



دانشگاه بیرجند
دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی
گرایش تکتونیک

عنوان:

**تحلیل هندسی - جنبشی عناصر ساختاری کوه کمر حاجی
(شمال غرب بیرجند - شرق ایران)**

استاد راهنما:

دکتر محمد مهدی خطیب

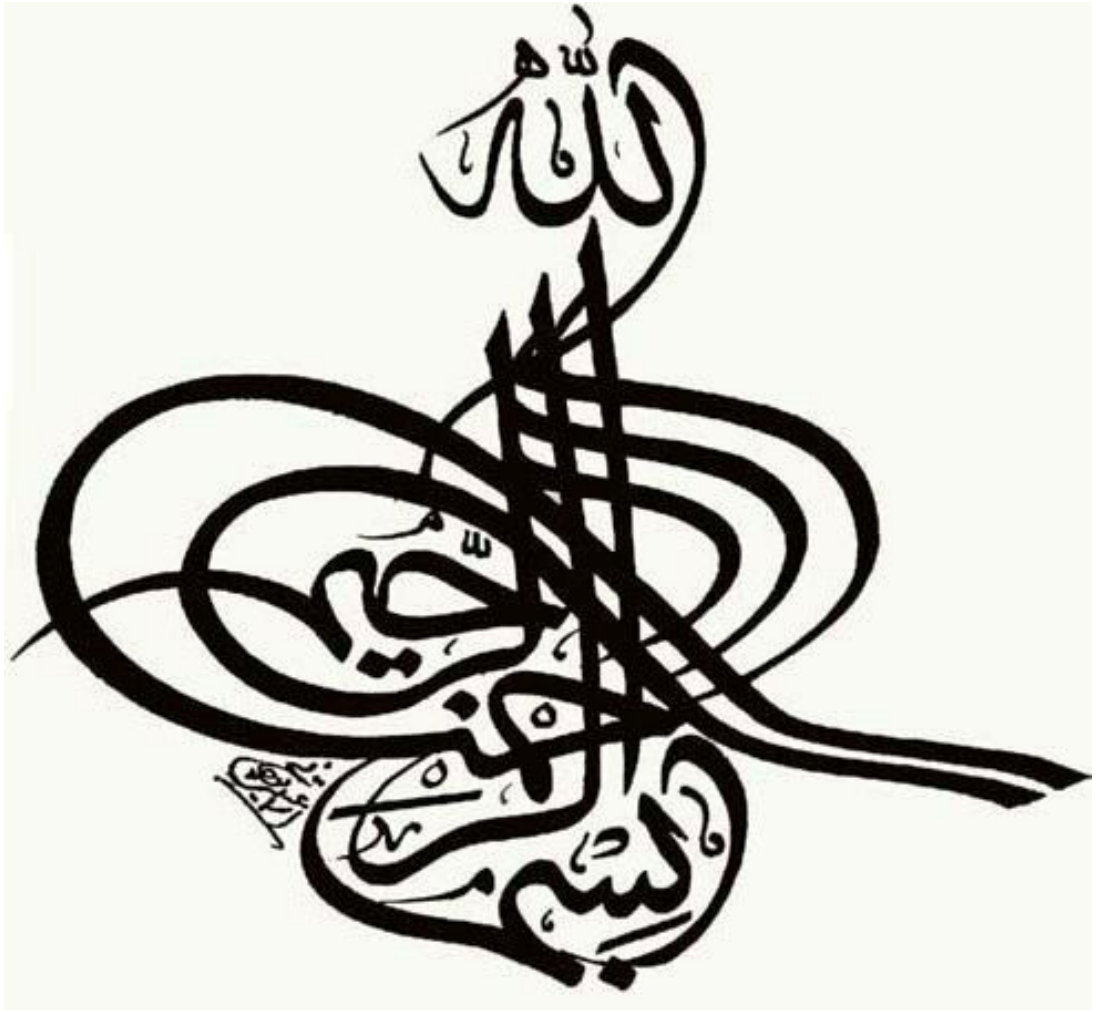
استاد مشاور:

دکتر محمودرضا هیهات

نگارش:

احمد رشیدی

شهریور ۹۰



«... ن او اعلام ی رطرون ...»

تسلیم آق یریش بدانند که تعلیم و تسلیم از تو بد است

تقدیرم به پدر و مادرم

که نرج تربیت تحصیل مرا بر رفاه تو چرخ دادند.

تشکر و قدردانی

بنام خداوند اوج قلم حقیقت نگار وجود و عدم

خدایی که دانه رازناست شیرین سر آغاز آغازناست^۱

رساله‌ی حاضر، در سایه‌ی لطف خداوند سعادت و عنایت بر سروران و اصحاب که شنبه تحقیق رساندن آن در یاری کرد و لطف لازم می‌دانم و احسانات بزرگوارانی که در پیشبرد لایلم سالها و ذمه تشکر و قدردانی کنم.

از استاد ارجمندی بزرگوار و جناب آقای دکتر محمد مهدی خطیب که بنام تحقیق و توفیق هر ساله از ارجمندی‌های حکیمانه و سعادت بی‌دریغ ایشان بهره‌برده‌ام، کمال تشکر و امتنان را دارم خداوند متعال آرزوی توفیق و توفیق‌بخش بودن شرح وجود پربرکتشان را دارم. از استاد محترم، آقای محمد درضا بی‌همت که شاوره‌ی ایشان کمال توفیق و بهره‌ام صمیمانه سپاسگزارم.

از آقای دکتر حسین زرین‌نیکو که سپاسم تحریکات تکلیفی و کمال تبرکاتم خلاصه آقای دکتر رضا میراب شدیم که اوری این پایان‌نامه را

همه‌دار شدند تشکر و قدردانی می‌کنم.

^۱ ساین

از اعضای محترم گروه زمین شناسی دانشگاه بیرجند آقای دکتر سادات، آقای دکتر نزاری، آقای مهندس سلیمان آقای مهندس بهلگردی آقای حسن

آقای اواله که نهایت محبت و همکاری را دانشجو را سپاسگزارم.

از دوستان عزیزم آقایان؛ جیش، خشیلی، کلویان، یولاسام اسدی، احمد آذگون بهت همکاری در بخش عملیات صحرایی این تحقیق تشکر می‌نمایم.

در خداوند که مصلحت‌ها را بر ما رساند و در این لحظه زحمات زیادی را متقبل شدند و بهره‌رسان و یاور من بقدره، تشکر کرده و سلامتی و

رعادت ایشان را از نگاه خداوند بیکتا مرئیت می‌نمایم.

چکیده

منطقه مورد مطالعه در شرق ایران و در زون زمین درز سیستان قرار دارد. این منطقه با مساحت ۸۰ کیلومتر مربع در محدوده کوه کمر حاجی در شمال غرب بیرجند واقع شده است. ساختارهای اصلی موجود در منطقه شامل: گسله ها با سازوکار مختلف، چین خوردگی ها، دپشته ها^۱ می باشند که ساختارهای مرتبط با آنها نظیر ساخت پهنه سه گوش^۲، ساخت بالارنده^۳ و... نیز مشاهده می شود.

