



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



به نام خدا



گروه زمین‌شناسی

دانشکده علوم

دانشگاه فردوسی مشهد

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

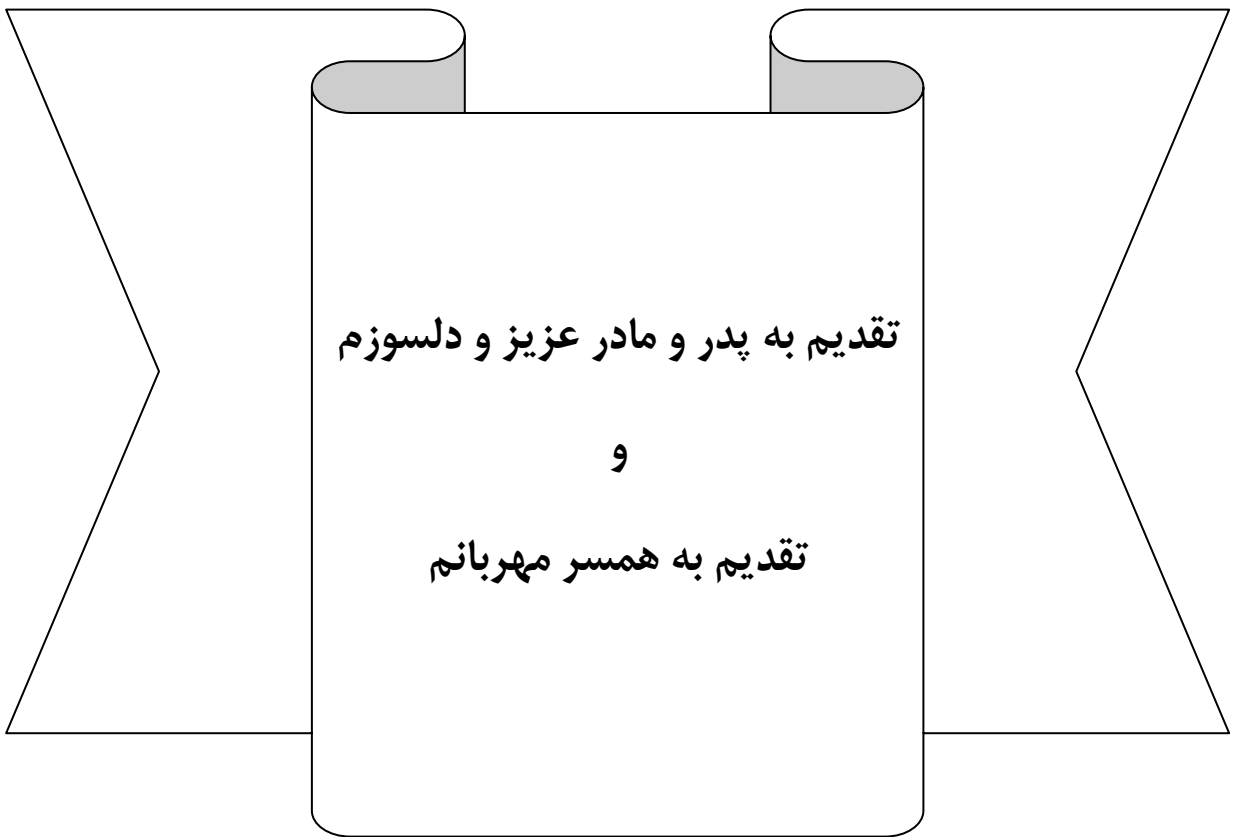
پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی چاه یوسف گناباد

استاد راهنما: دکتر سید مسعود همام

استاد مشاور: دکتر بهنام رحیمی

نگارنده: مریم اکرمی

شهریور ماه ۱۳۹۱



که این واژه خالق یکتا را سزاست که توفیق به پایان رساندن این رساله را عطا نمود. بی‌شک هیچ پژوهش و تحقیقی بدون یاری و همدلی دیگران به ثمر نمی‌رسد. در اینجا برخورد لازم می‌دانم از اساتید محترم جناب آقای دکتر سید مسعود همام استاد راهنمای پایان‌نامه و آقای دکتر بهنام رحیمی استاد مشاور پایان‌نامه بخاطر مساعدت‌های علمی و عملی و راهنمایی‌های ارزشمندشان کمال قدردانی و سپاس را ابراز نمایم.

