



نودین سال تأسیس دانشکاه تربیت معلم ۱۳۸۸

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت معلم

دانشکده علوم-گروه زمین شناسی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد زمین شناسی

گرایش پترولوژی

عنوان پایان نامه

ژئوشیمی و پترولوژی سنگهای ماگمایی ترشیری

و لیستونیت های جنوب خاوری بیرجند

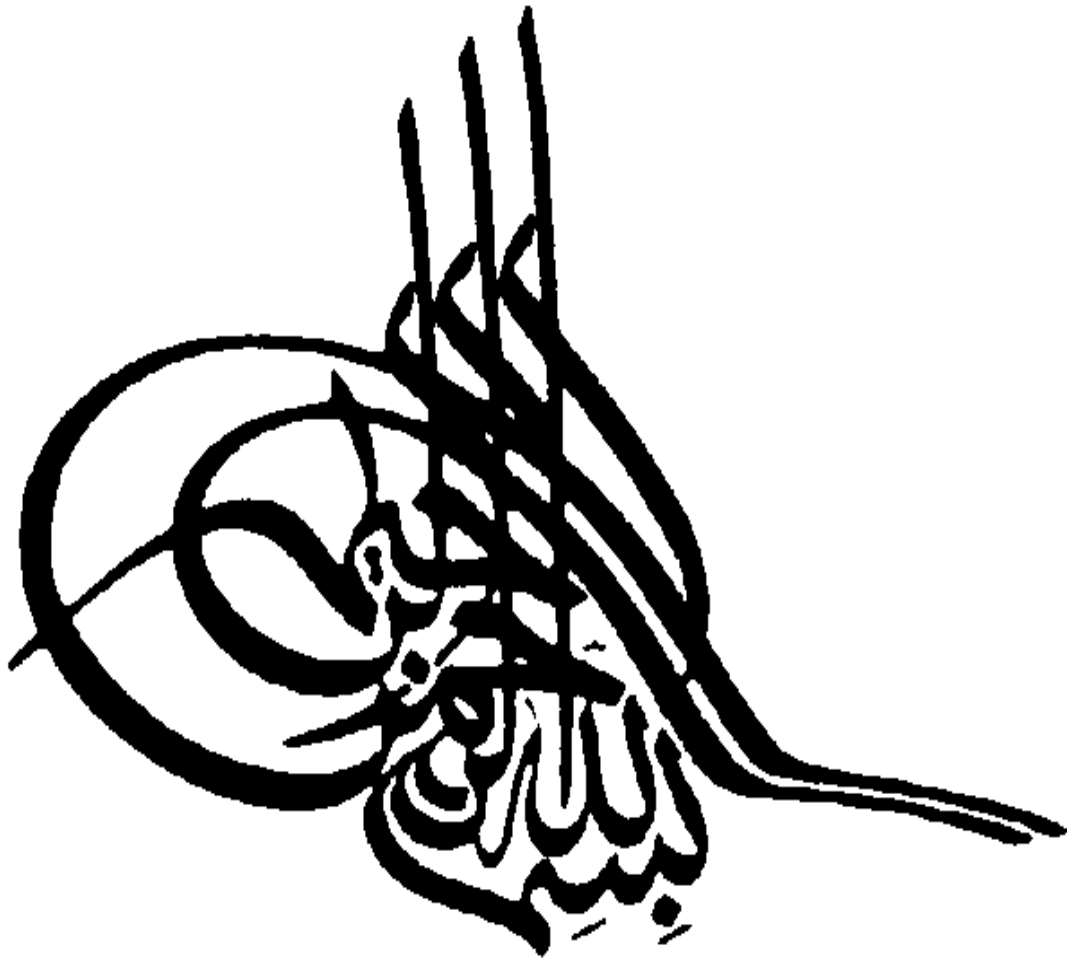
استاد راهنما

دکتر صدرالدین امینی

نگارش

امیر اسکندری

تابستان ۸۸



تقریب به :

همه کسانی که دوستشان دارم

## چکیده

منطقه مورد مطالعه در ۱۲۰ کیلومتری جنوب خاوری بیرجند و در مسیر جاده بیرجند - سریشه - درج قرار دارد. از نظر زمین شناسی، این منطقه در زون جوش خورده سیستان واقع شده و بخشی از آمیزه افیولیتی شرق ایران است. در این مطالعه، بخشی از سنگهای آذرین جوانتر از مجموعه افیولیتی با سن احتمالی الیگومیوسن مورد بررسی قرار گرفتند. سنگهای مورد مطالعه بر اساس شواهد صحرایی، مطالعات پتروگرافی و رده بندی شیمیایی، شامل سنگهای نفوذی نیمه عمیق با ترکیب میکرودیوریت-کوارتز دیوریت، سنگهای نفوذی با ترکیب گرانودیوریت و سنگهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت بازالتی می باشند.

بافت غالب سنگهای نفوذی نیمه عمیق و آتشفشانی، پورفیری و گلوپورفیری است. برخی از ویژگیهای بافتی مانند وجود انکلاوهای مافیک، وجود بیگانه بلورها با حاشیه واکنشی، منطقه بندی نوسانی، بافت غربالی، حاشیه گرد شده و خلیج خوردگی کوارتزها حاکی از عدم تعادل بلور با مذاب و از نشانه های اختلاط ماگمایی به صورت تزریق ماگمای مافیک تر و داغ تر به درون مخزن ماگمایی و وجود یک سیستم باز هستند. بررسی روند تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در نمودارهای هارکر و سایر نمودارهای دوتائی و مدلسازی های ژئوشیمیایی نیز پدیده اختلاط ماگمایی را تأیید می نمایند. با استفاده از مطالعات نوین پتروگرافی و اندازه گیری کمی بافتها شامل پراکندگی اندازه بلورها (CSD)، شکل بلورها (S) و آرایش فضائی بلورها (SDP) برخی فرآیندهای فیزیکی حاکم بر تشکیل سنگهای مورد بررسی به صورت چرخه های هسته بندی و رشد بلورها، تزریق ماگمای بازیک و رخداد درشت شدگی بافتی بازسازی و مدلسازی شد که در نهایت با هسته بندی و رشد بلورهای ریز زمینه خاتمه می یابدولی در تشکیل آندزیت بازالتها تنها فرایند کنتیکی هسته بندی و رشد بلورها موثر بوده است. ویژگیهای ژئوشیمیایی سنگها مانند نسبت بالای Sr/Y، Na<sub>2</sub>O، بالا و نسبتهای و محتوای بالای Cr و Ni آنها را در شمار آداکیتها قرار می دهد که می تواند تأییدی بر یک منشا فرورانشی باشد، بدینسان که ممکن است این سنگها از ذوب پوسته اقیانوسی فرورانده حاصل شده باشند.

