

وزارت علوم تحقیقات و فناوری



دانشگاه دامغان

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی
(گرایش تکتونیک)

مطالعه گسلش فعال، لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت البرز مرکزی
و تحلیل رژیم تنش‌های حال حاضر آن ناحیه

توسط:

رقیه بهشتی مقدم توپکانلو

استاد راهنما:

دکتر سید ناصر هاشمی

استاد مشاور:

دکتر سید سعیدالرضا اسلامی

اسفند ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت علوم و تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی

(گرایش تکتونیک)

مطالعه گسلش فعال، لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت البرز مرکزی

و تحلیل رژیم تنش حال حاضر آن ناحیه

توسط:

رقیه بهشتی مقدم توپکانلو

استاد راهنما:

دکتر سید ناصر هاشمی

استاد مشاور:

دکتر سید سعیدالرضا اسلامی

اسفند ۱۳۸۹

چکیده

مطالعه گسلش فعال، لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت البرز مرکزی و تحلیل رژیم تنشی حال حاضر آن ناحیه

به وسیله‌ی

رقیه بهشتی مقدم توپکانلو

ناحیه مورد مطالعه در این پایان‌نامه زون البرز را شامل می‌شود که با استفاده از گسل‌های فعال، چین‌ها و لرزه‌خیزی ناحیه به تحلیل استرس حال حاضر آن پرداخته شده است. نظر به اینکه اکثر گسل‌های فعال ناحیه دارای سازوکار فشارشی می‌باشند استرس اصلی مؤثر بر ناحیه فشارشی بوده و با توجه به روند گسل‌ها و محور چین‌ها، محور فشارش در البرز تقریباً شمالی - جنوبی است. به تعیین استرس با استفاده از داده‌های حل کانونی زلزله، وارونه‌سازی استرس لرزه‌ای گفته می‌شود. وارونه‌سازی به دو روش Cosserat inversion و Cosserat MSM انجام شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شد تا بهترین نتیجه با کمترین مقدار خطا حاصل شود. به دلیل مناسب‌تر بودن روش Cosserat inversion برای وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای در مقیاس ناحیه‌ای، نتایج نهایی وارونه‌سازی به این روش ارائه گردید. به این منظور پهنه البرز به دو بخش شرقی و غربی تفکیک شده و وارونه‌سازی داده‌های هر بخش بطور جداگانه صورت پذیرفت. محاسبه پارامترهای لرزه‌خیزی فراوانی - بزرگی در این دو بخش نشانگر خطر لرزه‌ای از نظر رخداد زلزله بزرگ آتی در بخش غربی نسبت به بخش شرقی است. در پایان به منظور وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای رشته کوه البرز (بخش مرتفع ناحیه) زلزله‌هایی که رومرکز آن‌ها در سواحل دریای خزر واقع شده بود حذف شده و تنها زلزله‌هایی که رومرکز آن‌ها در نواحی مرتفع واقع شده بود در وارونه‌سازی استفاده شد. با وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای البرز، محور فشارش حداکثر با روند شمال شرقی - جنوب غربی به همراه ۴۲٪ ضخیم‌شدگی نسبی در جهت قائم و حداکثر کوتاه‌شدگی افقی این زون برابر با ۷۷٪ در راستای N۲۵۶ حاصل شد. همچنین جهت محور چرخش نسبی این زون ۳۱۳/۳۴ بدست آمد. نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها در این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعات داده‌های GPS ناحیه سازگاری دارد.

فهرست مطالب

فصل اول (کلیات)	۱
۱-۱ مقدمه.....	۱
۲-۱ موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه	۲
۳-۱ گستره رسوبی - ساختاری البرز	۵
۴-۱ موقعیت تکنیکی و مدل های زمین ساختی ناحیه	۷
۵-۱ زلزله ها و گسل های البرز	۸
۶-۱ پژوهش های پیشین	۱۰
۷-۱ تعریف مسأله.....	۱۲
فصل دوم (لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت البرز)	۱۶
۱-۲ حرکات پوسته در البرز	۱۶
۲-۲ حوضه جنوب خزر	۱۸
۳-۲ ویژگی های ساختاری البرز	۲۰
۴-۲ گسل ها.....	۲۱
۱-۴-۲ گسل های لرزه ای جوان	۲۳
۱-۴-۲-۱ گسل آستارا	۲۴
۲-۴-۲-۱ گسل آستانه	۲۴
۳-۴-۲-۱ گسل الموت	۲۴
۴-۴-۲-۱ گسل ایپک	۲۵
۵-۴-۲-۱ گسل بایجان	۲۵
۶-۴-۲-۱ گسل تاش	۲۶
۷-۴-۲-۱ گسل خزر (البرز)	۲۶
۸-۴-۲-۱ گسل رودبار - طارم	۲۷
۹-۴-۲-۱ گسل سنگاور	۲۷

