

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه زنجان
دانشکده علوم پایه
گروه زمین شناسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

گرایش پترولوژی

عنوان:

بررسی سنگهای دگرگونی شرق کوه بلقیس، جنوب غرب ماهنشان

اساتید راهنما:

دکتر جواد ایزدیار

دکتر محسن موذن

پژوهشگر:

عادل سرخوشی

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم بہ

پدر بزرگوار و مادر عزیزم

خدایا...

ای سزاوار شمای خویش، ای سگرکننده‌ی عطای خویش، ای شیرین‌ماننده‌ی بلاهای خویش، ربی به ذات خود از شمای تو عاجز و به عقل خود از شناخت منت تو عاجز و به توان خود از سزای تو عاجز.

خدایا! که قدار آن دردم که تو دوا می‌آنی. در آرزوی آن سوزم که تو سرانجام می‌آنی. من در توجیه دانم؛ تو دانی. تو آنی که خود گفتی و چنانی که خود گفتی، آنی. می‌دانی و همه می‌دانند که سگنج دیدن. بخاطر تو، زندانی کشیدن بخاطر تو و رنج بردن به پای تو، تنالذت زندگی من است. از شادی توست که من در دل می‌خندم، از امید ربانی توست که برق امید در چشمان خستام می‌دهد و از خوشبختی توست که هوای پاک سعادت را در ریه‌هایم احساس می‌کنم. نمی‌توانم خوب حرف بزنم. نیروی سگنجی را که در زیر کلمات ساده و جمله‌های ضعیف و افتاده پنهان کرده‌ام دریاب، دریاب.

تو چگونه زیستن را به من بیاموز، چگونه مردن را خودم نخواهم آموخت.

به من توفیق تلاش در سگت، صبر در نوبیدی، رفیق بی‌بمراه، جادوی سلاح، کار بی‌پاداش، خداکاری در سکوت، دین بی‌دنیا، مذهب بی‌عوام، عظمت بی‌نام، خدمت بی‌مان، ایمان بی‌ریا، خوبی بی‌نمود، کسالت بی‌خانمی، قناعت بی‌غور، عشق بی‌بوس، تنهایی در انبوه جمعیت و دوست داشتن بی‌آنکه دوست بداند، روزی کن.

پاسکزاری .

پاس خداوندگار حکیم را که بالطف بی کران خود، آدمی را زیور عقل آراست.

در آغاز وظیفه خودی دانم از زحمات بی دریغ اساتید راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر محسن مودن و دکتر جوادی زیدار صمیمانه تشکر و قدرانی کنم که قطعاً بدون زحمات ارزنده این دو بزرگوار مجموعه حاضر به سرانجام نمی رسید.

از زحمات ارزنده جناب آقای دکتر محمد ابراهیمی که در این پایان نامه مستقیماً استفاده شد از نیز صمیمانه تقدیر و تشکر می کنم.

در پایان بوسه می زنم بر دستان خداوندگاران مهر و مهربانی، پدر و مادر عزیزم و بعد از خداستایش می کنم وجود مقدس شان را و تشکر می کنم از برادران و خواهران عزیزم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان، که در این سردترین روزگار ایران، بهترین پشتیبان من بودند. همچنین از دوستان و بهکلاسی های عزیزم که به نحوی در انجام این پایان نامه کمک حال بنده بودند نیز کمال پاسکزاری را دارم.

چکیده

مجموعه‌ی دگرگونی ماهنشان در محدوده‌ی طول‌های جغرافیایی 40° و 47° تا $30'$ و 47° شرقی و عرضهای جغرافیایی $37'$ و 36° تا $36'$ و 36° شمالی واقع شده است. این منطقه از نظر تقسیمات کشوری جزء استان زنجان و از نظر تقسیم‌بندی زونهای زمین‌شناسی محل برخورد سه زون ایران مرکزی، البرز-آذربایجان و سنندج-سیرجان می‌باشد. ادامه‌ی این مجموعه در منطقه‌ی دگرگونی تکاب دیده می‌شود.