دپشته های محدوده مورد مطالعه روند شرقی - غربی دارند که به موازات سیستم گسل شکرآب هستند. گسل شکرآب یک گسل معکوس با مولفه چپگرد است که در جنوب منطقه در حد کوه و دشت واقع شده است و جزء یکی از شاخه های انتهایی گسل نهبندان به حساب می آید.

دپشته های موجود در منطقه از پهلوی و از سمت شرق به سمت غرب بر روی همدیگر قرار گرفته اند. در راستای عمود بر ساختارهای دپشته، ساخت گلواره^۴ وجود دارد که باعث برخاستگی هر چه بیشتر واحدهای مرکزی ساخت دپشته نسبت به واحدهای کناری شده است.

در منطقه پلکان^۵ ها، روند شمال غرب - جنوب شرق دارند. آنها دارای سازوکار امتدادلغز چپگرد همراه با مولفه راندگی^۶ هستند. سکوها^۷ های موجود غیر افقی بوده و دارای روند شرقی - غربی می باشند و عمدتاً سازوکار راندگی با مولفه چپگرد دارند. با توجه به سازوکار سکوها، جهت انتقال به سمت غرب می باشد و از آنجا که جهت جوان شدن پلکان ها بر روی فرادواره پلکان های قبلی است (به عبارتی جهت جوان شدن به سمت پس بوم^۸ است)، تشکیل دپشته ها از مدل Break-Back پیروی می کند. این مدل در آزمایشگاه تکتونیک تجربی همراه با ساختارهای در ارتباط با آن به نمایش در آمد.

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه روند های مختلف کوتاه شدگی مانند روند عمود بر محورهای چین خوردگی های (T1-T5)، راستای قرارگیری دپشته ها و تغییرات تنش دیرین^۹، دو مرحله دگرشکلی بدست آمد.

محور ۱۳ کرنش، در مرحله اول دگرشکلی براساس تحلیل درزه های مزدوج N42,00، به کمک درزه های کششی N40,07 و به کمک سطح محوری چین ها N38,14 بدست آمد. مقدار کوتاه شدگی بدست آمده از موازنه ی مقاطع رسم شده بر روی چین های دارای روند محوری شمال غرب - جنوب شرق، ۴۱/۴۶ درصد است. در این مرحله واحدهای سخت تر ائوسن دچار راندگی شمال شرق - جنوب غرب و واحد های شکل پذیرتر آن، دچار چین خوردگی شده اند بطوری که محورهای چین خوردگی های (T1-T5) دارای روند شمال غرب - جنوب شرق هستند.

محور ۱۳ کرنش، در مرحله دوم دگرشکلی براساس تحلیل درزه های مزدوج N83,02، به کمک درزه های کششی N84,00 و به کمک راستای قرارگیری دپشته ها به کمک تصاویر ماهواره ای، N90E بدست آمد. مقدار کوتاه شدگی بدست آمده در این مرحله از دگرشکلی بر اساس بازگرداندن مقطع شرقی - غربی رسم شده در راستای دپشته ها ۲۰/۳۰ درصد و مقدار لغزش در امتداد سکوها ۲۶۴۰ متر می باشد.

واژگان کلیدی: شرق ایران، پهنه سیستان، تحلیل هندسی - جنبشی، دپشته، مراحل دگرشکلی، کوتاه شدگی

¹ Duplexes

² Triangle Zone

³ Pop-Up

⁴ Flower Structure

⁵ Ramp

⁶ Thrust

⁷ Flat

⁸ Hinterland

⁹ Paleo Stress

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - کلیات	
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- تبیین موضوع	۲
۱-۲-۱- هدف از انجام پژوهش.....	۳
۲-۲-۱- فرضیات پژوهش.....	۳
۳-۱- اهمیت و ضرورت انجام مطالعه.....	۳
۴-۱- موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه.....	۴
۱-۴-۱- آب و هوا.....	۵
۲-۴-۱- راههای دسترسی به منطقه.....	۵
۳-۴-۱- موقعیت اجتماعی.....	۶
۵-۱- پیشینه مطالعاتی در منطقه مورد مطالعه، شرق ایران و سایر مناطق جهان.....	۶
۶-۱- روش انجام تحقیق.....	۸
۱-۶-۱- مطالعات کتابخانه ای.....	۹
۲-۶-۱- بررسی های صحرائی.....	۹
۳-۶-۱- مطالعات آزمایشگاهی - نرم افزاری.....	۹
فصل دوم - زمین شناسی ناحیه ای	
۱-۲- مقدمه	۱۱
۲-۲- موقعیت زمین شناسی ایران و پهنه زمین درز سیستان در کمربند آلپ - هیمالیا.....	۱۱
۳-۲- موقعیت پهنه زمین درز سیستان و موقعیت منطقه مورد مطالعه در تقسیم بندی های زمین شناسی ایران.....	۱۳
۴-۲- عناصر ساختاری پهنه زمین درز سیستان.....	۱۶
۱-۴-۲- چین ها.....	۱۶
۲-۴-۲- گسل ها.....	۱۷
۵-۲- نظرات مختلف در تکوین ژئوتکتونیک ایالت ساختاری سیستان.....	۱۸
۶-۲- چینه شناسی عمومی ایالت ساختاری لوت.....	۲۲
۷-۲- چینه شناسی عمومی ایالات ساختاری سیستان (ستون زمین ساختی سیستان).....	۲۴
۱-۷-۲- دگرگونی در پهنه زمین درز سیستان.....	۲۵
۲-۷-۲- ماگماتیسم پهنه زمین درز سیستان.....	۲۵
۳-۷-۲- ستون زمین ساختی ایالت سیستان.....	۲۶
۸-۲- نقشه ی زمین شناسی	۲۸

