پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پژوهشکده زلزله شناسی

پایان‌نامه دکترا

ژئوفیزیک – زلزله‌شناسی

عنوان:

مطالعه لرزه خیزی ، لرزه زمینساخت و ساختار سرعتی پوسته در دو زون گسلی امتداد لغز بم و تبریز

دانشجو: علی سیاهکالی مرادی

استاد راهنما : دکتر محمد تاتار

شهریور ماه ۱۳۸۷

به نام خداوند جان وخرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

تقدیم به پدر و مادر مهربان

و همسر عزیزم

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات بی‌شائبه استاد محترم جناب آقای دکتر تاتار که راهنمایی رساله اینجانب بر عهده ایشان بود و بدون کمک و راهنمایی ایشان این پایان نامه به سرانجام نمی‌رسید، تشکر و قدردانی می‌نمایم. از داوران محترم آقایان دکتر بهرام عکاشه ، دکتر محمدرضا عباسی، دکتر مهدی رضاپور و دکتر فرزام یمینی فرد که نظراتشان سبب بهبود این پایان نامه گردید کمال تشکر را دارم. از آقایان دکتر نوربخش میرزایی و دکتر مهدی رضاپور که در دوره تصدی خود بر مرکز لرزه‌نگاری کشوری داده‌های آن مرکز را در اختیار اینجانب قرار دادند سپاسگذاری می‌نمایم. از آقای دکتر دنیس هاتسفلد وخانم دکتر آن پل که در تامین دستگاه‌های لرزه‌نگاری، نصب ایستگاه و استخراج و تصحیح داده‌ها، کمک‌های فراوانی نمودند، تشکر می‌نمایم. در پایان از کارشناسان و رانندگان محترم پژوهشگاه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله که در طی نصب ایستگاه‌ها و جمع‌آوری داده‌ها مرا یاری نمودند، قدردانی می‌نمایم.

اعضاء محترم هیات داوران:

استاد راهنما:

دکتر محمد تاتار

اساتید مدعو خارجی:

دکتر بهرام عکاشه

دکتر مهدی رضاپور

اساتید مدعو داخلی:

دکتر محمدرضا عباسی

دکتر فرزام یمینی‌فرد

مدیر تحصیلات تکمیلی:

دکتر حسین حمزه‌لو

چکیده

تکتونیک فعال در مناطق همگرا با سیستمهای پیچیده‌ای از گسلهای معکوس و امتـدادلغـز مـشخص می‌شوند. یکی از مناطق شناخته شده در جهان با چنین شرایطی فـلات ایـران اسـت. مطالعـه دو زون امتدادلغز در ایران، بم و تبریز هدف و موضوع این پایان‌نامه است.

گسل شمال تبریز یکی از گسلهای فعال در شمال غرب ایران می‌باشد. وجود این گسل سبب بالا رفتن خطر لرزه‌ای در این ناحیه از کشور از جمله شهر تبریز با جمعیتی بالغ بر ۱/٦ میلیون نفر شده است.به منظور بررسی و تعیین هندسه و نحوه حرکت این گسل، به مدت ۳ ماه، شبکه‌ای متراکم از ٤٠ ایستگاه لرزه‌نگاری ۳ مولفه در اطراف قسمت مرکزی گسل تبریز که از قسمت شمالی شهر تبریز عبور می‌کند، نصب گردید. با استفاده از خرد زمینلرزه‌های ثبت شده در شبکه موقت نصب شده و بیش از ٦ سال داده‌های ثبت شده در شبکه دائمی ۸ ایستگاهی تبریز مدل یک بعدی سرعتی پوسته در این ناحیه تعیین گردید. نتایج کار ما نشان می‌دهد که پوسته بالایی در این ناحیه از یک لایه با ضخامت متوسط ٦ کیلومتر از رسوبات (V_P= 5.23 km s^{-1}) در بالای یک لایه بلورین با ضخامت متوسط ۱۸ کیلومتر (V_P= 5.85 km s^{-1}) تشکیل شده است. دو لایه فوق بر روی یک نیم فضا با سرعت متوسط V_P= 6.54 km s^{-1} قرار دارند که با توجه به محدودیت عمقی زمینلرزه‌های ثبت شده، قادر به تعیین ضخامت این لایه نمی‌باشیم. زمینلرزه‌های تعیین محل شده با دقت بالا، حاکی از فعالیت لرزه‌ای در امتداد گسل شمال تبریز می‌باشند. بررسی دقیق محل کانونی زمینلرزه‌ها در مقاطع مختلف، نشان‌دهنده شیب تند به سمت شمال شرقی در قسمت‌های غربی و میانی گسل شمال تبریز و شیب تند به سمت جنوب غربی در قسمت شرقی این گسل می‌باشد. تمامی ساز و کار های محاسبه شده، بیانگر حرکت امتداد لغز راستگرد در این گسل هستند. ساز و کارهای محاسبه شده، با مقاطع کانونی زمینلرزه‌ها همخوانی داشته و نشان‌دهنده وجود نیرو با مولفه کششی در قسمت‌های شرقی گسل در مقایسه با وجود نیرو با مولفه تراکمی در قسمت غربی گسل می‌باشند. سازوکارهای مشاهده شده در تحقیق ما و نتایج مطالعات مربوط به اندازه‌گیری‌های سرعت حرکت در این منطقه به کمک GPS بیانگر این مطلب می‌باشند که گسل شمال تبریز یکی از مجموعه گسل‌های امتداد لغزی می‌باشد که سبب تسهیل حرکت افقی قسمتی از پوسته به سمت شمال شرق در این ناحیه متراکم شونده، می‌گردد.