از جناب آقای دکتر مظاهری و آقای دکتر فتوحی بابت داوری پایان‌نامه سپاسگذارم.

از کلیه دوستانی که به نحوی در مراحل مختلف اجرای پایان‌نامه در رفع مشکلات کمک نمودند بخصوص خانم‌ها مهندس سهیلا جوادی، مهندس خدیجه نصرالهی، مهندس فرزانه پرتوی‌فر و آقایان مهندس احمد شمسایی، مهندس شهروز بابازاده، مهندس هادی اقبالی، همچنین برادرزاده عزیزم علی اکرمی کمال تشکر را دارم.

از اعضای خانواده‌ام و همسر عزیزم که در تمام مراحل تحصیل همواره پشتیبان و مشوقم بوده‌اند، از صمیم قلب متشکرم.

فهرست مطالب پایان نامه

فصل اول: کلیات.....	۱
۱- ۱ مقدمه.....	۲
۱-۲ مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.....	۲
۱-۳ راههای ارتباطی منطقه.....	۴
۱-۴ جغرافیای انسانی.....	۶
۱-۵ آب و هوا و پوشش گیاهی و جانوری.....	۶
۱-۶ ژئومورفولوژی منطقه.....	۷
۱-۷ تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه و مناطق اطراف.....	۹
۱-۸ هدف از مطالعه.....	۹
۱-۹ روش مطالعاتی.....	۱۰
فصل دوم: زمین شناسی عمومی.....	۱۲
۲-۱ مقدمه.....	۱۳
۲-۲ خرد قاره ایران مرکزی.....	۱۵
۲-۳ بلوک لوت.....	۱۶
۲-۳-۱ ماگماتیسیم در فلات ایران و بلوک لوت.....	۱۷
۲-۳-۲ چینه شناسی.....	۱۸
۲-۳-۳ ماگماتیسیم و متامورفیسیم در بلوک لوت.....	۱۹
۲-۳-۴ تکتونیک و پایداری بلوک لوت.....	۲۰
۲-۴ زمین شناسی منطقه ای ورقه گناباد.....	۲۰

۲۱.....	۲-۴-۱ چینه نگاری ورقه گناباد.....
۲۲.....	۲-۴-۲ توده‌های نفوذی.....
۲۳.....	۲-۴-۳ دایک‌ها.....
۲۴.....	۲-۴-۴ زمین شناسی ساختمانی ورقه گناباد.....
۲۸.....	۲-۵ زمین شناسی محدوده مورد مطالعه.....
۲۸.....	۲-۵-۱ واحدهای سنگی محدوده مورد مطالعه.....
۲۹.....	۲-۵-۲ تکتونیک در منطقه مورد مطالعه.....
۳۰.....	فصل سوم: مطالعات پتروگرافی.....
۳۱.....	۳-۱ مقدمه.....
۳۴.....	۳-۲ واحدهای لیتولوژیک منطقه.....
۳۴.....	۳-۲-۱ بیوتیت مونزوگرانیت.....
۳۸.....	۳-۲-۲ بیوتیت سینوگرانیت.....
۴۱.....	۳-۲-۳ مونزوگرانیت پورفیروئیدی.....
۴۳.....	۳-۳ علت فراوانی بیوتیت در سنگ‌های آذرین.....
۴۳.....	۳-۴ رگه‌های پگماتیتی.....
۴۳.....	۳-۴-۱ پگماتیت‌ها.....
۴۴.....	۳-۴-۲ دلایل درشتی دانه‌ها در پگماتیت‌ها.....
۴۴.....	۳-۴-۳ محل تشکیل پگماتیت‌ها از ماگما.....
۴۴.....	۳-۴-۴ رگه‌های پگماتیتی موجود در منطقه.....
۴۶.....	۳-۵ بافت‌شناسی.....
۴۶.....	۳-۵-۱ بافت پوئیکلیتیک.....
۴۷.....	۳-۵-۲ بافت میکروگرافیکی.....

