

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بلوچستان  
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی (گرایش تکتونیک)

عنوان :

تحلیل هندسی - جنبشی گسلش تراگذر در

تاقدیس بیرجند

استاد راهنما:

دکتر محمد مهدی خطیب

استاد مشاور:

دکتر علی اصغر مریدی

دکتر محمد علی بوز  
شیخدارک

تحقیق و نگارش:

۱۳۸۸/۸/۳۰

زهرا عسگرپور

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۸۸

۱۲۷۴۰۳



### بسمه تعالیٰ

این پایان نامه با عنوان تحلیل هندسی - جنبشی گسلش تراگذر در تاق‌دیس بیرجند قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش تکتونیک توسط دانشجو زهرا عسگرپور تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر محمد مهدی خطیب تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو) محمد عسگرپور

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما: دکتر محمد مهدی خطیب		
استاد مشاور: دکتر علی اصغر مریدی		۸۸، ۶، ۲۱
داور ۱: دکتر محمد نبی گرگیچ		
داور ۲: دکتر ابراهیم غلامی		۸۸، ۶، ۲۱
نماینده تحصیلات تکمیلی: مهندس محمد مهران		



دانشگاه سیستان و بلوچستان

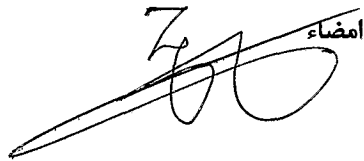
### تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب زهرا عسگریور تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: زهرا عسگریور

امضاء



تقدیم به:

پدر و روح پاک مادرم

به آسمانیایی که باریدند تا برویم، خورشیدیایی که تابیدند تا جان بگیرم،

وریدیایی که قوت خویش را به من دادند تا زنده بمانم.

همسر عزیزم

آن هم همان مهربان،

که همواره همراهم بود تا سختی‌ها و مرارت‌ها در سایه سار کلام صادقانه

و نگاه مشتاقانه‌اش، به شیرینی و سیرینی پیوند خورد.

برادران و خواهرم

رفیقان راه و نویدبخشان آینده‌ای روشن.

## سپاسگزاری

به نام مهربانی که زمین در گستره‌ی مهرش چنان آسایشی را برای انسان پیشکش آورده است که مهر مادرانه سوده‌ای است از آن. هستی بخشی، که نه گستره‌ی بی انتهای فیروزه‌ی فلکش پیداست و نه اسرار بی‌شمار نهفته در دل زمین سبزش آشنا.

مهرش را سپاسگزارم که به این کمین توانی ارزانی داشت تا در ردای آسمان نشان ((دانش پژوهی)) به کنکاش راهی از زمین مهربانش، خاطر ناآرام خویش را بیارم و این کمینه‌ی کم سنگ را پیش کشی بدانم به درگاهش. خداوندا تو را سپاس می‌گویم که یاریم دادی تا برگ‌ی دیگر از دفتر زیبای خلقت تو را ورق بزنم، بخوانم و نیکوتر بشناسم. تو را شکر می‌گویم که در سختی‌های راه آموختن، رهایم نکردی، دل و دیده‌ام را روشنی دادی و به امید مدد خود دلگرمم ساختی.

در راه پژوهش و آموختن، استاد فرزانه‌ام دکتر محمد مهدی خطیب، چونان پدری مهربان یاری‌ام داد، دلسوزی نمود و قوتم بخشید. الهی زیاتم از سپاس او، آنگونه که شایسته باشد ناتوان است، تو خود اجرش ده و نگاه‌دارش باش. در ضمن از استاد مشاورم جناب آقای دکتر علی اصغر مریدی که در مراحل مختلف اجرای این پروژه با همکاری و ارائه راه‌حل‌های مناسب در به ثمر رسیدن این پایان‌نامه نقش ارزنده‌ای داشته‌اند، نهایت تشکر خود را ابراز می‌دارم. از اساتید مدعو آقایان دکتر غلامی و دکتر گرگیج که قبول زحمت نموده و پایان‌نامه اینجانب را مطالعه فرمودند، متشکرم.