در منطقه بم، در ۵ دی‌ماه ۱۳۸۲، زمینلرزه بم با بزرگی گشتاوری ٦/٦ در انتهای جنوبی سیستم گسلی شمالی – جنوبی گوک و نایبند روی داد. سیستم‌های گسلی یاد شده در حاشیه غربی دشت لوت قرار

دارند و بخشی از جابجایی حرکت به سمت شمال صفحه عربی نسبت به اوراسیا که با سرعتی حدود ۲/۵ سانتیمتر در سال صورت می‌گیرد در آنها رخ می‌دهد. سه روز پس از زمینلرزه مخرب بم، یک شبکه متراکم لرزه‌نگاری متشکل از ۲۳ ایستگاه در منطقه اطراف رومرکز زمینلرزه اصلی به مدت یک ماه به منظور مطالعه پسلرزه‌ها نصب گردید. با استفاده از پسلرزه‌های ثبت شده مدل یک بعدی سرعتی منطقه بدست آمد. نتایج کار ما نشان می‌دهد که پوسته بالایی در این ناحیه از یک لایه با ضخامت متوسط ۸ کیلومتر از رسوبات (V_P= 5.30 km s^{-1}) در بالای یک لایه بلورین با ضخامت متوسط ٤ کیلومتر (V_P= 6.17 km s^{-1}) تشکیل شده است. دو لایه فوق بر روی یک نیم فضا با سرعت متوسط V_P= 6.49 km s^{-1} قرار دارند که با توجه به محدودیت عمقی زمینلرزه‌های ثبت شده، قادر به تعیین ضخامت این لایه نمی‌باشیم. از میان زمینلرزه‌های ثبت شده، زمینلرزه‌هایی که با دقت بالایی تعیین محل شده بودند به منظور بررسی هندسه لرزه‌خیزی در ناحیه گسل انتخاب شدند. مجموعه پسلرزه‌ها دارای روندی شمالی- جنوبی با طول تقریبی ۲۵ کیلومتر بودند که در ۵ کیلومتری غرب پرتگاه گسلی بم- براوات، دقیقا در زیر ترکهای سطحی مشاهده شده پس از زمینلرزه اصلی قرار داشتند. پسلرزه‌ها دارای عمقی بین ٦ تا ۲۰ کیلومتر هستند که در زیر لایه فوقانی نسبتا کم سرعت که بیشترین لغزش را تجربه نموده است قرار دارند و مجموعه آنها شیب کمی به سمت غرب را نشان می‌دهد. جنوبی‌ترین بخش از پسلرزه‌ها، باریک بوده و نشان می‌دهد که زون شکسته شده احتمالا گسل بم – براوات در عمق است. اگرچه بعید است که روند مذکور به پرتگاه گسلی بم – براوات در سطح برسد اما نسبت به ترکهای سطحی در جنوب بم از احتمال بیشتری برخوردار است. توزیع پسلرزه‌ها در شمالی‌ترین بخش دارای طرح پیچیده‌ای بوده که با گسترش به سمت شمال شکستگی در راستای صفحه گسل سازگاری دارد. سازوکارهای کانونی بیانگر گسلش امتداد لغز راستگرد در گسلش شمالی – جنوبی به موازات پرتگاه گسلی بم – براوات است.

کلید واژه‌ها: گسل شمال تبریز، ساختار سرعتی پوسته، سازوکار کانونی، حرکت امتداد لغز راستگرد، زمینلرزه بم، پسلرزه

فهرست مطالب

فصل اول؛

مقدمه کلی ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. ژئودینامیک فلات ایران و ایجاد گسل‌های امتداد لغز ٤

فصل دوم؛

موقعیت زمینساختی شمال- غرب ایران ۸

۲-۱.مقدمه ۹

۲-۲. ساختار تکتونیکی و زمین شناسی شمال‌غرب ایران ۱۰

۲-۳. سیستم گسلی تبریز ۱٤

فصل سوم؛

لرزه‌خیزی تبریز ۲۰

۳-۱.مقدمه ۲۱

۳-۲. لرزه‌خیزی تاریخی ۲۱

۳-۳. لرزه‌خیزی دستگاهی ۲۳

۳-٤. لرزه‌خیزی دستگاهی ثبت شده توسط شبکه تبریز ۲٦

فصل چهارم؛

مطالعه لرزه خیزی و ساختار سرعتی پوسته در تبریز ۳۲

٤-۱.مقدمه ۳۳

٤-۲. داده‌های مورد استفاده ۳۳

٤-۳. پردازش داده ها ۳۷

٤-۳-۱. محاسبه Vp/Vs ۳۷

٤-۳-۱-۱. محاسبه V_P/V_S با استفاده از اختلاف زمان رسیدها ۳۷

٤-۳-۱-۲ محاسبه VP/VS به روش واداتی ۳۸

٤-۳-۲. تعیین مدل سرعت ٤۰

٤-٤. توزیع رومرکز زمینلرزه‌ها ٤۳

٤-٥. توزیع کانون ژرفی زمینلرزه‌ها ٤۹

٤-٦. سازوکار کانونی زمینلرزه‌ها ۷۳

فصل پنجم؛

بحث و نتیجه‌گیری در خصوص ساختار سرعتی پوسته، هندسه و سازوکار گسل شمال تبریز ۷۸

۵-۱.مقدمه ۷۹

۵-۲. ساختار سرعتی منطقه ۷۹

۵-۳. توزیع سطحی زمینلرزه‌ها ۷۹

۵-٤. توزیع عمقی زمینلرزه‌ها ۸۰

۵-۵. سازو کار کانونی زمینلرزه‌ها ۸۱

۵-٦. نتیجه‌گیری ۸۲

فصل ششم؛

موقعیت زمین ساختی شرق ایران ۸۳

٦- ۱. مقدمه ۸٤

٦-۲. ساختار تکتونیکی و زمین شناسی شرق ایران ۸۵

٦-۳. زون گسلی بم ۸۷

فصل هفتم؛

لرزه خیزی بم ۹۰

۷-۱. لرزه خیزی تاریخی و دستگاهی منطقه ۹۱

۷-۲. زمینلرزه ۵ دی ماه ۱۳۸۲ بم ۹٤

فصل هشتم؛

مطالعه پسلرزه های زمین لرزه ۵ دی ماه ۱۳۸۲ بم ۹۷

۸-۱. مقدمه ۹۸

۸-۲. نصب شبکه لرزه‌نگاری موقت و جمع‌آوری داده ۹۹

۸-۳. پردازش داده‌ها ۱۰۰

۸-۳-۱. محاسبه Vp/Vs ۱۰۰

۸-۳-۲. تعیین مدل سرعت ۱۰۰

۸-۳-۳. توزیع پسلرزه ها ۱۰۳

۸-۳-۳-۱. توزیع کانون ژرفی زمینلرزه‌ها ۱۰٤

۸-۳-٤. سازوکار کانونی پسلرزه ها ۱۱۳

فصل نهم؛

بحث و نتیجه‌گیری در خصوص زمین‌لرزه اصلی بم و پسلرزه‌های آن ۱۲۱

۹-۱. موقعیت زمین لرزه اصلی ۱۲۲

۹-۲. ویژگی های زمین لرزه اصلی ۱۲۲

۹-۳. پیچیدگی گسل مسبب ۱۲۲

۹-٤. ارتباط با شکاف های سطحی ۱۲۳

۹-۵. ارتباط میان پسلرزه ها و گسل حاصل از مطالعات InSAR ۱۲۳

۹-٦. نتیجه گیری ۱۲۵

فصل دهم؛

نتیجه‌گیری کلی ۱۲۷

مراجع ۱۳۰

پیوست‌ها ۱۳٦

فهرست اشکال

شکل۱-۱. ناحیه تراکمی ایران ناشی از حرکت همگرای صفحات عربی و اوراسیا..... ۵

شکل۱-۲. نرخ کوتاه شدگی و حرکات امتداد لغز در نواحی مختلف ایران (ورنانت و همکاران ۲۰۰٤)..... ٦

