

## تحلیل ساختاری و جنبشی گستره بین گسل مشا و گسل شمال تهران

مهیا شیر محمدی<sup>۱\*</sup>، سید احمد علوی<sup>۲</sup>، محمدرضا قاسمی<sup>۳</sup>، محسن احتشامی معین آبادی<sup>۴</sup>

- ۱- کارشناس ارشد تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
- ۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
- ۳- دانشیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی ایران
- ۴- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۸/۱۲

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۵

### چکیده

در این پژوهش گستره مشا-لواسان (جنوب خاور البرز مرکزی) منطبق بر شمال باختر نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شرق تهران مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعات ساختاری حاضر چهار رده بر اساس راستای چین‌ها و گسل‌ها تعیین شد و تنش‌های پدیدآورنده آن‌ها با تاریخچه زمین ساختی البرز مرکزی، مقایسه گردید. این چهار رده عبارتند از: (۱) گسل‌های معکوس با راستای E-W و چین‌های همراه با آن‌ها با همین راستا، (۲) گسل‌های راستالغز راست بر با راستای NW-SE که با چین‌های ENE-WSW همراه شده‌اند، (۳) گسل‌های راندگی با راستای SE-NW و چین‌های همراه آن‌ها با راستای SE-NW و (۴) گسل‌های عادی با راستای N-S تا NE-SW. بیشترین ساختارهای گستره، چین‌ها و گسل‌های رده سوم این تقسیم‌بندی هستند که بر اثر ترافشارش چپ‌بر، در پی فشار صفحه عربستان به صفحه ایران مرکزی به وجود آمده‌اند. با بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، بازدیدهای صحرایی و اطلاعات لرزه‌ای و ترکیب این داده‌ها با نتایج ریخت زمین‌ساختی، مدلی برای گستره ارائه شد که نشان می‌دهد بر اثر حرکت چپ‌بر گسل‌های مشا، شمال تهران و دره اوشان، گستره بین این گسل‌ها دچار یک چرخش ساعتگرد شده است. این چرخش به روشنی در روند چین‌ها قابل شناسایی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** البرز مرکزی، چرخش ساختارها، زمین‌ساخت ترافشارشی، گسل شمال تهران، گسل مشا.

## مقدمه

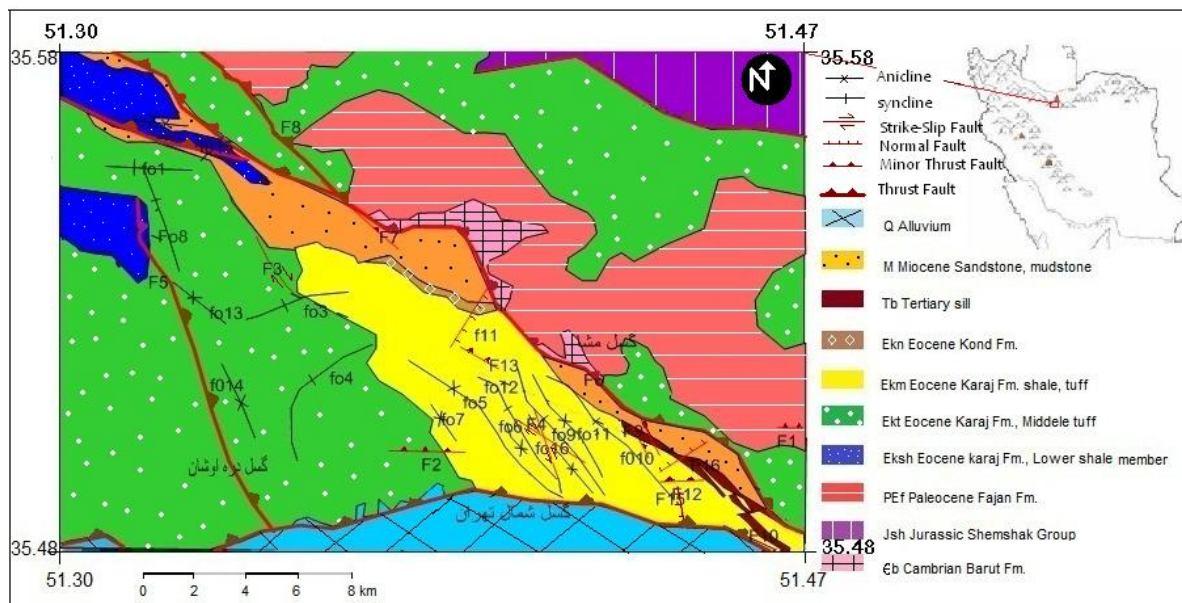
رشته کوه البرز یکی از گستره‌های زمین‌ساختی مهم و پیچیده در ایران است. این گستره حاشیه دگرریخت شده شمالی خرده-قاره ایران مرکزی را شکل می‌دهد و رویدادهای زمین‌ساختی گوناگونی را در گذر زمان پشت سر گذاشته است (علوی، ۱۹۹۶). در این رشته کوه گسل‌های اصلی و فرعی فراوانی وجود دارد. دو مورد از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین این گسل‌ها، گسل مشا و شمال تهران هستند که در حاشیه لبه جنوبی البرز مرکزی قرار گرفته‌اند (بربریان، ۱۹۸۳). گسل مشا با راستای شمال باختری-جنوب خاوری و گسل شمال تهران با روند خاوری-باختری در لواسان به یکدیگر می‌پیوندند و گستره مثلثی شکلی را پدید می‌آورند که در آن چین‌ها و گسل‌های فرعی فراوانی تشکیل شده است (شکل ۱). جهت‌گیری متفاوت چین‌ها و گسل‌ها و همچنین تغییر در جنبش گسل‌های اصلی پیچیدگی زیادی را در گستره پدید آورده است. توجه به تاریخچه زمین‌ساختی حاکم بر البرز ما را در تحلیل و ساده کردن این پیچیدگی‌ها یاری می‌کند. با توجه به مطالعات انجام شده توسط لندگراف و همکاران (۲۰۰۹)، قاسمی و همکاران (۲۰۱۴) و سلیمانی آزاد و همکاران (۲۰۱۱) به این پرسش به وجود می‌آید که محدوده بین دو گسل یاد شده چه الگوی دگرشکلی را دنبال می‌کند و توزیع دگرشکلی در آن به چه صورت می‌باشد.