از جناب آقای مهندس مهران، مدیر محترم گروه زمین‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان به خاطر تمام زحمتهایشان، تشکر می‌نمایم. از کارشناسان گروه زمین‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان و دانشگاه بیرجند، که همکاری لازم را جهت ارائه خدمات به اینجانب داشته‌اند، سپاسگزاری می‌کنم. از همکلاسی‌های عزیزم: خانم مرضیه عارف‌نژاد و آقایان محمد مظفرخواه، سعید دهقانی، مهدی ییلویی و پویا صادقی، به خاطر همراهی صمیمانه خود از آغاز تا پایان این پروژه، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از کلیه دوستان عزیزم: خانم‌ها زهرا فیروزکوهی، زهرا مختاری، سمیه محمدخانی، معصومه زمانی، راحله غضبانی، اعظم شیبانی، فرزانه بنی فاطمه، انسیه پی‌رگزی و آقایان حسام یزدان‌پناه، سعید زارعی و یعقوب جلیلی و برادر عزیزم یوسف که زحمت همراهی در عملیات صحرایی با اینجانب را برعهده داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. از هم‌اتاقی‌های مهربانم سرکار خانم، محسنه شیبانی، حمیده برفه‌ای، معصومه عاشوری و زهرا کسایی که در این راه مرا یاری رساندند، کمال تشکر را دارم.

از سرکار خانم آتنا نعیمی، نیاز مرادی و شیوا یاری به خاطر تمام محبت‌هایشان سپاسگزاری می‌نمایم.  
در پایان از همسر مهربانم که در این راه پر پیچ و خم، همواره پشتیبان و همراه بود و با صبر و بردباری در  
تمامی لحظات به من قوت قلب می‌بخشید، تقدیر و تشکر می‌نمایم.

زهرا عسگریور، شهریور ۱۳۸۸

## چکیده:

منطقه مورد مطالعه با مختصات طولی  $E59^{\circ} 34' - E59^{\circ} 9'$  و مختصات عرضی  $N32^{\circ} 41' - N32^{\circ} 55'$  در شمال ایالت ساختاری سیستان واقع شده است. در اثر همگرایی دو خرده ورق باقران و شکرآب، نهشته‌های نئوژن و کواترنری در بخش میانی دشت بیرجند، چین‌خورده و تاقدیس بیرجند شکل گرفته است. این تاقدیس در بالای گسل تراستی پنهان، با شیب به سمت شمال قرار دارد و به صورت تپه‌های شیبدار و نامتقارن دیده می‌شوند. میزان فعالیت و رشد این گسل تراستی از خاور به سمت باختر کاهش می‌یابد به طوری که در بخش غربی چین، در سطح زمین اثری از گسل مشاهده نمی‌شود.

چین موجود در منطقه مورد مطالعه توسط ۱۲ گسل تراگذر (Tear fault) بریده شده و به قطعاتی با جایجایی مختلف تقسیم شده است. با محاسبه مقدار جدایش‌های هر گسل تراگذر، میزان جایجایی کلی (Net slip) در این گسل‌ها برآورد شد که سازوکار همه گسل‌های تراگذر در محل محور چین، امتدادلغز با مولفه معکوس می‌باشد.

بر اساس مطالعات آزمایشگاهی و محاسبه ابعاد فرکتالی آبراهه‌ها در تاقدیس بیرجند، می‌توان دلیل ایجاد گسل‌های تراگذر در بخش مرکزی تاقدیس بیرجند را، اختلاف کوتاه‌شدگی در طول این کمربند چین و تراستی به دلیل قرارگیری در یک سیستم فشاری-برشی راستگرد (همگرایی بیشتر دو رشته‌کوه باقران و شکرآب در بخش مرکزی تاقدیس نسبت به سایر بخش‌ها) و در نتیجه اعمال دوران همراه با کرنش دانست.