شکل ۲-۱. نقشه گسلهای عمده در شمال غرب ایران (آقا نباتی، ۱۳۸۳). گسل‌ها با خطوط قرمز رنگ مشخص شده‌اند. S1: قله آتشفشانی سهند. S2: قله آتشفشانی سبلان. L.U.: دریاچه ارومیه..... ۹

شکل ۲-۲. نقشه گسلهای عمده و سازوکارهای مشاهده شده در شمال غرب ایران که بیانگر وجود و غلبه حرکات امتداد لغز بر حرکات فشاری در این ناحیه می‌باشد(طالبیان و جکسون ۲۰۰۲). NAF: گسل شمال آناتولی. EAF: گسل شرق آناتولی. MRF: گسل عهد حاضر در زاگرس..... ۱۲

شکل ۲-۳. بردارهای سرعت جابجایی نسبت به اوراسیا با استفاده از داده‌های ریلینگر و همکاران (۲۰۰٦). همانطور که مشاهده می‌شود میزان سرعت همگرایی از عرض ٤٤ درجه شرقی به سمت شرق در حاشیه قفقاز افزایش نشان می‌دهد (کوپلی و جکسون، ۲۰۰٦)..... ۱۳

شکل ۲-٤. نقشه لرزه‌زمینساخت فعال در فلات ایران-ترکیه. بردارهای سفید بیانگر سرعت و جهت حرکت نسبت به اوراسیا بر حسب میلی‌متر در سال می‌باشند. خطوط سیاه رنگ مشخص کننده گسل‌ها می‌باشند. CI : ایران مرکزی. SCB: حوزه خزر جنوبی. NWI: شمال غرب ایران (کوپلی و جکسون، ۲۰۰٦)..... ۱۳

شکل ۲-۵. گسلهای فعال اطراف شهر تبریز. AB، CD تصاویر ماهواره‌ای از زون گسلی شمال تبریز می‌باشند. ۱- امتداد لغز. ۲- جابجایی عمودی. ۳- مسیرهای آب و دره‌های رودخانه‌ها. ٤- مخروط افکنه . ۵- مرز شهری تبریز در سال ۱۹۵۰ (مرکز شهر). ٦- مرز شهری تبریز در سال ۱۹۹٦. ۷- فرودگاههای قدیم و جدید شهر تبریز (کارخانیان و همکاران، ۲۰۰٤)..... ۱٦

شکل ۲-٦. سرعت افقی حاصل از GPS و بیضوی قابلیت اطمینان ۹۵٪ ، هنگامیکه اوراسیا مرجع گرفته شود.NTF : گسل شمال تبریز. به بردارهای سرعت در ایستگاههای MIAN و BIJA دارای جهت و اندازه تقریبا یکسان می‌باشند ولی بردار سرعت در ایستگاه DAMO جهت متفاوتی از دو ایستگاه یاد شده دارد (ورنانت و همکاران ۲۰۰٤)..... ۱۷

شکل ۲-۷. جابجایی‌های محاسبه شده از شبکه متراکم GPS در شمال‌غرب ایران نسبت به ایران مرکزی (A) و تصویر آنها بر پروفیل AB که عمود بر گسل تبریز انتخاب شده‌است. مستطیل خط چین در (A) نشانگر پهنای پروفیل در دو طرف AB می‌باشد. B: سرعتهای مشاهده شده امتداد لغز در پروفیل AB . C: سرعتهای کششی محاسبه شده در پروفیل AB (ماسون و همکاران، ۲۰۰٦)..... ۱۸

شکل۳-۱. درصد فراوانی زمینلرزه رخداده در شمال غرب ایران (محدوده ۳٦ الی ٤۰ درجه شمالی و ٤٤ الی ۵۰ شرقی) بر حسب عمق بدست‌آمده برای آنها در کاتالوگ‌های مختلف در محدوده زمانی سال ۱۹۷۳ الی ابتدای سال ۲۰۰٦ میلادی..... ۲۵

شکل ۳- ۲. زمینلرزه های تاریخی و دستگاهی شمال‌غرب ایران. زمینلرزه‌های تاریخی (آمبراسیز و ملویل، ۱۹۸۲) بصورت شش ضلعی سفید و زمینلرزه‌های دستگاهی از کاتالوگ انگدال و همکاران (۲۰۰٦) به صورت دایره‌های قرمز نشان داده شده‌اند. مکانیسم‌های کانونی، حل‌های CMT محاسبه شده توسط دانشگاه هاروارد می‌باشند..... ۲٦

شکل ۳-۳. رویدادهای لرزه‌ای ثبت شده در شمال‌غرب کشور در بازه زمانی ۲۰۰٦/۱/۱ الی ۲۰۰۸/۳/۲۱ میلادی. ایستگاه‌های شبکه لرزه نگاری تله‌متری تبریز با مثلث مشکی توپر و گسل ها با خطوط مشکی پهن مشخص شده‌اند..... ۲۷

شکل ۳-٤. نمودار فراوانی زمینلرزه‌ها بر حسب ساعت وقوع در بازه زمانی ۲۰۰٦/۱/۱ الی ۲۰۰۸/۳/۱. A و B مربوط به مناطق مشخص شده با همین نام در شکل (۳-۲) می‌باشند و C1 مربوط به کل رویدادهای شکل (۳-۲) و C2 مربوط به تمامی منطقه پس از حذف رویدادهای قسمت‌های A و B می‌باشد..... ۲۸

شکل ۳-۵. رویدادهای لرزه‌ای حوالی گسل شمال تبریز که در شبکه تبریز در بازه‌های زمانی سالهای ۱۹۹۵ الی ۲۰۰۳ و ۲۰۰٦ الی ۲۰۰۸ ثبت شده‌اند.دوایر توپر قرمز رنگ، رومرکز زمینلرزه‌ها و خطوط مشکی بیانگر گسل‌های منطقه می‌باشند..... ۲۹