با توجه به ترکیب سنگ مادر اولیه که تحت تاثیر دگرگونی ناحیه‌ای قرار گرفته است، سنگهای دگرگونی متاپلیت‌ها، متابازیت‌ها، کالک-سلیکات‌ها، کوارتز-فلدسپات‌ها و سنگهای آهکی (مرمرها) در منطقه به وجود آمده‌اند. این سنگها تحت تاثیر دگرشکلی‌های مختلف قرار گرفته‌اند و به صورت پلی‌متامورفیک دگرگون شده‌اند. در این مطالعه سنگهای متاپلیت را به دلیل ترکیب مناسب و ظهور کانی‌ها و ثبت فازهای دگرشکلی بیشتر مورد بررسی قرار داده‌ایم. با مطالعه میکروسکوپی و میکروسکوپی این سنگ‌ها، سه فاز دگرشکلی D_1 ، D_2 و D_3 مشخص گردید که دو فاز دگرشکلی D_1 و D_2 همزمان با دو فاز دگرگونی M_1 و M_2 بوده و فاز دگرشکلی D_3 باعث دگرگونی در منطقه نشده است. D_2 از D_1 قویتر بوده و تقریباً اثرات آن را از بین برده است. پس از مطالعات دقیق پتروگرافی دو مقطع نازک صیقلی از سنگ‌های متاپلیتی تحت آنالیز الکترون‌میکروپروب قرار گرفتند. سپس با استفاده از جانشینی Mg-Fe در زوج کانی گارنت-بیوتیت حرارت‌های حداقل و حداکثر دگرگونی محاسبه گردید. با استفاده از چند مدل مختلف و با توجه به وابستگی کم حرارت‌های محاسبه شده به فشار با فرض فشار 4Kbar بالاترین حرارت محاسبه شده 615 و کمترین حرارت محاسبه شده 380 درجه سانتیگراد و برای 8Kbar بالاترین حرارت محاسبه شده 644 و کمترین حرارت محاسبه شده 392 درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین محاسبه دما و فشار با استفاده از محاسبه تعادلات چندگانه

به ترتیب دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۹ کیلو بار برای حد بالایی دگرگونی و دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد و فشار ۷ کیلو بار را برای حد پایینی دگرگونی بدست داد.

با مطالعه تجزیه شیمیایی کل سنگ آمفیبول شیست‌ها، معلوم شد که آمفیبول شیست‌های مورد مطالعه از دگرگونی سنگهای آذرین حاصل شده‌اند (ارتو-آمفیبول شیست). پروتولیت آذرین آمفیبول شیست‌های مطالعه شده در محدوده‌ی بازالت تا بازالت آندزیتی قرار گرفتند و ماگمای مولد این سنگ‌ها سرشت تولییتی داشته‌اند. همچنین محیط تکتونیکی سنگ‌های مورد مطالعه تولیتهای جزایر قوسی و پشته‌های میان اقیانوسی بوده است (بیشتر پشته‌های میان اقیانوسی).

کلمات کلیدی: سنگهای رسی دگرگون، حرارت و فشار سنجی زمین شناسی، آمفیبول شیست، سنگ مادر، بازالت

پشته اقیانوسی، ماهنشان، ایران

فهرست

فصل اول: بررسی منابع

- ۱-۱- انواع طبقه بندی‌هایی که بر روی پلیت ایران صورت گرفته است..... ۱
- ۲-۱- پایه‌های نظری..... ۲
- ۱-۲-۱- مقدمه‌ای بر دگرگونی ناحیه‌ای (کوهزایی) (Regional metamorphism)..... ۲
- ۲-۲-۱- رده‌بندی دگرگونی ناحیه‌ای بر اساس فشار و حرارت P/T..... ۳
- ۱-۲-۲-۱- نوع P/T پایین (یا سری آندالوزیت-سیلیمانیت)..... ۳
- ۲-۲-۲-۱- نوع P/T متوسط (یا سری کیانیت-سیلیمانیت)..... ۳
- ۳-۲-۲-۱- نوع P/T بالا (یا دگرگونی گلوکوفانی)..... ۳
- ۳-۲-۱- زمین‌شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده در مناطقی با نسبت P/T متفاوت..... ۴
- ۱-۳-۲-۱- زمین‌شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده در مناطقی با نسبت P/T پایین..... ۴
- ۲-۳-۲-۱- زمین‌شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده در مناطقی با نسبت P/T متوسط..... ۵
- ۳-۳-۲-۱- زمین‌شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده در مناطقی با نسبت P/T بالا..... ۶
- ۴-۲-۱- رابطه بین دگرگونی کوهزایی و توده‌های گرانیتی..... ۶
- ۵-۲-۱- ویژگی‌های دگرگونی کوهزایی و مجاورتی..... ۸
- ۶-۲-۱- دگرگونی انواع اصلی سنگها در دگرگونی ناحیه‌ای جنوب غرب ماهنشان..... ۹
- ۱-۶-۲-۱- دگرگونی سنگهای رسی-پلیتی (متاپلیت‌ها)..... ۹
- ۲-۶-۲-۱- دگرگونی سنگهای بازیک (متابازیت‌ها)..... ۱۰
- ۳-۶-۲-۱- دگرگونی سنگهای کوارتز-فلدسپاتی..... ۱۱
- ۴-۶-۲-۱- دگرگونی سنگهای آهکی و دولومیتی..... ۱۱