**کلمات کلیدی:** تاقدیس بیرجند- گسل تراستی- گسل تراگذر- مطالعات آزمایشگاهی- فرکتال- سیستم فشارشی برشی.



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول کلیات .....
۲	۱-۱- مقدمه .....
۲	۲-۱- طرح مسأله .....
۳	۳-۱- فرضیات تحقیق .....
۳	۴-۱- اهداف پژوهش .....
۳	۵-۱- منطقه مورد مطالعه .....
۴	۶-۱- موقعیت توپوگرافی .....
۵	۷-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه .....
۶	۸-۱- آب و هوا .....
۶	۹-۱- راههای دسترسی به منطقه .....
۷	۱۰-۱- تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه .....
۹	۱۱-۱- روش انجام پژوهش .....
۱۱	فصل دوم زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه .....
۱۲	۱-۲- موقعیت زمین شناسی ایران در کمربند آلپ - هیمالیا .....
۱۴	۲-۲- جایگاه پهنه شرق ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه در تقسیم بندی زمین شناسی ایران .....
۱۷	۳-۲- نگرش‌های گوناگون در تکامل تکتونیکی زیر پهنه سیستان و لوت .....
۲۱	۴-۲- سنگ شناسی و چینه شناسی منطقه چهارگوش بیرجند .....
۲۱	۱-۴-۲- آمیزه افیولیتی .....
۲۲	۲-۴-۲- رسوبات نوع فلیش .....
۲۳	۳-۴-۲- سنگهای آذرآواری و رسوبات جوانتر .....
۲۳	۴-۴-۲- نهشته‌های کواترنری .....
۲۴	۵-۲- سنگ شناسی و چینه شناسی منطقه مورد مطالعه .....
۲۴	۱-۵-۲- واحد مارنی .....
۲۴	۲-۵-۲- واحد شیلی .....
۲۶	۳-۵-۲- واحد توفی .....
۲۶	۴-۵-۲- واحد کنگلومرایی .....
۲۷	۵-۵-۲- واحد کواترنری .....
۲۹	فصل سوم تحلیل هندسی عناصر ساختاری موجود در منطقه .....
۳۰	۱-۳- چین .....

۳۱	.....A1 چین ۱-۱-۳
۳۲	.....A2 چین ۲-۱-۳
۳۳	.....A3 چین ۳-۱-۳
۳۴	..... ۲-۳ گسل
۳۴	..... ۱-۲-۳ گسل تراستی جنوب تاقدیس بیرجند
۳۹	..... ۲-۲-۳ گسل تراستی شمال تاقدیس بیرجند
۴۰	..... ۳-۲-۳ گسل های تراگذر
۴۱	..... ۱-۳-۲-۳ برآورد میزان جدایش ها در روی صفحه گسل های تراگذر
۴۵	..... F1 گسل (گسل بجد)
۴۶	..... F2 گسل ۳-۳-۲-۳
۴۷	..... F3 گسل ۴-۳-۲-۳
۴۹	..... F4 گسل ۵-۳-۲-۳
۴۹	..... F5 گسل ۶-۳-۲-۳
۵۰	..... F6 گسل ۷-۳-۲-۳
۵۰	..... F7 گسل ۸-۳-۲-۳
۵۱	..... F8 گسل ۹-۳-۲-۳
۵۲	..... F9 گسل ۱۰-۳-۲-۳
۵۴	..... F10 گسل ۱۱-۳-۲-۳
۵۵	..... F11 گسل ۱۲-۳-۲-۳
۵۶	..... F12 گسل (گسل مهدی آباد)
۵۸	..... ۴-۲-۳ گسل های فرعی موجود در تاقدیس بیرجند
۶۴	..... فصل چهارم تحلیل جنبشی
۶۵	..... ۱-۴ مقدمه
۶۵	..... ۲-۴ سیستم تغییر شکل های ترافشارشی ( <i>Transpression</i> ) و تراکشی ( <i>Transtension</i> )
۶۷	..... ۳-۴ ویژگی های میدان تنش
۶۷	..... ۴-۴ تعیین جهات تنش اصلی وارد بر منطقه
۶۷	..... ۱-۴-۴ تعیین تنش با استفاده از روش دو وجهی عمود بر هم
۶۸	..... ۲-۴-۴ تعیین موقعیت محور تنش با استفاده از روش پتیت <i>Petith</i>
۷۰	..... ۳-۴-۴ تعیین موقعیت محور تنش با استفاده از روش <i>Arthaud</i>
۷۳	..... فصل پنجم مطالعات آزمایشگاهی
۷۴	..... ۱-۵ مقدمه
۷۴	..... ۲-۵ عوامل کنترل کننده شکل چین ها
۷۴	..... ۱-۲-۵ اختلاف ویسکوزیته
۷۶	..... ۲-۲-۵ ضخامت لایه چین خورده
۷۶	..... ۳-۵ کوتاه شدگی لایه ها قبل از چین خوردگی
۷۷	..... ۴-۵ تاثیر چین خوردگی همزمان مجموعه طبقات
۷۷	..... ۵-۵ تحلیل مطالعات آزمایشگاهی

