

لا اله الا الله محمد رسول الله



دانشگاه تبریز
دانشکده علوم طبیعی
گروه علوم زمین

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی (تکتونیک)

عنوان

مطالعه زمین شناسی ساختاری، تکتونیک و مدل سازی عددی کمر بند رانده- چین خورده بزقوش

(آذربایجان)

استاد راهنما

دکتر بهزاد زمانی قره چمن

استاد مشاور

دکتر تاجبخش نوید چاخارلو

پژوهشگر

یحیی کریمی

بهمن ماه ۹۳

تقدیم به سه وجود مقدس

آنان که ناتوان شدند برای توانایی ما

آنان که موهبتشان سپید شد برای روسفیدی ما

و آنان که عاشقانه سوختند برای گرمابخشی وجود ما و روسنگری راهمان

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

تقدیر و شکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و خداوند دشمنان ایشان را هدایت کند و ببخشد.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین. بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عز و جل"، از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوام، که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یابوری بی‌چشم‌داشت برای من بوده‌اند، از استاد با کمالات و شایسته، جناب آقای دکتر بهزاد زمانی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، و از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای دکتر تاج بخش نوید، که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید، کمال تشکر و قدردانی را دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

از تمام دوستان و بزرگواران که رنج این پایان‌نامه بر گردن آنان نیز بوده است، کمال تشکر و قدردانی را دارم و برایشان آرزوی توفیق روزافزون را از خداوند متعال خواستارم.

از خانواده عزیزم که در تمام شرایط در کنارم حضور داشته‌اند و مشوق راهم بوده‌اند و تمام مشکلات زندگی را برایم هموار کرده‌اند، صمیمانه سپاسگذارم و همواره قدردان الطاف بی‌دریغشان خواهم بود.

در پایان از پروردگار متعال خواهانم تا بر این بنده نیازمند، علمی توأم با تقوی، شعوری بی‌غرور، عبادتی بی‌ریا، روحی باصفا، دلی آرام و تابنده و آخرتی رحمت آمیز کرامت فرماید و این دل خودنما را خدانما گرداند، تا امیدوار به روزی باشم که به خواست خداوند متعال، بتوانم ذره‌ای از این همه لطف و رحمت را جبران کنم و قدردان زحمات عزیزان و بزرگواران باشم.

نام خانوادگی دانشجو: کریمی	نام: یحیی
عنوان پایان نامه: مطالعه زمین‌شناسی ساختاری، تکتونیک و مدل‌سازی عددی کمر بند رانده- چین خورده بزقوش (آذربایجان)	
استاد راهنما: دکتر بهزاد زمانی قره‌چمنی استاد مشاور: دکتر تاجبخش نوید چاخارلو	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین‌شناسی
گرایش: تکتونیک	دانشگاه: تبریز
تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ماه ۹۳	تعداد صفحه: ۱۶۱
کلید واژه‌ها: بزقوش، راندگی، چین خوردگی، ساختار.	
<p>چکیده:</p> <p>رشته کوه بزقوش در شمال غرب ایران و بین استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل و در محدوده جغرافیایی $37^{\circ} 34'$ و $52^{\circ} 37'$ عرض شمالی و $47^{\circ} 5'$ و $47^{\circ} 53'$ طول شرقی قرار دارد. ارتفاعات بزقوش شامل تناوبی از سنگ‌های ولکانیک و ولکانو کلاستیک ائوسن است، که توسط دایک‌های میکرودیوریتی تا مونزونیتی قطع شده‌اند. این ارتفاعات بین دو گسل شمالی و جنوبی بزقوش مسدود شده و این دو گسل باعث راندگی این ارتفاعات به سمت دشت‌های سراب و میانه شده‌اند و در مجموع یک ساختار بالارانده را نشان می‌دهند. بررسی داده‌های دورسنجی و شناسایی ساختارها با کمک نقشه‌های زمین‌شناسی موجود در این پهنه ساختارهای متعددی از جمله گسل‌ها (با مکانیسم‌های تراستی، نرمال و امتداد لغز)، چین‌ها (تاقدیسی و ناودیسی) و حوضه‌ها و فرارانش‌ها را در این محدوده نشان می‌دهد. مراحل کار در این تحقیق شامل جمع‌آوری داده‌های میدانی، ترسیم نقشه‌های ساختاری، پردازش و تفکیک داده‌ها، محاسبه روندهای اصلی و در نهایت ارائه تحلیل با توجه به تشخیص ساختارهای عمده و مکانیسم و روند ساختارها است. بر این اساس با انجام چندین مرحله بازدید میدانی داده‌های مورد نیاز برای انجام مطالعات برداشت شده است و مرحله بعدی به کارگیری اطلاعات برداشتی جهت تهیه نقشه ساختاری محدوده که در این راستا از نقشه زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده شده است و پس از تحلیل آن‌ها، روندهای اصلی ساختارهای محدوده مشخص شده است. نتایج حاصل از تحلیل برگشتی و مطالعات هندسی گسل‌ها و همچنین مطالعه ساختارها در محدوده بزقوش، مورد استفاده قرار گرفته تا تغییرات وضعیت ساختاری در طول قطعات گسل و حتی چین خوردگی‌های منطقه تعیین گردد. به منظور بررسی پیدایش ساختارها در کمر بند رانده- چین خورده بزقوش، از آزمایش‌های فیزیکی استفاده شده است. در این آزمایش‌ها، مشاهدات تجربی امکان تجزیه و تحلیل جابجایی زمین در سراسر بخش بارگذاری شده در مدل زمین‌ساختی را فراهم آورده است. سپس با اعمال هندسه اولیه، شرایط مرزی و بارگذاری در مدل تجربی، نتایج با اعمال تنش، میدان‌های جابجایی و ساختارهای حاصل در مقایسه با ساختارهای موجود در طبیعت مورد ارزیابی قرار گرفته است.</p>	