فصل دوم: مواد و روش‌ها

- ۱-۲- مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی منطقه..... ۱۲
- ۲-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه..... ۱۳

۱۵.....	۳-۲- زمین ریخت شناسی
۱۵.....	۴-۲- آب و هوای منطقه
۱۶.....	۵-۲- راههای ارتباطی منطقه
۱۷.....	۵-۲- مروری بر مطالعات گذشته
۱۷.....	۶-۲- روش مطالعه
۱۷.....	۱-۶-۲- کارهای صحرائی
۱۸.....	۲-۶-۲- کارهای آزمایشگاهی
۱۸.....	۷-۲- جایگاه تکتونیکي کمپلکس تکاب از نظر زیر ساخت‌های ایران
۱۹.....	۸-۲- تکتونیک عمومی منطقه
۲۰.....	۱-۸-۲- چین‌ها
۲۰.....	۲-۸-۲- گسل‌ها

فصل سوم: پتروگرافی

۲۲.....	۱-۳- مطالعات پتروگرافی
۲۲.....	۱-۱-۳- هدف از مطالعات پتروگرافی
۲۴.....	۲-۱-۳- پتروگرافی سنگ‌های رسی و پلیت‌ها (شیست‌ها)
۲۸.....	۳-۱-۳- پتروگرافی سنگ‌های دگرگونی بازیگ (متابازیت‌ها)
۲۹.....	۱-۳-۱-۳- پتروگرافی آمفیبول شیست‌ها
۳۱.....	۲-۳-۱-۳- کلریت شیست‌ها
۳۲.....	۴-۱-۳- پتروگرافی سنگ‌های آهکی (مرمرها)
۳۲.....	۵-۱-۳- پتروگرافی سنگ‌های کوارتز-فلدسپات (گنیس‌ها)
۳۳.....	۶-۱-۳- پتروگرافی کالک‌سیلیکات‌ها

فصل چهارم: دگرشکلی

۳۹.....	۱-۴- دگرشکلی و ارتباط آن با دگرگونی و تبلور کانی‌ها
۴۰.....	۱-۱-۴- هدف مطالعه دگرشکلی در سنگ‌های دگرگونی