۳۴	۱-۳-۱- مقدمه.....
۳۴	۲-۳-۲- گسله ها.....
۳۷	۳-۳-۱-۲- گسله هایی که در شکل گیری و تکامل چین ها موثر بوده اند.....
۴۲	۳-۳-۲-۲- گسله هایی که در شکل گیری ساخت های دوپشته، ساخت بالارنده و ساخت پهنه سه گوش نقش داشته اند.....
۴۸	۳-۳-۳-۲- گسله هایی که در تشکیل ساخت پهنه ی سه گوش در حاشیه ی خارجی (جلویی) کوهستان نقش داشته اند.....
۵۰	۳-۳-۴-۲- گسل هایی که در تشکیل ساخت گلواره نقش دارند.....
۶۰	۳-۳-۳- چین خوردگی ها.....
۶۰	۳-۳-۱- زاویه ی بین یالی، بر اساس تقسیم بندی فلوتی (Fleuty, 1964).....
۶۰	۳-۳-۲- سوگیری چین ها با توجه به تقسیم بندی فلوتی (Fleuty, 1964).....
۶۱	۳-۳-۳- شکل چین با توجه به طبقه بندی رمزی.....
۶۲	۳-۳-۴- تقسیم بندی چین ها بر اساس مکانیسم چین خوردگی.....
۶۵	۳-۳-۵- چین خوردگی های مرکز منطقه مورد مطالعه.....
۶۵	۳-۳-۵-۱- تاقدیس (T1).....
۶۶	۳-۳-۵-۲- ناودیس (T2).....
۶۶	۳-۳-۵-۳- تاقدیس (T3).....
۶۶	۳-۳-۵-۴- ناودیس (T4).....
۶۶	۳-۳-۵-۵- تاقدیس (T5).....
۶۷	۳-۳-۵-۶- چین T6.....
۶۷	۳-۳-۵-۱- چین T6-1: مرحله اول چین خوردگی.....
۶۸	۳-۳-۵-۲- چین T6-2: مرحله دوم چین خوردگی.....
۶۸	۳-۳-۵-۷- تاقدیس (T7).....
۶۹	۳-۳-۵-۸- ناودیس (T8).....
۶۹	۳-۳-۵-۹- تاقدیس (T9).....
۷۰	۳-۳-۶- مکانیزم چین خوردگی های مرکز منطقه مورد مطالعه.....
۷۱	۳-۳-۷- چین خوردگی های شرق منطقه مورد مطالعه.....
۷۱	۳-۳-۷-۱- ایستگاه (۱).....
۷۲	۳-۳-۷-۱- ناودیس (T10).....
۷۲	۳-۳-۷-۲- تاقدیس (T11).....
۷۲	۳-۳-۷-۲- ایستگاه (۲).....
۷۲	۳-۳-۷-۲- چین T12.....
۷۳	۳-۳-۷-۳- ایستگاه (۳).....
۷۳	۳-۳-۷-۳- چین T13.....
۷۴	۳-۳-۸- چین خوردگی های جنوب منطقه مورد مطالعه.....
۷۴	۳-۳-۸-۱- ایستگاه (۱).....

۷۴.....	T14 چین ۱-۱-۸-۳-۳
۷۴.....	۲-۸-۳-۳ ایستگاه (۲)
۷۴.....	T15 چین ۱-۲-۸-۳-۳
۷۵.....	۹-۳-۳ چین خوردگی های شمال منطقه مورد مطالعه.....
۷۹.....	۱۰-۳-۳ مقاطع عرضی موازنه شده
۸۵.....	۴-۳ درزه ها.....
۸۵.....	۱-۴-۳ واژگان درزه ها.....
۸۶.....	۲-۴-۳ انواع ویژه درزه ها.....
۸۶.....	۳-۴-۳ انواع درزه های زمین ساختی.....
۸۸.....	۴-۴-۳ ارتباط درزه ها با ساختار های دیگر.....
۸۸.....	۱-۴-۴-۳ درزه های در ارتباط با گسلش.....
۸۸.....	۲-۴-۴-۳ درزه های در ارتباط با چین خوردگی.....
۸۹.....	۵-۴-۳ بررسی و برداشت درزه ها.....
۹۰.....	۶-۴-۳ رگه ها.....
۹۰.....	۱-۶-۴-۳ رگه های رشته ای.....
۹۱.....	۲-۶-۴-۳ رگه های نردبانی هلالی شکل.....
۹۳.....	۷-۴-۳ درزه های موجود در واحدهای زمان الیگومیوسن در منطقه مورد پژوهش.....
۹۴.....	۸-۴-۳ درزه ها و رگه های موجود در واحدهای زمان ائوسن.....

فصل چهارم - تکتونیک تجربی

۱۰۷.....	۱-۴ مقدمه.....
۱۰۷.....	۲-۴ توالی راندگی.....
۱۰۷.....	۱-۲-۴ رشد و تکامل دوپشته ها در سیستم های راندگی.....
۱۰۸.....	۲-۲-۴ مدل های ارائه شده در یک توالی راندگی.....
۱۱۱.....	۳-۴ آزمایش ها.....
۱۱۱.....	۱-۳-۴ مقاومت برشی الاستیک (S).....
۱۱۲.....	۲-۳-۴ نسبت ضخامت لایه ها به ضخامت سطح دکولمان (T).....
۱۱۳.....	۳-۳-۴ نیروی جاذبه (B).....
۱۱۴.....	۴-۳-۴ ویسکوزیته سطح دکولمان (R).....
۱۱۵.....	۴-۴ روش کار.....
۱۲۵.....	۱۱-۴ تطبیق دوپشته ها و ساختارهای مرتبط با آن با مدل آزمایشگاهی.....
۱۲۵.....	۱-۱۱-۴ دوپشته ها و ساخت بالارنده.....
۱۲۸.....	۲-۱۱-۴ پهنه سه گوش.....

فصل پنجم - تحلیل جنبشی عناصر ساختاری

۱-۵- مقدمه.....	۱۳۲
۲-۵- تحلیل جنبشی.....	۱۳۲
۳-۵- محیط تشکیل ساختارها	۱۳۲
۴-۵- تعیین محورهای اصلی تنش.....	۱۳۴
۱-۴-۵- بدست آوردن محورهای مختلف تنش و کرنش به کمک روندهای مختلف کوتاه شدگی.....	۱۳۴
۱-۴-۵-۱- روش تعیین موقعیت محور جنبش با استفاده از سطح محوری چین‌ها.....	۱۳۴
۲-۴-۵-۱- روش تعیین موقعیت محور جنبش در راستای دوپشته ها	۱۳۶
۲-۴-۵-۲- تعیین محور های کرنش به کمک تعیین فازهای تنش دیرین	۱۳۶
۱-۴-۵-۲- تعیین محور های تنش و کرنش، بر اساس تعیین فازهای تنش دیرین به کمک درزه های هم یوغ.....	۱۳۸
۲-۴-۵-۲- تعیین محور های تنش و کرنش، بر اساس تعیین فازهای تنش دیرین به کمک درزه های کششی.....	۱۴۱
۵-۵- مراحل دگرشکلی.....	۱۴۳
۱-۵-۵- مرحله اول دگرشکلی (D1).....	۱۴۳
۲-۵-۵- مرحله دوم دگرشکلی (D2).....	۱۴۳