- ۲۷..... ۲-۴-۱-۱۰ گسل شمال البرز
- ۲۸..... ۲-۴-۱-۱۱ گسل شمال تهران
- ۳۰..... ۲-۴-۱-۱۲ گسل شمال قزوین
- ۳۰..... ۲-۴-۱-۱۳ گسل طالقان
- ۳۱..... ۲-۴-۱-۱۴ گسل فیروزکوه
- ۳۱..... ۲-۴-۱-۱۵ گسل قزل اوزن (منجیل)
- ۳۲..... ۲-۴-۱-۱۶ گسل گرمسار
- ۳۲..... ۲-۴-۱-۱۷ گسل مشا
- ۳۴..... ۲-۴-۲ گسل های کواترنری
- ۳۵..... ۲-۴-۲-۱ گسل باراجین
- ۳۵..... ۲-۴-۲-۲ گسل باغ فیض
- ۳۵..... ۲-۴-۲-۳ گسل تراستی کرج - کردان
- ۳۶..... ۲-۴-۲-۴ گسل تلویزیون
- ۳۶..... ۲-۴-۲-۵ گسل دامغان
- ۳۶..... ۲-۴-۲-۶ گسل سلطانیه
- ۳۷..... ۲-۴-۲-۷ گسل سمنان
- ۳۷..... ۲-۴-۲-۸ گسل شرقی - غربی
- ۳۷..... ۲-۴-۲-۹ گسل کندوان
- ۳۸..... ۲-۴-۲-۱۰ گسل کهریزک
- ۳۸..... ۲-۴-۳ گسل های قبل از کواترنری
- ۳۹..... ۲-۴-۳-۱ گسل سلطانیه
- ۳۹..... ۲-۴-۳-۲ گسل عطاری
- ۴۰..... ۲-۴-۵ چین ها
- ۴۰..... ۲-۴-۶ لرزه خیزی البرز
- ۴۳..... ۲-۶-۱ ایالت شمال شرقی البرز
- ۴۳..... ۲-۶-۲ ایالت ترود
- ۴۳..... ۲-۶-۳ ایالت شمال غرب البرز
- ۴۴..... ۲-۶-۴ ایالت بوئین
- ۴۴..... ۲-۶-۵ ایالت جنوب شرقی البرز و ایالت فرضی جنوب غربی البرز
- ۴۵..... ۲-۶-۷ شرح وضعیت لرزه خیزی البرز و حوضه جنوب خزر
- ۴۷..... ۲-۷-۱ زمین لرزه آوج
- ۴۸..... ۲-۷-۲ زمین لرزه بوئین زهرا
- ۴۸..... ۲-۷-۳ زمین لرزه رودبار - طارم
- ۴۹..... ۲-۷-۴ زمین لرزه سنگچال
- ۴۹..... ۲-۷-۵ زمین لرزه کارناوه
- ۵۰..... ۲-۷-۸ تحلیل لرزه خیزی ناحیه

۵۴	۹-۲ سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌های البرز و حوضه جنوب خزر
۵۷	فصل سوم (تحلیل داده‌ها)
۵۸	۱-۳ داده‌های مورد استفاده
۶۱	۲-۳ تحلیل تنش پوسته
۶۴	۳-۳ روش‌های تعیین جهت و بزرگی تنش در پوسته
۶۶	۴-۳ دگرشکلی در البرز
۶۷	۵-۳ تحلیل مکانی زلزله‌های دستگاهی البرز
۶۹	۶-۳ پارامترهای لرزه‌خیزی فراوانی - بزرگی زلزله
۷۱	۷-۳ تحلیل تنش البرز با استفاده از اطلاعات گسل‌های فعال
۷۵	۸-۳ تحلیل اولیه داده‌های حل کانونی زلزله
۸۰	۹-۳ - وارونه‌سازی تنش لرزه‌ای و تحلیل تنش البرز
۸۰	۱-۹-۳ مروری بر روش‌های وارونه‌سازی تنش
۸۲	۲-۹-۳ انتخاب روش
۸۴	۳-۹-۳ شرح روش وارونه‌سازی چندمرتب‌های MSM (Multiple-slip method)
۸۶	۴-۹-۳ رویکرد Cosserat
۸۹	۱۰-۳ تحلیل داده‌ها
۹۹	۱۱-۳ تحلیل تنش با استفاده از داده‌های حل کانونی زلزله
۱۰۰	۱۲-۳ زون‌بندی ناحیه
۱۰۳	۱-۱۲-۳ بخش شرقی
۱۰۹	۲-۱۲-۳ بخش غربی
۱۱۵	۱۳-۳ مقایسه نتایج حاصل از وارونه‌سازی داده‌ها در دو بخش شرقی و غربی
۱۱۶	۱۴-۳ تحلیل داده‌های حل کانونی زلزله در البرز
۱۲۲	فصل چهارم (بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات)
۱۲۲	۱-۴ نتایج حاصل از تحلیل اولیه داده‌ها
۱۲۳	۲-۴ نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای
۱۲۴	۱-۲-۴ نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای بخش شرقی
۱۲۵	۲-۲-۴ نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای بخش غربی
۱۲۶	۳-۲-۴ نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای البرز
۱۲۷	۳-۴ تفسیر نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای
۱۳۰	۴-۴ پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ - رشته کوه‌های البرز و ارتباط آن با کوه‌های قفقاز در غرب و پاراپامپوس در شرق. ۲
- شکل ۱-۲ - واحدهای لرزه‌زمین‌ساختی ایران. ۳
- شکل ۱-۳ - توپوگرافی، ساختار، نرخ دگرشکلی حال حاضر و کرنش نهایی ناحیه برخوردی صفحه عربی - اوراسیا. ۵
- شکل ۱-۴ - مقطع قائم ساختاری نشان‌دهنده شیب تراست‌های البرز در طول جغرافیایی 30° 51° شرقی. ۹
- شکل ۲-۱ - موقعیت ناحیه برخوردی بین صفحه عربی - اوراسیا. ۱۷
- شکل ۲-۲ - نقشه ساختاری حوضه جنوب خزر. ۲۰
- شکل ۲-۳ - نقشه گسل‌های البرز (بازترسیم شده از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰). ۲۲
- شکل ۲-۴ - نقشه ساده شده لرزه‌زمین‌ساخت ایران. ۴۱
- شکل ۲-۵ - اولین نقشه لرزه‌زمین‌ساختی ایران. ۴۲
- شکل ۲-۶ - زلزله‌های تاریخی البرز. ۴۷
- شکل ۲-۷ - لرزه‌خیزی حوضه خزر و مناطق اطراف. ۵۰
- شکل ۲-۸ - پراکندگی رومرکز زلزله‌های تاریخی و دستگاهی در البرز. ۵۱
- شکل ۲-۹ - عمق زلزله‌های رخ‌داده در البرز از سال ۱۹۰۰ تا حال حاضر. ۵۲
- شکل ۲-۱۰ - نمودار عمق زلزله - فراوانی زلزله‌های سال ۱۹۰۰ تا حال حاضر. ۵۳
- شکل ۲-۱۱ - نمودار بزرگی - فراوانی زلزله‌های سال ۱۹۰۰ تا حال حاضر. ۵۴
- شکل ۲-۱۲ - سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌های شمال ایران (البرز، خزر و غرب کپه‌داغ). ۵۵
- شکل ۳-۱ - موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران. ۶۰
- شکل ۳-۲ - طبقه‌بندی آندرسون برای گسل‌های نرمال، معکوس و امتدادلغز. ۶۳
- شکل ۳-۳ - توزیع مکانی رومرکز زلزله‌های سال ۱۹۰۰ تا حال حاضر در البرز. ۶۸