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

۱-۱. مقدمه	۶
۱-۲. جایگاه زمین‌شناسی ایران	۷
۳-۱. موقعیت جغرافیایی منطقه	۸
۴-۱. پیشینه پژوهش	۹
۵-۱. روش تحقیق و سیر مطالعاتی	۱۳
۱-۵-۱. مطالعات و گردآوری داده‌ها	۱۳
۲-۵-۱. مطالعات صحرایی	۱۴
۳-۵-۱. مطالعات دفتری	۱۴
۴-۵-۱. تجزیه و تحلیل داده‌های موجود	۱۴
۶-۱. پایه‌های نظری	۱۴
۱-۶-۱. چین‌خوردگی	۱۵
۱-۱-۶-۱. تشریح سطوح چین‌خورده	۱۶
۲-۱-۶-۱. دسته چین‌ها	۱۷
۳-۱-۶-۱. جهت‌گیری چین‌ها	۱۷
۴-۱-۶-۱. چین‌های مرتبط با گسل‌ها	۱۸
۵-۱-۶-۱. سفره‌های چین‌خورده	۱۹
۲-۶-۱. گسلش	۱۹
۱-۲-۶-۱. گونه‌شناسی گسل‌ها	۲۰
۲-۲-۶-۱. زمین‌ریخت‌های حاصل از گسلش معکوس	۲۰
۳-۲-۶-۱. رمپ و فلت	۲۱
۴-۲-۶-۱. دوپلکس	۲۲
۵-۲-۶-۱. وارونگی حوضه	۲۲
۳-۶-۱. کمربندهای رانده-چین‌خورده	۲۳
۴-۶-۱. مقیاس زمین‌منظر	۲۴
۵-۶-۱. معیارهای تعیین جهت لغزش در سطوح گسلی	۲۵
۶-۶-۱. تحلیل ساختارهای گسلی	۲۶

۲۷ ۱-۶-۷. تحلیل ساختارهای چین خوردگی

فصل دوم: مواد و روش ها

- ۳۲ ۱-۲. مقدمه
- ۳۲ ۲-۲. راه‌های دسترسی به منطقه
- ۳۳ ۳-۲. گزیده‌ای بر زمین‌ساخت و تکامل زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه
- ۳۴ ۴-۲. لرزه‌زمین‌ساخت منطقه مورد مطالعه
- ۳۵ ۴-۲-۱. گسل‌های مهم و اساسی پیرامون منطقه مورد مطالعه
- ۳۷ ۵-۲. مدل‌سازی عددی
- ۳۷ ۲-۵-۱. روش تفاضل‌های محدود
- ۳۷ ۲-۵-۲. روش المان‌های مرزی
- ۳۸ ۲-۵-۳. روش المان‌های محدود
- ۳۸ ۶-۲. مدل‌سازی به روش المان محدود
- ۳۹ ۲-۶-۱. مفاهیم مدل‌سازی المان محدود
- ۴۰ ۲-۶-۲. شبکه‌بندی و هندسه
- ۴۱ ۲-۶-۳. اجرا و پیاده‌سازی روش المان محدود
- ۴۱ ۲-۶-۴. انسیس
- ۴۳ ۲-۷. رئولوژی و شرایط مکانیک سنگی

فصل سوم: مطالعات زمین‌شناسی ساختاری

- ۴۶ ۱-۳. مقدمه
- ۴۶ ۲-۳. زمین‌شناسی کلی بزقوش
- ۴۸ ۳-۳. چین‌شناسی
- ۵۴ ۳-۴. لرزه‌خیزی
- ۵۷ ۳-۵. پاره‌بندی گسل‌های اصلی بزقوش
- ۵۹ ۳-۵-۱. روش‌های پاره‌بندی
- ۵۹ ۳-۵-۲. مرز پاره‌ها
- ۵۹ ۳-۵-۳. کاربردهای پاره‌بندی
- ۶۰ ۳-۵-۴. پاره‌بندی گسل‌های اصلی بزقوش
- ۶۲ ۳-۶. بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های صحرائی
- ۶۲ ۳-۶-۱. ایستگاه ۱ (جنوب غرب دانباران)
- ۶۹ ۳-۶-۲. ایستگاه ۲ (جنوب شرق دانباران)
- ۷۳ ۳-۶-۳. ایستگاه ۳ (جهازدان)
- ۷۵ ۳-۶-۴. ایستگاه ۴ (آوین)

۸۰	..... ۵-۶-۳ ایستگاه ۵ (سرخه حصار)
۸۳	..... ۶-۶-۳ ایستگاه ۶ (رج)
۸۷	..... ۷-۶-۳ ایستگاه ۷ (شیخ سرجین)
۹۲	..... ۸-۶-۳ ایستگاه ۸ (شالقون)
۹۷	..... ۹-۶-۳ ایستگاه ۹ (بلوکان)
۱۰۲	..... ۱۰-۶-۳ ایستگاه ۱۰ (کلهر)
۱۰۶	..... ۱۱-۶-۳ ایستگاه ۱۱ (الله حق)
۱۰۸	..... ۱۲-۶-۳ ایستگاه ۱۲ (اسفروشان)
۱۰۹	..... ۱۳-۶-۳ ایستگاه ۱۳ (چرم خواران)

فصل چهارم: مدل سازی کمر بند رانده - چین خورده بزقوش

۱۱۲	..... ۱-۴ مقدمه
۱۱۳	..... ۲-۴ شبیه سازی ساختارها در آزمایش های تجربی
۱۱۳	..... ۱-۲-۴ مقدمه
۱۱۳	..... ۲-۲-۴ شرایط مدل سازی آنالوگ
۱۱۵	..... ۳-۲-۴ مدل سازی
۱۲۰	..... ۳-۴ مدل سازی عددی به روش المان محدود
۱۲۱	..... ۱-۳-۴ ویژگی های مکانیک سنگی و فیزیکی منطقه
۱۲۵	..... ۲-۳-۴ هندسه و شرایط مرزی
۱۲۶	..... ۳-۳-۴ مدل سازی

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۱۳۴	..... ۱-۵ مقدمه
۱۳۴	..... ۲-۵ نتایج مطالعات زمین شناسی از کمر بند رانده - چین خورده بزقوش
۱۳۵	..... ۳-۵ نتایج مطالعات ساختاری از کمر بند رانده - چین خورده بزقوش
۱۴۲	..... ۴-۵ الگوی تکامل ساختاری کمر بند رانده - چین خورده بزقوش
۱۴۴	..... ۵-۵ نتایج مدل سازی آنالوگ از کمر بند رانده - چین خورده بزقوش
۱۴۵	..... ۶-۵ نتایج مدل سازی عددی از کمر بند رانده - چین خورده بزقوش
۱۴۷	..... پیشنهادات
۱۴۹	..... منابع
۱۵۷	..... پیوست ها