شکل ۳-٦. توزیع عمقی رویدادهای لرزه‌ای نمایش داده شده در شکل(۳-۵)..... ۳۰

شکل ۳-۷. نمودار توزیع فراوانی خطاهای عمق رویدادهای لرزه‌ای نمایش داده شده در شکل(۳-۵) که خطای عمق آنها بیش از صفر و کمتر از ۱۰۰ کیلومتر برآورد شده است. ۳۰
شکل ٤-۱. شبکه موقت لرزه نگاری نصب شده در اطراف گسل شمال تبریز و شبکه دائمی تبریز به همراه زمینلرزه‌های که با دقت بهتر از ۲ کیلومتر و نبود لرزه‌ای کمتر از ۲۷۰ درجه تعیین محل شده‌اند. گسل‌ها (بربریان و ییتز، ۱۹۹۹). ۳٤
شکل ٤-۲. فایل زمانی ایستگاه VAN در تبریز. سمت چپ فایل خام و سمت راست پس از اصلاح و حذف پالس‌های غلط GPS . همانطور که در شکل مشخص است در این ایستگاه GPS بدون قطعی کار کرده‌است. ۳٦
شکل ٤-۳. نمودار اختلاف زمان رسید امواج S نسبت به امواج P برای زمینلرزه‌های مختلف در ایستگاه‌های مختلف. ۳۸
شکل ٤-٤. نمودار واداتی. در این نمودار اختلاف زمان رسید موج P و S یک رویداد در یک ایستگاه بر حسب زمان رسید امواج P همان رویداد در ایستگاه‌هایی که قرائت P و S در آنها صورت گرفته است ، رسم می‌شود. ۳۹
شکل ٤-۵. نمودار واداتی برای یکی از رویدادها که در آن بهترین مقدار VP/VS برابر ۱/۸ بدست آمده است. ٤۰
شکل ٤-٦. مدل‌های ورودی اولیه داده شده به برنامه VELEST (سمت چپ) و خروجی حاصل از آنها (سمت راست). ٤۱
شکل ٤-۷. خروجی‌های همگرا شده برای ۵۰ مدل ورودی سه لایه به روش برگردان یک بعدی به کمک برنامه VELEST و سرعت‌های متوسط بدست آمده که با خط قرمز در شکل مشخص و مقدار آنها به ترتیب در زیر VP(ave) نوشته شده‌است. ٤۲
شکل ٤-۸. توزیع رومرکز ۱۲۰٦ رویداده لرزه‌ای انتخابی که در بیش از ٤ ایستگاه ثبت شده‌اند. (دوایر زرد رنگ، مربوط به رویدادهایی با شرط عدم قطعیت افقی و عمودی کمتر از ۳ کیلومتر و نبود ایستگاهی کمتر از ۲۷۰ درجه انتخاب شده‌اند و دوایر قرمز رنگ رویدادهایی هستند با همان شرط که در دوره نصب شبکه موقت ثبت شده‌اند. گسل‌ها (بربریان وییتز ۱۹۹۹). D.F: گسل دوزدوزان، N.B.F: گسل بزقوش شمالی، S.B.F: گسل بزقوش جنوبی، N.T.F: گسل شمال تبریز، S.F: گسل صوفیان، T.F: گسل تسوج، S1: قله سهند ، S2: قله سبلان. ٤۵
شکل ٤-۹. توزیع رومرکز ۳٦۸ رویدادهای لرزه‌ای انتخابی که در بیش از ٤ ایستگاه با rms کمتر از ۰/٤ ثانیه ثبت شده‌اند و رویدادهایی با شرط عدم قطعیت افقی و عمودی کمتر از ۲ کیلومتر و نبود ایستگاهی کمتر از ۱۸۰ درجه می‌باشند. مشخصات گسل‌ها مشابه شکل (٤-۸) می‌باشد. ٤٦
شکل ٤-۱۰. توزیع رومرکز ۳۳٤ رویدادهای لرزه‌ای که توسط نرم‌افزار HypoDD تعیین محل مجدد شده‌اند. هر جفت زمینلرزه حداقل در ٦ ایستگاه ثبت شده‌اند و حداکثر فاصله جفت برای انجام عملیات در نرم‌افزار ۱۰ کیلومتر انتخاب شده‌است. مشخصات گسل‌ها مشابه شکل (٤-۸) می‌باشد. ٤۸
شکل ٤-۱۱. توزیع رومرکز ۱۲۰٦ رویداد لرزه‌ای انتخابی (دایره‌های سفید رنگ). دوایر قرمز رنگ بخشی از همین داده‌های انتخابی که در دوره نصب شبکه موقت، ثبت وتعیین محل شده‌اند. مشخصات گسل‌ها مشابه شکل (٤-۸) می‌باشد. ۵۰
شکل٤-۱۲. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'AA (رجوع به شکل ٤-۱۱). بالا: ۱۲۰۰ رویداد انتخابی از مجموعه زمینلرزه های ثبت شد توسط شبکه لرزه نگاری تبریز و شبکه لرزه نگاری موقت نصب شده. زمینلرزه‌های ثبت شده در دوره ۳ ماهه شبکه لرزه‌نگاری موقت با دوایر توپر نمایش داده شده‌اند. وسط : ۳٦۸ رویداد انتخابی. پایین : ۳٤٤ رویداد مجددا تعیین محل شده به روش (HypoDD). موقعیت سطحی گسل‌ها در محل عبور مقطع با مثلث‌های وارون در بالای هر مقطع نشان داده‌شده‌اند. ۵۳
شکل٤-۱۳. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'BB (رجوع به شکل ٤-۱۱). مشخصات مشابه شکل (٤-۱۲) می‌باشند. ۵٤
شکل٤-۱٤. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'CC (رجوع به شکل ٤-۱۱). مشخصات مشابه شکل (٤-۱۲) می‌باشند. ۵۵
شکل٤-۱۵. توزیع کانون عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'DD (رجوع به شکل ٤-۱۱). ستاره‌های توپر، محل های دو زمینلرزه ۲۰۰۷/۰۹/۱٦ و ۲۰۰۷/۱۲/۱ با بزرگی‌های بالای ٤ می‌باشند. مشخصات مشابه شکل (٤-۱۲) می‌باشند. ۵۷
شکل٤-۱٦. توزیع کانون عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'EE (رجوع به شکل ٤-۱۱). ستاره توپر مربوط زمینلرزه ۲۰۰۷/۱۲/۱ با بزرگی‌های بالای ٤ می‌باشد. موقعیت قله آتشفشانی سهند با مثلث توپر نمایش داده شده‌است. مابقی مشخصات مشابه شکل (٤-۱۲) می‌باشند. ۵۸
شکل٤-۱۷. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'FF (رجوع به شکل ٤-۱۱). مشخصات مشابه شکل (۸-۱۲) می‌باشند. ٦۱