- شکل ۳-۴- توزیع مکانی رومرکز زلزله‌های بزرگتر از ۴ ریشتر سال ۱۹۰۰ تا حال حاضر در البرز ۶۹
- شکل ۳-۵- رابطه گوتنبرگ - ریشتر برای تمام ناحیه مورد مطالعه ۷۱
- شکل ۳-۶- گسل‌های فعال البرز ۷۳
- شکل ۳-۷- محور چین‌ها در البرز (بازترسیم شده با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰) ۷۳
- شکل ۳-۸- حل کانونی زلزله‌های بزرگ رخ داده در البرز ۷۶
- شکل ۳-۹- حل کانونی زلزله‌ها براساس گسیختگی رخ داده ۷۸
- شکل ۳-۱۰- حل کانونی زلزله‌ها بر اساس عمق ۷۸
- شکل ۳-۱۱- جهات محورهای تنش حداکثر، حداقل و متوسط حاصل از حل کانونی زلزله ۷۹
- شکل ۳-۱۲- جهات محورهای فشارش حداکثر در البرز ۸۰
- شکل ۳-۱۳- صفحات نودال تمام زلزله‌های ناحیه ۹۳
- شکل ۳-۱۴- پراکندگی محورهای T (محورهای واقع در ربع کشش) ۹۵
- شکل ۳-۱۵- دیاگرام کنتوری محورهای T (محورهای واقع در ربع کشش) ۹۵
- شکل ۳-۱۶- پراکندگی محورهای p (محورهای واقع در ربع فشارش) ۹۶
- شکل ۳-۱۷- دیاگرام کنتوری محورهای P (محورهای واقع در ربع فشارش) ۹۷
- شکل ۳-۱۸- پراکندگی محورهای N (محورهای خنثی) ۹۸
- شکل ۳-۱۹- دیاگرام کنتوری محورهای N (محورهای خنثی) ۹۸
- شکل ۳-۲۰- راستای محورهای دگرشکلی و راستای دگرشکلی افقی حداکثر ناحیه ۹۹
- شکل ۳-۲۱- محورهای تنش فشارشی و کششی و راستای تنش فشارشی افقی حداکثر و حداقل مؤثر بر ناحیه ۱۰۰
- شکل ۳-۲۲- مرز بخش‌های شرقی و غربی ناحیه ۱۰۱
- شکل ۳-۲۳- نمودار بزرگی - فراوانی زلزله‌ها در بخش شرقی ۱۰۳
- شکل ۳-۲۴- صفحات نودال زلزله‌های بخش شرقی ۱۰۴
- شکل ۳-۲۵- ربع‌های کشیدگی و فشردگی بخش شرقی به روش MSM ۱۰۵
- شکل ۳-۲۶- موقعیت محورهای دگرشکلی حداکثر افقی در بخش شرقی ۱۰۶
- شکل ۳-۲۷- موقعیت محورهای استرس فشارشی حداکثر و حداقل در بخش شرقی ۱۰۶
- شکل ۳-۲۸- نتیجه تحلیل داده‌ها به روش Cosserat inversion ۱۰۷
- شکل ۳-۲۹- نتیجه تحلیل داده‌ها به روش Cosserat MSM ۱۰۸
- شکل ۳-۳۰- رابطه بزرگی - فراوانی زلزله‌ها در بخش غربی ۱۱۰
- شکل ۳-۳۱- صفحات نودال زلزله‌های بخش غربی ۱۱۱