۴۷.....	۳-۵-۳ بافت گرانولار
۴۸.....	۳-۵-۴ بافت پورفیروئید
۴۸.....	۳-۵-۵ بافت پرتیت
۴۹.....	۳-۵-۶ بافت غربالی
۵۰.....	۳-۵-۷ بافت میرمکیتی
۵۰.....	۳-۵-۷-۱ فرآیندهای بوجودآورنده میرمکیت
۵۱.....	۳-۶ آنکلاوهای منطقه مورد مطالعه
۵۲.....	۳-۷ نمودار QAP برای تعیین محدوده سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه
۵۳.....	۳-۸ نمونه‌هایی از سنگ‌های دگرگونی اطراف و مجاور توده مورد مطالعه
۵۳.....	۳-۸-۱ آندالوزیت شیست
۵۴.....	۳-۸-۲ استارولیت شیست
۵۶.....	۳-۹ نتیجه‌گیری
۵۷.....	فصل چهارم: ژئوشیمی
۵۸.....	۴-۱ مقدمه
۶۲.....	۴-۲ منابع خطا در تجزیه ژئوشیمیایی
۶۲.....	۴-۳ تصحیح داده‌های حاصل از تجزیه شیمیایی
۶۳.....	۴-۴ کاربرد نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی در طبقه‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه
۶۳.....	۴-۵ طبقه‌بندی کانی‌شناسی - شیمیایی (نورماتیو) سنگ‌ها
۶۴.....	۴-۶ طبقه‌بندی شیمیایی
۶۴.....	۴-۶-۱ نمودار تاس (TAS)
۶۶.....	۴-۶-۲ نمودارهای کاتیونی

۶۶.....	R1-R2 نمودار ۱-۲-۶-۴
۶۷.....	P-Q نمودار ۲-۲-۶-۴
۶۸.....	A-B نمودار ۳-۲-۶-۴
۶۹.....	۷-۴ نمودارهای سری ماگمایی با استفاده از عناصر اصلی
۶۹.....	۱-۷-۴ نمودار AFM
۷۰.....	۲-۷-۴ نمودار K2O - SiO2
۷۱.....	۳-۷-۴ نمودار A/CNK - A/NK
۷۲.....	۴-۷-۴ نمودارهای رده‌بندی فراست و همکاران
۷۲.....	۱-۴-۷-۴ نمودار کلسیک آلکالی فراست و همکاران
۷۲.....	۲-۴-۷-۴ نمودار تفکیک سنگ‌های Mg دار و Fe دار
۷۳.....	۸-۴ بررسی تغییرات و تحولات ژئوشیمیایی سنگ‌ها به کمک نمودارهای تغییرات
۷۴.....	۱-۸-۴ نمودارهای درصد اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل درصد SiO2
۷۶.....	۲-۸-۴ نمودارهای درصد عناصر کمیاب در برابر درصد SiO2
۷۸.....	۹-۴ روند تغییرات عناصر کمیاب در نمودارهای عنکبوتی
۷۸.....	۱-۹-۴ نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب
۸۰.....	۲-۹-۴ نمودارهای عنکبوتی عناصر نادر خاکی (REE)
۸۲.....	۱۰-۴ نتیجه‌گیری
۸۳.....	فصل پنجم: منشا و جایگاه تکتونیکی
۸۴.....	۱-۵ مقدمه
۸۴.....	۲-۵ تقسیم‌بندی ژنتیکی گرانیتوئیدها
۸۶.....	۳-۵ مشخصه‌های لازم برای تشخیص گرانیت‌های نوع I و S
۸۶.....	۱-۳-۵ مشخصات صحرایی