شکل٤-١٨. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'GG (رجوع به شکل ٤-١١). مشخصات مشابه شکل (٨-١٢) می‌باشند. ٦٢
شکل٤-١٩. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'HH (رجوع به شکل ٤-١١). مشخصات مشابه شکل (٨-١٢) می‌باشند. ٦٣
شکل ٤-٢٠. مقاطع عرضی موازی با راستای گسل شمال تبریز ('PP) و مقاطع عمود بر سایر روندهای لرزه‌خیزی مشاهده شده متفاوت از روند گسل شمال تبریز. مشخصات مشابه شکل (٤-١١) می‌باشند. ٦٤
شکل٤-٢١. توزیع کانون عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'II (رجوع به شکل ٤-٢٠). مشخصات مشابه شکل (٨-١٢) می‌باشند. ٦٦
شکل٤-٢٢. توزیع کانون عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'JJ (رجوع به شکل ٤-٢٠). مشخصات مشابه شکل (٨-١٢) می‌باشند. ٦٧
شکل٤-٢٣. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'NN (رجوع به شکل ٤-٢٠). مشخصات مشابه شکل (٨-١٢) می‌باشند. ٦٩
شکل ٤-٢٤. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع عرضی 'MM (رجوع به شکل ٤-٢٠). مشخصات مشابه شکل (٨-١٢) می‌باشند. ٧٠
شکل٤-٢٥. توزیع عمقی رویدادهای انتخابی در مقطع طولی 'PP که بموازات روند لرزه‌خیزی در اطراف گسل تبریز ترسیم شده‌است(رجوع به شکل ٤-٢٠). تصویر محل شهرهایی که این مقطع از کنار آنها عبور کرده است با علامت مستطیل در سطح زمین مشخص شده‌است مابقی مشخصات مشابه شکل (٤-١٥) می‌باشد. ٧٢
شکل٤-٢٦. سازو کارهای محاسبه شده در این تحقیق (رجوع به جدول ٤-٣). ٧٥
شکل٤-٢٧. تصویر محورهای P حاصل از سازوکارهای حل شده در این تحقیق (رجوع به جدول ٤-٣) و بردارهای سرعت بدست آمده از اندازه‌گیریهای GPS (ماسون و همکاران، ٢٠٠٦). ٧٦
شکل٤-٢٨. نمودار فراوانی آزیموت‌های محور P برای سازو کارهای محاسبه شده (رجوع به جدول ٤-٣). ٧٧
شکل٤-٢٩. نمودار فراوانی آزیموت‌های بردار سرعت بدست آمده از اندازه‌گیری‌های GPS در شمال‌غرب ایران (ماسون و همکاران ٢٠٠٦). ٧٧
شکل ٥-١. نمودار فراوانی عمق ٣٦٨ زمینلرزه انتخابی. بخشی از نمودار که مربوط به زمینلرزه ثبت شده در دوره نصب شبکه موقت می‌باشد با رنگ تیره مشخص شده‌است. ٨٠
شکل٥-٢. طرحی ساده از فرار افقی پوسته در شمال غرب ایران به سمت شمال شرق. مکانیسم‌های کانونی بدست‌آمده در این تحقیق، قرمز و مکانیسم‌های کانونی مشکی از کاتالوگ CMT می‌باشند. ٨٢
شکل ٦-١. گسل های اصلی امتدادلغزراستگرد با روند شمال- جنوبی در شرق ایران (والکر و جکسون ٢٠٠٢). ٨٦
شکل ٦-٢. بردارهای افقی سرعت حاصل از اندازه گیری های GPS بهمراه بیضوی های خطای با درجه اطمینان ٩٥٪ در سیستم مرجع نسبت به صفحه اوراسیا بعنوان صفحه ثابت (ورنانت و همکاران ٢٠٠٤). ٨٧
شکل ٦-٣. الف- عکس هوائی منطقه بم. ب- خطوط ترسیمی نشان دهنده گسیختگی سطحی در ارتباط با زمین لرزه بم. گسل قدیمی بم در فاصله کمتر از ٥ کیلومتری و در شرق گسیختگی های سطحی مشاهده می شود (حسامی و همکاران ٢٠٠٥). ٨٨
شکل٧-١. نقشه تکتونیکی منطقه بم برگرفته از والکر و جکسون (٢٠٠٢). زمین لرزه های تاریخی بصورت شش گوش براساس کاتالوگ آمبرسیز و ملویل (١٩٨٢) و بربریان و ییتز (١٩٩٩) و لرزه خیزی دستگاهی بصورت دایره براساس کاتالوگ EHB (انگدال و همکاران ١٩٩٨ و ٢٠٠٦) نشان داده شده اند. زمین لرزه های دستگاهی بزرگ بصورت دایره های مشکی و ایستگاه های لرزه نگاری شبکه موقت بصورت مثلث های مشکی نشان داده شده اند. ٩١
شکل ٧-٢. تصویر ASTER از منطقه کانونی زمین لرزه بم. رنگ قرمز معرف پوشش گیاهی شهرهای بم و بروات می باشد. سازوکارهای کانونی محاسبه شده توسط CMT، NEIC و طالبیان و همکاران (٢٠٠٤) بهمراه تعیین محل انجام گرفته توسط انگدال و همکاران (کاتالوگ EHB) در شکل نشان داده شده اند. موقعیت گسل قدیمی بم با نوک پیکان های سفید و موقعیت ترک های سطحی مشاهده شده با نقطه چین زرد رنگ در شکل نشان داده شده اند(طالبیان و همکاران ٢٠٠٤). ٩٣

شکل ۷-۳ : توزیع لغزش بر روی گسل اصلی امتدادلغز (چپ) و هر دو گسل (راست) حاصل از مدل سازی داده های InSAR توسط فانینگ و همکاران، ۲۰۰۶. ..... ۹۵
شکل ۷-٤. مدل سازی امواج پریود بلند SH,P حاصل از زمین لرزه اصلی بم. در مدل سازی فوق از پـارامـترهای مشابه بدست آمده بروش مدل سازی InSAR (فانینگ و همکاران، ۲۰۰۶) استفاده شده است. A) لرزه نگاشت ها برای مدل تک چشمه شامل یک گسل امتدادلغز به تنهائی B) لرزه نگاشت های مدل دو چشمه با در نظر گرفتن گسل دوم با سازوکار معکوس را نشان می دهد. امتداد، شیب، ریک، عمق سنتروئید و ممان لرزه ای برای مدلی که بهترین فیت را نشان می دهد در بالای هر شکل آورده شده است (جکسون و همکاران، ۲۰۰۶). ۹۶