- شکل ۳-۳۲- ربع‌های کشیدگی و فشردگی در بخش غربی به روش Cosserat MSM ۱۱۱
- شکل ۳-۳۳- موقعیت محورهای دگرشکلی فشارشی و کششی حداکثر افقی و راستای دگرشکلی فشارشی و کششی حداکثر افقی مؤثر بر ناحیه ۱۱۲
- شکل ۳-۳۴- موقعیت محورهای تنش فشارشی حداکثر و حداقل افقی و راستای فشارش حداکثر افقی مؤثر بر ناحیه. ۱۱۲
- شکل ۳-۳۵- نتیجه تحلیل داده‌ها به روش Cosserat inversion ۱۱۳
- شکل ۳-۳۶- نتیجه تحلیل داده‌ها به روش Cosserat MSM ۱۱۴
- شکل ۳-۳۷- راستای حرکت صفحه عربی به سوی اوراسیا ۱۱۵
- شکل ۳-۳۸- صفحات نودال زلزله‌های مورد استفاده در وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای البرز. ۱۱۶
- شکل ۳-۳۹- موقعیت ربع‌های کشیدگی و فشردگی در البرز. ۱۱۷
- شکل ۳-۴۰- موقعیت محورهای حداکثر دگرشکلی فشارشی و کششی افقی و راستای دگرشکلی فشارشی و کششی افقی در البرز. ۱۱۸
- شکل ۳-۴۱- موقعیت محورهای تنش فشارشی حداکثر و حداقل افقی در البرز و راستای تنش فشارشی حداکثر و حداقل افقی ۱۱۸
- شکل ۳-۴۲- نتیجه تحلیل داده‌ها به روش Cosserat inversion ۱۱۹
- شکل ۳-۴۳- نتیجه تحلیل داده‌ها به روش Cosserat MSM ۱۲۰
- شکل ۴-۱- موقعیت محورهای فشارش حاصل مستقیم داده‌های حل کانونی زلزله ۱۲۹
- شکل ۴-۲- توپوگرافی، ساختار، نرخ دگرشکلی حال حاضر و کرنش نهایی منطقه برخوردی صفحه عربی - اوراسیا ۱۲۹
- شکل ۴-۳- بردارهای نشان‌دهنده میدان سرعت و جهت حرکت پوسته در امتداد افق حاصل از GPS ۱۳۰

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲	زلزله‌های تاریخی رخ داده در البرز	۴۶
جدول ۳-۱	روش‌های تعیین تنش‌های نفوتکتونیک یا پالئوتکتونیکي	۶۵
جدول ۳-۲	گسل‌های فعال البرز	۷۴
جدول ۳-۳	زلزله‌های دارای حل کانونی در ناحیه مورد مطالعه	۷۷
جدول ۳-۴	داده‌های لرزه‌ای مورد استفاده در وارونه‌سازی	۹۰
جدول ۳-۵	نتایج پردازش اولیه داده‌ها	۹۲
جدول ۳-۶	مقایسه مقادیر پارامترهای a-value و b-value برای هر بخش	۱۰۲
جدول ۳-۷	نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای بخش شرقی	۱۰۹
جدول ۳-۸	نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای بخش غربی	۱۱۴
جدول ۳-۹	نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای البرز	۱۱۹
جدول ۴-۱	نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای بخش شرقی	۱۲۵
جدول ۴-۲	نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای بخش غربی	۱۲۶
جدول ۴-۳	نتایج وارونه‌سازی داده‌های لرزه‌ای البرز	۱۲۷

