابستان های معتدلی دارد. حداکثر درجه حرارت در تابستان معمولاً بالای 20 درجه سانتیگراد می باشد و مقدار نزولات جوی در طول سال به طور متوسط 300-400 میلیمتر می باشد (ایزدیار و همکاران، 1383).

1-5- تاریخچه مطالعات پیشین :

در مورد سرزمین های دگرگونی واقع در محدوده چورزق-ریحان تا کنون مطالعات ترمودینامیکی صورت نگرفته است، ولی در مناطق ماه نشان توسط ساکی و همکاران (1383) و همچنین شاهین دژ توسط مجرد و همکاران (1385) که در همجواری این ناحیه قرار دارد مطالعات ژئوترموبارومتری انجام گرفته است.

1-6- هدف و روش مطالعه :

در مطالعه اخیر اهداف زیر مد نظر بوده است :

1- تعیین رخساره دگرگونی مناطق یا زون های دگرگونی.

2- تعیین فشار - دما مراحل مستقل دگرگونی.

3- تعیین مدل های ترمودینامیکی و ارتباط آنها با مسیرهای فشار-دما-زمان.

4- تعیین محیط زمین ساختی با استفاده از نتایج ترمودینامیکی.

مراحل تحقیق و مطالعه جهت انجام رساله را می توان در چهار بخش مجزا تقسیم بندی نمود :

مرحله اول : شامل مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری اطلاعات و مطالعات انجام شده در منطقه.

مرحله دوم : بازدید صحرایی و نمونه برداری.

مرحله سوم : مطالعات آزمایشگاهی (تهیه مقاطع نازک و مطالعه پتروفابریک و پتروگرافی آنها، انجام

آزمایشات الکترومایکروپروپ (EPMA).

مرحله چهارم : تفسیر دادههای زمین شناسی و آزمایشگاهی انجام شده و تلفیق آنها.

مرحله اول شامل مطالعات کتابخانه ای و مقدماتی رساله بوده که در آن به بررسی منابع موجود در

ارتباط با محدوده مورد مطالعه پرداخته شده است. این مرحله شامل جمع آوری اطلاعاتی بود که

در زمینه های مختلف زمین شناسی عمومی منطقه، به صورت کتب زمین شناسی، گزارش،

رساله های دوره های کارشناسی ارشد و دکتری و یا مقاله که توسط دانشگاههای مختلف و

سازمان زمین شناسی تهیه و منتشر شده اند. همچنین نقشه های زمین شناسی 1:100000

و 1:250000 زنجان به همراه عکس های هوایی و ماهواره ای منطقه جهت مطالعات تکمیلی تهیه و

مورد استفاده قرار گرفت.

مرحله دوم شامل مطالعات صحرایی بوده که به منظور شناسایی منطقه و تفکیک واحدها صورت

پذیرفت. در این بازدید رخنمون های دگرگونی منطقه مورد بررسی قرار گرفت و ساختارهای

مشاهده شده از جمله انواع شیستوزیته، خطوارگیها، چین ها و درزه ها اندازه گیری شد. تفکیک واحدهای سنگی، تهیه نقشه های مقدماتی و نمونه برداری در این مرحله صورت پذیرفت. نمونه برداری در منطقه از کلیه ساختارها و رخنمون ها دگرگونی مشاهده شده انجام پذیرفت.

در مرحله سوم مرحله عملیات آزمایشگاهی، شامل تهیه و مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی (45 عدد) بود. تعداد 3 نمونه جهت مطالعات *EPMA* به خارج از کشور فرستاده شدند.

در مرحله چهارم با تلفیق مشاهدات صحرایی، مطالعات میکروسکوپی و داده های *EPMA* و تفسیر داده های ترمودینامیکی نتیجه گیری پایانی انجام شد.

فصل دوم
(Chapter 2)

مبانی نظری مطالعه
(Basic Theoretical Study)