۷۸	..... ۵-۵-۱- دستگاه برش
۷۹	..... ۵-۵-۲- روش اجرای کار
۷۹	..... ۵-۵-۳- شرح آزمایش‌ها
۷۹	..... ۵-۵-۱- آزمایش اول
۸۱	..... ۵-۵-۲- آزمایش دوم
۸۵	..... ۵-۵-۳- آزمایش سوم
۸۷	..... ۵-۵-۴- آزمایش چهارم
۹۰	..... ۵-۵-۵- آزمایش پنجم
۹۱	..... ۵-۵-۶- آزمایش ششم
۹۴	..... ۵-۵-۷- آزمایش هفتم
۹۶	..... ۵-۶- بحث و بررسی
۹۸	..... فصل ششم تحلیل فرکتالی تاقدیس بیرجند
۹۹	..... ۱-۶- مقدمه
۱۰۰	..... ۲-۶- روش مطالعه فرکتالی آبراهه‌ها
۱۰۰	..... ۳-۶- بررسی بعد فرکتال در تاقدیس بیرجند
۱۱۵	..... ۴-۶- بحث و بررسی
۱۱۸	..... فصل هفتم الگوی دگرریختی منطقه
۱۱۹	..... ۱-۷- مقدمه
۱۲۰	..... ۲-۷- مرحله اول دگرریختی
۱۲۱	..... ۳-۷- مرحله دوم دگرریختی
۱۲۱	..... ۴-۷- مرحله سوم دگرریختی
۱۲۲	..... ۵-۷- مرحله چهارم دگرریختی
۱۲۶	..... فصل هشتم نتیجه گیری
۱۳۰	..... مراجع

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان جدول
۴۴	جدول ۱-۳: مقادیر اندازه‌گیری شده جدایش‌های روی صفحه گسل‌های تراگذر در محل اثر محور چین
۴۴	جدول ۲-۳: مقادیر اندازه‌گیری شده زاویه شیب گسل‌های تراگذر در محل اثر محور چین
۷۰	جدول ۱-۴: مشخصات گسل‌های برداشت شده به منظور تعیین جهت محورهای فشارش و کشش در منطقه
۸۱	جدول ۱-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش اول
۸۴	جدول ۲-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش دوم
۸۵	جدول ۳-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش سوم
۸۹	جدول ۴-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش چهارم
۹۱	جدول ۵-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش پنجم
۹۲	جدول ۶-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش ششم
۹۶	جدول ۷-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده دامنه، طول موج و میزان کوتاه‌شدگی چین در آزمایش هفتم
۱۰۱	جدول ۱-۶: ابعاد و تعداد مربع‌های حاوی آبراهه برای ۴ شبکه (A-D) در بخش شرقی تاقدیس
۱۰۳	جدول ۲-۶: ابعاد و تعداد مربع‌های حاوی آبراهه برای ۳ شبکه (a-c) در بخش غربی تاقدیس
۱۱۵	جدول ۳-۶: مقادیر محاسبه شده ابعاد فرکتالی در تاقدیس بیرجند
۱۱۶	جدول ۴-۶: مقادیر اندازه‌گیری شده کوتاه‌شدگی در طول تاقدیس بیرجند