دگرسانی متاسوماتیک/ گرمابی سنگ های الترامافیک سرپانتینی شده و سرپانتینیت ها منجر به تشکیل طیف گسترده ای از لیستونیت ها و متاسوماتیت های شبه لیستونیتی شده است. لیستونیت ها به چند دسته لیستونیت های کربناته، سیلیسی - کربناته، سیلیسی، آهن دار و میکائی - سیلیکات آبدار و شبه لیستونیت ها به دو گروه بیریریت و آرژیلزیت تقسیم شدند. وجود سنگ میزبان مناسب و فعالیتهای تکتونیک از عوامل اصلی موثر در تشکیل این مجموعه ها، بوده اند. ناهنجاری Cu و Au بیشتر در ارتباط با لیستونیت های حاوی کانی های سیلیسی، بیریریت ها و رگه های کوارتز تاخیری وجود دارد. ذرات طلا به کمک مطالعات میکروسکوپی و SEM در برخی نمونه ها شناسائی شد. بقایای بافت مشبک سرپانتینیت ها، غلظت بالای Ni و Cr و فراوانی کرم اسپینل در نمونه های مطالعه شده از جمله شواهد پرتولیت الترامافیک می باشند. در این نوشتار برای نخستین بار در ایران به وجود سنگهای شبه لیستونیتی با نام آرژیلزیت در مجموعه های افیولیتی اشاره می شود.

## سپاسگذاری

سپاس خدای را که خود را به ما شناساند و شکر خود را به ما الهام کرد و درهای پروردگارش را به روی ما گشود. سپاس و ستایش پروردگاری را که الطاف کریمانه اش در گذرگاه رستن همواره سایه گستر وجودم بوده تا بتوانم در پناه الطاف خاصه اش، توفیق آن یابم که در راه علم و دانش قدمی هر چند ناچیز بردارم.

سپاس و درود بر کسانی که زورق اندیشه ام را در دریای پر تلاطم سختیها و مشکلات به ساحل امن معرفت رهنمون گشتند. بی گمان این پژوهش بدون همراهی بسیاری از عزیزان به پایان نمی رسید.

از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر امینی که در همه مراحل، مرایاری رساندند تشکر می کنم و همواره قدردان زحمات ایشان هستم. از مشاوره اساتید ارجمند پترولوژی، آقایان دکتر رضوی و دکتر مسعودی بهره برده ام که سپاس خود را در اینجا از نامبردگان اعلام می دارم. از مدیر گروه زمین شناسی جناب آقای دکتر محرابی و ریاست محترم دانشکده علوم، جناب آقای دکتر فیاضی که بی دریغ در حل مشکلات دانشجویان می کوشند، و کلیه اساتید و کارکنان محترم گروه قدردانی می کنم. از جناب آقای دکتر میرنژاد که زحمت داوری را به عهده داشتند و با کمال دقت، متن پایان نامه را مطالعه و اصلاح نمودند بسیار متشکرم. جا دارد که از مدیریت و کارکنان شرکت مهندسین مشاور پیچاب کاوش که در انجام این پژوهش و در اختیار نهادن تسهیلات و داده ها یاری رسان بنده بودند به ویژه آقایان مهندس بهروزی و مهندس بکریان که در سهای زمین شناسی صحرایی را به من آموختند، و آقای مهندس ملک تشکر کنم. شایسته است از اساتید خارجی که مقالات و راهنمایی های خود را بی هیچ چشمداشتی در اختیار بنده گذاشتند سپاسگذارم. از آقای مهندس دوستی مسئول آزمایشگاه XRF دانشگاه و از کلیه دوستان و همکارانم که نقشی در تکمیل این پژوهش داشته اند و ذکر نام کلیه آنها ممکن نیست تشکر می کنم.

از پدر و مادر عزیزم که همواره مشوق بنده بوده اند و زندگی و موفقیت خود را مدیون آنها هستم بسیار سپاسگذارم.

# فہرست

## فصل اول: کلیات و زمین شناسی عمومی

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.....	۲
۳-۱- راههای ارتباطی و نحوه دستیابی به منطقه.....	۳
۴-۱- آب و هوا، پوشش گیاهی و جانوری و شرایط اجتماعی منطقه.....	۳
۵-۱- مروری بر زمین ریخت شناسی محدوده.....	۵
۶-۱- تاریخچه مطالعات قبلی.....	۷
۷-۱- هدف از مطالعه.....	۸
۸-۱- مراحل انجام کار.....	۹
۹-۱- زمین شناسی عمومی.....	۹
۱-۹-۱- واحدهای سنگ شناسی منطقه مورد نظر.....	۱۲
۲-۹-۱- تکتونیک منطقه مورد مطالعه.....	۱۶
۱-۲-۹-۱- گسلها در منطقه مورد مطالعه.....	۱۷
۲-۲-۹-۱- درزهها در منطقه مورد مطالعه.....	۲۰
۳-۲-۹-۱- چینها در منطقه مورد مطالعه.....	۲۰

## فصل دوم: زمین شناسی صحرائی و پتروگرافی

۱-۲- مقدمه.....	۲۳
۲-۲- رده بندی شیمیایی.....	۲۳
۱-۲-۲- نمودارهای TAS.....	۲۳
۲-۲-۲- رده بندی دلاروش و همکاران (۱۹۸۰).....	۳۰
۳-۲-۲- رده بندی بر مبنای عناصر کمیاب.....	۳۱
۳-۲- زمین شناسی صحرائی و پتروگرافی.....	۳۲
۱-۳-۲- سنگهای نفوذی نیمه عمیق.....	۳۲
۲-۳-۲- سنگهای نفوذی.....	۳۶
۳-۳-۲- سنگهای آتشفشانی.....	۳۷
۴-۲- ویژگیهای مهم بافتی و تفسیر و تحلیل آنها.....	۳۹