شکل ۸-۱. توزیع پسلرزه های ثبت شده توسط ایستگاه های شبکه لرزه نگاری باند پهن ایران (INSN) بهمراه موقعیت زمین لرزه اصلی تعیین محل شده با استفاده از داده های شبکه فوق الذکر. ۹۸
شکل ۸-۲. موقعیت مکانی ایستگاه های لرزه نگاری شبکه موقت نصب شده در منطقه بم جهت مطالعه پسلرزه ها..... ۹۹
شکل ۸-۳. نسبت Vp/Vs محاسبه شده برای ۹۳۰۰ زمان رسید موج های P و S. ۱۰۱
شکل ۸-٤. ساختار سرعتی پوسته بدست آمده براساس برگردان یک بعدی زمان های رسید ۲۳۲ پسلرزه انتخابی ثبت شده توسط حداقل ۱۰ ایستگاه لرزه نگاری. در این تحقیق، برگردان ۵۰ مدل اولیه متشکل از ۱۰ لایه به ضخامت ۲ کیلومتر که بصورت اتفاقی تولید شده اند (شکل سمت چپ) و نحوه همگرائی این مدل ها به یک مدل نهائی مورد بررسی قرار گرفت. شکل سمت راست همگرائی ۵۰ مدل اولیه به یک مدل ساده تر سه لایه را نشان می دهد..... ۱۰۲
شکل ۸-۵. برگردان ۵۰ مدل اولیه ساده سه لایه که بصورت اتفاقی با سرعت های متفاوت تولید شده اند (شکل سمت چپ). همگرائی خوب این مدل ها به یک مدل واحد سه لایه در شکل سمت راست مشاهده می شود. ۱۰۳
شکل ۸-٦. نقشه لرزه خیزی ٥٤٤ پسلرزه ثبت شده توسط بیش از ۸ ایستگاه لرزه نگاری با حداقل ۸ قـرائـت زمـان رسید موج P و ۵ قرائت زمان رسید موج S. مثلث ها معرف ایستگاه های لرزه نگاری ثبت شده می باشند. پسلرزه های تعیین محل شده توسط EHB (انگدال و همکاران، ۲۰۰٦) در غرب پرتگاه گسلی بم- بروات واقع می گردد. ۱۰٤
شکل ۸-۷. مقطع عرضی شرقی- غربی ترسیم شده بصورت عمود بر توزیع ٥٤٤ پسلرزه نشان داده شده در شـکـل (۸-٦). موقعیت پرتگاه گسلی بم- بروات و ترک های ایجاد شده بطور همزمان با زمین لرزه در بالای مقطع نشان داده شده اند. پسلرزه ها غالباً بین عمق ٦ تا ۲۰ کیلومتر و پائین تراز عمق کانونی محاسبه شده بروش مدل سازی (طالبیان و همکاران ۲۰۰٤، جکسون و همکاران ۲۰۰٦) قرار گرفته اند..... ۱۰۵
شکل ۸-۸. پسلرزه های انتخابی شامل ۳۳۱ رویداد تعیین محل شده با خطای rms کمتر از ۰/۱ ثانیه و خطای تعیین محل در سطح و در عمق کمتر از یک کیلومتر که توسط حداقل ۱۰ ایستگاه ثبت شده اند. موقعیت مقاطع عرضی ترسیمی عمود بر روند لرزه خیزی در شکل مزبور نشان داده شده اند. ۱۰٦
شکل ۸-۹. مقاطع عرضی شرقی- غربی ترسیم شده بصورت عمود بر ۳۳۱ پسلرزه انتخابی. مقاطع BB' و CC' بر وجود یک صفحه شیب دار به سمت غرب دلالت دارند. ۱۰۷
شکل ۸-۱۰. تصویر سه بعدی بهترین صفحات منطبق بر پسلرزه‌ها در فو اصل ۱۰ کیلومتر در راستای شمالی- جنوبی. Cracks، بیانگر درز و ترک‌های مشاهده شده پس از زمینلرزه بم و Escarpment، پرتگاه گسلی بم – براوات می‌باشد. تمامی فواصل بر حسب کیلومتر می‌باشند..... ۱۰۸
شکل ۸-۱۱. تصویر صفحه انطباقی بر پسلرزه‌ها بر سطح زمین. Cracks، بیانگر درز و ترک‌های مشاهده شده پس از زمینلرزه بم و Escarpment، پرتگاه گسلی بم – براوات می‌باشد. صفحه عبوری از این پسلرزه‌ها بین ترک‌ها و پرتگاه گسلی سطح زمین را قطع می‌کند. تمامی فواصل در شکل بر حسب کیلومتر می‌باشند. ۱۰۹
شکل ۸-۱۲. نقشه لرزه خیزی ۲۸٦ پسلرزه تعیین محل شده با استفاده از روش تفاضل دوگانه (والد هوسـرو الثورث، ۲۰۰۰). توزیع رویدادهای دوباره تعیین محل شده بخط شدگی واضح تری را در بخش جنوبی گسل نشان می دهد..... ۱۱۱

شکل ۸-۱۳. مقاطع عرضی شرقی- غربی ترسیم شده بصورت عمود بر رویدادهای تعیین محل شده بروش تفاضل دوگانه (والد هوسرو السورث، ۲۰۰۰). مشابه شکل (۸-۹)، مقاطع جنوبی تر (CC', BB') دلالت بر وجود یک صفحه گسلی که کمی بسمت غرب متمایل می باشد دارند. این در حالی است که نتایج مدل سازی امواج پیکری (طالبیان و همکاران ۲۰۰٤) و مدل سازی بروش InSAR (وانگ و همکاران ۲۰۰٤) بر وجود گسلی متمایل به سمت شرق اشاره دارند. خط ترسیمی نشاندهنده شیب زیاد صفحه گسلی به سمت غرب در بخش بالائی در عمق حدود ۸ کیلومتر که مرز پائینی لایه اول با سرعت ۵/۳ کیلومتر بر ثانیه است متوقف می شود. احتمال ارتباط صفحه گسلی بدست آمده از بخط شدگی پسلرزه ها با افراز گسلی بم یا گسیختگی های همزمان با زمین لرزه به ترتیب با خط چین و نقطه چین نشان داده شده اند..... ۱۱۲