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل
۴	شکل ۱-۱. تصویر ماهواره‌ای کل منطقه که تاقدیس شمال بیرجند بر روی آن مشخص شده است.
۵	شکل ۲-۱. ساختارهای توپوگرافی منطقه بیرجند
۵	شکل ۳-۱. مقطع عرضی از تپه‌ها در دره مابین کوه باقران و کوه شکرآب
۷	شکل ۴-۱: راههای دسترسی به تاقدیس بیرجند
۱۳	شکل ۱-۲. جایگاه زمین‌شناسی ایران در نوار چین خورده آلپ- هیمالیا
۱۶	شکل ۲-۲. ساختار کلی بخشی از زون فلیش شرق ایران که در حد بین بلوک لوت و افغان بوجود آمده است
۱۷	شکل ۳-۲. زیر پهنه‌های ایران از دیدگاه نوگل سادات
۱۹	شکل ۴-۲. تکامل ساختمانی منطقه جوش خورده سیستان در عرض جغرافیایی ۳۲° N
۲۴	شکل ۵-۲. ستون چین‌شناسی منطقه مورد مطالعه
۲۵	شکل ۶-۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه
۲۵	شکل ۷-۲. رخنمون واحد شیلی در دامنه جنوبی چین
۲۶	شکل ۸-۲. تفکیک واحدهای نئوژن در منطقه مورد مطالعه
۲۷	شکل ۹-۲. رخنمون کنگلومرای نئوژن در دامنه جنوبی تاقدیس شمال بیرجند
۲۸	شکل ۱۰-۲. رخنمون واحد سنگی Qt2 در بخش شرقی تاقدیس بیرجند
۲۸	شکل ۱۱-۲. رخنمون واحد سنگی Qal در بخش شرقی تاقدیس بیرجند
۳۱	شکل ۱-۳. چین موجود در منطقه مورد مطالعه و موقعیت برش‌های A1، A2 و A3
۳۲	شکل ۲-۳. الف) نمایی از چین A1. ب. تصویر استریوگرافی لایه‌ها. ج. موقعیت سطح محوری و محور چین

- شکل ۳-۳. استریوگرام لایه‌بندی چین A2 به همراه موقعیت سطح محوری و محور چین ۳۳
- شکل ۳-۴. الف) نمایی از چین A3 ، ب و ج. تصویر استریوگرافی لایه‌ها و کنتور دیاگرام توزیع قطب لایه‌ها ۳۴
- شکل ۳-۵. رخنمون یافتن مارن‌ها در بین لایه‌های کنگلومرا در دامنه جنوبی تاقدیس بیرجند ۳۵
- شکل ۳-۶. روند پهنه برشی گسل تراستی در واحد مارن در یال جنوبی تاقدیس ۳۵
- شکل ۳-۷. رخنمون یافتن لایه‌های مارن در دامنه جنوبی تاقدیس در اثر فعالیت گسل تراستی ۳۵
- شکل ۳-۸. روند گسل تراستی در یال جنوبی تاقدیس با توجه به رخنمون یافتن مارن‌ها در سطح زمین ۳۶
- شکل ۳-۹. روند پهنه برشی گسل مشاهده شده در واحد مارن که توسط گسل‌های تراگذر F قطعه قطعه شده است ۳۶
- شکل ۳-۱۰. بالا آمدگی لایه‌های مارن در امتداد گسل تراستی ۳۷
- شکل ۳-۱۱. صفحه گسل مشاهده شده در یال جنوبی تاقدیس بیرجند ۳۷
- شکل ۳-۱۲. پرتگاه‌های گسلی دامنه جنوبی چین در بخش خاوری که نشانه وجود گسل در این دامنه است ۳۸
- شکل ۳-۱۳. اثری از به سطح رسیدن گسل در دامنه جنوبی تاقدیس در بخش باختری نیست ۳۸
- شکل ۳-۱۴. پرتگاه‌های گسلی دامنه شمالی چین که نشانه وجود گسل در این دامنه است ۳۹
- شکل ۳-۱۵. روند تراست شمالی و تراست جنوبی که در اثر رخنمون یافتن مارن ایجاد شده است ۴۰
- شکل ۳-۱۶. موقعیت گسل‌های تراگذر F1 تا F12 در روی تاقدیس بیرجند ۴۱
- شکل ۳-۱۷. جابجایی کلی (n) یک گسل را نشان می‌دهد که در قسمت B این بردار به دو مولفه امتداد لغز (S) و شیب لغز (D) تقسیم شده است. ۴۲
- شکل ۳-۱۸. روش تعیین جدایش‌های امتدادی و شیبی گسل‌های تراگذر در روی تاقدیس بیرجند ۴۳
- شکل ۳-۱۹. نمایی از گسل F1 در موقعیت  $N32^{\circ} 50' 52.3''$ ,  $E59^{\circ} 19' 65.2''$  ۴۵
- شکل ۳-۲۰. تصویر استریوگرافی مربوط به گسل F1 و موقعیت محورهای تنش ۴۵
- شکل ۳-۲۱. گسل F2 بین قطعه ۱ و ۲ در موقعیت  $N32^{\circ} 49' 92.3''$ ,  $E59^{\circ} 20' 49''$  ۴۶
- شکل ۳-۲۲. تصویر سه بعدی گسل F2 ۴۶