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱. نقشه برخی گسل‌های فعال ایران و نحوه حرکت آن‌ها ۸
- شکل ۲-۱. نقشه ساختاری ارائه شده از دامنه شمالی رشته کوه بزقوش ۱۱
- شکل ۳-۱. عناصر هندسی و فیزیکی سطح ۱۶
- شکل ۴-۱. چین‌ها. الف) تاقدیس، ب) تاقدیس ناوشکل، پ) ناودیس، ت) ناودیس ناق‌شکل ۱۷
- شکل ۵-۱. برش عرضی از کوهزایی برخوردی نشان دهنده هندسه سفره ۱۹
- شکل ۶-۱. حرکت ورقه‌های راندگی جوان‌تر به سوی پیش‌بوم و تشکیل دوپلکس ۲۲
- شکل ۷-۱. تصاویر بلوک دیاگرام هندسه لغزش گسلی ۲۶
- شکل ۸-۱. تشخیص جهت لغزش گسل‌ها ۲۶
- شکل ۹-۱. رژیم‌های سه تنش اصلی با محور تنش‌های اصلی ۲۷
- شکل ۱۰-۱. نمودار π چین استوانه‌ای ۲۹
- شکل ۱-۲. نقشه استان آذربایجان شرقی و نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ۳۳
- شکل ۲-۲. نقشه گسل‌های اصلی موجود در منطقه شمال غرب ایران ۳۵
- شکل ۳-۲. دقت عناصر خطی مستقیم برای تولید یک منطقه دایره داده شده ۴۰
- شکل ۴-۲. طرحی از یک اتصال بین دو جسم غیرمشابه درگیر ۴۲
- شکل ۱-۳. زون‌بندی زمین‌شناسی ایران ۴۷
- شکل ۲-۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۴۹
- شکل ۳-۳. راهنمای نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۵۰
- شکل ۴-۳. واحدهای چین‌شناسی منطقه بزقوش به تفکیک زمان‌های زمین‌شناسی ۵۲
- شکل ۳-۳. پراکندگی زمین‌لرزه‌های تاریخی در گستره مورد مطالعه ۵۳
- شکل ۴-۳. نقشه رومرکز زمین‌لرزه‌های دستگاهی ثبت شده در گستره مورد مطالعه ۵۴
- شکل ۵-۳. پراکندگی عمقی زلزله‌ها در برش لرزه‌زمین‌ساختی در پهنه بزقوش ۵۴
- شکل ۶-۳. نمودار توزیع درصد فراوانی زمین‌لرزه‌های ثبت شده دستگاهی ۵۵
- شکل ۷-۳. پاره‌های گسلی شمال و جنوب بزقوش با توجه به شواهد مورفوتکتونیکی ۵۹
- شکل ۸-۳. نمایش موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری صحرایی ۶۰
- شکل ۹-۳. نقشه زمین‌شناسی ساده شده از منطقه در محل ایستگاه ۱ ۶۰
- شکل ۱۰-۳. زمین‌ریخت‌شناسی و ساختارهای مشاهده شده در ایستگاه ۱ ۶۱
- شکل ۱۱-۳. حالت انباشتگی لایه‌های چین‌خورده توسط گسل‌های راندگی ۶۲
- شکل ۱۲-۳. نمونه دستی از آهک‌های نومولیت‌دار سازند زیارت ۶۲
- شکل ۱۳-۳. چین‌خوردگی موجود در قسمت جنوب غربی روستای دانباران ۶۳
- شکل ۱۴-۳. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده از یال‌های چین جنوب غرب دانباران ۶۳
- شکل ۱۵-۳. تصاویر صحرایی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌لغز در محل ایستگاه ۱ ۶۴

- شکل ۳-۱۶. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۱ ۶۵
- شکل ۳-۱۷. نقشه زمین‌شناسی ساده شده از منطقه در محل ایستگاه ۲ ۶۶
- شکل ۳-۱۸. هسته چین قابل تشخیص در ایستگاه ۲ ۶۷
- شکل ۳-۱۹. کانتوردیگرام داده‌های برداشت شده از یال‌های چین ایستگاه ۲ ۶۷
- شکل ۳-۲۰. تصاویر صحرائی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌لغز در محل ایستگاه ۲ ۶۸
- شکل ۳-۲۱. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۲ ۶۹
- شکل ۳-۲۲. برش عرضی از ساختارهای زمین‌شناسی در محل ایستگاه ۳ ۶۹
- شکل ۳-۲۳. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۳ ۷۰
- شکل ۳-۲۴. چین خوردگی برداشت شده در ایستگاه ۴ ۷۱
- شکل ۳-۲۵. کانتوردیگرام داده‌های برداشت شده از یال‌های چین ایستگاه ۴ ۷۱
- شکل ۳-۲۶. تصاویر صحرائی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌لغز در محل ایستگاه ۴ ۷۳
- شکل ۳-۲۷. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۴ ۷۴
- شکل ۳-۲۸. تصاویر صحرائی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌خط در محل ایستگاه ۵ ۷۵
- شکل ۳-۲۹. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۵ ۷۶
- شکل ۳-۱۰. نقشه زمین‌شناسی و ساختاری منطقه مورد مطالعه در ایستگاه ۶ ۷۷
- شکل ۳-۳۱. راندگی واحد سنگی سازند زیارت بر روی واحد قرمز بالایی در محل ایستگاه ۶ در روستای رج ۷۷
- شکل ۳-۳۲. نمونه‌ای از چین‌های قابل مشاهده در منطقه مورد مطالعه در محل ایستگاه ۶ ۷۸
- شکل ۳-۳۳. تصاویر صحرائی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌خط در محل ایستگاه ۶ ۷۹
- شکل ۳-۳۴. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۶ ۸۰
- شکل ۳-۳۵. نقشه زمین‌شناسی و ساختاری از منطقه مورد مطالعه در محل ایستگاه ۷ ۸۱
- شکل ۳-۳۶. چین خوردگی واحدهای آندزی بازالتی ائوسن میانی رخنمون یافته در محل ایستگاه ۷ ۸۱
- شکل ۳-۳۷. طرح شماتیک از آبرون‌فلت‌ها ۸۲
- شکل ۳-۳۸. تصاویر صحرائی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌خط در محل ایستگاه ۷ ۸۳
- شکل ۳-۳۹. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۷ ۸۴
- شکل ۳-۴۰. نمونه‌ای از چین‌های موجود در منطقه مورد مطالعه در محل ایستگاه ۸ ۸۵
- شکل ۳-۴۱. کانتوردیگرام داده‌های برداشت شده از یال‌های چین شناسایی شده در محل روستای شالقون ۸۵
- شکل ۳-۴۲. کانتوردیگرام داده‌های برداشت شده از یال‌های چین شناسایی شده در محل روستای شالقون ۸۶
- شکل ۳-۴۳. زون خرد شده گسلی در محل ایستگاه ۸ ۸۷
- شکل ۳-۴۴. تصاویر صحرائی از محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌خط در محل ایستگاه ۸ ۸۸
- شکل ۳-۴۵. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرائی در محل ایستگاه ۸ ۸۹
- شکل ۳-۴۶. نقشه زمین‌شناسی و ساختاری از منطقه مورد مطالعه در محل ایستگاه ۹ ۹۰
- شکل ۳-۴۷. ساختار راندگی در محل ایستگاه ۹ از منطقه مورد مطالعه ۹۰
- شکل ۳-۴۸. چین خوردگی قابل مشاهده در محل ایستگاه ۹ ۹۱
- شکل ۳-۴۹. چین خوردگی قابل مشاهده در محل ایستگاه ۹ ۹۱