فصل ششم - نتیجه گیری

۱-۶- نتیجه گیری.....	۱۴۶
۲-۶- پیشنهادها.....	۱۴۸
منابع.....	۱۴۹

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: تصویر ماهواره ای منطقه مطالعاتی.....	۴
شکل ۱-۲: نقشه توپوگرافی منطقه مطالعاتی.....	۴
شکل ۱-۳: راههای دسترسی به منطقه مطالعاتی.....	۶
شکل ۱-۲: موقعیت ایران در کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا (Stocklin, J., 1968).....	۱۱
شکل ۲-۲: نقشه تکتونیک عمومی خاور میانه (تیروول و همکاران، ۱۹۸۳).....	۱۲
شکل ۳-۲: واحدهای ساختاری - رسوبی ایران از دیدگاه اشتوکلین (۱۹۶۸).....	۱۳
شکل ۴-۲: ساختار کلی بخشی از زون فلیش شرق ایران (تیروول و همکاران، ۱۹۸۳).....	۱۵
شکل ۵-۲: پهنه بندی ساختاری ایران (نوگل سادات ۱۹۷۸).....	۱۶
شکل ۶-۲: روند کلی سیستم گسلی سیستان با طرح هلال دوگانه.....	۱۷
شکل ۷-۲: مراحل آغاز و پایان فرورانش در حاشیه شرقی لوت.....	۱۹
شکل ۸-۲: نمایش شماتیک تکامل ساختاری پهنه زمین درز سیستان (تیروول و همکاران، ۱۹۸۳).....	۲۰
شکل ۹-۲: شکل شماتیکی از برخورد پهنه لوت با افغان و چین خوردگی فلیش های باریکه اقیانوسی شرق ایران.....	۲۲
شکل ۲-۱۰: ستون چینه شناسی ایران در اواخر دوران مزوزوئیک و دوران سنوزوئیک.....	۲۳
شکل ۲-۱۱: واحدهای اصلی زمین شناسی پهنه جوش خورده سیستان.....	۲۴
شکل ۲-۱۲: نقشه ی زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۲۹
شکل ۲-۱۳: توالی از رسوبات پالئوسن.....	۳۰
شکل ۲-۱۴: سنگ های ولکانیکی موجود در شرق منطقه ب) واحد ولکانیکی از نوع توف سبز در مرکز منطقه.....	۳۰
شکل ۲-۱۵: الف) نمونه ای از واحد های Et در مرکز منطقه مطالعاتی ب) نمونه ای از واحد برش آتشفشانی ج) واحد آندزیت بازالت موجود در منطقه د) واحد آگلومرا.....	۳۱
شکل ۲-۱۶: نمونه ای از واحد های مارن موجود در منطقه مطالعاتی.....	۳۱
شکل ۲-۱۷: نمونه ای از واحد های Ngt موجود در منطقه مطالعاتی.....	۳۲
شکل ۳-۱: نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه.....	۳۶
شکل ۳-۲: A) چین خوردگی با محور تقریبا شمالی - جنوبی. B) گسل شکرآب در مرز بین واحد توف - مارن توفی و واحد کنگلومرا - ماسه سنگ - مارن C) چین خوردگی با محور تقریبا شرقی - غربی در امتداد گسل شکر آب.....	۳۸
شکل ۳-۳: سیستم درزه های موجود بر روی سطح گسل F2.....	۳۹
شکل ۳-۴: الف) موقعیت گسل F3, F4 بر روی تصویر ماهواره (ب) نقشه ی زمین شناسی مربوط به شرق منطقه مطالعاتی ج) موقعیت و سازوکار گسل F3 بر روی استریونت.....	۳۹
شکل ۳-۵: نمایی از گسل F4 به همراه استریوگرام آن.....	۴۰
شکل ۳-۶: سیستم درزه های موجود بر روی سطح گسل F5.....	۴۰
شکل ۳-۷: الف) تصویر ماهواره ای از گسل F6 ب) رگه های نردبانی هلالی شکل بر روی صفحه ی گسل F6 ج) چگونگی شکل گیری رگه نردبانی هلالی شکل بر روی گسل F6.....	۴۱
شکل ۳-۸: تصویر ماهواره ای از گسل F7 به همراه استریوگرام آن.....	۴۲
شکل ۳-۹: مقطع شرقی - غربی بر روی دوپشته های منطقه.....	۴۲
شکل ۳-۱۰: ساختارهای دم اسبی موجود در منطقه. شماره ها، توالی تشکیل ساختار ها را نشان می دهند.....	۴۳
شکل ۳-۱۱: گسل F8.....	۴۴

- شکل ۳-۱۲: گسل F9 ۴۵
- شکل ۳-۱۳: تصویر ماهواره ای از پلکان R2 ۴۶
- شکل ۳-۱۴: الف) تصویر ماهواره ای از پلکان R3 ب) تصویر پلکان R3 از نمای نزدیک تر به همراه گسل F18 ج) گسل F18 از نمای نزدیک تر د) تصویر خش لغز مربوط به پلکان R3 ۴۶
- شکل ۳-۱۵: ساخت بالا رانده در اثر توسعه ی پس راندگی ۴۷
- شکل ۳-۱۶: الف) تصویر ماهواره ای از گسل F3 به همراه گسل های ایجاد کننده ی ساخت بالا رانده و ساخت پهنه سه گوش ب) تصویری از خش لغز و استریوگرام مربوط به گسل F3 ۴۸
- شکل ۳-۱۷: انواع پهنه سه گوش در حاشیه خارجی کمر بند های راندگی ۴۹
- شکل ۳-۱۸: الف) نمایی از گسل F11 به همراه استریوگرام مربوط به آن. ب) نمایی از گسل F12 به همراه استریوگرام ج) پادگانه های رودخانه ای در محدوده ی پهنه ی سه گوش منطقه. د) رودخانه های مآندری در بخش غربی منطقه ۵۰
- شکل ۳-۱۹: بلوک دیاگرام ساختار های دوپشته موجود در منطقه ۵۰
- شکل ۳-۲۰: نمایی از گسل F13 به همراه استریوگرام آن ۵۱
- شکل ۳-۲۱: نمایی از گسل F14 به همراه استریوگرام آن ۵۲
- شکل ۳-۲۲: نمایی از گسل F15 به همراه درزه های موجود بر سطح آن ۵۲
- شکل ۳-۲۳: نمایی از گسل F16 به همراه استریوگرام آن ۵۳
- شکل ۳-۲۴: نمایی از گسل F17، بین واحدهای Et, Eo ab ۵۴
- شکل ۳-۲۵: نمایی از گسل F18، بین واحدهای Et, Eo ab ۵۴
- شکل ۳-۲۶: گسل معکوس F19، در اثر حرکت گسل دچار جابه جایی قائم ۳ متر شده است ۵۵
- شکل ۳-۲۷: گسل F20 به همراه سنگ لیستونیتی از نوع کربنات ۵۶
- شکل ۳-۲۸: واژه هایی که برپایه ی تقسیم بندی فلوتی برای توصیف زاویه ی بین یالی به کار می رود ۶۰
- شکل ۳-۲۹: رده بندی چین ها توسط فلوتی (۱۹۶۴) بر اساس جهت گیری چین ها ۶۱
- شکل ۳-۳۰: رده بندی چین ها برپایه ی ویژگی های خطوط هم شیب ۶۲
- شکل ۳-۳۱: مکانیزم خمش ارتوگونال ۶۳
- شکل ۳-۳۲: انواع چین های خمشی - برشی ۶۴
- شکل ۳-۳۳: لغزش غیر فعال ۶۴
- شکل ۳-۳۴: تصویر ماهواره ای از چین خوردگی های مرکز منطقه مطالعاتی همراه با اثر محوری این چین ها ۶۵
- شکل ۳-۳۵: پادگانه های رودخانه ای عهد حاضر در غرب رودخانه اشکفتوک ۶۷
- شکل ۳-۳۶: نمایی از ناودیس T6-1 در ایستگاه (۱) ۶۷
- شکل ۳-۳۷: نمایی از چین T6 ۶۸
- شکل ۳-۳۸: نمایی از چین های T7-T8-T9 ۶۹
- شکل ۳-۳۹: لغزش بین لایه ای همراه با فیبرهای گسلی در بین واحدهای چین ۷۰
- شکل ۳-۴۰: لغزش بین لایه ای در واحد های چین خورد T1. موقعیت خش لغز اندازه گیری شده N0,20 است ۷۰
- شکل ۳-۴۱: لغزش بین لایه ای در واحد های چین خورده T3. موقعیت خش لغز اندازه گیری شده N225,15 است ۷۰
- شکل ۳-۴۲: لغزش بین لایه ای در واحد های چین خورده T5 ۷۱
- شکل ۳-۴۳: لغزش بین لایه ای در واحد های چین خورده T6-2 ۷۱
- شکل ۳-۴۴: الف) نقشه زمین شناسی چین خوردگی های موجود در شرق منطقه مطالعاتی ب) تصویر ماهواره ای قسمتی از چین خوردگی شرق منطقه در ایستگاه (۱) ۷۱
- شکل ۳-۴۵: چین T12 در ایستگاه (۲). دید به سمت شرق است ۷۲
- شکل ۳-۴۶: الف) چین T13 ب) ریز چین های نوع M در محل سطح محوری ۷۳