- ۴۷ شکل ۳-۲۳. استریوگرام مربوط به گسل F2 و موقعیت محورهای تنش
- ۴۷ شکل ۳-۲۴. گسل F3 در موقعیت  $N32^{\circ} 49' 25.3''$ ,  $E59^{\circ} 21' 53$
- ۴۸ شکل ۳-۲۵. تصویر سه بعدی گسل F3
- ۴۸ شکل ۳-۲۶. استریوگرام مربوط به گسل F3 و موقعیت محورهای تنش
- ۴۸ شکل ۳-۲۷. لایه مارنی که در اثر فعالیت گسل تراستی بالا آمده
- ۴۹ شکل ۳-۲۸. تصویر استریوگرافیک مربوط به گسل F4
- ۴۹ شکل ۳-۲۹. تصویر استریوگرافیک مربوط به گسل F5
- ۵۰ شکل ۳-۳۰. استریوگرام مربوط به گسل F6
- ۵۱ شکل ۳-۳۱. الف) تصویر سه بعدی گسل F7 و ب) تصویر استریوگرافیک این گسل
- ۵۲ شکل ۳-۳۲. تصویر استریوگرافیک گسل F8
- شکل ۳-۳۳. صفحه گسل F9، مشاهده شده در موقعیت  $N32^{\circ} 48' 32''$ ,  $E59^{\circ} 24' 93$  که لایه بندی N285/60NE را قطع کرده است.
- ۵۳
- ۵۴ شکل ۳-۳۴. تصویر استریوگرافیک گسل F9 مربوط به صفحه گسل SE80/40N
- ۵۴ شکل ۳-۳۵. تصویر استریوگرافیک گسل F9 در محل محور چین
- ۵۵ شکل ۳-۳۶. موقعیت گسل های F10 و F11 در قطعه ۹
- ۵۵ شکل ۳-۳۷. تصویر استریوگرافیک گسل F10
- ۵۶ شکل ۳-۳۸. نمایی از گسل F11 در قطعه ۹
- ۵۶ شکل ۳-۳۹. تصویر استریوگرافیک گسل F11
- ۵۷ شکل ۳-۴۰. گسل F12 در موقعیت  $N32^{\circ} 47' 82''$ ,  $E59^{\circ} 26' 33$
- ۵۷ شکل ۳-۴۱. تصویر سه بعدی گسل F12 و تصویر استریوگرافیک آن
- شکل ۳-۴۲. گسل معکوس در سمت راست جاده علی آباد در موقعیت  $N32^{\circ} 47' 45.3''$ ,  $E59^{\circ}$
- ۵۸  $26' 50.2''$
- شکل ۳-۴۳. گسل معکوس در خیابان شهید ناصری در موقعیت  $N32^{\circ} 52' 48.1''$ ,  $E59^{\circ} 14'$
- ۵۹  $04''$
- شکل ۳-۴۴. گسل معکوس در خیابان شهید ناصری در موقعیت  $N32^{\circ} 53' 16.1''$ ,  $E59^{\circ} 14'$

شکل ۳-۴۵. الف) گسل معکوس در خیابان شهید ناصری ب) خش لغزهای روی صفحه گسل و

۶۰

تصویر استریوگرافیک آن. گسل لایه توف را ۴/۵۷ متر جابجا کرده است.