کلیات

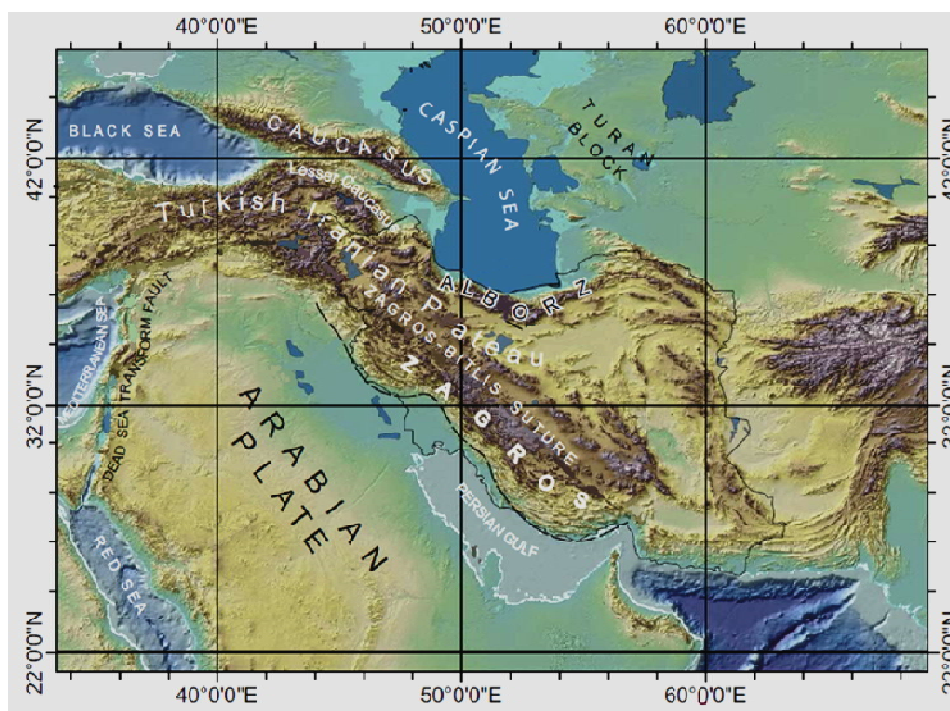
۱-۱ مقدمه

فلات ایران زمین به دلیل موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی خود از دیرباز شاهد وقایع تکتونیکی متعددی بوده است که حکایت از پویایی پوسته در آن دارد. از جمله شواهد این مدعا رخداد زمین‌لرزه‌های متعدد در پهنه ایران است که فعالیت گسل‌های منطقه را آشکار می‌کند. لرزه‌های متعددی در این پهنه رخ داده‌اند که گسل بوجود آورنده آنها در بسیاری موارد ناشناخته مانده است. بنابه نظر (Berberian (1983، رشته کوه البرز جایگاه رویداد زمین‌لرزه‌های بزرگی است، اما پوشش گیاهی و بارش فراوان در بخش‌های شمالی آن سبب ناشناخته بودن شماری از گسل‌های فعال و لرزه‌زا در این گستره می‌باشد. بطوری که بجز زمین‌لرزه ۳۱ خرداد سال ۱۳۶۹ رودبار - تارم هیچکدام از زمین‌لرزه‌های قبل از آن با گسلش روی زمین همراه نبوده است و نشانه‌ای مبنی بر اینکه بتوان گسلی را مسبب رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی در گستره البرز دانست، در دسترس نیست.

در این فصل به معرفی موقعیت جغرافیایی و زمین‌ساختی پهنه مورد مطالعه و شرح موضوع پژوهش پرداخته خواهد شد. در ادامه اهداف و انگیزه پژوهش معرفی شده و مختصری به روش مورد استفاده در این پایان‌نامه پرداخته شده است. در فصول بعد، این روش به تفصیل شرح داده خواهد شد. سرانجام مروری بر پژوهش‌های پیشین انجام شده در البرز صورت خواهد گرفت.

۲-۱ موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه

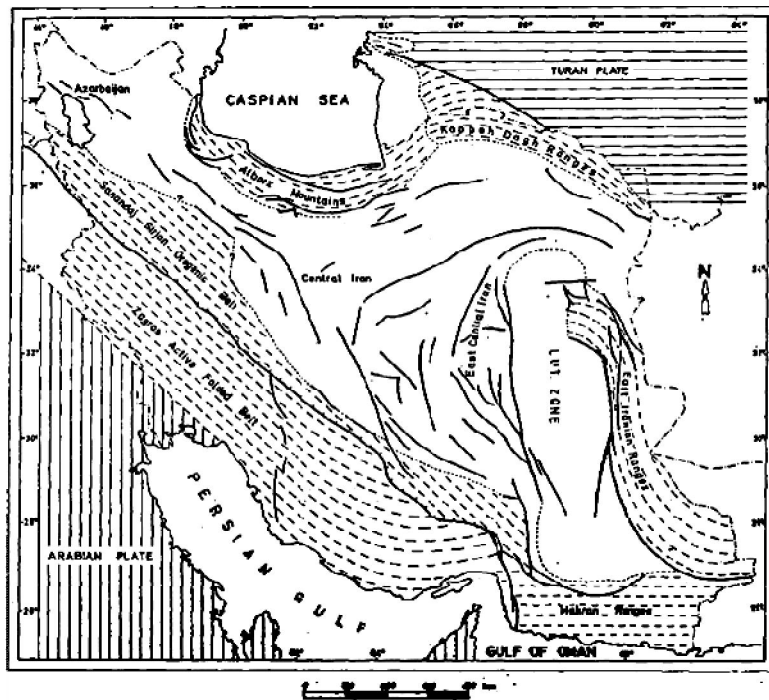
فلات ایران با مساحت تقریبی ۲/۵ میلیون کیلومتر مربع علاوه بر محدوده سیاسی ایران، قسمت‌هایی از کشورهای افغانستان و پاکستان را نیز شامل می‌شود و ارتباط طبیعی بین فلات آناتولی در شمال غرب و فلات پامیر در شمال شرق را فراهم ساخته است، کل این منطقه نیز بخشی از کوهزاد وسیع و فعال آلپ - هیمالیا است. فلات ایران از شمال به آرال و خزر، از جنوب به بین‌النهرین و خلیج فارس و دره سند محدود می‌شود. قرارگیری ایران در کمربند کوهزایی فعال آلپ - هیمالیا که جوان‌ترین کمربند کوهزایی جهان است، موجب حرکات تکتونیکی و دگرشکلی فراوانی در آن شده که خود مسبب رخداد زمین‌لرزه‌های متعددی در این پهنه بوده است. حرکت صفحه عربی به سوی ایران در اثر باز شدن دریای سرخ و نیز باز شدن بستر اقیانوس هند و همچنین تنش‌های وارده از سپر توران در شمال، موجب پویایی و فعالیت پوسته ایران بوده و لرزه‌خیزی بالای آن را سبب شده است. در شکل ۱-۱ وضعیت فلات ایران در برابر سپرتوران و صفحه عربی نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ - رشته کوه‌های البرز و ارتباط آن با کوه‌های قفقاز در غرب و پاراپامیوس در شرق (Guest et al., 2006).