روابط ساختاری و جنبش‌های گسل مشا و گسل شمال تهران: گسل‌های مشا و شمال تهران در جنوب البرز مرکزی واقع شده‌اند و این دو گسل با شیب به سمت شمال و حرکت راندگی و راستالغز قابل شناسایی‌اند. در راستای گسل مشا سازندهای با سن ژوراسیک و قدیمی-تر بر روی سنگ‌های ائوسن و در گسل شمال تهران سازندهای با سن ائوسن بر روی رسوبات پلیوسن-کواترنری رانده شده است. این دو گسل در لواسان به هم

پیوسته‌اند. مطالعات اخیر بر روی گسل مشا حرکات راستالغز چپ‌بر را هویدا ساخته است (اشتری و همکاران، ۲۰۰۵). این مطالعات بر اساس شواهد زمین‌ریختی و مهلزهای در خاور گسل مشا به دست آمده است. حرکت چپ‌بر با مقدار کمی مؤلفه عادی همراه شده است که این مؤلفه عادی را با مورب بودن گسل نسبت به راستای اصلی رشته کوه می‌توان توجیه نمود (ریتز و همکاران، ۲۰۰۶). لندگراف و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تحلیل‌های جنبشی سه مرحله گسلش را برای گسل مشا و شمال تهران پیشنهاد کرده است. اولین مرحله، یک ترفشارش راست‌بر در جهت NW قبل از پلیوسن بوده که با دومین مرحله یعنی کوتاه‌شدگی در جهت NE دنبال شده است. این مرحله از پلیوسن تا حال حاضر ادامه داشته است که در پی آن گسل شمال تهران و مشا یک دوپلکس ترفشارشی را ایجاد کرده‌اند. در آخرین مرحله یک تراکشش چپ‌بر به وجود آمد که کینماتیک گسل‌ها را معکوس کرده است (لندگراف و همکاران، ۲۰۰۹). در قسمت باختری این گسل فعالیت مهلزهای مشاهده نشده است و جنبش گسل در این بخش راندگی عنوان شده است (احتشامی و یساقی، ۲۰۰۷). مطالعات بر روی گسل شمال تهران نیز حرکت چپ‌بر همراه با راندگی را نشان می‌دهد (لندگراف و همکاران، ۲۰۰۹). با مطالعات اخیر بر روی این گسل و گسل مشا مقدار جابجایی چپ‌بر در سرتاسر دو گسل بین ۶/۵ تا ۹/۵ کیلومتر برآورد شده است (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۴) و با توجه به نرخ لغزش ۲ میلی متر بر سال (ریتز و همکاران، ۲۰۰۶) زمان آغاز حرکت چپ بر ۴/۷ تا ۳/۲ میلیون سال پیش تخمین زده شده است، این مقدار با نظر بالاتو و همکاران (۲۰۰۸) که آغاز حرکت صفحه خزر را ۶ تا ۷ میلیون سال پیش دانسته است نزدیکی بیشتری دارد. گسلش امروزی در طول گسل مشا و شمال تهران

سن آندریاس و سن جاسینتو در کالیفرنیا می‌باشد، به طوری که دوره‌های جابجایی تجمعی روی یکی از گسل‌ها با کاهش دوره روی گسل دیگر همراه است (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۴).