۶۱

شکل ۳-۴۶. لغزش بین لایه‌ای، مشاهده شده در طول تاقدیس بیرجند

۶۱

شکل ۳-۴۷. محل چین A1 و A2 در تقسیم‌بندی فلوتی (۱۹۶۴)

شکل ۳-۴۸. نمودار گل سرخی مربوط به روند گسل‌های موجود در منطقه با روند غالب شمالی -

جنوبی

۶۲

شکل ۳-۴۹. نمودار گل سرخی مربوط به تنش‌های بیشینه وارد بر منطقه با جهت غالب N45

۶۳

شکل ۳-۵۰. تصویر شماتیک و سه بعدی منطقه مورد مطالعه

۶۳

شکل ۴-۱. ارتباط هندسی ساختارها در A: رژیم ترافشارشی، B: رژیم برشی ساده و C: رژیم

۶۶

تراکشی

شکل ۴-۲. الف) تعیین محورهای کشش، فشارش و حدواسط بر اساس روش دووجهی ب) خطوط

۶۸

لغزش روی سطح گسل

شکل ۴-۳. الف- میانگین محور فشارش و ب- میانگین محور کشش محاسبه شده بر اساس روش

۶۹

پتیت

شکل ۴-۴. موقعیت محورهای کرنش و صفحات دربرگیرنده محورهای جنبشی محاسبه شده بر

۷۱

اساس روش آرتود

۷۲

شکل ۴-۵: انطباق راستای امتداد محور چین با جهت تنش بیشینه که تقریباً بر هم عمود می‌باشند

شکل ۵-۱. مدل تک لایه مقاوم با ضخامت d و ویسکوزیته  $\mu_1$  که در زمینه با ویسکوزیته  $\mu_2$  قرار

۷۵

گرفته است.

۷۶

شکل ۵-۲. تئوری تکامل پیشرونده چین در لایه‌های منفرد مقاوم

۷۸

شکل ۵-۳. تصویری از دستگاه برش محض استفاده شده در آزمایشگاه تکتونیک تجربی

۷۸

شکل ۵-۴. تصویری از دستگاه برش ساده استفاده شده در آزمایشگاه تکتونیک تجربی

۸۰

شکل ۵-۵. مراحل انجام آزمایش اول

۸۱

شکل ۵-۶. عملکرد گسل‌های تراگذر F7 و F8 که قابل مقایسه با مرحله چهارم، آزمایش اول است.



- شکل ۵-۷. مراحل انجام آزمایش دوم ۸۳
- شکل ۵-۸. عملکرد گسل‌های تراگذر F8 و F9 که قابل مقایسه با مرحله پنجم، آزمایش دوم است. ۸۴
- شکل ۵-۹. مراحل انجام آزمایش سوم ۸۶
- شکل ۵-۱۰. مراحل انجام آزمایش چهارم ۸۸
- شکل ۵-۱۱. عملکرد گسل‌های تراگذر F1 و F2 که قابل مقایسه با مرحله چهارم، آزمایش چهارم است ۸۹
- شکل ۵-۱۲. مراحل انجام آزمایش پنجم ۹۰
- شکل ۵-۱۳. جدایش بین چین‌ها در اثر عملکرد گسل‌های تراگذر در تاقدیس شمال بیرجند ۹۱
- شکل ۵-۱۴. مراحل انجام آزمایش ششم ۹۳
- شکل ۵-۱۵. عملکرد گسل‌های تراگذر F9 و F12 که با مرحله پنجم، آزمایش ششم همخوانی دارد. ۹۴
- شکل ۵-۱۶. مراحل انجام آزمایش هفتم ۹۵
- شکل ۶-۱. شبکه‌بندی انجام شده بر روی بخش شرقی - غربی به منظور محاسبه بعد فرکتالی ۱۰۱
- شکل ۶-۲. نمودارهای  $\log N - \log 1/S$  برای بدست آوردن بعد فرکتالی در بخش شرقی ۱۰۲
- شکل ۶-۳. نمودارهای  $\log N - \log 1/S$  برای بدست آوردن بعد فرکتالی در بخش غربی ۱۰۴
- شکل ۶-۴. شبکه‌بندی انجام شده بر روی دامنه شمالی به منظور محاسبه بعد فرکتالی ۱۰۵
- شکل ۶-۵. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع A ۱۰۵
- شکل ۶-۶. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع B ۱۰۵
- شکل ۶-۷. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع C ۱۰۶
- شکل ۶-۸. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع D ۱۰۶
- شکل ۶-۹. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع E ۱۰۶
- شکل ۶-۱۰. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع F ۱۰۷
- شکل ۶-۱۱. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع G ۱۰۷
- شکل ۶-۱۲. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع H ۱۰۷
- شکل ۶-۱۳. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع I ۱۰۸
- شکل ۶-۱۴. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع J ۱۰۸