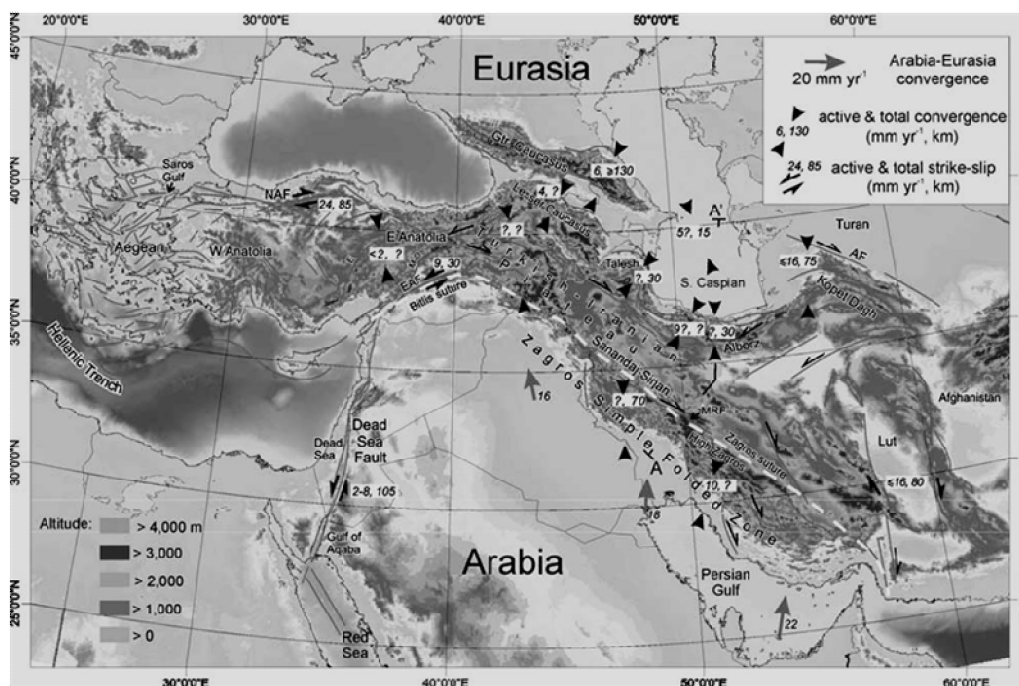
ناحیه مورد مطالعه در این پایان نامه پهنه البرز است که از شمال به حوضه جنوب خزر، از جنوب به ایران مرکزی، از شرق به کوه‌های کپه‌داغ و از غرب به کوه‌های قفقاز منتهی می‌شود. بخشی از فلات ایران که کشور ایران را تشکیل می‌دهد، توسط زمین‌شناسان متعددی پهنه-بندی تکتونیکی شده است که از آن جمله می‌توان به: Stocklin(1968)، Berberian (1976)، Alavi (1991) و نبوی (۱۳۵۵) اشاره کرد. با توجه به معیارهای مختلفی که در هر کدام از این پهنه‌بندی‌ها مورد توجه قرار گرفته است، واحدهای معرفی شده در هر کدام از این پهنه‌بندی‌ها با یکدیگر متفاوت است. به طوری که پهنه البرز نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد.

برای نشان دادن ناحیه مورد مطالعه در این پایان نامه از پهنه‌بندی Berberian (1976) استفاده شده است. ناحیه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی 48° تا 56° و عرض‌های جغرافیایی 35° تا 39° واقع شده است و در پهنه‌بندی مزبور زون البرز نامیده می‌شود (شکل ۱-۲). نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس $1/250000$ گنبد، گرگان، ساری، آمل، قزوین، زنجان، رشت، انزلی، ساوه، تهران، سمنان و تروند منتشر شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، این ناحیه را پوشش می‌دهند.



شکل ۱-۲- واحدهای لرزه‌زمین‌ساختی ایران (Berberian, 1976)

ناحیه برخوردی صفحه عربی با اوراسیا یکی از بزرگترین مناطق دگرشکلی در اثر همگرایی است که منطقه‌ای به وسعت $3/000/000$ کیلومتر مربع از پوسته قاره‌ای را دگرشکل کرده است. این همگرایی از میوسن پایینی (۲۳-۱۶ میلیون سال) یا قبل از آن آغاز شده است (Robertson, 2000). ضخیم‌شدگی فعال کمتری در فلات ایران - ترکیه نسبت به بقیه بخش - های این زون برخوردی دیده می‌شود. برای بوجود آمدن تمام ضخیم‌شدگی کنونی پوسته باید کوتاه‌شدگی در ۷ میلیون سال به وقوع پیوسته باشد. داده‌های ساختاری و چینه‌شناسی نیز دگرشکلی میوسن پیشین - پسین را نشان می‌دهند (Allen et al., 2004). بنا به نظر Dewey et al., 1989 از زمان اولین برخورد در محل زمین‌درز زاگرس، صفحه عربی حدود $500-300$ کیلومتر نسبت به اوراسیا به سمت شمال حرکت کرده است، در حالی که ورقه اوراسیا ثابت بوده است. (Sella et al., 2002)، مقدار همگرایی حال حاضر بین صفحه عربی و اوراسیا را با استفاده از داده‌های GPS حدوداً برابر با ۱۲ میلی‌متر بر سال برآورد کرده‌اند. همچنین مطالعات Nilforoushan et al. (2003)، با استفاده از داده‌های GPS کوتاه‌شدگی شمالی - جنوبی بین صفحه عربی با اوراسیا را ۲ تا $2/5$ سانتی‌متر بر سال نشان داده‌اند در حالی که Vernant et al. (2004)، نرخ این همگرایی را 2 ± 22 میلی‌متر بر سال گزارش کرده‌اند که با نرخ همگرایی ۲۰ تا ۳۱ میلی‌متر بر سال حاصل از بازسازی صفحات (DeMets et al., 1990) همخوانی دارد. آهنگ دگرشکلی حال حاضر و کرنش ناحیه برخوردی صفحه عربی با اوراسیا در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- توپوگرافی، ساختار، نرخ دگرشکلی حال حاضر و کرنش نهایی ناحیه برخوردی صفحه عربی - اوراسیا. نرخ لغزش یا نرخ همگرایی کنونی صفحه عربی با اوراسیا (میلی متر بر سال) در شکل نشان داده شده است (Allen et al., 2004).