بیشتر در طول گسل‌های جدید با راستای ENE-WSW رخ می‌دهد. این گسل‌ها حرکات راستالغز چپ‌بر دارند (سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۱). برخی نویسندگان بر این باورند که رابطه گسل شمال تهران و مشا نظیر گسل‌های



شکل ۱: نقشه ساختاری گستره بر اساس مطالعات و تطابق با نقشه زمین‌شناسی خاور تهران ۱:۱۰۰,۰۰۰ وحتی دانشمند (۱۳۷۶).

## مواد و روش‌ها

### ساختارهای گستره مورد مطالعه



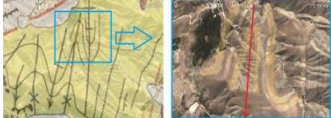






گستره مورد مطالعه مشاهده می‌شود که بیشترین راستای چین‌های موجود در جهت NW-SE (هم راستا با گسل مشا) می‌باشند. همچنین دو راستای E-W و WNW-ESE دارای فراوانی زیادی در منطقه هستند. چین‌های با راستای NE-SW به ندرت یافت شده‌اند. تعدادی از راستا و مشخصات چین‌ها از برداشت‌های صحرائی و تعدادی از تصاویر ماهواره‌ای مایل Google earth به دست آمده است. چین‌ها و گسل‌هایی که در طول سنوزوئیک فعال شده‌اند به سه رده تقسیم می‌شوند که در جدول ۱ تقسیم‌بندی و مشخصات چین‌ها آورده شده است:

مطالعات ساختاری گستره به طور کلی در دو بخش انجام شد: (۱) تحلیل هندسه و کینماتیک چین‌ها (۲) تحلیل هندسه و کینماتیک گسل‌ها، در اینجا ابتدا به تحلیل چین‌ها و رده‌بندی آنها بر اساس راستا و هندسه و سپس به تحلیل گسل‌ها پرداخته شده است. در شکل ۱ نقشه ساختاری گستره و جایگاه چین‌ها و گسل‌ها نمایش داده شده است.

هندسه و کینماتیک چین‌ها: به منظور بررسی سرگذشت زمین‌ساختی گستره مورد مطالعه و تطابق آن با سرگذشت زمین‌ساختی البرز مرکزی تحلیل هندسه چین‌ها انجام پذیرفته است. با توجه به راستای چین‌های

جدول ۱: تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس راستا و هندسه آن‌ها.

نام چین	راستای صفحه محوری	مقدار و جهت شیب صفحه محوری	زاویه میل محور	نوع چین بر اساس مقیاس	نما و هندسه چین‌ها	رده بندی بر اساس راستا
Fo1	N88W	61NE	31W	مزوسکوپی		1
Fo2	N82W	90	10SE	ماکروسکوپی		1
Fo3	S86W	90	10NE	ماکروسکوپی		1
Fo4	N51E	85NW	15NE	ماکروسکوپی		2
Fo5	N49W	87NE	4NW	ماکروسکوپی		3
Fo6	S25E	81SW	6NW	مزوسکوپی		3

3		مزوسکوپی	15SE	87SW	S31E	Fo7
3		ماکروسکوپی	0	15SW	N35W	Fo8
3		ماکروسکوپی	0	90	S42E	Fo9
3		ماکروسکوپی	0	90	S48E	Fo10
3		ماکروسکوپی	0	90	S58E	Fo11
3		ماکروسکوپی	0	90	S60E	Fo12
3		ماکروسکوپی	10SE	90	S60E	Fo13
3		ماکروسکوپی	0	90	S47E	Fo14
3		ماکروسکوپی	0	90	S65E	Fo15



### نتایج

بنابراین گسل‌های ایجاد شده در منطقه نیز بر اساس راستا و نوع فعالیت به چهار رده زیر تقسیم‌بندی شده‌اند (جدول ۲):

هندسه و کینماتیک گسل‌ها: گسل‌های برداشت شده در گستره مورد مطالعه ۱۶ مورد بود که ۴ راستا را نشان می‌دهند. بیشتر گسل‌ها دارای راستای NW-SE و تعدادی دارای راستای NE-SW و E-W می‌باشند.