- شکل ۳-۵۰. تصاویر صحرایی محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌خط در محل ایستگاه ۹ ۹۲
- شکل ۳-۵۱. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرایی در محل ایستگاه ۹ ۹۳
- شکل ۳-۵۲. نقشه زمین‌شناسی و ساختاری منطقه مورد مطالعه در محل ایستگاه ۱۰ ۹۴
- شکل ۳-۵۳. تصویر پانوراما از چین‌خوردگی رخنمون یافته در محل ایستگاه ۱۰ ۹۴
- شکل ۳-۵۴. تصاویر صحرایی محل‌های اندازه‌گیری صفحات گسلی دارای خش‌خط در محل ایستگاه ۱۰ ۹۵
- شکل ۳-۵۵. نتایج تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده صحرایی در محل ایستگاه ۱۰ ۹۶
- شکل ۳-۵۶. تصویر چین‌خوردگی در محل روستای الله‌حق ۹۷
- شکل ۳-۵۷. نتایج تحلیل داده‌های برداشت شده از چین‌خوردگی محل روستای الله‌حق ۹۷
- شکل ۳-۵۸. تصاویر دور و نزدیک از چین‌خوردگی در محل دره شمال روستای الله‌حق ۹۸
- شکل ۳-۵۹. کانتوردیگرام داده‌های برداشت شده از چین دره شمال الله‌حق ۹۹
- شکل ۳-۶۰. تصویری از محل چین‌خوردگی واحدهای بازالتی ائوسن میانی در محل ایستگاه اسفروشان ۱۰۰
- شکل ۳-۶۱. چین‌خوردگی ناودیزی قابل مشاهده در محل ایستگاه چرم‌خواران ۱۰۱
- شکل ۳-۶۲. کانتوردیگرام داده‌های برداشت شده قابل تشخیص در محل ایستگاه چرم‌خواران ۱۰۱
- شکل ۴-۱. دستگاه مورد استفاده در آزمایش‌های تکتونیک تجربی ۱۰۶
- شکل ۴-۲. تصویر ساده شده ابتدایی از آزمایشات گسترش راندگی ۱۰۷
- شکل ۴-۳. مراحل مختلف مدل‌سازی آنالوگ از کمر بند رانده- چین‌خورده بزقوش ۱۰۹
- شکل ۴-۴. وضعیت هندسی ساده شده از لایه‌های مختلف دربرگیرنده منطقه مورد مطالعه ۱۱۴
- شکل ۴-۵. هندسه ساده شده از واحدها و ساختارهای موجود در منطقه ۱۱۵
- شکل ۴-۶. شبکه‌بندی مدل هندسی برای حل المان محدود از برش عرضی منطقه مورد مطالعه ۱۱۷
- شکل ۴-۷. نحوه پیشرفت دگرشکلی واحدها با اعمال نیروها و شرایط مرزی ۱۱۸
- شکل ۴-۸. توزیع مقادیر جابجایی‌ها در مدل‌سازی المان محدود انجام شده ۱۱۹
- شکل ۴-۹. توزیع واتنش کلی حاصل از اعمال نیروها و شرایط مرزی بر مدل‌سازی انجام شده ۱۲۰
- شکل ۴-۱۰. توزیع واتنش برشی الاستیک در شرایط اعمالی بر مدل انجام یافته ۱۲۰
- شکل ۴-۱۱. جهت‌گیری محورهای واتنش حاصل از نیروهای اعمالی بر مدل انجام یافته ۱۲۱
- شکل ۵-۱. نقشه زمین‌شناسی ساختاری ساده شده از منطقه مورد مطالعه ۱۲۴
- شکل ۵-۲. نقشه خطواره‌های منطقه مورد مطالعه ۱۲۹
- شکل ۵-۳. نمودارهای گل‌سرخ‌ی از امتداد و شیب‌های انواع گروه‌های حرکت گسلی ۱۳۰
- شکل ۵-۴. نتایج تحلیل داده‌های گسلی و چین‌خوردگی ۱۳۱
- شکل ۵-۵. نتایج نمودارهای گسل سرخی از داده‌های گسلی ۱۳۲
- شکل ۵-۶. جهت تنش وارده بر منطقه برای تشکیل گسل‌های اصلی ۱۳۳
- شکل ۵-۷. تصویر راندگی‌های شمال بزقوش به صورت گوه‌های پیشرونده به جلو ۱۳۴
- شکل ۵-۸. طرح شماتیک از مدل‌سازی آنالوگ انجام یافته ۱۳۵
- شکل ۵-۹. توزیع تنش‌های بدست آمده از مدل المان محدود در بزقوش ۱۳۶

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱. طبقه‌بندی لندفورم‌ها بر اساس مقیاس ۲۵
- جدول ۱-۳. بزرگا و پراکندگی زمین‌لرزه‌های تاریخی ۵۳
- جدول ۲-۳. مشخصات هندسی پاره‌های گسلی بزقوش ۵۹
- جدول ۱-۴. واحدهای ساختاری و رئولوژیکی برای مدل‌سازی ۱۱۵

ارائه نمونه‌هایی از ساختارهای زمین‌شناسی، ساده‌تر از تعریف کردن آن‌هاست. واژه ساختار به معنای آنچه بنا یا ساخته شده، است. زمین‌شناسان ساختاری این واژه را برای معنی بخشیدن به دگرشکلی ناشی از نیروهای درون و بیرون پوسته زمین استفاده می‌کنند. ساختارهای زمین‌شناسی، از نظم هندسی صفحات، خطوط و سطوح توده‌های سنگی تشکیل شده است. شکل و جهت‌گیری این نظم، بازتاب اثر متقابل نیروهای تغییرشکل‌دهنده و توده سنگی موجود اولیه است.