AF, Ashgabat Fault; E, Ecmis Fault; EAF, East Anatolian Fault; M-O, Malatya-Ovacik Fault; MRF, Main Recent Fault; NAF, North Anatolian Fault.

۱-۳ گستره رسوبی - ساختاری البرز

مهم‌ترین کمربند چین‌خورده زمین، کمربند مدیترانه - هیمالیا - اندونزی یا به عبارت دیگر آلپ - هیمالیا است که از اقیانوس اطلس تا آرام کشیده شده است. ایران در بخش میانی این کمربند بین هیمالیا در شرق و آلپ در غرب واقع شده است و تحت تأثیر تنش‌های وارده از سپر عربی در جنوب و سپر توران در شمال همواره در حال دگرشکلی است.

ارتفاع متوسط البرز بطور ناگهانی از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا‌های آزاد در کمربند داخلی به ۲۸- متر از سطح دریا‌های آزاد در خط ساحلی جنوب خزر در شمال می‌رسد (Vernant et al., 2004). آتشفشان کواترنری دماوند با ارتفاع ۵۶۷۱ متر واقع در مرکز این کمربند، بیشینه ارتفاع کوه‌های البرز را تشکیل می‌دهد. این رشته کوه‌ها که در انتها الیه کشور ایران، گستره رسوبی - ساختاری البرز را تشکیل می‌دهند با پیچ و خم قابل توجه به شکل سینوسی از کوه‌های قفقاز

کوچک در جمهوری‌های ارمنستان و آذربایجان در شمال غربی تا کوه‌های پاراپامیوس در شمال افغانستان واقع در شرق ایران امتداد دارند (شکل ۱-۱).

در بخش غربی این رشته کوه، محورهای ساختاری روند NW-SE دارند که تقریباً موازی با روند بخش شمالی راندگی اصلی زاگرس، گسل زنجان و خطواره‌های ساختاری قفقاز بزرگ است. به عبارت دیگر محورهای ساختاری بخش شرقی البرز، تقریباً روند NE-SW دارند که موازی با روند گسل کویر بزرگ در ایران مرکزی هستند. این دو روند در البرز مرکزی به هم می‌رسند و دقیقاً در موقعیتی که این دو خطواره متفاوت به هم می‌رسند، آتشفشان کواترنری دماوند شکل گرفته است (Solaimani, 2001).

مرز شمالی البرز منطبق بر تپه ماهورهای متشکل از نهشته‌های ترشیری و دشت ساحلی خزر است. از نگاه زمین‌شناختی این مرز محدود به زمین‌درز تتیس کهن است که از برخورد سنگ‌کره قاره‌ای البرز با سنگ‌کره توران در تریاس پسین بوجود آمده است و با مجموعه‌های افیولیتی دگرگون شده و نیز بقایای رسوبات عمیق دریایی دگرگون شده متعلق به اقیانوس پالئوتتیس که در طول این محدوده یافت می‌شوند متمایز می‌شود. در بیشتر نقاط، محل زمین‌درز با ورق‌های رانده شده از شمال به جنوی پوشیده شده است اما در هر جا که رخنمون دارد به وضوح عناصر تکتونیکی قطعه توران را از عناصر چینه - تکتونیکی البرز جدا می‌سازد (مردانی و مافی، ۱۳۸۵).

کوه‌های البرز دارای روراندگی‌های پرشیبی در دامنه‌های جنوبی و شمالی خود می‌باشد. شیب این روراندگی‌ها در دامنه جنوبی به سمت شمال و در دامنه شمالی به سمت جنوب می‌باشد. گسل‌های مشا، شمال تهران و شمال قزوین در دامنه جنوبی و گسل خزر در دامنه شمالی کوه‌های البرز، تراست‌های بزرگ دامنه‌های البرز را تشکیل می‌دهند (Berberian & Yeats, 1999). البرز را می‌توان چین‌های حاشیه‌ای ایران مرکزی دانست که در شکل‌گیری آن برخورد دو صفحه ایران و توران و پیامدهای این برخورد نقش اساسی داشته‌اند. بر اساس نقشه لرزه‌زمین‌ساخت ایران (Berberian, 1976)، در البرز زمین‌لرزه‌ها کم‌ترفا هستند و برخی انواع متوسط نیز وجود دارند، اما در کل، البرز شرقی لرزه‌خیزتر از البرز غربی است.