۳۹	۲-۴-۱- بافت پرفیری
۴۰	۲-۴-۲- بافت گلوپورفیری
۴۰	۲-۴-۳- انکلاوهای مافیک
۴۱	۲-۴-۴- منطقه بندی و بافت غربالی در کانی ها
۴۳	۲-۴-۵- بافت افتیک
۴۴	۲-۴-۶- وجود بیگانه بلورها و حاشیه های واکنشی
۴۴	۲-۴-۷- حاشیه های گرد شده و حالت های خلیجی در کوارتز
۴۹	۲-۵- خلاصه و نتیجه گیری

### فصل سوم: ژئوشیمی و پترولوژی

۵۱	۳-۱- مقدمه
۵۱	۳-۲- تغییرات شیمیائی عناصر
۵۲	۳-۲-۱- تغییرات عناصر اصلی
۵۶	۳-۲-۲- تغییرات عناصر کمیاب
۵۸	۳-۳- تعیین سری ماگمایی
۵۹	۳-۴- ویژگی های آداکتی سنگ های آذرین مورد مطالعه
۶۳	۳-۵- الگوی تغییرات عناصر کمیاب و نمودارهای عنکبوتی
۶۶	۳-۶- مدلسازی ژئوشیمیائی فرآیندهای تشکیل دهنده سنگ های منطقه
۶۶	۳-۶-۱- مدلسازی عناصر اصلی
۶۹	۳-۶-۲- مدلسازی عناصر کمیاب
۷۷	۳-۷- تعیین تیپ گرانیتوئیدها
۷۸	۳-۸- تعیین محیط تکتونیکی
۷۹	۳-۹- بحث در مورد پتروژنز
۸۱	۳-۱۰- خلاصه و نتیجه گیری

### فصل چهارم: مطالعات نوین پتروگرافی

۸۴	۴-۱- مقدمه
۸۵	۴-۲- روش برداشت داده ها
۹۱	۴-۳- روش مطالعه
۹۱	۴-۳-۱- پراکندگی اندازه بلورها (CSD)
۹۷	۴-۴- نظریه CSD
۹۹	۴-۵- شکل منحنی های CSD
۱۰۶	۴-۶- درشت شدگی بلورها
۱۱۰	۴-۷- مدلسازی شکل بلورها



۱۱۰	.....	۱-۷-۴	مقدمه
۱۱۱	.....	۲-۷-۴	روش‌های اندازه‌گیری کمی شکل
۱۱۸	.....	۳-۷-۴	بحث
۱۲۴	.....	۸-۴	آرایش فضائی دانه‌ها و بلورها در سنگهای آذرین
۱۲۴	.....	۱-۸-۴	مقدمه
۱۲۵	.....	۲-۸-۴	روش مطالعه
۱۲۹	.....	۳-۸-۴	بحث
۱۳۵	.....	۹-۴	مدل تشکیل بافت سنگها

## فصل پنجم: کانی شناسی و ژئوشیمی لیستونیت‌ها و سنگ‌های شبه

### لیستونیتی

۱۳۹	.....	۱-۵	مقدمه
۱۳۹	.....	۲-۵	تاریخچه
۱۴۰	.....	۳-۵	رده بندی لیستونیت‌ها
۱۴۲	.....	۳-۵	لیستونیت‌های خاور ایران
۱۴۲	.....	۴-۵	زمین شناسی صحرائی و کانی شناسی متاسوماتیت‌ها و سنگهای میزبان در محدوده مطالعاتی
۱۴۳	.....	۵-۵	زمین شناسی صحرائی و کانی شناسی سنگهای میزبان
۱۴۴	.....	۱-۵-۵	پریدوتیت‌ها
۱۴۵	.....	۲-۵-۵	سرپانتینیت‌ها
۱۴۸	.....	۶-۵	زمین شناسی صحرائی و کانی شناسی متاسوماتیت‌ها در محدوده مطالعاتی
۱۴۸	.....	۷-۵	لیستونیت‌ها
۱۵۲	.....	۸-۵	سنگ‌های شبه لیستونیتی
۱۵۹	.....	۹-۵	طلا در لیستونیت‌ها و شبه لیستونیت‌های منطقه
۱۶۴	.....	۱۰-۵	بحث در خصوص پروتولیت سنگ‌های متاسوماتیک
۱۶۷	.....	۱۱-۵	ژئوشیمی عناصر کمیاب
۱۷۲	.....	۱۲-۵	تحلیلی بر ژئوشیمی و کانی سازی منطقه
۱۷۴	.....	۱۳-۵	بحث در مورد شرایط تشکیل متاسوماتیت‌ها
۱۷۹	.....	۱۴-۵	خلاصه و نتیجه گیری