۸۶.....	۲-۳-۵ مشخصات سنگ شناسی.....
۸۷.....	۳-۳-۵ مشخصات شیمیایی.....
۸۷.....	۴-۵ نمودارهای تفکیک انواع گرانیت‌ها.....
۸۷.....	۱-۴-۵ نمودارهای والن و همکاران جهت تفکیک گرانیت‌های تیپ A, PG, OGT.....
۸۸.....	۲-۴-۵ نمودارهای تفکیک کننده گرانیت‌های نوع I و S.....
۹۰.....	۵-۵ بررسی جایگاه تکتونیکی توده‌های گرانیتوئیدی.....
۹۰.....	۶-۵ جایگاه تکتونیکی گرانیتوئیدهای مورد مطالعه بر اساس رده‌بندی دانشمندان مختلف.....
۹۰.....	۱-۶-۵ رده‌بندی باچلور و بودن ۱۹۸۵.....
۹۱.....	۲-۶-۵ رده‌بندی مانیار و پیکولی ۱۹۸۹.....
۹۳.....	۳-۶-۵ رده‌بندی بابارین ۱۹۹۹.....
۹۴.....	۷-۵ ارزیابی سنگ منشاء گرانیتوئیدهای منطقه.....
۹۵.....	۸-۵ نتیجه‌گیری.....
۹۶.....	فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۹۷.....	نتیجه‌گیری.....
۱۰۰.....	پیشنهادات.....

چکیده:

توده گرانیتوئیدی چاه یوسف در ۷۲ کیلومتری شرق گناباد و در مختصات جغرافیایی با طول "۳۴°۲۰'۷۳" شرقی و عرض "۵۹°۱۵'۳۷" شمالی قرار دارد. این منطقه در شمال بلوک لوت واقع شده است. سن این توده نفوذی به دوره کرتاسه پایینی نسبت داده می‌شود که با امتداد شمالی-جنوبی در داخل سنگ‌های رسوبی و دگرگونی منطقه نفوذ کرده و سنگ‌های با مشخصات دگرگونی مجاورتی را به وجود آورده است. ترکیب سنگ‌های این توده نفوذی در محدوده مونزوگرانیت تا سینوگرانیت قرار می‌گیرد. مطالعات پتروگرافی و صحرایی نشانگر آنست که کانی‌های سازنده این سنگ‌ها شامل: کوارتز، پلاژیوکلاز، ارتوز، بیوتیت، کلریت، موسکویت، سرسیت، کلسیت و کانی‌های اپک می‌باشد و بافتهای اصلی آنها عبارتند از: هیپیديومورف گرانولار و پورفیری. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی ماگمای سازنده آن متعلق به سری کالکوالکالن پتاسیم بالا بوده و از نظر شاخص اشباع آلومین در قلمرو پرآلومین تا متآلومین واقع می‌شود. در نمودارهای عنکبوتی غنی‌شدگی عناصر ناسازگار La, K, Th, Rb و آنومالی منفی عناصر Ti, Nb, Sr, Ba بیانگر ایجاد ماده مذاب حاصل از منشاء پوسته‌ای است. بر اساس مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی سنگ‌های توده نفوذی مورد مطالعه در زمره گرانیتوئیدهای نوع S قرار می‌گیرد. این توده گرانیتوئیدی احتمالاً در مرحله پایانی فاز کوه‌زایی مربوط به کرتاسه در بلوک لوت به وجود آمده است و مذاب مادر آن در موقعیت بعد از برخورد و در اثر فشردگی لیتوسفر تحتانی و ذوب بخشی متاگزیواک‌ها ایجاد شده است.