- شکل ۳-۴۷: نمایی از چین T14 در جنوب منطقه مطالعاتی..... ۷۴
- شکل ۳-۴۸: نمایی از چین T15..... ۷۵
- شکل ۳-۴۹: نمایی از چین T16 در شمال منطقه ۷۵
- شکل ۳-۵۰: نقشه زمین شناسی چین های T1-T5..... ۸۰
- شکل ۳-۵۱: تعدادی از جابه جایی های امتدادلغز روی داده بر روی چین خوردگی های T1-T5..... ۸۱
- شکل ۳-۵۲: چهار مقاطع عرضی برای بدست آوردن مقدار کوتاه شدگی بر روی چین های T1-T5..... ۸۲
- شکل ۳-۵۳: چهار مقطع موجود بر روی چین های T1 تا T5 به همراه موازنه ی آنها..... ۸۲
- شکل ۳-۵۴: الف) مقطع عرضی موازنه شده بر روی چین T6-1-1 (ب) مقطع عرضی موازنه شده بر روی چین T6-1-2..... ۸۳
- شکل ۳-۵۵: مقطع عرضی موازنه شده بر روی چین های T7, T8, T9..... ۸۳
- شکل ۳-۵۶: مقطع عرضی موازنه شده بر روی چین های T10, T11..... ۸۴
- شکل ۳-۵۷: مقطع عرضی موازنه شده بر روی چین ها T14..... ۸۴
- شکل ۳-۵۸: الف) یک پهنه درزه که حالت نردبانی دارد (ب) ارتباط قطع شدگی بین یک درزه جوانتر و یک درزه قدیمی..... ۸۶
- شکل ۳-۵۹: الف) عارضه های پر مانند سطح درزه های کششی (ب) عارضه پر مانند سطح درزه کششی..... ۸۶
- شکل ۳-۶۰: الف) آرایش انواع درزه ها نسبت به جهت محور تنش اصلی بیشینه و شکستگی اصلی پدیدآورنده آن ها (ب) آرایش انواع درزه ها در زون برشی ساده ۸۷
- شکل ۳-۶۱: درزه های در ارتباط با گسلش. با نزدیک شدن به سطح گسل درزه ها افزایش پیدا می کنند..... ۸۸
- شکل ۳-۶۲: درزه های در ارتباط با چین خوردگی. محورهای a, b و c سامانه مختصاتی را تشکیل می دهند..... ۸۹
- شکل ۳-۶۳: الف) رگه های رشته ای در هر مرحله از رشد، جهت بیشینه درازشدگی را ثبت می کنند. ۹۱
- شکل ۳-۶۴: چگونگی شکل گیری رگه نردبانی هلالی شکل و رابطه آن ها با محور های اصلی کرنش جزیبی و نهایی ۹۲
- شکل ۳-۶۵: موقعیت برداشت درزه ها. دواپر قرمز ایستگاه هایی هستند که خصوصیات آنها در ادامه ذکر شده است..... ۹۳
- شکل ۳-۶۶: درزه های برداشت شده در ایستگاه (A) همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۹۳
- شکل ۳-۶۷: درزه های موجود در ایستگاه (B) همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۹۳
- شکل ۳-۶۸: موقعیت درزه ها در واحدهای چین خورده T6-1-1 همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۹۵
- شکل ۳-۶۹: موقعیت درزه ها در واحدهای چین خورده T6-2 همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۹۵
- شکل ۳-۷۰: موقعیت درزه ها در واحدهای چین خورده T5 همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۹۶
- شکل ۳-۷۱: نمایی از درزه های ناودیس T4 در ایستگاه F ۹۶
- شکل ۳-۷۲: نمایی از درزه های تاقدیس T1 در ایستگاه G..... ۹۷
- شکل ۳-۷۳: نمایی از درزه های تاقدیس T2 در ایستگاه H ۹۷
- شکل ۳-۷۴: رگه ی سیلیسی موجود بر روی یال چپ تاقدیس T3 و یال راست ناودیس T4..... ۹۸
- شکل ۳-۷۵: رگه های کلسیتی موجود در واحد توف آندزیتی منطقه مطالعاتی ۹۸
- شکل ۳-۷۶: درزه های ایستگاه K همرا با استریونت موقعیت آنها..... ۹۹
- شکل ۳-۷۷: الف) درزه ها با آرایش نردبانی ۹۹
- شکل ۳-۷۸: درزه های ایستگاه M در واحد های آندزیت منطقه، همرا با استریونت موقعیت آنها..... ۱۰۰
- شکل ۳-۷۹: درزه های کششی موازی با محور چین در چین خوردگی های T10, T11 منطقه مطالعاتی..... ۱۰۰
- شکل ۳-۸۰: موقعیت درزه ها ایستگاه O همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت ۱۰۱
- شکل ۳-۸۱: موقعیت درزه ها در ایستگاه P همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۱۰۱
- شکل ۳-۸۲: عارضه های پر مانند سطح درزه کششی..... ۱۰۲
- شکل ۳-۸۳: موقعیت درزه ها ی ایستگاه R همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۱۰۳