# فصل اول

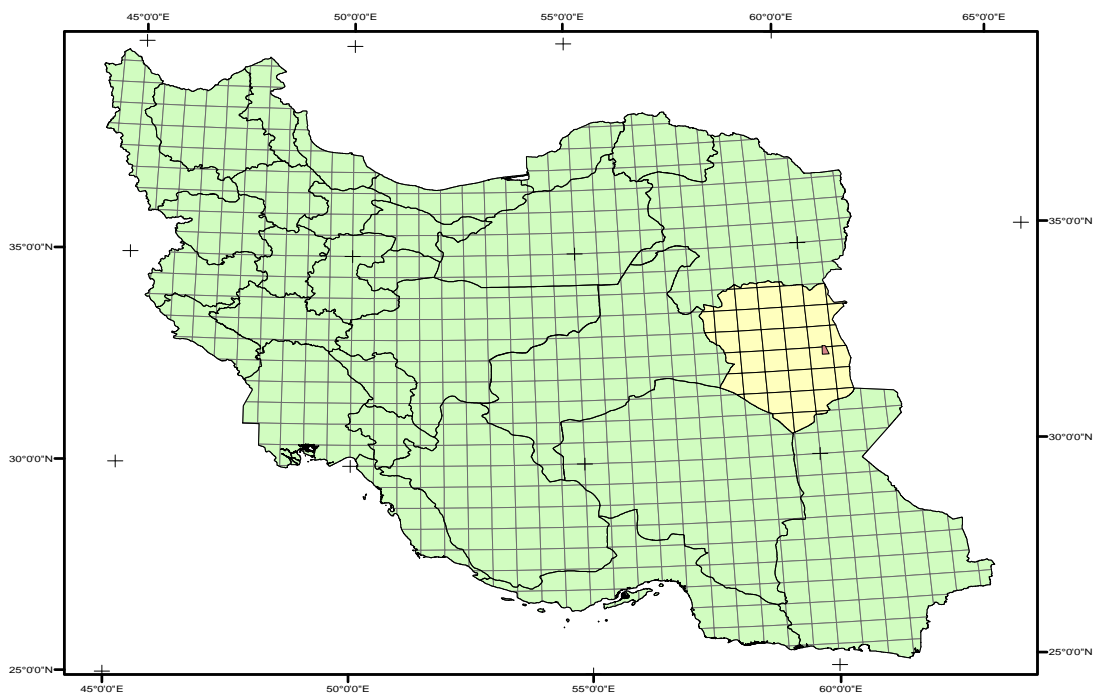
## کلیات و زمین شناسی عمومی

## ۱-۱- مقدمه

در این فصل، موقعیت جغرافیایی منطقه، راههای دستیابی به منطقه مورد مطالعه، آب و هوا، پوشش گیاهی و جانوری، ژئومورفولوژی و ویژگی های انسانی و اقتصادی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین تاریخچه مطالعات قبلی و هدف از مطالعه نیز آورده شده است. در بخش بعدی این فصل، مختصری از زمین شناسی عمومی و تکتونیک منطقه مورد مطالعه ارائه می شود.

## ۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در شرق ایران، جنوب شرقی بیرجند، در استان خراسان جنوبی و در نزدیکی مرز ایران و افغانستان بین طولهای جغرافیایی E 0242718 تا E 0256841 (۶۰° - ۱۴') تا ۲۲' - ۶۰° و عرضهای جغرافیایی 3602825 تا 3580317 (۲۱' - ۳۲° تا ۲۸' - ۳۲°) قرار گرفته است (شکل‌های شماره ۱-۱ و ۱-۲).



شکل ۱-۱: نشان دهنده موقعیت استان خراسان جنوبی و محدوده مورد مطالعه در ایران (منطقه مورد مطالعه با چهارضلعی قرمز مشخص شده است)

### ۳-۱- راههای ارتباطی و نحوه دسترسی به منطقه

برای دسترسی به منطقه مورد مطالعه، باید جاده آسفالتی درجه یک بیرجند - سریشه را پیموده و سپس از سریشه وارد جاده آسفالتی فرعی درج شد که ۷۵ کیلومتر طول دارد. مسیر سریشه به درج، دقیقا از میان محدوده مطالعاتی عبور می کند و با استفاده از برخی جاده های فرعی می توان به بخشهای مختلف از محدوده دسترسی داشت.

مسیر بیرجند - سریشه یک جاده آسفالتی درجه یک اصلی، مسیر سریشه - درج یک جاده آسفالتی فرعی و تعدادی از مسیرهای فرعی که از جاده سریشه - درج جدا می شوند جاده های آسفالتی درجه ۳ و یا مسیرهای دسترسی خاکی هستند که دارای کیفیت قابل قبولی می باشند. به دلیل وجود محدوده های معدنی متعدد، جاده های خاکی زیادی کشیده شده اند که دسترسی به نقاط مختلف محدوده را آسانتر می سازند. در شکل ۱-۲ برخی راههای دسترسی به محدوده نشان داده شده اند.

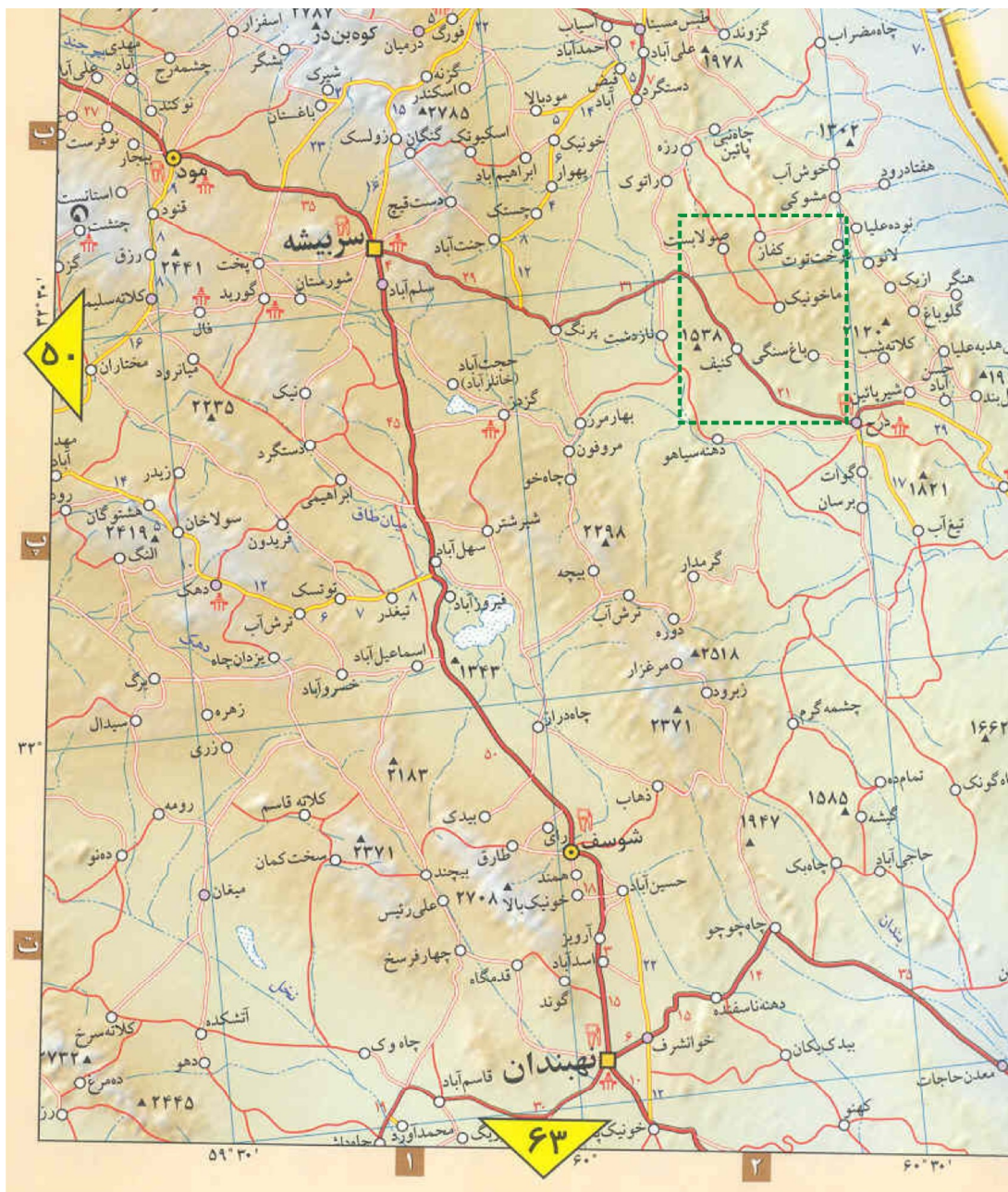
### ۴-۱- آب و هوا، پوشش گیاهی و جانوری و شرایط اجتماعی منطقه