فصل اول

کلیات

محدوده مورد مطالعه در ۷۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان گناباد و در شرق تا جنوب شرقی ورقه‌ی گناباد قرار گرفته است. بر طبق تقسیمات زمین‌شناسی ناحیه گیسور گناباد در زون ایران مرکزی و در شمال زیر پهنه بلوک لوت واقع شده است. توده گرانیته‌ی مورد مطالعه اغلب به شکل طویل و منقطع در سراسر این منطقه از شمال تا جنوب رخنمون دارد. با توجه به این که در مورد توده‌ی مذکور به جز نقشه زمین‌شناسی گناباد با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ گزارش کامل و جامعی در دسترس نیست لذا لازم به نظر رسید که این توده‌ی گرانیته‌ی از نقطه نظر پترولوژی و ژئوشیمی مورد مطالعه دقیق قرار گیرد.

شرق و شمال شرق ایران به واسطه داشتن موقعیت‌های تکتونیکی مختلف در زمان‌های گذشته و به دنبال آن وجود حجم عظیم ماگماتیسم با ویژگی‌های ژئوشیمیایی متفاوت و همچنین وجود یک رژیم تکتونیکی فرورانش در شرق ایران که در اکثر تحقیقات بدان اشاره شده و فعالیت‌های ماگمایی، دگرگونی و محیط رسوبی مناسب، شرایط مناسبی را برای تحقیق زمین‌شناسان بوجود آورده است (کریم‌پور، ملک زاده، حیدریان، ۱۳۸۷). در این بخش موقعیت جغرافیایی، راه‌های ارتباطی، آب و هوا و ژئومورفولوژی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و در انتها، مطالعات قبلی انجام شده در منطقه و هدف از مطالعه آورده شده است، سپس در فصل‌های آتی در مورد موقعیت زمین‌شناسی، پتروگرافی، ژئوشیمی و پترولوژی این سنگها، بحث می‌شود. سپس با استفاده از داده‌های موجود و مطالعات انجام گرفته سعی خواهد شد جایگاه تکتونیکی مشخص شود.

۱-۲- مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

توده نفوذی مورد مطالعه در فاصله ۷۲ کیلومتری جنوب شرقی گناباد و ۶ کیلومتری شمال روستای گیسور در مختصات جغرافیایی با طول $34^{\circ}20'17''$ شرقی و عرض $59^{\circ}15'37''$ شمالی قرار دارد. ناحیه گیسور گناباد به لحاظ تقسیمات کشوری تابع شهرستان گناباد و شهر بیدخت است. این منطقه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در شمال بلوک لوت و حد فاصل شهرستان‌های گناباد، خواف و قائنات قرار دارد. موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های ارتباطی در شکل ۱-۱ آورده شده است.