- شکل ۳-۸۴: درزه های برداشت شده در ایستگاه S همراه با موقعیت آنها بر روی استریونت..... ۱۰۳
- شکل ۳-۸۵: درزه های برداشت شده در ایستگاه T در مسیر رودخانه اشکفتوک ۱۰۴
- شکل ۳-۸۶: ساخت ورقه ای یا پوست انداخت در منطقه مطالعاتی..... ۱۰۴
- شکل ۳-۸۷: گسیختگی ها با محور شمالی - جنوبی در منطقه مطالعاتی..... ۱۰۵
- شکل ۴-۱: ساختار ها و اصطلاحات علمی توالی های راندگی..... ۱۰۸
- شکل ۴-۲: توالی راندگی Forward-breaking or piggy-back thrust ۱۰۹
- شکل ۴-۳: توالی راندگی Break-back ۱۰۹
- شکل ۴-۴: توسعه ی یک مجموعه چین - رانده. این توالی راندگی به کمک مدل break-back توجیه می شود..... ۱۱۰
- شکل ۴-۵: دوپشته های شاخه ای (Brenched Duplex)..... ۱۱۰
- شکل ۴-۶: راندگی Out-of-sequence ۱۱۱
- شکل ۴-۷: تاثیر مقاومت برشی الاستیک (S) بر دگرشکلی. (ب) ضخامت سطح دکولمان نسبت به لایه بندی..... ۱۱۲
- شکل ۴-۸: تاثیر نسبت ضخامت لایه ها به ضخامت سطح دکولمان (T). در حالت (ب) مقاومت برشی الاستیک نسبت به مدل (الف) بیشتر است ۱۱۳
- شکل ۴-۹: تاثیر اهمیت نیروی جاذبه بر روی نوع دگرشکلی است..... ۱۱۴
- شکل ۴-۱۰: تاثیر ویسکوزیته سطح دکولمان (R) بر روی دگرشکلی..... ۱۱۴
- شکل ۴-۱۱: مراحل آزمایش (۱) ۱۱۷
- شکل ۴-۱۲: مراحل انجام آزمایش..... ۱۱۹
- شکل ۴-۱۳: مراحل انجام آزمایش..... ۱۲۰
- شکل ۴-۱۴: مراحل آزمایش..... ۱۲۱
- شکل ۴-۱۵: مراحل انجام آزمایش..... ۱۲۳
- شکل ۴-۱۶: مراحل انجام آزمایش..... ۱۲۵
- شکل ۴-۱۷: بلوک دیاگرام ساختار های دوپشته موجود در منطقه..... ۱۲۶
- شکل ۴-۱۸: چین خوردگی های موجود در قسمت فوقانی دوپشته ها..... ۱۲۶
- شکل ۴-۱۹: تغییرات محورهای چین خوردگی در یک برش چپگرد به موازات لایه ها..... ۱۲۷
- شکل ۴-۲۰: مدل تشکیل ساخت دم اسبی شماره ۱، ۲ و ۳..... ۱۲۷
- شکل ۴-۲۱: مدل تشکیل ساخت بالارانده موجود در منطقه (ت) آزمایش مدل Breack back..... ۱۲۸
- شکل ۴-۲۲: انواع پهنه سه گوش ۱۲۹
- شکل ۴-۲۳: پهنه سه گوش موجود در حاشیه خارجی کوهستان ۱۲۹
- شکل ۴-۲۴: پهنه سه گوش موجود در حاشیه داخلی کوهستان..... ۱۳۰
- شکل ۵-۱: وضعیت قرارگیری محورهای تنش در انواع گسل ها..... ۱۳۳
- شکل ۵-۲: روند چین ها (F)، گسل های معکوس (RF)، گسل های عادی (NF)، شکستگی های کششی (T)، و برش های ریدل (R_1, R_2) در حالت ترافشارش (الف) و تراکشش (ب) (Hancock, 1994)..... ۱۳۴
- شکل ۵-۳: چین خوردگی های T1-T5 در مرکز منطقه مطالعاتی..... ۱۳۵
- شکل ۵-۴: انواع مختلف شکستگی ها..... ۱۳۷
- شکل ۵-۵: موقعیت ایستگاه های برداشت درزه..... ۱۳۸
- شکل ۵-۶: (الف) محور تنش بیشینه در زمان ائوسن به کمک درزه های هم یوغ. (ب) محور تنش بیشینه در زمان الیگومیوسن به کمک درزه های هم یوغ ۱۴۱
- شکل ۵-۷: (الف) محور تنش بیشینه در زمان ائوسن به کمک درزه های کششی. (ب) محور تنش بیشینه در زمان الیگوسن به کمک درزه های کششی ۱۴۲

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: ستون زمین‌ساختی ایالت ساختاری سیستان بر اساس اطلاعات موجود (خطیب، ۱۳۶۸).....	۲۷
جدول ۱-۳: مشخصات گسل‌های مهم برداشت شده در ایستگاه‌های مختلف در محدوده مورد پژوهش.....	۵۶
جدول ۲-۳: در زیر تعدادی از مشخصات چین‌های تحلیل شده ذکر گردیده است.....	۷۶
جدول ۳-۳: مقدار جابه‌جایی همراه با نوع جابه‌جایی در ایستگاه‌های مختلف بر روی چین‌های T1-T5.....	۸۱
جدول ۴-۳: موقعیت درزه‌ها در چین T6-1-1.....	۹۴
جدول ۵-۳: موقعیت درزه‌ها در چین T6-1-2.....	۹۵
جدول ۶-۳: موقعیت درزه‌ها در چین T5.....	۹۶
جدول ۷-۳: موقعیت درزه‌ها در چین T5.....	۹۶
جدول ۸-۳: موقعیت درزه‌ها در چین T3.....	۹۷
جدول ۹-۳: موقعیت درزه‌ها در چین T2.....	۹۷
جدول ۱-۴: اندازه طول موج و دامنه تاقدیس‌های مرتبط با راندگی در طی مراحل آزمایش (۱).....	۱۱۶
جدول ۲-۴: اندازه طول موج و دامنه تاقدیس‌های مرتبط با راندگی در طی مراحل آزمایش (۱).....	۱۲۳
جدول ۱-۵: مختصات محور فشردگی بدست آمده بر اساس سطح محوری چین‌های T5-T1.....	۱۳۵
جدول ۲-۵: موقعیت درزه‌های موجود در واحدهای زمان الیگومیوسن.....	۱۳۸
جدول ۳-۵: درزه‌های زمان ائوسن که به روش تفریقی از درزه‌های زمان الیگومیوسن جدا شده‌اند.....	۱۳۹
جدول ۴-۵: جهات محورهای مختلف تنش در زمان‌های ائوسن و الیگومیوسن به کمک درزه‌های مزدوج.....	۱۴۰
جدول ۵-۵: شکاف‌های کششی زمان ائوسن و الیگومیوسن که به روش تفریقی از همدیگر جدا شدند.....	۱۴۱
جدول ۶-۵: جهات محورهای مختلف تنش در زمان‌های ائوسن و الیگومیوسن بر اساس شکاف‌های کششی.....	۱۴۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

منطقه مورد مطالعه در شرق ایران و در زون زمین درز سیستان قرار گرفته است. این منطقه با مساحت ۸۰/۵۶۵ کیلومتر مربع در محدوده ی کوه کمر حاجی با موقعیت جغرافیایی 59° تا $59^{\circ} 08' 25''$ طول شرقی و $32^{\circ} 54'$ تا $32^{\circ} 57' 20''$ عرض شمالی واقع شده است.