- ۴۱-۲-۱-۴ ساختارهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی حاصل از دگرشکلی ۴۱
- ۴۱-۱-۲-۱-۴ ساختارهای صفحه‌ای ۴۱
- ۴۳-۲-۱-۴ ساختارهای خطی (lineation) ۴۳
- ۴۴-۱-۲-۲-۱-۴ انواع ساخت خطی ۴۴
- ۴۸-۳-۱-۴ تشکیل ریزترکه‌های ناشی از بالازدگی و بار برداری ۴۸
- ۴۹-۴-۱-۴ طبقه بندی ارتباط پرفیروبلاست با زمینه (ماتریکس) ۴۹
- ۵۰-۱-۴-۱-۴ فازهای پیش-تکتونیک (Pre-tectonic porphyroblast growth phases) ۵۰
- ۵۱-۲-۴-۱-۴ فازهای همزمان با تکتونیک (Syn-tectonic porphyroblast growth) ۵۱
- ۵۱-۳-۴-۱-۴ فازهای پس از تکتونیک (Post-tectonic porphyroblast growth) ۵۱
- ۵۱-۵-۱-۴ انواع فازهای دگرشکلی موثر بر منطقه و دگرگونی‌های مرتبط با آنها ۵۱
- ۵۲-۱-۵-۱-۴ شواهد وجود S_0 ۵۲
- ۵۲-۲-۵-۱-۴ شواهد وجود S_1 ۵۲
- ۵۳-۳-۵-۱-۴ شواهد وجود S_2 ۵۳
- ۵۳-۴-۵-۱-۴ شواهد وجود S_3 ۵۳
- ۵۳-۵-۵-۱-۴ دگرشکلی اول (D_1) ۵۳
- ۵۴-۶-۵-۱-۴ دگرگونی اول (M_1) ۵۴
- ۵۴-۷-۵-۱-۴ دگرشکلی دوم (D_2) ۵۴
- ۵۵-۸-۵-۱-۴ دگرگونی دوم (M_2) ۵۵
- ۵۶-۹-۵-۱-۴ دگرشکلی سوم (D_3) ۵۶
- ۵۶-۱۰-۵-۱-۴ دگرگونی سوم (M_3) ۵۶
- ۵۷-۱۱-۵-۱-۴ چین‌ها (folds) ۵۷
- ۵۹-۶-۱-۴ ریزساخت‌ها ۵۹
- ۶۰-۱-۶-۱-۴ خاموشی موجی ۶۰
- ۶۰-۲-۶-۱-۴ کشیدگی کانی‌ها ۶۰
- ۶۰-۳-۶-۱-۴ سایه فشاری (Pressure Shadow) ۶۰
- ۶۱-۴-۶-۱-۴ جهت‌یابی ترجیحی کانی‌ها ۶۱

۶۱-۷-۱-۴- مطالعه ریزساختارها در کانی‌ها کوآرتز، گارنت و میکاها.....

فصل پنجم: مینرال شیمی

۶۴-۱-۵- مینرال شیمی.....

۶۴-۱-۱-۵- هدف از مطالعه مینرال شیمی.....

۶۵-۲-۱-۵- مینرال شیمی کانی‌های سنگ‌های رسی.....

۶۵-۱-۲-۱-۵- مینرال شیمی گارنت.....

۶۵-۲-۲-۱-۵- مینرال شیمی بیوتیت.....

۶۵-۳-۲-۱-۵- مینرال شیمی میکای سفید.....

۶۶-۴-۲-۱-۵- مینرال شیمی کلریت.....

۶۶-۵-۱-۵- مینرال شیمی پلاژیوکلاز.....

۷۱-۲-۵- زونینگ گارنت در سنگ‌های دگرگونی منطقه.....

فصل ششم: ژئوترموبارومتري

۷۳-۱-۶- ژئوترموبارومتري.....

۷۳-۱-۱-۶- فرضیات در ژئوبارومتري.....

۷۳-۱-۱-۱-۶- تعادل در سنگ‌های دگرگونی.....

۷۴-۱-۱-۱-۱-۶- ملاک‌های تعادل بافتی به نقل از (Carswell 1990).....

۷۴-۲-۱-۱-۱-۶- ملاک‌های انتخاب نمونه برای محاسبه P-T.....

۷۵-۲-۱-۱-۶- تاثیرات قهقرایی (retrograde effects).....

۷۵-۳-۱-۱-۶- کیفیت کالیبراسیون (quality of calibration) و حساسیت ترموبارومتر.....

۷۵-۲-۱-۶- مهمترین روش‌های حرارت سنجی و فشار سنجی.....

۷۷-۳-۱-۶- اصول ترمودینامیک برای ترموبارومتري.....

۷۹-۴-۱-۶- روابط کسر مولی-اکتیویته.....

۸۱-۵-۱-۶- ترموکالک (THERMOCALC).....

۸۲-۶-۱-۶- تخمین خطا در ترموبارومتري.....

۸۳-۷-۱-۶- ترموبارومتري دگرگونی ناحیه‌ای منطقه جنوب غرب ماهنشان (شرق کوه بلقیس).....