جدول ۲: تقسیم‌بندی گسل‌ها بر اساس راستا و جنبش

رده بندی بر اساس راستا و کینماتیک	نمای گسل	راستای تنش بیشینه	مؤلفه حرکتی	سازوکار گسل	زاویه و جهت خش لغز یا نشانگر ساز و کار (گسل)	شیب و جهت شیب صفحه گسل	راستای صفحه گسل	نام گسل
1		N-S	شیب لغز	معکوس	(چین ایجاد شده در فرادیواره گسل)	88NW	N86E	f1
1		N-S	شیب لغز	معکوس	(جابجایی لایه‌ها در دو نیمرخ مجاور هم (بلوک دیاگرام) و چین ایجاد شده در فرادیواره گسل)	40SE	N80E	f2
2		NE-SW	راست بر	راست‌الغز	(جابجایی لایه‌ها در دو نیمرخ مجاور هم و چین ایجاد شده در مجاورت گسل)	90	S41E	f3
2		NE-SW	راست بر	راست‌الغز	0 (خش لغز)	90	S40W	f4

3		NE-SW	چپ بر	معکوس	55SE (خش لغز)	72NE	S45E	f5 گسل دره اوشان
3		NE-SW	چپ بر	معکوس	80NE (خش لغز)	37NE	N25W	f6 گسل مشا
3		NE-SW	چپ بر	معکوس	(ساخت زیگموئیدال در فرودیواره و مجاور صفحه گسل)	45NE	S60E	f7 گسل مشا
3		NE-SW	چپ بر	معکوس	(قرارگیری سازند قدیمی (فجن) بر روی سازند جدید (کرج) و مطابقت با نقشه زمین شناسی منطقه)	-	S34E	f8 گسل مشا
3		NE-SW	چپ بر	معکوس	(ساخت زیگموئیدال در گستره برشی گسل)	64NE	S30E	f9
3		NE-SW	چپ بر	راستالغز	(جابجایی خطی آبراهه ها در مسیر گسل)	40NE	S68E	f10 گسل شمال تهران

3		NE-SW	چپ بر	عادی	28W (خش لغز)	86SE	N32E	f11
3		NE-SW	شیب لغز	معکوس	(قرارگیری سازند قدیمی (کرج) بر روی جدید (قرمز نئوژن) و ساخت زیگموئیدال)	15NW	S5W	f12
3		NE-SW	شیب لغز	معکوس	(جابجایی لایه ها در دو نیمرخ مجاور یکدیگر (بلوک دیاگرام))	70NE	N27W	f13
3		NE-SW	شیب لغز	معکوس	(چین ایجاد شده در فرادیواره گسل)	55NE	N40W	f14
4		-	شیب لغز	عادی	(جابجایی لایه ها در چند مقطع به صورت هورست و گرابن)	20W	WSW	f15
4		-	شیب لغز	عادی	(جابجایی لایه ها در دو نیمرخ مجاور یکدیگر (بلوک دیاگرام))	45NW	N55E	f16

سازند کرج نیز مشاهده شد. این ساختارها به ۴ رده تقسیم‌بندی شده است:

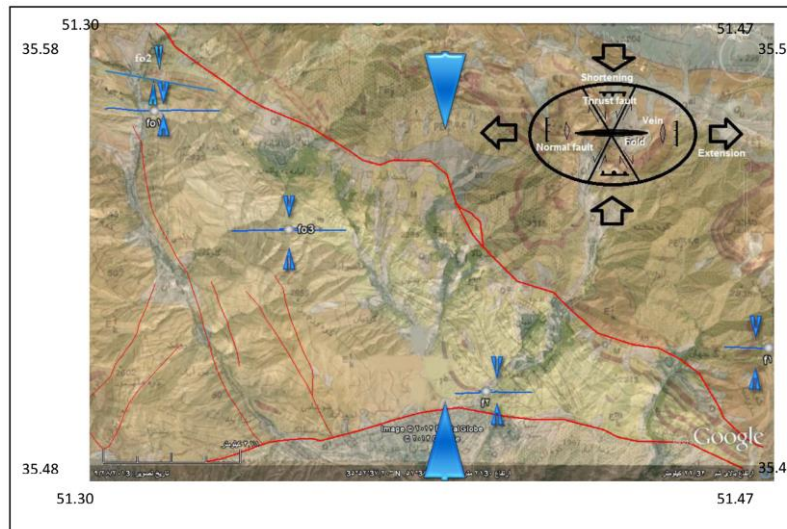
۱- گسل‌های معکوس E-W و چین‌های موازی و وابسته به فعالیت آن‌ها که این ساخت‌های قدیمی حاصل تنش فشارشی در جنوب البرز مرکزی می‌باشد زمان به وجود آمدن این رخداد میوسن می‌باشد (آلن و همکاران،