پایان‌نامه حاضر با عنوان مطالعه زمین‌شناسی ساختاری، تکتونیک و مدل‌سازی عددی کمر بند رانده-چین خورده بزقوش (آذربایجان)، پژوهشی در مرز مطالعات زمین‌شناسی ساختاری، ژئومکانیک و روش‌های عددی است. با وجود استفاده از مسائل ژئومکانیک و روش‌های عددی در حل مسائل این پروژه، نقطه آغاز و هدف نهایی این مطالعه، کاربرد و حل مسائل زمین‌شناسی ساختاری است. در این بین استفاده از مدل‌های به کار رفته (آنالوگ و یا عددی)، برای نشان دادن واقعیت‌های زمین‌شناسی مفید است و این امکان را فراهم می‌آورد تا درک درستی از پدیده‌های مورد مطالعه داشته باشیم.

پوسته زمین با ضخامت تقریبی ۴۰ کیلومتر برای قاره‌ها، بخشی از صفحات تکتونیکی است که حرکات نسبی دارند و مسئول به وجود آوردن توپوگرافی سطح زمین مانند کمر بند کوه‌ها، حوضه‌های رسوبی، آتشفشان‌ها و اقیانوس‌ها است. با توجه به جنبش‌های زمین‌ساختی (کوتاه‌شدگی یا کشیدگی)، بخش‌هایی از پوسته زمین دچار تغییر شکل و توسعه ساختارهای مختلف از جمله چین، گسل و شکستگی می‌شود، که این ساختارها در مقیاس‌های مختلف ایجاد می‌شوند. به عنوان مثال اندازه گسل می‌تواند در مقیاس بزرگ تا صدها کیلومتر و تا مقیاس کوچک در حد چند سانتی‌متر در محدوده رخنمون باشد. این ویژگی توصیف شده برای ساختارهای چین‌خورده نیز کاربرد دارد. تمام این مسائل زمین‌شناسی در چارچوب زمین‌شناسی ساختاری بررسی می‌شوند.

مطالعات زمین‌شناسی در صحرا یک عنصر بسیار مهم از دانش ما برای درک فرایندهای زمین‌شناسی است. در مطالعات صورت گرفته در صحرا اندازه‌گیری‌هایی از ساختارهای زمین‌شناسی صورت می‌گیرد. این کار درک ما را به صورت مستقیم از ساختارها و فرایندهای زمین‌شناسی بالا می‌برد.

پیچیدگی شرایط زمین‌شناسی و وجود تنها داده‌های جزئی ناشی از مشاهده مستقیم و غیرمستقیم به دست آمده، باعث شده است که زمین‌شناسان ساختاری برای شناسایی پدیده‌های طبیعی به منظور درک بهتر و پیش‌بینی آن‌ها از شبیه‌سازی ساختارها استفاده کنند. در این فرایند مدل‌سازی، نیاز به ساده‌سازی پدیده‌های مشاهده شده و تفسیر آن‌ها با روش‌های مناسب است.

اولین روشی که برای شبیه‌سازی فرایندهای زمین‌شناسی استفاده می‌شود، مدل‌سازی آنالوگ است. بر اساس قوانین شباهت (Hubbert, 1937)، بین سه واحد فیزیکی اساسی (جرم، طول و زمان) در این مدل‌سازی

کاهش طول در مقیاس‌های هندسی و زمان اتفاق می‌افتد. چنین مدل‌هایی به صورت یک واقعیت ایده‌آل از رفتار مواد در نظر گرفته می‌شود، تا درک درستی از فرایندهای فیزیکی در مقیاس مناسب بدست دهد. مواد آنالوگ معمولاً شن و ماسه و خاک رس است. (Peltzer et al. (1982) با استفاده از مدل‌سازی آنالوگ حرکت صفحه هند نسبت به آسیا را شبیه‌سازی کرد. مطالعه گسلش در زمین با استفاده از شن و ماسه در مدل‌سازی آنالوگ در کارهای (Richard et al. (1991 و یا با استفاده از خاک رس توسط (Raynaud (1987، معرفی شده‌اند. همچنین چین‌خوردگی در پوسته زمین با استفاده از مدل‌های شن و ماسه‌ای توسط (Martinod (1991 بررسی شده است. علاوه بر این (Malavielle (1984، پیدایش کمر بند راندگی را با استفاده از پودر سنگ آهک شبیه‌سازی کرده است. در تمام این مدل‌ها، جابجایی‌های انجام شده و ساختارهای تشکیل شده در حین شبیه‌سازی، با استفاده از مشاهده مستقیم (از طریق تشخیص مرزهای مشخص ساختارها)، و یا با استفاده از روش‌های غیر مستقیم مثل توموگرافی اشعه X بدست می‌آیند. در مورد تمام مدل‌سازی‌های آنالوگ انجام یافته می‌توان گفت که شبیه‌سازی بدون اطلاع از میدان تنش بدست آمده بسیار دشوار است. با این حال جنبه بسیار جالب از این مدل‌ها استفاده نسبتاً آسان از آنهاست.

به منظور غلبه بر کمبودها و مشکلات مدل‌سازی آنالوگ، مدل‌های عددی برای بررسی تعادل فیزیکی در مسائل زمین‌شناسی کاربرد دارد. مدل‌سازی‌های عددی با توسعه روش‌های عددی مانند روش المان محدود به کار گرفته شده است. این روش در اصل و ابتدا برای حل مسائل مکانیک محیط‌های پیوسته در مهندسی عمران در قالب مثال‌های بی‌نهایت کوچک به کار برده شده است. مطابق موارد ذکر شده از روش مدل‌سازی عددی به منظور بررسی مسائل زمین‌شناسی ساختاری مانند ساختارهای چین‌خورده استفاده شده است (به عنوان مثال (Parrish (1973 و (De Bremacker and Becker (1978).