۶-۱-۷-۱- ترموتر تبادلی Fe-Mg گارنت-بیوتیت در سنگ‌های رسی جنوب غرب ماهنشان..... ۸۳

۶-۱-۷-۲- ترموتری و بارومتري با استفاده از تعادل کانی شناسی چندگانه..... ۸۶

فصل هفتم: تعیین پروتولیت، سری ماگمایی و محیط تکتونیکی سنگهای متابازیک

۷-۱- مقدمه ۸۸

۷-۲- بررسی پروتولیت آمفیبول شیستها ۹۰

۷-۳- تعیین سری ماگمایی سنگهای آذرین اولیه ۹۲

۷-۴- تعیین جایگاه تکتونیکی آمفیبول شیستها ۹۴

۷-۵- نمودارهای عنکبوتی ۹۸

فصل هشتم: نتیجه گیری

فصل هشتم: نتیجه گیری ۱۰۰

منابع ۱۰۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- مقایسه دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی (Bucher and Frey, 1994) ۸

شکل ۲-۲- نمایی از توپوگرافی منطقه مورد مطالعه ۱۵

شکل ۱-۲- راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه ۱۶

شکل ۱-۳- نقشه زمین‌شناسی و محل نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه ۲۳

شکل ۲-۳- نمایی از شیست‌های منطقه ۲۴

شکل ۳-۳- دانه‌های درشت گارنت در نمونه صحرایی ۲۵

شکل ۴-۳- نمایی از شیست‌ها در کنار آهک‌ها در منطقه مورد مطالعه ۲۵

تصاویر میکروسکوپی فصل پتروگرافی ۳۸-۳۵

شکل ۲-۴- a, b- آثار S_1 درون پرفیروبلاست‌های فلدسپات ۵۰

شکل ۴-۳- a- ریزچین‌ها در شیست‌ها که s_1 و s_2 را به وضوح اثبات می‌کنند. b- بقایای S_1 درون S_2 ۵۳

- شکل ۴-۴- رگه کوارتز بلورین که در طی دگرریختی چین خورده است..... ۵۴
- شکل ۴-۵- شیستوزیته S_1 با زاویه ۴۵ درجه شیستوزیته S_2 را قطع کرده است..... ۵۵
- شکل ۴-۶- آثار دگرریختی سوم (D_3)..... ۵۶
- شکل ۴-۷- نمایی از چین‌های نسل اول (F_1)..... ۵۷
- شکل ۴-۸- چین‌های نسل دوم و سوم (F_2, F_3) به همراه چین‌های پارازیتی..... ۵۸
- شکل ۴-۹- چین‌های نسل دوم و سوم (F_2, F_3)..... ۵۸
- شکل ۴-۱۰- چین‌های نسل دوم و سوم (F_2, F_3)..... ۵۹
- شکل ۴-۱۱- چین‌های جناغی..... ۵۹
- شکل ۴-۱۲- شیست حاوی کوارتز که مرز بین دانه‌های کوارتز در بیشتر مناطق دنداندار بوده و به درون دانه‌های مجاور متورم شده‌اند ۶۱
- شکل ۴-۱۳- a- بلورهای بیوتیت نسل اول ($Bt-S_1$) و بلورهای بیوتیت‌های نسل دوم ($Bt-S_2$)..... ۶۳
- شکل ۵-۱- ترکیب شیمیایی گارنت‌های تجزیه شده. در نمونه 11E ۷۰
- شکل ۵-۲- ترکیب شیمیایی پلاژیوکلازهای تجزیه شده در نمونه‌های 11E-11C..... ۷۰
- شکل ۵-۳- ترکیب شیمیایی کلریت و مسکویت تجزیه شده..... ۷۰
- شکل ۵-۴- پروفیل زونینگ در گارنت..... ۷۲
- شکل ۶-۱- تعادل کانی‌شناسی چندگانه برای سنگ‌های پلیتی..... ۸۷
- شکل ۷-۱- نمودار TiO_2 در مقابل Cr (Leake, 1964)..... ۹۰
- شکل ۷-۲- نمودار، تغییرات کل اکسیدهای آلکالن سنگ ($Na_2O + K_2O$) در مقابل SiO_2 (Coxs et al, 1979)..... ۹۱
- شکل ۷-۳- نمودار Zr/TiO_2 در مقابل Nb/Y (عناصر غیر متحرک) به نقل از (Winchester and Floyd (1977) ... ۹۱
- شکل ۷-۴- نمودار SiO_2 در مقابل $(Zr/TiO_2)/10000$ از (Winchester and Floyd, 1977)..... ۹۲
- شکل ۷-۵- نمودار K_2O در برابر SiO_2 (Middlemost, 1975)..... ۹۳