تقسیم‌بندی ساختارها و تنش پدیدآورنده آن‌ها: در گستره مورد مطالعه سه راستای اصلی هم در چین‌ها و هم در گسل‌ها مشاهده شد که با تنش‌های وارد بر البرز مرکزی قابل قیاس می‌باشند (آلن و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین گسل‌های عادی هم‌زمان با رسوب‌گذاری و فرونشینی



دورتر بودن جنوب البرز مرکزی از لبه صفحه خزر است (شکل ۲).

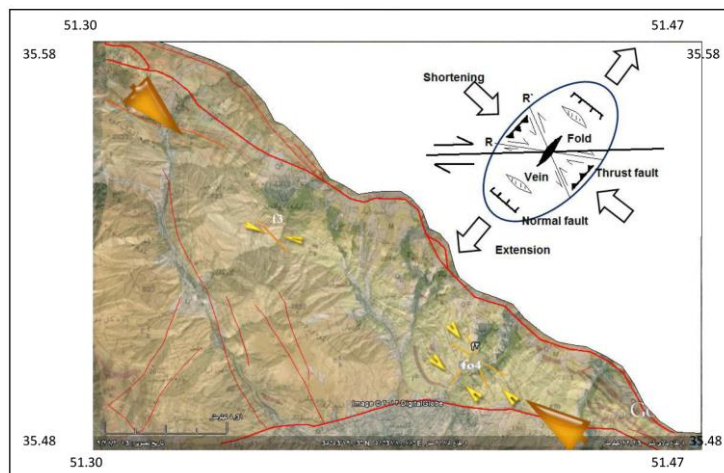
۲۰۰۲). شیب گسل‌های معکوس به سمت شمال بوده و زاویه آنها اغلب کم و حرکت آنها شیب‌لغز است. این ساخت‌ها گسترش کمی در منطقه دارند که علت آن



شکل ۲: ساخت‌های پدید آمده تحت سامانه فشارشی با راستای N-S در گستره مورد مطالعه. در این شکل راستای چین و گسل با خط مستقیم و تنش وارد بر آن با دو فلش مقابل هم نشان داده شده است و در سمت راست تصویر، شکل شماتیک سامانه فشارش ترسیم شده است.

راستالغز راست بر همراهند که این یک فشارش در جهت NW-SE در یک رژیم راستالغز تلقی می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۰۳). در چند قسمت از ناحیه گسل‌های با زاویه زیاد با حرکت امتداد لغز محض راست‌بر موجود است. این ساخت‌ها دارای کمترین فراوانی در گستره هستند (شکل ۳).

۲- گسل‌های راستالغز راست‌بر که با چین‌های-ENE WSW همراه شده‌اند و در سرتاسر رشته کوه البرز قابل شناسایی‌اند (آکسن و همکاران، ۲۰۰۱) این گسل‌ها اغلب راستالغز با حرکات افقی هستند که گاهی با یک مؤلفه عادی کوچک قابل شناسایی‌اند. گسل‌های چپ‌بر اغلب دارای روند N-S تا NNW-SSE با گسل‌های