در فصل اول پایان‌نامه، ابتدا مقدمه‌ای در مورد منطقه مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی آن در زمین‌شناسی ایران و آذربایجان آورده شده و سپس پژوهش‌های پیشین انجام یافته در مورد کمر بند رانده- چین‌خورده بزقوش و نیز کاربرد روش انتخاب شده در مورد مناطق مشابه آورده شده است. روش تحقیق و استفاده از منابع در ادامه مطالب فصل اول عنوان شده است، و در نهایت پایه‌های نظری این پژوهش که شامل کلیاتی از ساختارها و روش‌های استفاده شده برای انجام این پایان‌نامه هستند، در بخش پایانی فصل اول آورده شده است.

فصل دوم این پژوهش، مطالب کلی از کمر بند رانده- چین‌خورده بزقوش شامل راه‌های دسترسی به منطقه، زمین‌ساخت کلی بزقوش، لرزه‌زمین‌ساخت منطقه و اشاره‌ای بر گسل‌های اصلی پیرامون منطقه بزقوش است که با توجه به کارهای انجام یافته پیشین استفاده شده است. در ادامه این فصل کلیاتی از روش المان محدود و مقایسه آن با دیگر روش‌های مدل‌سازی عددی آورده شده است. همچنین در ادامه این فصل مطالبی از رفتار مواد تحت تاثیر تنش‌های وارده بر آنها بحث شده است و اینکه سنگ‌ها به عنوان موادی منحصر به فرد در شرایط مختلف طبیعی با چه نوعی از رفتار دگرشکل می‌شود.

فصل سوم از این پایان‌نامه، ابتدا با بررسی‌های لرزه‌ای در منطقه مورد مطالعه شروع شده و در ادامه تحلیل ساختاری از منطقه آورده شده است. در این بخش گسل‌های اصلی بزقوش با توجه به روش‌های مناسب پاره‌بندی

شده‌اند. مشاهدات صحرائی و فتوژئولوژیکی از ساختارها در منطقه مورد مطالعه آورده شده و در نهایت ارتباط ساختارها با هم بررسی شده‌اند.

مدل‌سازی آنالوگ و عددی از کمر بند رانده- چین‌خورده بزقوش مسائلی هستند که در فصل چهارم از پایان‌نامه به آن‌ها پرداخته شده‌اند. در این فصل ابتدا شرایط آزمایشگاهی و سپس نحوه مدل‌سازی آنالوگ آورده شده است. در ادامه با توضیح مسائل ژئودینامیکی منطقه بزقوش و ارائه شرایط مرزی مدل‌سازی عددی صورت گرفته است.

در نهایت فصل پنجم جمع‌بندی کلی بر یافته‌های پژوهش حاضر و یک نتیجه‌گیری کلی از تمام آن چیزی است که در فصول قبل آورده شده‌اند.

فصل اول:

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱. مقدمه

رشته کوه بزقوش در شمال غرب ایران و بین استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل و در محدوده $37^{\circ}34'$ و $37^{\circ}52'$ عرض شمالی و $47^{\circ}5'$ و $47^{\circ}53'$ طول شرقی قرار دارد. ارتفاعات بزقوش شامل تناوبی از سنگ‌های ولکانیک و ولکانوکلاستیک ائوسن است، که توسط دایک‌های میکرودیوریتی تا مونزونیتی قطع شده‌اند (امینی و همکاران، ۱۳۷۱). این ارتفاعات بین دو گسل شمالی و جنوبی بزقوش مسدود شده و این دو گسل باعث راندگی این ارتفاعات به سمت دشت‌های سراب و میانه شده‌اند و در مجموع یک ساختار بالارانده را نشان می‌دهند. بررسی داده‌های دورسنجی و شناسایی ساختارها با کمک نقشه‌های زمین‌شناسی موجود در این پهنه ساختارهای متعددی از جمله گسل‌ها (با مکانیسم‌های تراستی، نرمال و امتدادلغز)، چین‌ها (تاقدیسی^۱ و ناودیسی^۲) و حوضه-ها^۳ و فرارانش‌ها^۴ را در این محدوده نشان می‌دهد.

تاریخچه زمین‌شناسی و تکتونیکی البرز غربی و به‌ویژه آذربایجان دارای نکات پیچیده‌تری نسبت به سایر مناطق زمین‌ساختی ایران می‌باشد. از کرتاسه و پس از آن این منطقه شاهد فازهای فشارشی و کششی فراوانی بوده که هر کدام از آن‌ها ضمن ایجاد ولکانیسم و پلوتونیسم گسترده، ساختارهای تکتونیکی قبل از خود را متأثر کرده و بر پیچیدگی تکتونیکی منطقه افزوده است.

آذربایجان بر اساس آخرین مرزبندی تکتونیکی در زون ساختاری البرز غربی- آذربایجان قرار می‌گیرد (آقانباتی، ۱۳۸۹). زون البرز- آذربایجان از شمال به بلوک فروافتاده کاسپین و از جنوب به فلات ایران مرکزی محدود می‌شود. روند بخش غربی آن به تبعیت از امتداد ساختمانی قفقاز کوچک و بزرگ، NW-SE است، ولی بخش شرقی آن با روند NE-SW گسترده شده است. ساختمان این دو زون نتیجه دو کوهزایی مهم پرکامبرین و آلپی است که سخت‌شدن پی‌سنگ مربوط به فاز کوهزایی پرکامبرین است. به نظر می‌رسد این پی‌سنگ ادامه شمالی سپر عربستان باشد، که در پالئوزوئیک توسط رسوبات پلاتفرم یکنواخت و هموزن با ویژگی برقرارهای^۵ پوشیده می‌شود (گزارش سازمان زمین‌شناسی).

به‌طور کلی بخش‌های شمال غرب ایران یعنی آذربایجان محل برخورد دو سیستم کوهستانی بزرگ البرز و زاگرس می‌باشد. از این رو این قسمت کوهستانی ایران را گره کوهستانی ارمنستان- آذربایجان می‌نامند، که از نظر زمین‌شناسی و شکل ناهمواری‌ها موقعیت دوگانه‌ای میان فلات ایران از یک طرف و کوه‌های البرز و زاگرس از طرف دیگر دارد، که صفت مشخصه آن شواهد آتشفشانی‌های دوران چهارم و گسترش برون‌زدگی‌های ماگمایی دوران سوم با توف‌های آتشفشانی و همجوار آن‌ها با کوه‌های پایه‌ای پرکامبرین و بازمانده‌های سکوی دیرین‌زیستی (پالئوزوئیک) است. این مجموعه، ساختمان زمین‌شناسی پیچیده‌ای دارد (رهنمایی، ۱۳۷۰).