- شکل ۶-۷- نمودار K_2O در برابر SiO_2 (Peccerillo and Taylot, 1976) ۹۳
- شکل ۷-۷- $Ti/100-Zr-Y^*$ Pearce and Cann (1973) ۹۴
- شکل ۸-۷- نمودار Meschede (1986) ۹۵
- شکل ۹-۷- نمودار $Hf/3-Th-Ta$ (Wood, 1980) ۹۵
- شکل ۱۰-۷- نمودار، $Hf/3-Th-Nb/16$ (Wood, 1980) ۹۶
- شکل ۱۱-۷- نمودار، $Zr/117-Th-Nb/16$ (Wood, 1980) ۹۶
- شکل ۱۲-۷- نمودار Yb در مقابل Th/Ta (Schandl and Gorton, 2002) ۹۶
- شکل ۱۳-۷- نمودار Mullen (1983) ۹۷
- شکل ۱۴-۷- نمودار V/Ti شروایس (۱۹۸۳) ۹۸
- شکل ۱۵-۷- نمودار عنکبوتی نرمالیزه شده به کندریت (Thomson, 1982) ۹۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۳- مجموع کانی‌های موجود در سنگ‌های رسی دگرگون شده جنوب غرب ماهنشان ۲۵
- جدول ۲-۳- کانی‌های موجود در نمونه سنگ‌های متابازیک برداشته شده از منطقه مورد مطالعه ۲۹
- جدول ۳-۳- پارازنز کانی‌ها در آمفیبول شیست‌های جنوب غرب ماهنشان ۳۰
- جدول ۴-۳- مجموع کانی‌های موجود در سنگ‌های کربناتی جنوب غرب ماهنشان ۳۲
- جدول ۵-۳- مجموع کانی‌های موجود در سنگ‌های کوارتز-فلدسپاتی، منطقه مورد مطالعه ۳۳
- جدول ۶-۳- مجموع کانی‌های موجود در سنگ‌های کالک‌سیلیکاتی، منطقه مورد مطالعه ۳۳
- جدول ۱-۵- آنالیز میکروپروپ مسکویت، پلاژیوکلاز و گارنت در نمونه‌های 11E و 11C ۶۷
- جدول ۲-۵- نتایج حاصل از آنالیز میکروپروپ کانیهای بیوتیت و کلریت در نمونه‌های 11E و 11C ۶۸
- جدول ۳-۵- اعضای نهایی محاسبه شده کانیها توسط نرم‌افزار AX (Holand and Powell, 1998) ۶۹
- جدول ۴-۵- تجزیه یک نمونه گارنت از مرکز به حاشیه ۷۱

جدول ۶-۱- تجزیه گارنت و بیوتیت در سنگ‌های پلیتی دگرگون جنوب غرب ماهنشان..... ۸۵

جدول ۶-۲- ترمومتری گارنت-بیوتیت با کالیبراسیونهای مختلف بر حسب درجه سانتیگراد..... ۸۶

جدول ۷-۱- نتایج تجزیه شیمیایی کل سنگ، سنگهای متابازیک..... ۸۸

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- انواع طبقه بندی‌هایی که بر روی پلیت ایران صورت گرفته شامل موارد زیر می‌باشد

۱- Stocklin (1968) (قدیمی ترین و درستترین طبقه‌بندی) ۲- نبوی (۱۳۵۵) ۳- افتخارنژاد (۱۳۵۹) ۴- علوی (۱۹۹۴)

۱-۱-۱- نواحی مشخص شده توسط Stocklin (1968) شامل: دشت خوزستان، زاگرس چین‌خورده، زاگرس مرتفع، سنندج-سیرجان، ایران مرکزی، لوت، البرز، کپه داغ، مکران و شرق ایران.

۱-۱-۲- تقسیم‌بندی نبوی (۱۳۵۵)، شامل: پلات فرم عربی، زاگرس چین‌خورده، زاگرس مرتفع، سنندج-سیرجان، ایران مرکزی، بلوک لوت، زون بینالود (گرگان-رشت)، نهپندان (خاش-مکران)، آمیزه رنگین.