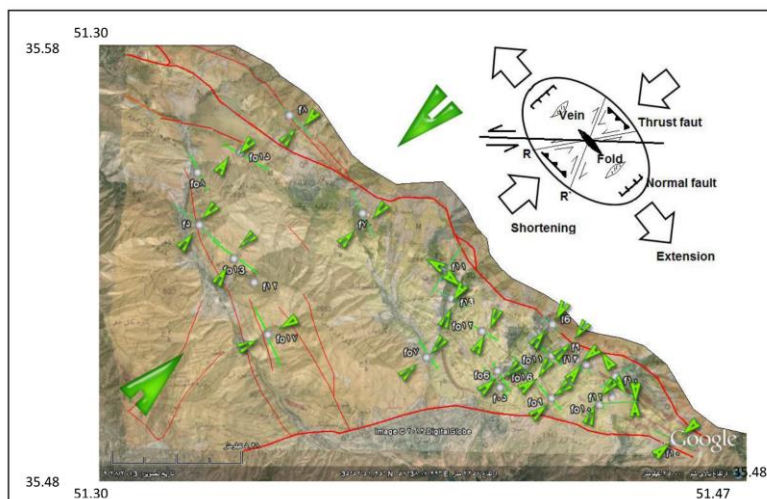


شکل ۳: ساخت‌های پدید آمده تحت سامانه ترافشارشی راست بر در گستره مورد مطالعه. در این شکل راستای چین و گسل با خط مستقیم و تنش وارد بر آن با دو فلش مقابل هم نشان داده شده است و در سمت راست تصویر، شکل شماتیک سامانه ترافشارش راست بر ترسیم شده است.

ساخت‌های مربوط به ترافشارش چپ‌بر بیشترین فراوانی را در منطقه دارند که در نزدیکی پیوستگاه گسل مشا و شمال تهران در نیکنام ده تجمع این ساخت‌ها را می‌توان مشاهده کرد (شکل ۴).

۴- گسل‌های عادی با راستای N-S تا NE-SW که هم-زمان با رسوب‌گذاری سازند کرج پدید آمده‌اند و قدیمی‌ترین ساخت‌های یافت شده در این گستره می‌باشند. این گسل‌ها در ائوسن پسین تا الیگوسن در نتیجه محیط کششی و در حال فرونشینی به وجود آمده‌اند.

۳- گسل‌های راندگی ESE-WNW تا SE-NW که دارای حرکت شیب لغزند و گسل‌های راستالغز چپ‌بر با راستای E-W که در موارد نادری حرکت راست‌بر دارند. این ساخت‌ها مربوط به جوان‌ترین واقعه زمین‌ساختی در البرز مرکزی‌اند. این واقعه به صورت تبدیل ترافشارش راست‌بر به ترافشارش چپ‌بر در گسل‌های راستالغز E-W قابل شناسایی است این ترافشارش چپ‌بر، بر اثر فشارش صفحه عربستان به ایران مرکزی ایجاد شده است. چین‌ها و گسل‌های معکوس با راستای NW-SE دارای بیشترین فراوانی در گستره هستند (لندگراف و همکاران، ۲۰۰۹).

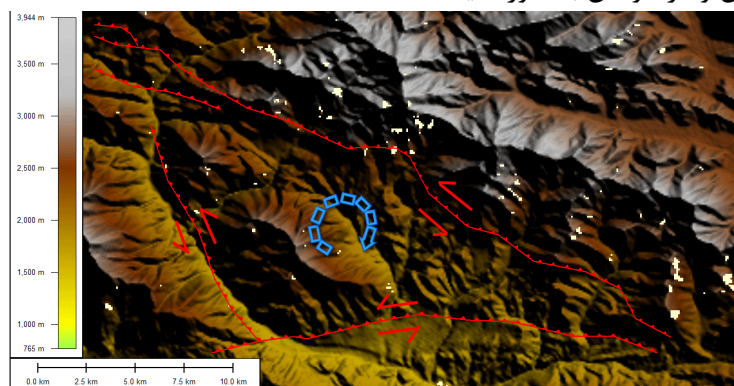


شکل ۴: ساخت‌های پدید آمده تحت سامانه ترافشارشی چپ‌بر در گستره مورد مطالعه. در این شکل راستای چین و گسل با خط مستقیم و تنش وارد بر آن با دو فلش مقابل هم نشان داده شده است و در سمت راست تصویر، شکل شماتیک سامانه ترافشارش چپ‌بر ترسیم شده است.

### نتیجه گیری

پانه در حال چرخش راست‌بر (در جهت عقربه ساعت) می‌باشد (شکل ۵).

تحولات زمین‌ساختی گستره مورد مطالعه با یک مدل قابل ارائه است. این مدل عنوان می‌کند که گستره بین سه گسل مشاء، شمال تهران و دره اوشان به صورت یک



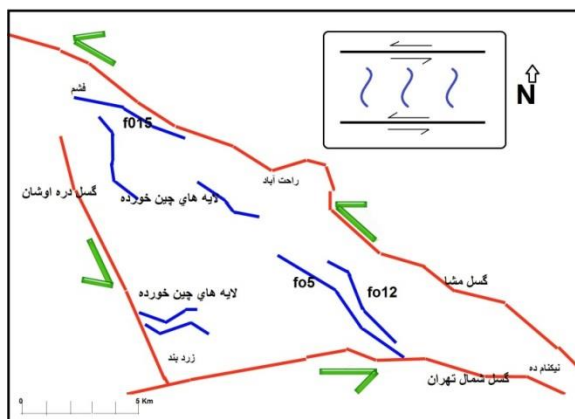
شکل ۵: مدل چرخش ساعتگرد در گستره مورد مطالعه.