برای پی‌بردن به سازوکار و چگونگی تشکیل رشته‌کوه‌های بزقوش، نیاز به تحلیل عناصر ساختاری موجود در منطقه است. هدف از این پژوهش شناسایی ساختارهای موجود در رشته‌کوه‌های بزقوش و تشخیص ارتباط

¹ Anticline fold

² Syncline fold

³ Basin

⁴ Uplif

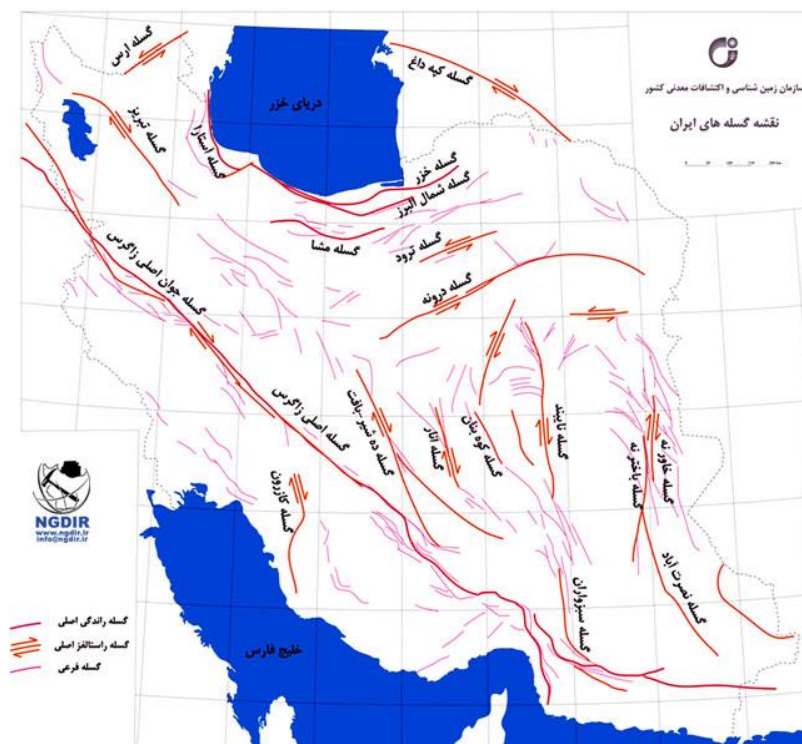
⁵ Epicontinental

تکتونیکی آن‌ها با یکدیگر می‌باشد. برخی از چین‌ها با روند محوری مشابه با محور این رشته‌کوه‌ها در نقشه‌های زمین‌شناسی ترسیم شده‌اند، که با روند بسیاری از گسل‌های عمده این کمربند چین‌خورده و رانده هم‌سو است. بررسی این گسل‌ها و چین‌ها بصورت جزئی‌تر می‌تواند در شناسایی ساختارهای با مقیاس بزرگ‌تر و در نهایت شناخت ساختاری این رشته‌کوه‌ها کمک شایانی نماید. همچنین بررسی این ناحیه از نظر تکتونیکی، چگونگی تشکیل، توسعه و ارتباط ساختارهای موجود در منطقه با یکدیگر را مشخص خواهد کرد. در این راستا تحلیل کمی و کیفی ساختارهای زمین‌شناسی ابزار مناسبی می‌باشند. در طی چند دهه اخیر براساس روش‌های ساختاری، داده‌های زمین‌فیزیکی و دستگاهی، تحولات مهمی در پایه‌های تحلیل دینامیکی ایجاد شده است. مطالعه دگرشکلی‌شکننده در پوسته قاره‌ای کلیدی برای بازسازی تحولات ناحیه‌ای است. ساختارهایی مانند گسل، درز و شکاف و چین که به نحوی سرگذشت ساختاری منطقه را در خود ثبت کرده‌اند، از ابزارهای مفید در بازسازی مراحل متفاوت جهت و زمان نسبی اعمال تنش تا ثبت اثرهای آن است.

۱-۲. جایگاه زمین‌شناسی ایران

فلات ایران به عنوان بخشی از رشته‌کوه‌های چین‌خورده آلپ- هیمالیا، طرح پیچیده‌ای از مجموعه پیوسته‌ای از قطعات زمین‌ساختی و مناطق متفاوت زمین‌ساختی است، که از نگاه نوزمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی، ویژگی‌های خاص دارد. شواهد گوناگون مانند زمین‌لرزه‌های امروزی، آتشفشان‌های غیرفعال، سواحل بالا آمده، پیدایش گسل‌های لرزه‌ای و مواردی مشابه با آن‌ها، همه و همه نشانگر تغییر و تحول ژئودینامیکی کنونی پوسته ایران و عدم تعادل آن است (درویش‌زاده، ۱۳۸۵). در یک نگاه کلی، از شمال به جنوب، می‌توان سه صفحه بزرگ را در ایران شناسایی کرد. صفحه شمالی، به عنوان لبه جنوبی صفحه توران شامل چین‌های حاشیه‌ای کپه- داغ و منطقه فرونشست خزر جنوبی است که پوسته بازالتی دارد. صفحه میانی که محدود به دو زمین‌درز تیس کهن در شمال و تیس جوان در جنوب است، شامل موزائیکی از بلوک‌های بخش شمالی ابرقاره گندوانا است، که رشته‌کوه‌های چین‌خورده البرز و پهنه‌های مختلف ایران مرکزی و کوه‌های خاور ایران را در بر دارد. سرانجام ورقه جنوبی شامل واحد بزرگتری از خشکی گندوانا است، که لبه شمال خاوری سکوی عربستان را می‌سازد و بخش ایرانی آن، کوه‌های زاگرس نام دارد. جدا از صفحه‌های مذکور باید به رشته‌کوه‌هایی اشاره کرد، که نوعی جدایش درون‌قاره‌ای در سکوی پالتوزوئیک ایران است و ویژگی مناطق فرورانش کم‌شیب را دارد. به‌طور کلی در امتداد NW-SE به علت نیروهای تراکمی ناشی از حرکت صفحه عربی به طرف صفحه ایران، و در نواحی شرقی به علت فعالیت گسل‌های امتداد لغز E-W و نیز نیروهای حاصل از برخورد صفحات ایران و توران با یکدیگر، زمین‌لرزه‌های فراوانی رخ می‌دهد (درویش‌زاده، ۱۳۷۸).