تقریباً تقسیم‌بندی نبوی (۱۳۵۵) مانند تقسیم‌بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) است اما محدوده البرز و آذربایجان آن گسترش دارد و البرز تقسیم شده است به گرگان-رشت و همچنین طبس و لوت و یزد را باهم گرفته، اولین واژه تحت عنوان البرز شرقی گفته ایشان می‌باشد.

۱-۱-۳- افتخارنژاد (۱۳۵۹) با در نظر گرفتن تحولات ساختاری و کوهزایی سرزمین ایران را به سه بخش تقسیم کرده است، ایران شمالی، ایران میانی و ایران جنوبی که در یک تقسیم بندی جامع‌تر به صورت موارد زیر در نظر گرفته است.

الف- اوراسیا

الف-۱- ایران شمالی (خزر جنوبی، کپه داغ)

ب- گندوانا

ب-۱- ایران مرکزی (تبریز-ساوه، البرز آذربایجان، سنندج-سیرجان، ایران مرکزی، سبزوار).

ب-۲- ایران جنوبی (زاگرس رورانده، زاگرس چین‌خورده، دزفول، دشت آبادان).

مبنای هر دو تقسیم‌بندی علوی (۱۹۹۴) و افتخارنژاد (۱۳۵۹) یکی می‌باشد. کلیه تقسیم‌بندی‌ها (اشتوکلین، نبوی، افتخارنژاد، علوی) مجموعاً مشکل عمده‌ای دارند، و آن این است که تحولات زمین‌ساختی در تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی کمتر لحاظ شده است. چینه‌شناختی البرز با ایران مرکزی و سنندج-سیرجان یکی می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت با وجود اینکه اسم فرمولاسیون آنها فرق می‌کند اما در جزئیات یکی هستند. و همه در یک جایگاه کلی (ایران میانی) قرار دارند. در تکاب کمپلکس‌های متامورفیک پرکامبرین وجود دارد (شیست‌ها و گنایسها) که مشابه آن را در ایران مرکزی داریم (پشت بادام، چابدونی و هم‌چنین در البرز (کمپلکس گرگان-اسالم) و معادل آن در زنجان کمپلکس کهر است (در منطقه زنجان کمپلکس‌های دگرگونی و رسوبات اینفراکامبرین هم دیده می‌شود). به‌طور کلی می‌توان گفت دگرگونی‌های پرکامبرین (آنچه ذکر شد) خصوصیات و ویژگی‌های خاصی دارند که در سنندج-سیرجان دیده نمی‌شود. بنابراین این نوار نمی‌تواند تا تکاب ادامه یابد بلکه در واقع جزء همان ایران مرکزی است که تحولات منسوب به دگرگونی را پشت سر گذاشته است.

۲-۱- پایه‌های نظری

۱-۲-۱- مقدمه‌ای بر دگرگونی ناحیه‌ای (کوهزایی) (Regional metamorphism)

واژه دگرگونی ناحیه‌ای که توسط Miyashiro (1973) پیشنهاد گردید مترادف واژه دگرگونی دیناموترمال است. با توجه به‌اینکه واژه دگرگونی ناحیه‌ای متداولتر است در این نوشتار از این واژه استفاده می‌شود. دگرگونی ناحیه‌ای مشخصه‌ی نوارهایی است که در آنها کوهزایی با دگرشکلی و تبلور مجدد همراه است. سنگ‌های دگرگونی به‌طور کامل فابریک نافذی نشان می‌دهند که با جهت‌یافتگی ترجیحی کانی‌ها همراه است. مهمترین انواع سنگ‌های این نوع دگرگونی شامل فیلیت، شیست و گنایس می‌باشد. دگرگونی ناحیه‌ای به‌صورت فرایند طولانی ظاهر می‌شود که دوره‌ی استمرار آن از

میلیون‌ها تا ده‌ها میلیون سال طول می‌کشد و چندین فاز تبلور و دگرشکلی را در بر می‌گیرد. فازهای دگرشکلی منفرد با دارا بودن مشخصات دقیق و روشنی نظیر وضعیت و جهت شیستوزیته، چین‌ها و خطواره‌ها (Lineation) ظاهر می‌شوند. بنابراین در بررسی‌های صحرایی می‌توان چندین فاز دگرشکلی را در یک توالی زمانی مشخص نمود (Bucher and Fery, 1994).