جهت N-S، SE-NW و SW-NE بر جای گذاشته شده است. بیشترین ساختارها غلبه ترافشارش چپ‌بر در راستای SW-NE بر اثر همگرایی صفحه عربستان و ایران را نشان می‌دهند (شکل ۴).

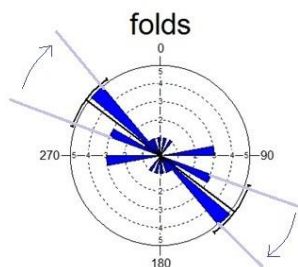
این مدل به استناد شواهد زمین‌ساختی مطرح شده در زیر ارائه شده است:  
۱- سرگذشت زمین‌ساختی البرز مرکزی در گستره مورد مطالعه به روشنی مشهود می‌باشد و شواهد فشارش در

۳- بر اثر چرخش راستگرد درون پانه، محور چین‌های کناره گستره در مجاورت گسل‌های اصلی به صورت Z شکل نمود پیدا کرده‌اند (شکل ۶). نمودار گل‌سرخ‌ی راستای چین‌ها، ۳۰ درجه چرخش ساعت‌گرد در محور چین‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۷).

۲- سامانه حرکتی گسل‌های مشا، شمال تهران و دره اوشان (F5)، هر سه معکوس با مولفه چپ‌بر می‌باشد. بنابراین حرکت هماهنگ این سه گسل، گستره بین آنها را درگیر چرخش کرده است.



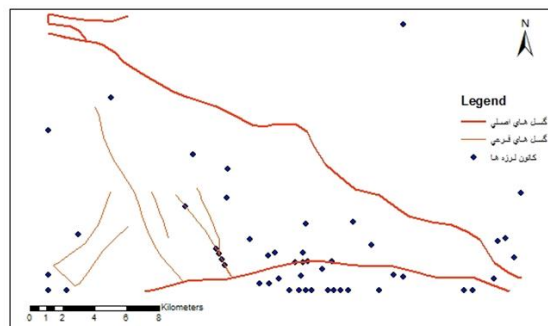
شکل ۶: خم شدگی محور چین‌ها و لایه‌های چین‌خورده به صورت Z شکل.



شکل ۷: تصویر نمودار گل‌سرخ‌ی چین‌های گستره مورد مطالعه و چرخش ساعت‌گرد محور چین‌ها.

شمال و پیوستگاه آن با گسل مشا نشان می‌دهد (شکل ۸).

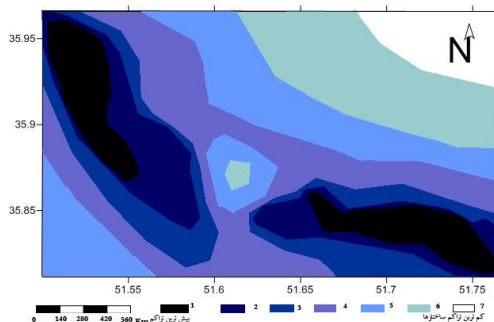
داده‌های لرزه‌ای ثبت شده در مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران بیشترین فعالیت لرزه‌ای را روی فرودپواره گسل



شکل ۸: نقشه لرزه‌ای منطقه برگرفته از مؤسسه ژئوفیزیک تهران و تطابق آن در نقشه DEM گستره مورد مطالعه. این لرزه‌ها بزرگای کمتر از ۳٫۶ دارند و در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۴ میلادی رخ داده‌اند.

حوضه‌ای بیضوی شکل وجود دارد که فعالیت زمین‌ساختی پایینی را نشان می‌دهد.

با مقایسه پهنه‌بندی منطقه از نظر تجمع ساختارهای زمین‌ساختی (شکل ۹) و داده‌های لرزه‌ای (شکل ۸) مشاهده می‌شود که در مرکز گستره مورد مطالعه،



شکل ۹: پهنه‌بندی گستره بر اساس تراکم ساختارهای زمین‌ساختی. (این پهنه‌بندی بر اساس تراکم و تعداد چین‌ها و گسل‌ها در هر کیلومتر مربع توسط نرم افزار Surfer8 ترسیم شده است)

تنش و نیروی اصطکاکی به حاشیه‌های این پانه و کم-ترین آن به مرکز گستره وارد می‌شود. به همین سبب در گستره یاد شده در مرکز، فعالیت زمین‌ساختی به حداقل رسیده است (شکل ۹).