اگرچه در حال حاضر پوسته ایران زمین یک پارچه و به ظاهر همگن است، ولی شواهد گوناگون زمین‌شناختی، به ویژه وجود مجموعه‌های افیولیتی در امتداد گسل‌های عمده ایران که یادآور زمین‌لرزه‌های کهن هستند، به شواهد جدایش درون‌قاره‌ای ژرف گواهی می‌دهند، که تا گوشته ادامه داشته‌اند.



شکل ۱-۱. نقشه برخی گسل‌های فعال ایران و نحوه حرکت آن‌ها (اقتباس از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

در حال حاضر تنش‌های فشارشی ناشی از بازشدگی دریای سرخ و گسترش اقیانوس هند موجب حرکت و جابجایی نسبی متفاوت در پوسته‌ها و قطعات گوناگون قاره‌ای و اقیانوسی ایران می‌شود و در نتیجه، فعالیت‌های جوان زمین‌ساختی و تغییرات و تاثیرات متقابل قطعات زمین‌ساختی بر هم، که متاثر از ساختارهای حاصل از فازهای زمین‌ساختی کهن‌تر است، زمینه لرزه‌خیزی به نسبت بالای ایران فراهم می‌شود، در ایران، زمین‌لرزه‌ها به طور عمده حاصل همگرایی قطعات و زون‌های گوناگون است، افزون بر آن، حرکت در امتداد شکستگی‌های اساسی و همچنین محدود کننده و در مواردی قطع کننده قطعات در لرزه‌زمین‌ساخت ایران نقش دارد.

۱-۳. موقعیت جغرافیایی منطقه

رشته‌کوه بزقوش در شمال‌غرب ایران و بین استان آذربایجان شرقی و اردبیل و در محدوده $37^{\circ}34'$ و $37^{\circ}52'$ عرض شمالی و $47^{\circ}5'$ و $47^{\circ}53'$ طول شرقی قرار دارد. این رشته‌کوه با شکل کمائی از شرق به غرب روند NEE-WNW داشته و از نظر چینه‌شناسی سازندهای مختلف دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک همراه با آذرین‌های جوان‌تر در بخش‌های مختلف آن برونزد یافته است.

گسل‌های اصلی و کارساز در منطقه بیشتر دارای راستای E-W و NW-SE هستند و مهم‌ترین آن‌ها گسل‌های دامنه شمالی و جنوبی رشته‌کوه بزقوش می‌باشند، که باعث راندگی این ارتفاعات بر روی دشتهای سراب و میانه شده و موجب پایین رفتگی دو طرف این رشته‌کوه گردیده (شکرانی و همکاران، ۱۳۹۱) و بخش مرکزی آن به صورت یک ساختار فرارونده بالا آمده است.

در بخش شمالی شهر میانه راندگی جنوب بزقوش به عنوان راندگی پیشرو برای سفره بزقوش معرفی شده است (Berberian, 1997). مکانیسم این گسل توسط بریریان راندگی اعلام شده است. بررسی های ساختاری انجام شده نشانگر رانده شدن سازندهای قدیمی مربوط به آئوسن بر روی سازندهای جوان تر مربوط به پلیوسن در این نواحی است.

۱-۴. پیشینه پژوهش

از آنجا که رشته کوه های بزقوش در آذربایجان قرار دارد، در پهنه بندی های تکتونیکی ایران، به نظر بسیاری از محققین از جمله Nabavi (1976) و Aghanabati (2004) بخشی از البرز و یا ادامه غربی آن در نظر گرفته شده است، لذا زمین شناسی و ساختارهای آن نیز وابستگی و شباهت هایی با البرز دارد.

تاکنون مدل های ساختاری متفاوتی برای البرز ارائه شده است، (Alavi (1996 مدلی ارائه داده است که در آن کمربند البرز به عنوان یک توده تاقدیس نما متأثر از جداسازی کششی در طرفین کاسپین معرفی می شود. طبق نظر Allen et al. (2003) گسل های امتداد لغز راستگرد قائم، بخش های مرکزی کمربند کوهستانی البرز را مشخص می کنند.

Guest et al. (2006) بر اساس نقشه برداری در البرز به اهمیت ناپیوستگی ها و تکتونیک در زمان سنوزوئیک پیشین و پسین تاکید دارند، و کوتاه شدگی در طول کمربند را با استفاده از اجزای چین خوردگی و امتداد لغزی در حدود ۵۰ تا ۵۵ کیلومتر در نظر گرفته اند.

تکتونیک البرز با وجود گسل های رانده متمایز می شود. چین ها در این منظومه از نوع چین هایی هستند که شکل گیری آنها حاصل حرکت بر روی سطح گسل ها است، به عبارت دیگر چین ها از نوع چین های مربوط به گسل با مفهومی که Suppe (1985) به کار گرفته است، می باشند.

در میان نخستین محققینی که به وجود راندگی ها در البرز اشاره کرده اند، از Reviere (1934) می توان نام برد. بعدها Stocklin (1974) روراندگی هایی را گزارش کرد، که دارای شیبی به سمت جنوب هستند و واحدهای چینه شناسی مختلفی را در البرز از سمت جنوب به شمال جابجا کرده است.

درست برعکس تفسیر اشتوکلین، Assereto (1966) مشاهدات ثبت شده ای را در مورد تعداد زیادی از روراندگی ها در البرز مرکزی ارائه داد، که به سمت شمال شیب دارند و ورقه های نازک یا ضخیمی از سنگ ها را از سمت شمال به سمت جنوب حرکت داده اند.

Stocklin (1968) و به دنبال او Breddin (1970) به جمع بندی چارچوب تکتونیکی عامی در البرز پرداختند. این چارچوب که از آن پس الگویی کلی برای البرز در نظر گرفته شد و در کارهای Sengor (1990) و Berberian (1983) دیده می شود، البرز را به شکل ناودیسی با روند E-W نشان می دهد، که در قسمت های مرکزی به اعماق بسیار زیاد فرونشسته و در یال های آن سنگ ها به وسیله روراندگی هایی جابجا شده اند. از ویژگی های دیگر این الگو این است که پی سنگ پرکامبرین آن گونه که اشتوکلین در نظر گرفته است، همانند