شکل ۸-۱٤. هیستو گرام مربوط به توزیع کانون ژرفی پسلرزه ها باعمق، ۳۳۱ پسلرزه انتخابی با رنگ سفید و ۲۸٦ رویداد مجدداً تعیین محل شده بروش HypoDD با رنگ سیاه نشان داده شده اند. بخوبی در شکل مشهود است که هیچگونه لرزه خیزی که بتوان به اعماق کمتر از ٦ کیلومتر نسبت داد وجود ندارد. ۱۱۳

شکل ۸-۱۵. نقشه سازوکارهای کانونی محاسبه شد برای پسلرزه های تعیین محل شده با دقت بهتر از ۱ کیلومتر که حداقل دارای ۱۲ قرائت پلاریته برای رسید موج P می باشند. سازوکارهای محاسبه شده براساس کیفیت بدودسته A (کیفیت بالا، مشکی) و B (کیفیت متوسط، خاکستری) تقسیم شده اند. ۱۱۸

شکل ۸-۱٦. مقطع عرضی سازوکارهای کانونی گروه B,A مشابه مقاطع ترسیمی برای توزیع لرزه خیزی در شکل(۱۷و ۱۸). سازوکارها بر روی صفحه سیاه تصویر شده اند. مشاهده می شود که تعدادقابل توجهی از سازوکارها دارای صفحه ای هستند که به سمت غرب شیب دارند. ۱۱۹

شکل ۸-۱۷. تصویر افقی محورهای P (با زاویه میل کمتر از ٤۵ درجه) بدست آمده از حل سازوکار کانونی پسلرزه ها. پیکان مشکی دلالت بر سازکارهائی دارد که کیفیت A دارند و پیکان خاکستری سازوکارهای با کیفیت پایین تر واقع در گروه B را نشان می دهند. ۱۲۰

شکل ۹-۱. مقطع شمال- جنوبی در امتداد گسیختگی های سطحی بهمراه موقعیت ۳۳۱ پسلرزه تعیین محل شده با دقت بالا (تحقیق حاضر) بهمراه خطوط کانتوری نشاندهنده لغزش ناشی از زمین لرزه اصلی بدست آمده براساس مدل سازی InSAR (فانینگ و همکاران ۲۰۰٦). منطقه با مقدار لغزش بیشتر از ۲ متر با رنگ قرمز مشخص شده است و منطقه ای دربرگیرنده مقادیر لغزش بیشتر از یک متر با رنگ زرد. زمان S-P قرائت شده از روی شتابنگاشت مستقر در ایستگاه شتابنگاری بم معرف محل شروع گسیختگی ناشی از زمین لرزه اصلی، با دایره ای به شعاع ۱۳/۷ کیلومتر با مرکز در محل ایستگاه (مربع مشکی) نشان داده شده است. عمق سنتروئید حاصل از مدل سازی InSAR و سازگار با مدل سازی امواج دور که برابر ٦ کیلومتر می باشد بصورت خط افقی نشان داده شده است. محل شروع گسیختگی ناشی از زمین لرزه اصلی بم براساس اطلاعات فوق با دایره آبی نشان داده شده است. ۱۲٤

فهرست جداول

جدول ۳-۱. زمینلرزه‌های تاریخی روی داده در شمال‌غرب ایران (آمبراسیز و ملویل ۱۹۸۲)..... ۲۲
جدول ٤-۱. محل ایستگاه‌های موقت و شبکه لرزه‌نگاری تبریز ۳۵
جدول٤-۲. پارامترهای مدل سرعتی بدست‌آمده بروش برگردان یک‌بعدی در اطراف گسل شمال تبریز..... ٤۳
جدول٤-۳. پارامترهای زمینلرزه‌هایی که برای آنها سازو کار بدست آمده‌است..... ۷٤
جدول ۸-۱. ساختار سرعتی حاصل از برگردان یک بعدی زمان های رسید..... ۱۰۳
جدول ۸-۲. پارامتر سازوکارهای محاسبه شده برای پسلرزه های زمین لرزه بم..... ۱۱۵

فصل اول

مقدمه کلی

۱-۱. مقدمه

کشور ما ایران در کمربند چین خورده آلپ- هیمالیا، و در یک ناحیه فشارشی ناشی از همگرایی دو صفحه عربی و اوراسیا قرار دارد. همگرایی این دو صفحه سبب تغییر شکل ناحیه‌ای از پوسته قاره‌ای به مساحت تقریبی ۳۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع شده است و این ناحیه را به یکی از بزرگترین نواحی تغییر شکل یافته ناشی از همگرایی در زمین مبدل ساخته است (آلن[1] و همکاران، ۲۰۰٤). همگرایی صفحات عربی – اوراسیا که با نرخ بیش از ۲۲ mm/yr صورت می پذیرد باعث به وجود آمدن سیستمهای پیچیده‌ای از گسلهای معکوس و امتدادلغز شده است. گسلهای امتداد لغز در کشور ما، بخش عمده‌ای از لرزه خیزی را به خود اختصاص داده‌اند و متاسفانه بارها شاهد زمینلرزه‌های بزرگی با مکانیسم امتداد لغز بوده‌ایم که باعث مرگ هزاران تن از هموطنان عزیزمان شده است. با توجه به این مساله، مطالعه و شناخت بهتر زون‌های امتداد لغز امری ضروری به شمار می‌رود. هدف از انجام این رساله بررسی ویژگی‌های لرزه‌زمینساختی و نحوه فعالیت لرزه ای در دو زون امتداد لغز بم و تبریز می باشد. در این راه ابتدا با نصب یک شبکه لرزه‌نگاری متراکم محلی سعی گردید تا تمامی رویدادهای لرزه‌ای در دو منطقه یاد شده ثبت گردد. سپس با پردازش اولیه داده‌های جمع‌آوری شده شامل تبدیل فورمت[2] داده‌ها به یک فورمت استاندارد، انجام تصحیح زمانی، استخراج زمینلرزه‌های محلی و گروه‌بندی آنها، بانک جامعی از اطلاعات زمینلرزه‌های رویداده در مناطق مورد مطالعه، تهیه گردید. در مرحله بعد، پس از قرائت زمان رسید فازهای مختلف لرزه‌ای، داده‌های جمع آوری شده جهت تعیین ساختار سرعتی پوسته مورد پردازش قرار گرفت. سپس با مشخص شدن ساختار سرعتی پوسته، اقدام به تعیین محل مجدد زمینلرزه‌های ثبت شده نموده و با بهره جستن از روش‌های پیشرفته تعیین محل، ضمن تعیین موقعیت دقیق زمینلرزه‌های محلی، سعی در تعیین هندسه گسل‌های فعال مناطق مذکور گردید.