با توجه به این که منطقه از لحاظ سنگ‌شناسی دارای تفاوت شایانی نمی‌باشد، این پدیده را با مدل چرخشی می‌توان توجیه نمود (شکل ۵)، به گونه‌ای که بیش‌ترین

-احتشامی معین آبادی، م. و یساقی، ع.، ۱۳۸۴. تقسیم‌شدگی دگرشکلی و چین خوردگی مورب در محدوده گسل‌های مشا و طالقان در البرز مرکزی، مجموعه مقالات هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، جلد ۲، ص ۲۸-۳۷.

## منابع

-احتشامی معین آبادی، م.، ۱۳۸۳. بررسی هندسی و جنبشی گسل مشاء در محدوده نساء، جاده کرج-چالوس، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، تکتونیک، دانشگاه تربیت مدرس.



-وحدتی دانشمند، ف.، ۱۳۷۶. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، چهارگوش خاور تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- Alavi, M., 1996. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of Alborz mountain system in Northern Iran: *J. Geodynamics*, v. 21, p. 1 - 33.
- Allen, M. B., Jones, S., Ismail-zadeh, A., Simmons, M. D. and Anderson, L., 2002. Onset of subduction as the cause of rapid Pliocene-Quaternary subsidence in South Caspian Basin: *J. Geology*, v. 30 (9), p. 775-778.
- Allen, M. B., Ghassemi, M. R., Shahrabi, M. and Qorashi, M., 2003. Accomodation of Late Cenozoic oblique shorting in the Alborz Range, Northern Iran: *Journal of Structural Geology*, v. 25(5), p. 659-672.
- Ashtari, M., Hatzfeld, D. and Kamalian, M., 2005. Microseismicity in the region of Tehran: *Journal of Tectonophysics*, v. 395, p. 193-208.
- Axen, G.J., Lam, P. S., Grove, M., Stockli, D. F. and hassanzadeh, J., 2001. Exhumation of west-central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics: *Journal of Geology*, v. 29, p. 559-562.
- Ballato, P., Nowaczyk, N. R., Landgraf, A., Strecker, M. R., Friedrich, A. and Tabatabaei, S. H., 2008. Tectonic control on sedimentary facies pattern and sediment accumulation rates in the Miocene foreland basin of the southern Alborz mountains, northern Iran: *Journal of Tectonophysics*, v. 380, p. 221-241.
- Berberian, M., 1983. The southern Caspian, a compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20, p. 163-183.
- Ehteshami-moinabadi, M., Yassaghi, A. and Amini, A., 2012. Mesozoic basin inversion in Central Alborz, evidence from the Taleghan-Gajereh-lar Paleograbens: *Journal of Geopersia*, v. 2, p. 43-63.
- Ehteshami-moinabadi, M. and Yassaghi, A., 2007. Geometry and Kinematics of The Mosha Fault, South Central Alborz, Iran: An example of basement involved thrusting: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 29, p. 928-938.
- Ghassemi, M. R., Fattahi, M., Landgraf, A., Ahmadi, M., Ballato, P. and Tabatabaei, S., 2014. Kinematic links between the Eastern Mosha Fault and the North Tehran Fault, Alborz range, Northern Iran: *J. Tectonophysics*, v. 622, p. 81-95.
- Landgraf, A., Ballato, P., Strecker, M.R., Friedrich, A., Tabatabaei, S.H. and Shahpasandzade, M., 2009. Fault kinematic and geomorphic observation along the North Tehran Thrust and Mosha Fault Alborz mountain Iran implications for fault-system evolution and interaction in a changing tectonic regime: *Geophysical Journal International*, v. 10, p. 1-15.
- Ritz, J.F., Nazari, H., Salamati, R., Shafeii, A., Solaymani, S. and Vernant, P., 2006. Active transtension inside Central Alborz: a new insight into the Northern Iran-Southern Caspian geodynamics: *J. Geology*, v. 34, p. 477-480.
- Solaymani, S., Ritz, J.F. and Abbasi, M., 2011. Analysing the junction between the Mosha and the North Tehran active faults: *J. Tectonophysics*, v. 497, p. 1-14.