در این مطالعه ویژگی های ساختاری بخش کوچکی از زون زمین درز سیستان که در شمال باختری بیرجند در محدوده ی کوه کمر حاجی واقع شده است، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله می تواند در شناخت خصوصیات ساختاری این ایالت مفید واقع شود.

دانسته های ما از راستای تنش، میزان تغییرات نسبی آن در زمان های مختلف (از دیدگاه علمی و کاربردی، بویژه در زمینه کاهش خطرات زمینلرزه ای) و آگاهی از سازوکار شکستگی ها بخصوص گسله ها و درزه های مختلف، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از آنجا که در منطقه مطالعاتی عناصر ساختاری مربوط به زمان های مختلف وجود دارد، تحلیل هندسی جنبشی آنها می تواند کمکی به تحلیل راستای تنش و میزان تغییرات نسبی آن در زمان های مختلف باشد.

۱-۲- تبیین موضوع

در منطقه کوه کمر حاجی در شمال غرب بیرجند، ساختار های زمین شناسی نظیر: دپوشته^۱، چین، پهنه سه گوش^۲، ناپیوستگی^۳، گسل با سازوکار مختلف، ساخت بالارنده^۴ و... وجود دارد. با توجه به سیستم گسل شکر آب، که در جنوب منطقه مطالعاتی قرار دارد، به نظر می رسد، جهت تنش مؤثر، شمالی - جنوبی باشد. خطیب (۱۳۶۸)، با تحلیل ساختاری کوه های جنوب بیرجند، جهت تنش بیشینه را شمال شرق - جنوب غرب معرفی می کند و هیهات (۱۳۷۷) با تحلیل ساختاری کوه های شمال بیرجند جهت تنش بیشینه را N38E معرفی می کند. از آنجا که راستای قرار گرفتن دپوشته ها بر روی همدیگر از خاور به سمت باختر می باشد، راستای قرارگیری با جهت های تنش ذکر شده همخوانی ندارد. چین ها نیز از ساختارهای موجود در منطقه می باشند که در لایه های شکل پذیر منطقه با هندسه ی مختلف بوجود آمده اند. راستای اثر محوری این چین ها با همدیگر و با تنش ناحیه ای ونحوه ی روی هم قرار گرفتن دپوشته ها همانند نیست. در قسمت مرکزی منطقه کوه کمر حاجی، گسل فرعی (F10) لایه های سنگی را قطع کرده و باعث بر خاستگی قسمت مرکزی منطقه و ایجاد ساخت بالارنده^۴ شده است.

^۱ Duplex

^۲ Triangle zone

^۳ Unconformity

^۴ Pop-Up

در راستای تحلیل هندسی - جنبشی ساختار های موجود در منطقه که دپشته ها فراوانترین آنها می باشند، سؤالات زیر به ذهن رسیده است :

- آیا ارتباطی بین چین خوردگی با دپشته در منطقه مورد مطالعه وجود دارد؟
- ارتباط میزان کوتاه شدگی با نرخ جا بجایی راستا لغز، در منطقه مورد مطالعه چیست؟
- جهت جوان شدن ساختارهای دپشته و ساختار های تراستی در منطقه مورد مطالعه چگونه است؟
- مدل تکوین دپشته های منطقه مورد مطالعه چیست؟

۱-۲-۱- هدف از انجام پژوهش

به کمک تحلیل ساختار های ذکر شده، این پایان نامه سعی در جواب به نا همخوانی جهت های تنش ذکر شده (توسط خطیب (۱۳۶۸) و هیهات (۱۳۷۷)) با روند ساختار های موجود در منطقه و جواب به سؤالات مطرح شده برای پی بردن به نحوه ی تکوین ساختاری کوه کمر حاجی و تغییرات جهت، تنش و کرنش شده است.

۱-۲-۲- فرضیات پژوهش

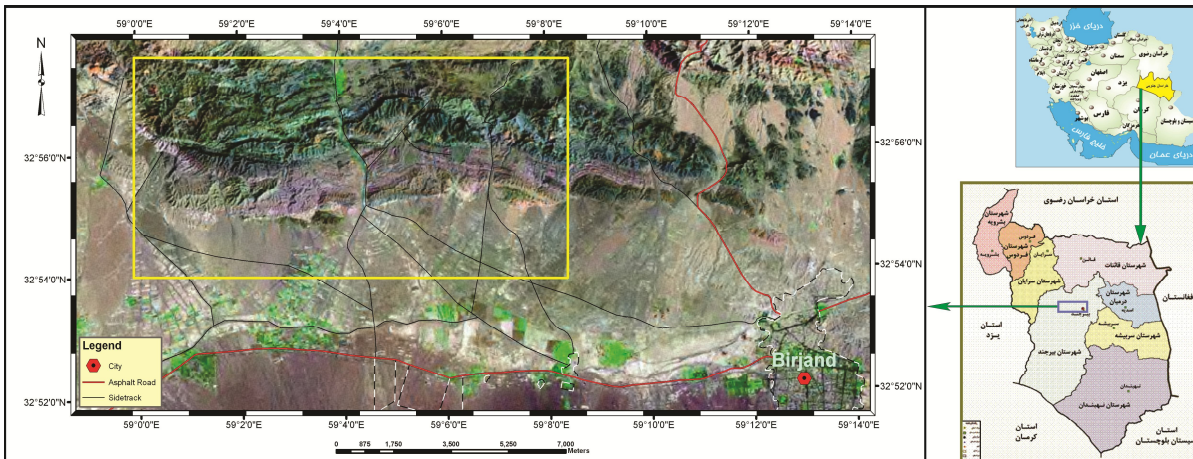
- احتمالاً دپشته های منطقه مورد مطالعه، مربوط به یک دگرشکلی پیشرونده می باشند که در سیستم فشاری - برشی ایجاد گردیده اند.
- چین خوردگی های موجود در منطقه مورد مطالعه در ارتباط با گسل می باشند (چین - گسل)، بطوری که پادگانه های رود خانه ای موجود، در اثر حرکات گسلی، چین خورده اند.
- جهت جوان شدن ساختار های دپشته و ساختار های راندگی به سمت شرق می باشد.
- گسلش شیب لغز همراه با جابجایی امتداد لغز باعث شده در جاهایی که لایه ها شکل پذیر بوده لایه ها بیشتر چین بخورند و در جاهایی که لایه ها شکننده بوده اند، لایه ها جا به جا شده و روی هم قرار بگیرند.