آب و هوای منطقه دارای ویژگی های نیمه بیابانی است که در تابستانها بسیار گرم و در زمستانها سرد و خشک است. بیشینه دمای آن بیش از ۴۰ درجه در تابستان و کمترین آن در زمستان تا -۱۰ درجه سانتی گراد است. این منطقه جزو بخشهای کویری با متوسط بارندگی بسیار اندک و به طور معمول کمتر از ۱۵۰ میلی متر در سال است. پوشش گیاهی در این منطقه کویری بسیار ناچیز است و به تبع آن از نظر تراکم جانوری نیز بسیار فقیر می باشد.

تراکم روستاها در این بخش بسیار پایین و تنها چند روستای کنیف، باغ سنگی، توتک، خارستان در محدوده مطالعاتی وجود دارد و نزدیکترین روستای اصلی به این منطقه درج می باشد که خارج از محدوده مطالعاتی است. تعداد خانوارها در هر روستا محدود به ۴ تا ۶ خانوار، و جمعیت آنها به جز درج کمتر از ۵۰ خانوار است.

در این منطقه تقریبا کشاورزی وجود ندارد و تعداد اندکی زمین کشاورزی و باغات در اطراف روستاها وجود دارند که محصولات کشاورزی تولیدی شامل گندم و جو است. مردم این منطقه بیشتر به کار معدنکاری و به مقدار کمتر، کشاورزی و دامداری اشتغال دارند. اکثر رودخانه

های منطقه که در واقع رود فصلی و مسیل هستند، به حوضه های آبریز کوچک و بسته ای وارد می شوند و در نتیجه پهنه های گلی را ایجاد می نمایند. آب چندان در این آبراهه ها جاری نمی شود و فقط در هنگام بارندگی آب اندکی در آنها وجود دارد. آب اهالی از قناتهای نه چندان آبدار منطقه تامین می شود.



شکل ۱-۲: راههای دسترسی به محدوده (محدوده اصلی مورد مطالعه به صورت تقریبی با چهارگوش سبز مشخص گردیده است). فواصل راهها بر روی نقشه درج گردیده و مقیاس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ می باشد.

## ۱-۵- مروری بر زمین ریخت شناسی محدوده

ریخت شناسی محدوده مطالعاتی را می توان با توجه به موقعیت مکانی بخشهای مرتفع و بخشهای کم ارتفاع به دو بخش تقسیم کرد. بخشهای مرتفع، محل رخنمون واحدهای سنگ شناختی عموماً آذرین و بخشهای کم ارتفاع و کم شیب دشت میانی را می توان محل گسترش نهشته های جوان کواترنر معرفی نمود، هر چند که در بخش کم ارتفاع، تپه ماهورهایی از جنس رخنمونهای آذرین نیز دیده می شود.