تعیین ساز و کار گسل‌های فعال منطقه مورد مطالعه از اهداف اصلی این تحقیق بود که این امر به کمک حل ساز و کار کانونی زمینلرزه های محلی انجام پذیرفت . از تمامی اطلاعات کمی حاصله از مطالعه زمینلرزه‌های محلی در مرحله بعد جهت تفسیر کمی لرزه‌زمینساختی منطقه استفاده شد.

در رساله حاضر پس از ارائه مقدمه مختصری در خصوص موقعیت ژئودینامیکی فلات ایران و چگونگی تشکیل گسل‌های امتدادلغز، به بررسی زون‌های گسلی تبریز و بم پرداخته خواهد شد. برای

[1] Allen
[2] Format

این منظور سعی خواهد شد تا در خصوص هریک از دو زون فوق‌الذکر، ابتدا موقعیت لرزه زمینساختی منطقه مورد مطالعه قرار گیرد و سپس در قالب فصل مجزائی به بررسی وضعیت لرزه‌خیزی گستره مورد نظر پرداخته شود. در ادامه نحوه جمع‌آوری داده‌ها و پردازش آنها آورده شده و پس از آن به بررسی لرزه‌خیزی محلی بر اساس زمین‌لرزه‌های ثبت شده در شبکه لرزه‌نگاری موقت نصب شده خواهیم پرداخت. در انتها نتایج حاصل شده مورد بحث و تحلیل قرار گرفته و تلاش خواهد شد تا نتایج مستدل و منطقی حاصل از تحقیق حاضر، ارائه و جمع‌بندی گردد.

بطور کلی و بر اساس مطالعات قبلی انجام گرفته در دو زون گسلی تبریز و بم، اگرچه هر دو منطقه مورد نظر دارای سیستم گسلی امتداد لغز بوده و عامل اصلی تشکیل این نوع سیستم در این نواحی، همگرایی صفحات عربی و اوراسیا می‌باشد، اما علل محلی تشکیل و ویژگیهای لرزه‌زمینساختی هر یک با دیگری کاملا تفاوت دارد. مهمترین این اختلاف وجود مولفه تراکمی در یک ناحیه و مولفه کششی در ناحیه دیگر می‌باشد. در ناحیه بم، شاهد گسلش امتداد لغز با مولفه تراکمی و در ناحیه تبریز در برخی از مناطق شاهد مولفه کششی می‌باشیم. در شرق ایران وجود کویر لوت سبب ایجاد نواحی امتداد لغز در شرق و غرب آن شده است که گسل بم یکی از گسلهای راستگرد امتداد لغز در سیستم گسلی غرب آن می‌باشد ولیکن در شمال غرب ایران، در ناحیه تبریز، گسل شمال تبریز یک گسل امتداد لغز راستگرد می‌باشد که بنظر می‌رسد سبب تسهیل فرار افقی قسمتی از پوسته گیر افتاده در یک ناحیه متراکم شونده، می‌گردد.

بررسی دقیق و کمی ویژگی‌های لرزه‌زمینساختی هر یک از این دو منطقه، شناسایی هندسه و سازوکار گسل‌های تبریز و بم و تعیین مدل سرعتی پوسته هر یک از دو زون لرزه‌زمینساختی فوق‌الذکر هدف اصلی رساله حاضر می‌باشد و سعی خواهد شد تا حد ممکن به برخی از سوالات موجود در خصوص مکانیسم تغییر شکل پوسته در مناطق مزبور پاسخ داده شود.

۱-۲. ژئودینامیک فلات ایران و ایجاد گسل‌های امتداد لغز

همانطور که در مقدمه ذکر شد ایران در ناحیه برخوردی دو صفحه عربی و اوراسیا قرار دارد. از آنجائیکه گسلهای امتداد لغز یکی از عناصر مهم ساختاری در مرز صفحات می باشند (مولنار[۱] و تاپونییه[۲] ۱۹۷۵، سنگور[۳] و همکاران ۱۹۸۵ ، بارکا[۴] و کادینسکی کد[۵]، ۱۹۸۸) در ایران نیز شاهد سیستم‌های گسلی امتداد لغز فراوانی می‌باشیم. گسل‌های امتداد لغز، توانایی ایجاد زمینلرزه‌های بزرگ را دارند (کوروشین[۶] و همکاران ۱۹۹۷، لاسر[۷] و همکاران ۱۹۹۹) و نقش عمده‌ای در تغییر شکل پوسته قاره‌ای بازی می کنند و گاهی نیز در یک سیستم چرخشی حول یک محور عمودی مشارکت دارند (انگلند[۸] و مولنار ۱۹۹۰، بایاسگالان[۹] و همکاران ۱۹۹۹، بربریان[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۰).

در زونهای برخورد قاره‌ای اغلب گسل‌ها از نوع معکوس می باشند و در این نواحی شاهد ضخیم شدگی پوسته و لیتوسفر هستیم. در چنین مناطقی یکی از پدیده‌های معمول فرار افقی قطعات لیتوسفری از منطقه در حال تراکم می باشد. این حرکت توده عظیم مواد در راستای افقی به کمک گسل‌های امتداد لغز صورت می‌گیرد. همچنین ارتباط گسلهای نرمال یا معکوس با یکدیگر توسط گسل‌های امتداد لغز صورت می‌گیرد. از دیگر علل بوجود آمدن گسل‌های امتداد لغز در نواحی برخورد قاره‌ای، عدم یکسان بودن سرعت همگرایی یا واگرایی در سراسر مرز صفحات می‌باشد که سبب بوجود آمدن نیروهای برشی می‌شود. اغلب زونهای گسلی امتداد لغز قاره ای در محیط های نیمه برشی واقع شده‌اند (در مقایسه با محیط های با ویژگی برش خالص) که ناشی از همگرایی یا واگرایی مایل در مرز صفحات می باشند.

کشور ما ایران نیز در ناحیه برخوردی بین صفحات عربی و اوراسیا قرار دارد (شکل ۱-۱). همگرایی صفحات عربی و اوراسیا سبب شده است که در ایران شاهد مجموعه پیچیده ای از گسلهای معکوس و امتداد لغز باشیم. این امر به صورت کمی نیز با استفاده از داده های GPS مشخص شده است.

[1] Molnar
[2] Tapponnier
[3] Sengor
[4] Barka
[5] Kadinsky-Cade
[6] Kurushin
[7] Lasserre
[8] England
[9] Bayasgalan
[10] Berberian