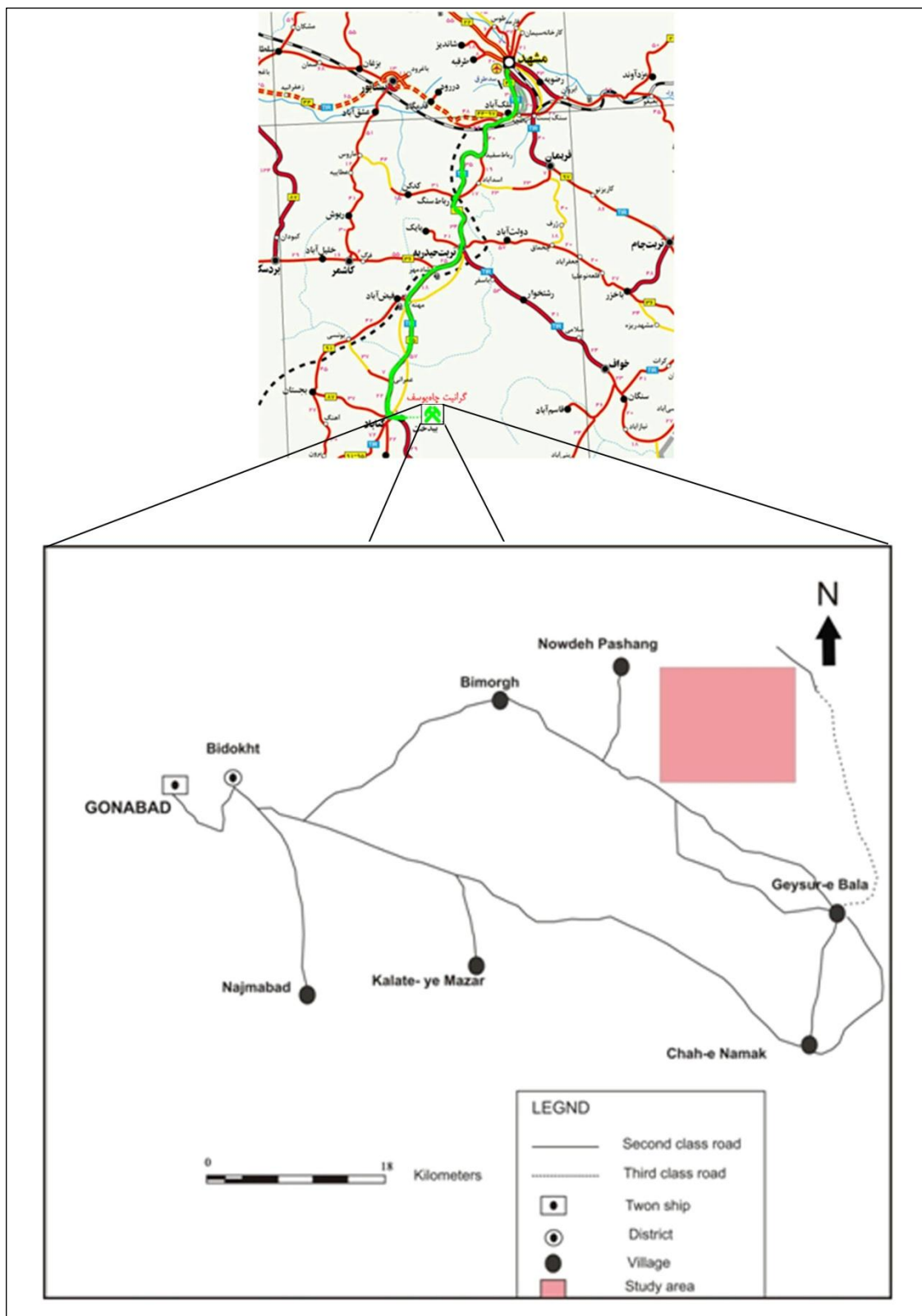
شکل ۱ - ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه

۳-۱- راههای ارتباطی منطقه

بهترین راههای ارتباطی منطقه بزرگراه مشهد - تربت حیدریه - گناباد است. جهت دسترسی به منطقه مورد نظر ابتدا با انتخاب جاده مشهد - گناباد پس از طی ۲۷۰ کیلومتر در جهت جنوب به شهرستان گناباد خواهیم رسید. سپس به سمت شهرستان بیدخت حرکت نموده که این شهرستان در فاصله ۵ کیلومتری جنوب شرقی گناباد واقع شده است، از بیدخت ۲ مسیر جهت دسترسی به منطقه مورد مطالعه وجود دارد.

۱- پس از طی ۶۰ کیلومتر از شهر بیدخت در جهت جنوب شرقی به روستای چاه نمک رسیده و در ۱۰ کیلومتری شمال روستای چاه نمک، روستای گیسور واقع شده است.