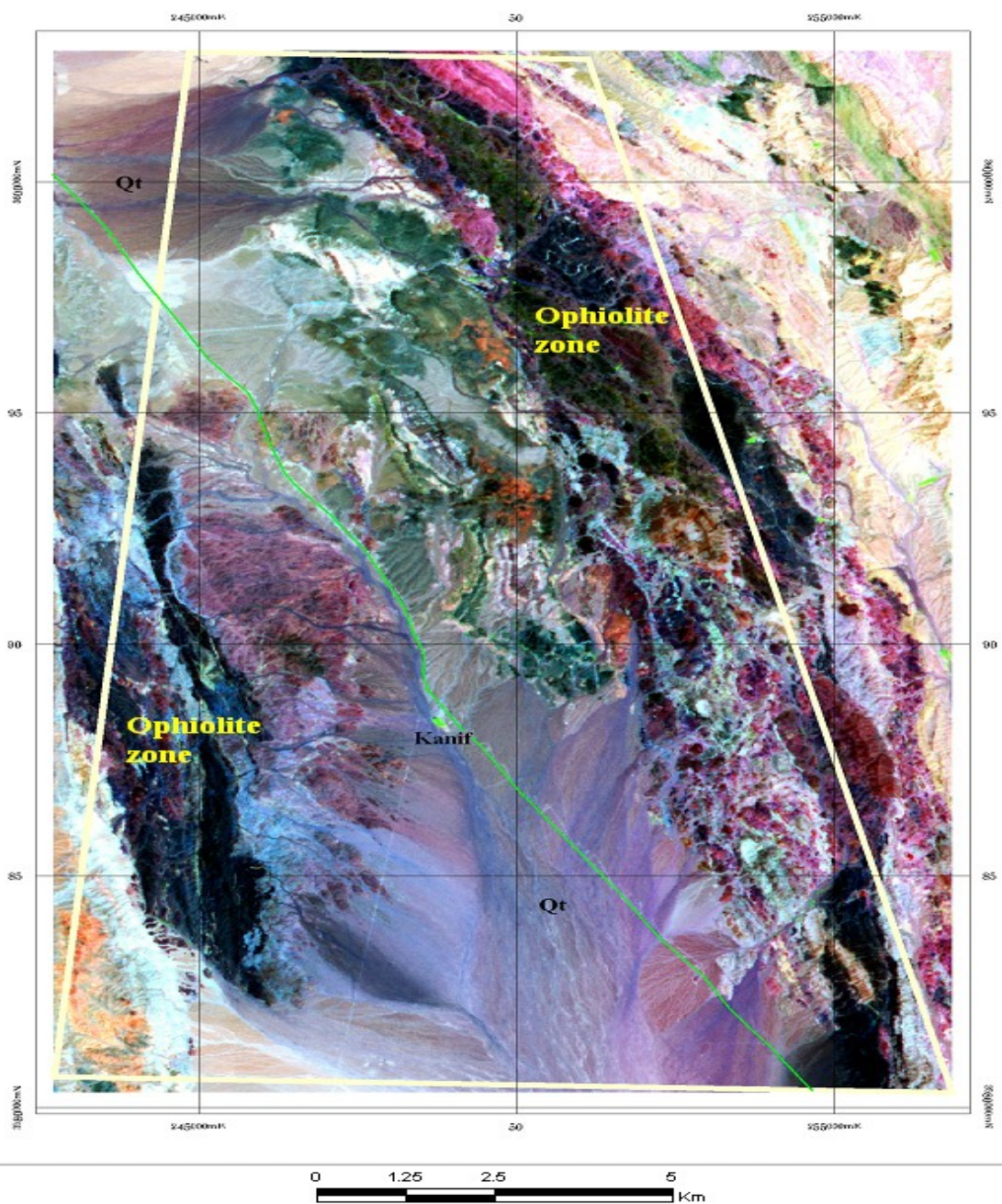
همانطور که در شکل ۱-۳ دیده می شود، نهشته های رسوبی و مخروط افکنه های کواترنر گستره به نسبت وسیعی از مرکز محدوده را پوشانده است. اما گستره محدوده در بخش شرقی و غربی در بر دارنده رخساره های سنگهای آذرینی است که در هر دو طرف بخشهای مرتفعتری را بوجود آورده اند. بعبارتی دیگر، یک دشت سیلابی که در دو طرف خود دارای مناطق مرتفعی است.

آنچه که این ریخت شناسی را بوجود آورده، تاثیر نیروهای زمین ساختی در طی تاریخ تکوین این ناحیه در طی مراحل متوالی کوهزائی است. به این معنی که تاثیر چندین دوره اعمال نیرو به همراه دوره هایی از فعالیتهای ماگماتیسم و ولکانیسم و همزمان با ایجاد ساختهای تکتونیک با منشاء فشارشی و کششی در مجموع ویژگیهای زمین ریختی حال حاضر ناحیه را ایجاد کرده اند. بطور کلی در این محدوده دو سیمای زمین ریختی کاملاً متمایز از یکدیگر وجود دارند:

۱) بخش اول شامل نواحی پست و کم ارتفاع در بخش میانی محدوده که با رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه های کواترنر پوشیده شده و سیمای هموار و مسطحی ایجاد شده و در مواردی با تپه ماهورهایی از جنس رسوبات فلیشی کرتاسه یا رخنمونهای آذرین همراه هستند.

۲) بخش دوم شامل نواحی مرتفع و نیمه مرتفع در بخشهای شرقی و غربی محدوده می باشد. حضور توده های آذرین متعلق به توالی افیولیتی (به خصوص بخش الترامافیک) و نیز مجموعه دگرگونی با رخساره گلوکوفان شیبست با روند عمومی شمال - جنوب، رشته کوه های مرتفعی در منطقه ایجاد کرده است. از دیگر ارتفاعات مهم منطقه می توان به کوه رضا (رزه) با ۲۱۱۲ متر

ارتفاع و از جنس آهک و کوه جاج با ترکیب کوارتز دیوریتی (شکل ۲-۷) اشاره نمود. توده های آذرین ساب ولکانیک در بخش های جنوبی نیز ارتفاعات قابل توجهی (تا حداکثر ۲۰۰۰ متر) دارند و به تبعیت از این کوهها دره های عمیقی نیز در منطقه وجود دارد که بعضی از آنها شیب بسیار زیادی نیز دارند.



عکس شماره ۱-۳: تصویر ماهواره ای پردازش شده که نشان دهنده گستره عمومی و زمین ریخت محدوده مطالعاتی است. رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه های کواترنر (*Qt*) در بخشهای وسیعی از منطقه به ویژه در میانه آن پراکنده اند و در بخشهای شرقی و غربی نیز رخنمونهایی از سنگهای مجموعه افیولیتی (*Ophiolite zone*)

وجود دارند. موقعیت روستای کنیف (*Kanif*) نیز به جهت توجیه موقعیت جغرافیائی محدوده به صورت تقریبی به نمایش درآمده است (مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰).

#### ۱-۶- تاریخچه مطالعات قبلی

در این منطقه به دلایلی از جمله نزدیکی به مرز و وضعیت نامناسب امنیتی در گذشته، شرایط آب و هوایی و نداشتن راههای دسترسی مناسب و دوری از مراکز جمعیتی، مطالعات زمین شناسی انگشت شماری صورت گرفته است.

نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گزیک در سال ۱۳۶۹ توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور به چاپ رسیده و در شرح این نقشه (افتخارنژاد و همکاران، ۱۹۹۰) اطلاعات کلی از زمین شناسی محدوده مورد نظر نیز موجود می باشد. نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ پورنگ نیز منتشر شده است که می تواند با جزئیات بیشتر، اطلاعاتی از زمین شناسی محدوده را در اختیار بگذارد. مهمترین و جامع ترین تحقیق در رابطه با پترولوژی این منطقه را فتوحی راد در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد (۱۳۷۵) و رساله دکترای خود (۱۳۸۳) به انجام رسانده و مقالاتی نیز توسط فتوحی راد و امینی (۱۳۸۱ و ۱۳۸۳) و فتوحی راد و همکاران (۲۰۰۵)، منتشر شده است. با این وجود ایشان توجه خود را بیشتر به مجموعه افیولیتی و سنگهای دگرگونی مرتبط با آن معطوف داشته اند و در مورد سایر سنگهای آذرین منطقه به تحقیق مختصری بسنده نموده اند. به جز این، مطالعات پترولوژی دیگری مربوط این منطقه وجود ندارد. وفائی نژاد (۱۳۸۰) نیز در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به تحلیل ساختارهای تکتونیک ملانژها و فاسیسهای فشار بالا در منطقه سیاه دره در جنوب شرق بیرجند، پرداخته است.

در مناطق دیگری از بیرجند و گستره استان خراسان جنوبی نیز مطالعاتی انجام شده که به اختصار شامل موارد ذیل هستند:

قربانی و وثوقی عابدینی (۱۳۷۷) با بررسی پتروگرافی و ژئوشیمیائی سنگهای نئوژن - کواترنر منطقه سریشه در جنوب شرق بیرجند (غرب منطقه مورد نظر) به این نتیجه رسیده اند که آندزیت ها و داسیت ها و بازالت های منطقه خصوصیات ژئوشیمیائی مشابه سنگ های کالک آلکالن غنی از



پتاسیم مناطق فرورانش (مانند آندزیت های آند) را به نمایش می گذارند و به لحاظ ژنتیکی، آندزیت ها و داسیت ها با هم مرتبط ولی با بازالتها غیر مرتبط هستند.

در بررسی دیگری بر روی ولکانیسم ترشیری شمال بیرجند (شمال و شمالغرب منطقه مورد نظر) جایگاه ژئودینامیکی مجموعه های آتشفشانی ترشیری با استفاده از ژئوشیمی عناصر کمیاب مورد ارزیابی قرار گرفته است (اله پور و همکاران، ۱۳۸۰) و تعلق این ترکیبات به گدازه های کالکوآلکالن حاشیه قاره ای و متاثر از فرآیندهای کوهزائی مورد تایید قرار گرفته است. زرین کوب و خطیب (۱۳۸۰)، سنگهای آندزیتی و داسیتی جنوب باختری بیرجند (غرب و جنوب غرب منطقه مورد نظر) را بررسی نموده و بر پایه شواهد پتروگرافی تکتونیک و ژئوشیمیائی، این سنگ ها را در زمره آندزیت های کالک آلکالن کوهزائی قرار داده اند. کانی شناسی و ژئوشیمی الیوین بازالتهای مود در شرق بیرجند (غرب منطقه مورد نظر) توسط قربانی (۱۳۸۵) مورد ارزیابی قرار گرفته و این سنگها را مشابه با سنگهای محیط های فرورانشی دانسته که از ذوب بخشی منشا گوشته ای به وجود آمده اند. یوسف زاده و همکاران (۱۳۸۵) و اله پور (۱۳۸۴) نیز در مورد سنگهای آندزیتی و ساب ولکانیک در منطقه شمال بیرجند مطالعاتی داشته اند و نتایج مشابهی را اعلام نموده اند.

لازم به ذکر است که اگرچه تاکنون مطالعه لیستونیت ها در اطراف بیرجند در چند نقطه به انجام رسیده (زرین کوب، ۱۳۷۲؛ زرین کوب و همکاران، ۱۳۸۴؛ عابدی، ۱۳۷۶؛ عابدی و ضیائی، ۱۳۷۸) و عابدی (۱۹۹۹) ولی هیچ گونه مطالعات دقیق و تفصیلی بر روی لیستونیت های محدوده مورد نظر انجام نشده است.

#### ۷-۱- هدف از مطالعه

اهداف این پژوهش به طور خلاصه شامل موارد ذیل بوده است:

- مطالعات زمین شناسی صحرائی، پتروگرافی و پترولوژی سنگهای آذرین سنوزوئیک (جوانتر از مجموعه افیولیتی) و به ویژه سنگهای نفوذی نیمه عمیق در منطقه مطالعاتی.

- بررسی ژئوشیمی، سری ماگمایی، خاستگاه ماگمایی، منشا و محیط تکتونیکی سنگهای آذرین مورد نظر.

- انجام تعبیر و تفسیرهای پترولوژیکی بر اساس مطالعات میکروسکوپی و نیز بر اساس نتایج تجزیه های شیمیائی عناصر اصلی، فرعی و جزئی سنگهای منطقه (به روش XRF).

- تعیین فرآیندهای فیزیکی تشکیل دهنده بافت سنگهای آذرین به کمک مطالعات نوین پتروگرافی و اندازه گیری کمی بافت ها.

- مطالعات کانی شناسی و ژئوشیمیائی لیستونیت ها و بحث در مورد ژنز و پروتولیت اولیه آنها. رده بندی کانی شناسی لیستونیت ها و تعیین قابلیت کانه زائی هر یک از انواع لیستونیت ها.

#### ۱-۸- مراحل انجام کار

انجام این تحقیق با گردآوری اطلاعات قبلی شروع، با برداشتهای صحرائی و مطالعات آزمایشگاهی ادامه یافت و در پایان نتیجه گیری براساس تجزیه و تحلیل داده ها، انجام شد. جزئیات مراحل انجام کار به شرح زیر است:

۱) جمع آوری منابع شامل: مطالعات انجام شده قبلی، مقالات، گزارشها، پایان نامه ها و سایر تحقیقات انجام شده.

۲) تهیه نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی و عکسهای هوایی و ماهواره ای منطقه مورد مطالعه.