۱-۳- اهمیت و ضرورت انجام مطالعه

در منطقه مطالعاتی ساختار هایی وجود دارد که تا کنون مطالعه ای بر روی آنها صورت نگرفته است. لذا نتایج حاصل از این تحقیق می تواند کمک زیادی به شناخت تکامل ساختاری کوه های شمال بیرجند و کمکی به شناخت هر چه بیشتر نحوه ی تکوین پهنه ی زمین درز سیستان باشد. همچنین با توجه به نزدیکی شهر بیرجند و روستا های اطراف به منطقه مورد مطالعه این ضرورت ایجاب می کند که به مطالعه ی هر چه بیشتر تکتونیک منطقه پرداخته شود.

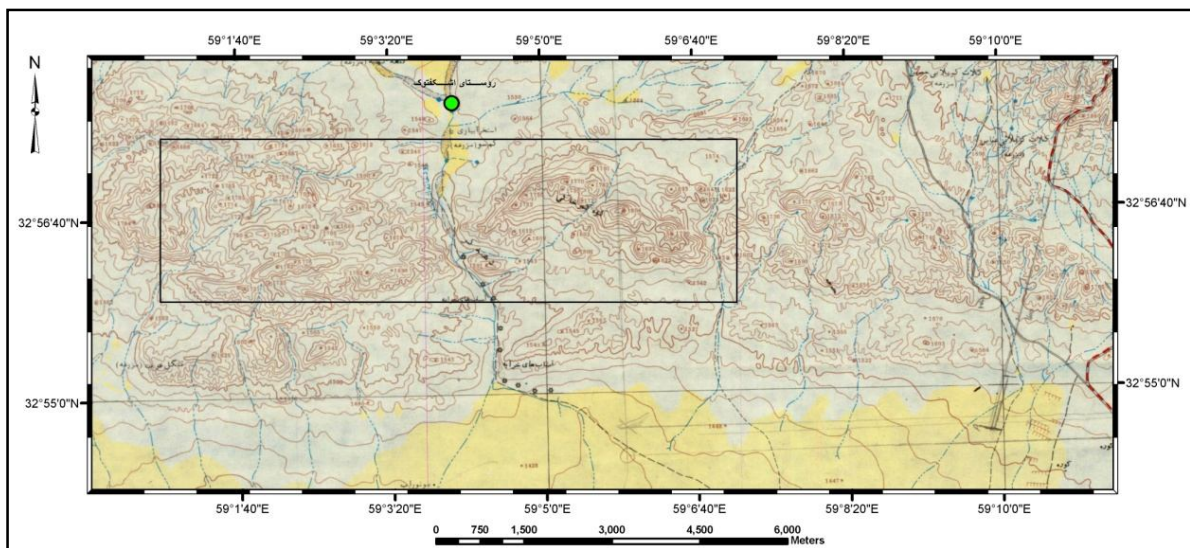
۱-۴- موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی، در شمال غرب بیرجند قرار گرفته است (شکل ۱-۱). شهرستان بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی می باشد که از طرف شمال به شهرستان قائن، از طرف جنوب به استان سیستان و بلوچستان، از طرف شرق به کشور افغانستان و از طرف غرب به شهرستان فردوس و طبس (بلوک لوت) محدود می شود. فاصله این شهر تا پایتخت ۱۳۵۰ کیلومتر می باشد. جمعیت شهرستان بیرجند طبق سرشماری سال ۱۳۸۵، ۲۳۸۸۸۳ نفر است. ارتفاع آن از سطح دریا که در فرودگاه شهر اندازه گیری شده، ۱۴۹۵ متر می باشد.



شکل ۱-۱: تصویر ماهواره ای از منطقه مطالعاتی. کادر بالا موقعیت منطقه مورد مطالعه را نسبت به شهر بیرجند نشان می دهد.

منطقه مورد مطالعه، در محدوده کوه کمرحاجی در جنوب روستای اشکفتوک واقع شده است. ارتفاع بلندترین قله آن به حدود ۱۸۱۹ متر می رسد. خطوط میزان دارای بیشترین ارتفاع، مربوط به واحد E0 است که یکی از واحدهای مرکزی ساخت دپشته در منطقه بحساب می آید (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲: نقشه توپوگرافی منطقه مطالعاتی. ارتفاع خطوط میزان در واحدهای تشکیل دهنده دپشته ها بیشتر می باشد. این خود بیشتر بودن فراخاست و فشارش در این قسمت از منطقه را نشان می دهد. کادر سیاه رنگ موقعیت ساخت دپشته هارا نشان می دهد.

۱-۴-۱- آب و هوا

کمبود بارندگی در منطقه، باعث از بین رفتن روستاها و کم رونق شدن کشاورزی شده است و بیشتر روستائیان را مجبور به مهاجرت به شهرهای پیرامون کرده است. پوشش گیاهی منطقه، بطور عمده بوته‌زارهای کوتاه و کم ارتفاع و بته‌های تاق و قیچ می باشند. این محدوده فاقد رودخانه دائمی است و رودخانه های فصلی آن مثل رودخانه ی اشکفتوک دارای آب تلخ و شور است. از گونه‌های جانوری که در این محدوده زیست می‌کنند می‌توان، روباه، گرگ، شغال، خرگوش، عقاب، کبک و... را نام برد. از دیدگاه تقسیم‌بندی آب و هوایی، این محدوده در ناحیه نیمه بیابانی شرق ایران قرار دارد. آب و هوای نیمه بیابانی و کویری باعث فرسایش رخنمون‌های منطقه شده است. میانگین درجه حرارت سالیانه بر اساس نزدیکترین مرکز هواشناسی که بیرجند می باشد و خود نیز در ناحیه نیمه بیابانی شرق ایران واقع است، حدود ۱۷ درجه سانتی گراد می باشد. میزان بارندگی نیز از ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر در سال متغیر است. کمینه دمای مطلق سالیانه حدود ۲۱/۵ و بیشینه آن ۴۴ درجه سانتی‌گراد بدست آمده است.

۱-۴-۲- راههای دسترسی به منطقه

مهم‌ترین راه های ارتباطی این محدوده عبارتند از :

- ❖ جاده خاکی بیرجند - دهنه کر، جاده خاکی دهنه کر - اشکفتوک.
- ❖ جاده های خاکی که از جاده آسفالت، بیرجند - کرمان جدا می شوند و عبارتند از: جاده خاکی امیرآباد - چاه حوض ، جاده خاکی امیر آباد - دهنه کر ، جاده خاکی شمس آباد - دهنه کر ، جاده خاکی محمدیه - شور رود.
- ❖ راه آسفالته بیرجند - شوشود، که از لبه ی شرقی منطقه مطالعاتی عبور می کند. از طریق جاده فرعی که از این جاده، جدا می شود می توان به قسمت های مختلف منطقه مطالعاتی دست یافت.
- ❖ راه‌های خاکی دیگری نیز در سراسر محدوده وجود دارند که بخش‌های مختلف را بهم مربوط می‌سازند.

در شکل (۱-۳) نقشه ی راههای دسترسی به منطقه آورده شده است.