۲- در ۲۰ کیلومتری شمال شهر بیدخت روستای بی‌مرغ قرار دارد که بعد از طی ۴۵ کیلومتر در جهت جنوب شرقی به روستای گیسور خواهیم رسید. سپس از طریق جاده خاکی با طی ۶ کیلومتر در راستای شمال به منطقه مورد مطالعه می‌رسیم. در شکل ۳-۱ راههای دسترسی به منطقه نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: راه‌های دسترسی به منطقه

۴-۱- جغرافیای انسانی

بی‌مرغ، نوده‌پشنگ، روشناوند و گیسور مهم‌ترین آبادی‌های منطقه مورد مطالعه هستند. شغل اکثر مردم کشاورزی و دامداری است. آب مورد نیاز کشاورزی از قنات‌ها و چاه‌های عمیق بدست می‌آید. به علت خشکسالی چند سال اخیر آب اکثر قنات‌ها کم شده و بعضی نیز خشک شده‌اند. دشت گیسور یکی از مناطق عمده تولید محصولات کشاورزی نظیر پسته، پنبه، گندم و جو در شهرستان گناباد بشمار می‌رود. وجود نزدیک به ۳۰ حلقه چاه عمیق کشاورزی در دشت گیسور و تبدیل شدن پسته به عنوان اولویت‌های کشاورزی در منطقه موجب شده است تا زمین‌های بسیاری به محل کاشت پسته تبدیل شوند.

۵-۱- آب و هوا و پوشش گیاهی و جانوری

این منطقه به دلیل قرار گرفتن در کنار کویر و دوری از دریا دارای آب و هوای بیابانی گرم و خشک بوده و دارای تابستان‌های گرم با بادهای موسمی و گرد و غبار و زمستانی سرد و خشک می‌باشد. گرم‌ترین ماه سال تیرماه و سردترین ماه، دی است. به علت آب و هوای نیمه‌خشک بارندگی سالیانه کم است. میانگین اندازه بارش سالیانه حدود ۱۵۵ mm است و اندازه میانگین رطوبت ۵۸-۸۳ درصد است. میانگین دما بیش از 18°C است. بیشترین اندازه بارش در فصل زمستان و در ماه‌های بهمن و اسفند است (اطلاعات نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گناباد). آب و هوای گیسور گرم و خشک است و میانگین بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه آن 14.7 می‌باشد. میانگین حداقل درجه حرارت در سردترین ماه سال یعنی دی ماه 10°C - و حداکثر درجه حرارت در گرم‌ترین ماه سال یعنی تیرماه برابر با 40°C می‌باشد. تعداد روزهای یخبندان بویژه دی و بهمن ۶۰ روز می‌باشد. سمت وزش بادها اغلب از شرق به غرب و متأثر از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و بلوچستان است. بادهای محلی در منطقه روستای گیسور عبارتند از: قبله‌باد، بادکلغور، بادراست، بادمیزو، تف‌باد. قسمت اعظم آب قابل شرب و مورد نیاز کشاورزی از قنات‌های کوچک بدست می‌آید. پوشش گیاهی به دلیل چرای مفرط دام و کمبود نزولات جوی از نوع ضعیف می‌باشد (شکل ۱-۳). از رستنی‌ها در این منطقه می‌توان به گیاهان خارشتر، گوی‌چراغی، درختان بنه و درختچه‌های طاق اشاره کرد. این ناحیه جزو منطقه حفاظت‌شده هنگام است و طبق قانون هرگونه شکار حیوانات وحشی در آن به هر علت ممنوع است. منطقه شکار ممنوع هنگام با وسعت بسیار در شرق گناباد قرار دارد و سیمای طبیعی آن به صورت دشتی- تپه ماهوری است. آب و هوای آن خشک و پوشش گیاهی این منطقه نیز بطور عمده ایرانی و تورانی و حیات وحش آن نیز شامل آهو، میش، قوچ، کل، بز و ... است.