مشاهدات میکروسکوپی نیز می‌تواند به درک روابط بین ویژگیهای ساختاری و رشد کانی‌ها و شناخت روابط دگرشکلی و دگرگونی کمک نماید.

سنگ‌هایی که در معرض دگرگونی ناحیه‌ای قرار گرفته‌اند معمولاً کمربندهایی با مساحت بسیار زیاد را تشکیل می‌دهند که طول آنها به صدها یا هزاران کیلومتر و عرض‌شان به دهها کیلومتر می‌رسد.

۱-۲-۲- رده‌بندی دگرگونی ناحیه‌ای بر اساس فشار و حرارت P/T

به‌نظر هارکر (Harker, 1932) تمام کمپلکس‌های دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده از لحاظ خصوصیات کانی‌شناسی کم و بیش به یکدیگر شبیه هستند.

رده‌بندی سه‌گانه مطرح شده در زیر یک رده بندی مقدماتی از کمپلکس‌های دگرگونی ناحیه‌ای است که بر مبنای موقعیت منحنی‌های دما-فشار صورت گرفته است. این سه رده با توجه به روابط پایداری پلی‌مرف‌های Al_2SiO_5 ، آمفیبول از نوع گلوکوفان و ژادئیت+کوارتز معرف شده‌اند و به شرح زیر می‌باشند.

۱-۲-۲-۱- نوع P/T پایین (یا سری آندالوزیت-سیلیمانیت)

۱-۲-۲-۲- نوع P/T متوسط (یا سری کیانیت-سیلیمانیت)

۱-۲-۲-۳- نوع P/T بالا (یا دگرگونی گلوکوفانی)

۱-۲-۳- زمین‌شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده در مناطقی با نسبت P/T

متفاوت

از قرن نوزدهم مشخص شده بود که سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای که در کمربندهای گسله و چین‌خورده قرار گرفته‌اند، در نتیجه دگرگونی ناحیه‌ای مربوط به کوهزایی است (Barrow, 1893). در نیمه اول قرن بیستم ارتباط دگرگونی و دگرشکلی با استفاده از تئوری ژئوسینکلینال تفسیر می‌شد. در سی سال گذشته پیشرفت‌های تکتونیک صفحه‌ای و پیشرفت‌های بعدی در مطالعه محیط تکتونیک دگرگونی ناحیه‌ای نشان داد که دگرگونی ناحیه‌ای در محیط‌های تکتونیک متفاوت صورت می‌گیرد که درجه حرارت پوسته قاره‌ای زمین در مقیاس ناحیه‌ای افزایش یابد. افزایش درجه حرارت در پوسته‌ی زمین در محیط‌های مختلف تکتونیک به دلایل متفاوت انجام می‌پذیرد و توسط عوامل متعددی کنترل می‌شود از جمله، ضخامت و ترکیب پوسته زمین، میزان و انتشار عناصر رادیواکتیو، جریان ماگمایی گوشته به پوسته زمین، هدایت گرمایی سنگ‌ها، میزان فرسایش و غیره (Miyshiro, 1994).

محیط‌های تکتونیک و دگرگونی ناحیه‌ای در این قسمت به‌طور خلاصه مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱-۲-۳-۱- زمین‌شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه‌ای پیش‌رونده در مناطقی با نسبت

P/T پایین

به‌علت آنکه در دگرگونی ناحیه‌ای نوع P/T پایین فشار و ترکیب شیمیایی سنگ از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر تغییر می‌کند، بنابراین این نوع دگرگونی تنوع لیتولوژی زیادی نشان می‌دهد. انواع سنگ‌های نوع P/T پایین در قوس‌های قدیمی، مناطق برخوردی و مناطق کشش قاره‌ای مشاهده می‌شوند. در متاپلیت‌های دگرگون شده در این شرایط وجود کردیریت در درجات دگرگونی پایین و بالا امری متداول است ولی استارولیت وجود ندارد یا اینکه بسیار نادر است. در متاپلیت‌های عادی این