الگوی ساختاری غالب البرز از نوع گسلش راندگی است که سبب جابه‌جایی زیاد ورقه‌های ساختاری و تشکیل سیستم دوپلکس از نوع گرده‌ای مرکب^۱ در اثر این جابه‌جایی شده است (Alavi, 1991)، همچنین ایشان تشکیل این ساختارها را حاصل دو نسل گسلش راندگی می‌دانند که نسل اول آن دارای سن پیش از ژوراسیک میانی بوده و در ارتباط با حوادث برخوردی سیمین پیشین است. اما نسل دوم راندگی‌ها به سن سنوزوئیک و در ارتباط با کوهزایی آلپی است. هر دو نسل این راندگی‌ها دارای شیب به سمت شمال شرقی بوده و روند عمومی آن‌ها NW-SE و موازی روند البرز است. راندگی‌های سیمین ویژگی شکل‌پذیر دارند ولی راندگی‌های آلپی ویژگی شکننده دارند. در نتیجه عملکرد این دو نسل راندگی، ورقه‌های گوناگون از پس‌خشکی^۲ (NE) به سمت پیش‌خشکی^۳ (SW) جابه‌جا شده‌اند.

تاریخ تکتونیکی کنونی البرز به دو فاز تقسیم شده است؛ ۱- فشارش شمالی - جنوبی بین بلوک ایران مرکزی و حوضه جنوب خزر. ۲- کوتاه‌شدگی با روند شمال شرقی در پلیوسن و کواترنری که نسبت به ساختار شرقی - غربی البرز مرکزی مایل است (Jackson & McKenzie, 1984 و Allen et al., 2003).

۴-۱ موقعیت تکتونیکی و مدل‌های زمین‌ساختی ناحیه

رشته کوه البرز رشته کوه فعالی با امتداد شرقی - غربی است که در اثر برخورد گندوانا و اوراسیا در تریاس بالایی به وجود آمده است (Sengor et al., 1988). (Stocklin, 1968) البرز را به شکل ناودیسسی با راستای شرقی - غربی در نظر گرفته که قسمت مرکزی آن به اعماق بسیار زیاد فرونشسته و در یال‌هایش سنگ‌ها به وسیله روراندگی‌هایی جابه‌جا شده‌اند. این روراندگی‌ها در یال شمالی شییبی به سمت جنوب دارند و حرکت فرادیواره به سمت شمال صورت گرفته است، در حالی که روراندگی‌های یال جنوبی به سمت شمال شیب داشته و حرکت فرادیواره رو به جنوب است. از ویژگی‌های دیگر این الگو این است که سنگ‌های پی‌سنگ پرکامبرین درگیر

1 : Composite Antiformal Stack

2 : Hinterland

3 : Foreland

تغییرات ساختاری شده به طوری که این سنگ‌ها به وسیله رورانگی‌ها به سمت بالا حرکت کرده‌اند.

Hubber (1977) و Stocklin (1974)، بر این باورند که کوهزاد البرز مجموعه‌ای از رانگی است و رانگی‌های یال شمالی آن شیب رو به جنوب و رانگی‌های یال جنوبی آن شیب رو به شمال دارند.

الگوی (Alavi 1991) از بنیاد با الگویی که اشتوکلین (Stocklin 1968) برای البرز مرکزی ارائه داده است، تفاوت دارد. ایشان الگوی ساختاری چیره البرز را از نوع گسلش رانگی معرفی کرده‌اند که در آن ورقه‌های ساختمانی به وسیله چندین رورانگی به شیوه پشت خوکی^۴ یکی بر روی دیگری رانده شده‌اند، که سبب شده تا ورقه‌های ساختاری به مقدار زیاد حمل و سیستم‌های دوپلکس از نوع گرده‌ای مرکب^۵ بوجود آید. ساختارهای گرده‌ای مرکب، حاصل دو نسل گسلش رانگی هستند. نسل اول رانگی‌ها به سن پیش از ژوراسیک میانی و در ارتباط با حوادث برخوردی سیمرین پیشین است. نسل دوم رانگی‌ها به سن سنوزوییک و در ارتباط با کوهزایی آلپی است.

Alavi (1996)، رشته‌کوه البرز را مجموعه‌ای از ورق‌های تراستی می‌داند که در اثر دگرشکلی فشارشی سنوزوییک بالایی ایجاد شده‌اند. ایشان همچنین هفت واحد تکتونواستراتیگرافی^۶ و چندین واحد دگرگونی را در البرز شناسایی کرده است.

۱-۵ زلزله‌ها و گسل‌های البرز

Tchalenko (1974)، با بررسی جنبایی قرن بیستم البرز در بازه زمانی ۱۹۱۷-۱۹۷۱ آن را به چند ایالت لرزه‌زمین‌ساختی تقسیم کرده است که هرکدام از آن‌ها با یک زمین‌لرزه ویرانگر مشخص شده است. دوره فعالیت لرزه‌ای این ایالت‌ها ۳-۱۲ سال و دوره آرامش آن‌ها حدود ۵۰ سال می‌باشد. اما دوره برگشت زمین‌لرزه در هر ایالت، دوره‌ای بلند مدت است. در پهنه البرز، زلزله‌های بزرگ فراوانی رخ داده‌اند که از آن جمله می‌توان زلزله ۲۰ ژوئن سال ۱۹۹۰ منجیل با

4 : Piggyback

5 : Composit Antiformal Stack

6 : Tectonostratigraphic units