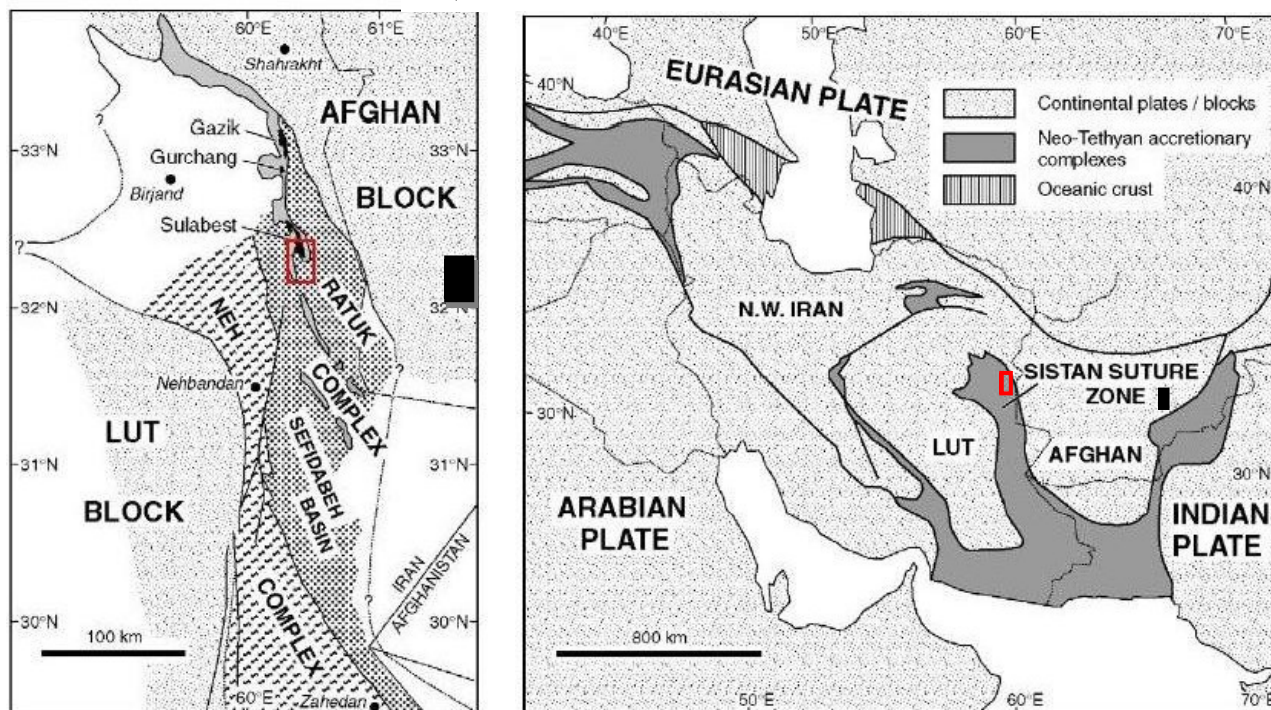
۳) انجام عملیات صحرائی شامل: نمونه برداری، بررسی و تلفیق مشاهدات صحرائی و تعیین روابط صحرائی رخنمونهای سنگی منطقه مورد مطالعه و توصیف صحرائی نمونه های سنگی.

۴) تهیه مقاطع نازک (تعداد ۱۰۰ مقطع) و نازک صیقلی و انجام مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی.

- ۵) اندازه گیری کمی بافت ها شامل بررسی پراکندگی اندازه بلورها، شکل بلورها و آرایش فضائی بلورها. جزئیات روشهای به کار برده شده در این بخش در فصل ۴ ارائه شده اند.
- ۶) انتخاب و آماده سازی ۲۰ نمونه سنگی و انجام آنالیز شیمیائی به روش XRF.
- ۷) پردازش نتایج به کمک نرم افزارهای پترولوژی و ژئوشیمی (GCDKIT, JGPET, STATISTICA و SPSS, PETROGRAPH)، تفسیر نتایج و تحلیلهای پترولوژیکی و مدلسازیهای ژئوشیمیائی.
- ۸) پالایش و پردازش مجدد داده های ژئوشیمیائی پروژه تهیه نقشه زمین شناسی اقتصادی ۱/۲۵۰۰۰ پرنج به منظور تحلیل ژئوشیمیائی لیستونیت ها.
- ۹) انجام تجزیه های نقطه ای بر روی کانیهها (به روش SEM) جهت تشخیص کانی های کمیاب و به خصوص ذرات طلا در لیستونیت ها.
- ۱۰) تهیه و تنظیم پایان نامه.
- ۹-۱- زمین شناسی عمومی
- محدوده مطالعاتی بخشی از زون جوش خورده سیستان است (تیروول و همکاران، ۱۹۸۳) (شکل های ۱-۴ الف و ۱-۴ ب). در مورد نحوه تشکیل و تکامل این زون نظریات مختلفی وجود دارد.

الف

ب



شکل ۱-۴: الف) نقشه تکتونیک عمومی خاورمیانه و موقعیت زون جوش خورده سیستان بین بلوک های لوت و افغان (تیرو و همکاران، ۱۹۸۳ اقتباس از فتوحی راد و همکاران، ۲۰۰۵) ب) موقعیت زون جوش خورده سیستان و زیرمجموعه های اصلی آن، نواحی خاکستری رنگ در میان مجموعه رتوک، رخنمون سنگ های افیولیتی افیولیت بیرجند را نشان می دهد. نواحی با رنگ مشکی رخنمون ملانژ دگرگونی مطالعه شده توسط فتوحی راد (۱۳۷۵) و (۱۳۸۳) را نشان می دهد. محدوده مطالعه شده در هر دو نقشه با چهارگوش توپر مشکی و بزرگتر (با اغراق) مشخص شده است.

این پهنه در تقسیم بندی های زمین ساختی - رسوبی صورت گرفته توسط محققین مختلف با عناوین متنوعی همچون جبال مکران - شرق ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸)، زون نهبندان - خاش (نبوی، ۱۳۵۵)، زمین درز سیستان (بربریان و کینگ، ۱۹۸۰) معرفی شده است (اقتباس از درویش زاده، ۱۳۷۰).

منطقه مورد مطالعه بخش شمالی کمپلکس رتوک را تشکیل می دهد که بخش وسیعی از آن افیولیت های شرق ایران هستند که بصورت منشورهای بهم افزوده واقع شده اند.