- شکل ۶-۱۵. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع K ۱۰۸
- شکل ۶-۱۶. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع L ۱۰۹
- شکل ۶-۱۷. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع M ۱۰۹
- شکل ۶-۱۸. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه شمالی برای مربع N ۱۰۹
- شکل ۶-۱۹. شبکه‌بندی انجام شده بر روی دامنه جنوبی به منظور محاسبه بعد فرکتالی ۱۱۰
- شکل ۶-۲۰. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه جنوبی برای مربع‌های a, b و c ۱۱۱
- شکل ۶-۲۱. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه جنوبی برای مربع‌های d تا g ۱۱۲
- شکل ۶-۲۲. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه جنوبی برای مربع‌های h تا k ۱۱۳
- شکل ۶-۲۳. نمودار  $\log N - \log 1/S$  در دامنه جنوبی برای مربع‌های l تا o ۱۱۴
- شکل ۶-۲۴. گسل تراگذر F1 مرز بین بخش شرقی و غربی تاقدیس است. مقطع عرضی W-E،  
برخاستگی بیشتر بخش شرقی نسبت به بخش غربی را نشان می‌دهد. ۱۱۶
- شکل ۶-۲۵. بیشتر بودن زاویه نشیب دامنه جنوبی تاقدیس نسبت به دامنه شمالی ۱۱۷
- شکل ۷-۱. تشکیل گسل تراستی در اثر اعمال فشارش و بالا آمدگی همزمان لایه‌ها به سمت بالا و  
چین خوردن آنها. ۱۲۰
- شکل ۷-۲. شکل‌گیری چین در اثر رشد بیشتر گسل تراستی. ۱۲۱
- شکل ۷-۳. تکامل چین‌خوردگی، گسلش و شکل‌گیری تراست پستی در پال شمالی چین. ۱۲۲
- شکل ۷-۴. تشکیل گسل‌های تراگذر و تاثیر آنها بر چین‌خوردگی و گسلش موجود در منطقه. ۱۲۳
- شکل ۷-۵. سیمای کنونی منطقه مورد مطالعه ۱۲۳
- شکل ۷-۶. مراحل تکامل گسل تراگذر F2 ۱۲۵

## فهرست علائم

نشانه	علامت
جابجایی کلی روی صفحه گسل	$n$
مولفه امتداد لغز	$S$
مولفه شیب لغز	$D$
مولفه قائم	$V$
مولفه افقی	$H$
زاویه افتادگی روی صفحه گسل	$R$
شیب صفحه گسل	$\alpha$
طول موج لایه چین خورده	$W$
ضخامت لایه چین خورده	$d$
گرانروی	$\mu$
ضریب کوتاه شدگی	$e_{xy}$
دامنه چین	$A$
تعداد مربع‌های حاوی ساختار آبراهه	$N$
ابعاد مربع‌های حاوی ساختار آبراهه	$r$
بعد فرکتال	$K$

فصل اول

کلیات