شکل ۱-۳: پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

۱-۶- ژئومورفولوژی منطقه

از نظر ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه شامل واحدهای مختلفی است. از مهم‌ترین این واحدها کوهستان، تپه‌ماهور و دشت می‌باشد (شکل ۱-۴). انباشته‌های آبرفتی سراسر پهنه دشت‌ها را پوشش داده و پهنه‌های رسی و تپه‌ماهورها را در آنها گسترانده‌اند. بخش‌های کوهستانی در قسمت غربی، تپه‌ماهورها در قسمت میانی و شرقی قرار دارند. تپه‌ماهورها در بخش شرقی وارد دشت می‌شوند. این منطقه دارای سنگ‌های دگرگونی از نوع آندالوزیت شیست، اسلیت و فیلیت همچنین سنگ‌های آذرین درونی (گرانیتوئید) با سن نئوکامین (کرتاسه زیرین) و نیز سنگ‌های رسوبی می‌باشد. سنگ‌های آذرین با ترکیب اسیدی اغلب به شکل طویل و منقطع در سراسر منطقه از شمال تا جنوب پراکنده‌اند و در چندین مورد به شکل گندهای کوچک و پراکنده می‌باشد (شکل ۱-۵). دو گسل توده گرانیتی را تحت تاثیر قرار داده است. این منطقه از نظر تکتونیک منطقه‌ای فعال بوده و سنگ‌های دگرگونی اطراف و همچنین خود توده متحمل تغییرات تکتونیک شدید شده است.



شکل ۱-۴: عکس کلی از منطقه مورد مطالعه



شکل ۱-۵: بخشی از توده گرانیتی مورد مطالعه

۱-۷- تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه و مناطق اطراف

تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد سنگ‌های گرانیتهی این منطقه انجام نشده است، اما مطالعاتی که انجام شده در مورد کل این منطقه و گناباد شامل موارد زیر است:

- ۱- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گناباد تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور (۱۹۸۳).
- ۲- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گناباد تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (قائمی، ۱۳۸۶).
- ۳- قارونی فرد، اکبر، ۱۳۷۷، پایان نامه کارشناسی ارشد، بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی توده گرانیته‌ی جنوب گناباد (نجم آباد).
- ۴- میری، روح الله، ۱۳۸۴، پایان نامه کارشناسی ارشد، تعیین ژنز معدن باغسیاه و رخ سفید
- ۵- غریب نواز، عطیه، ۱۳۸۶، پایان نامه کارشناسی ارشد، بررسی ژئوشیمی و کانی شناسی معادن کائولن شمال غرب گناباد با نگرشی ویژه بر کاربرد صنعتی آن
- ۶- لطفیان، جواد، ۱۳۸۷، پایان نامه کارشناسی ارشد، مطالعات زمین شناسی، دگرسانی، کانی سازی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک در محدوده کلاته آهنی گناباد

۱-۸- هدف از مطالعه

- شناخت واحدهای سنگی مختلف در منطقه
- مطالعات پتروگرافی
- ترسیم نقشه ۱:۱۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه
- بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی
- بررسی سری ماگمایی و موقعیت ژئوتکتونیکی گرانیته‌ی منطقه مورد مطالعه
- تعیین نوع ارتباط این توده با سنگ‌های دگرگونی منطقه

۱-۹- روش مطالعاتی

➤ مطالعات کتابخانه‌ای

- تهیه و مطالعه تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه
- تهیه نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گناباد
- بررسی منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی گناباد
- تهیه و مطالعه منابع و مقالات معتبر در زمینه موضوع
- تهیه و مطالعه گزارش‌ها و مقالاتی که به نحوی با منطقه مورد مطالعه در ارتباط بوده‌اند.
- تحقیق در رابطه با روش نمونه‌برداری

➤ مطالعات صحرایی

- بازدید از منطقه و انجام برداشت‌های زمین‌شناسی
- برداشت ۱۰۰ نمونه سنگی براساس ویژگی‌های سنگ‌شناختی آنها (شکل ۱-۶)
- عکس‌برداری از تمام عوارض زمین‌شناسی

➤ مطالعات آزمایشگاهی

- تهیه ۷۰ مقطع نازک
- انجام مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان
- بررسی تغییرات لیتولوژیکی در توده
- بررسی آنکلاوهای موجود در توده