

تحلیل دینامیک گسل مشا در گستره شمال خاور تهران

ساره بحیرائی*

مرکز تحقیقات محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

محمودالماسیان

گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

محمد رضا عباسی

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۴

تاریخ دریافت: ۸۵/۶/۱۰

چکیده

مقدمه: گسل مشا یکی از ساختارهای فعال عمده در حاشیه جنوبی البرز مرکزی می باشد. در این پژوهش گستره بین طول جغرافیایی $51^{\circ},30'$ تا $51^{\circ},45'$ بررسی می شود که در برگیرنده بخش مرکزی-باختری گسل مشا می باشد. با اندازه گیری ۱۲۰ صفحه گسلی و خش لغزهای مربوطه، به بررسی تحولات تنش به کمک روش برگشتی پرداخته شده است.

هدف: بررسی تحولات تنش و تحلیل دینامیکی گسل مشا در منطقه مورد مطالعه می باشد.

روش بررسی: انجام تفکیک فاز بر روی داده ها و بررسی تحولات تنش به طور جداگانه برای هر فاز به روش برگشتی. در نهایت نتایج حاصله از هر دوی این مراحل با یکدیگر مقایسه شدند و سه جهت تنش بیشینه در منطقه، بر روی گسل مشا به دست آمد. جهت تعیین سن نسبی رویدادهای مختلف زمین ساختی، سن هر کدام از روندهای تنش بیشینه به کمک روابط تقدم و تاخر صفحه های گسلی مشخص شد. **نتایج:** بدست آوردن سه جهت تنش بیشینه با راستای شمال باختری، شمالی و شمال خاوری، که باعث تغییر سازوکار گسل مشا از رژیم ساختی واژگون با مولفه راستالغز راستگرد به رژیم واژگون با مولفه

*عهده دار مکاتبات: sara_bahiraee@yahoo.com

راستالغز چپگرد شده است.

نتیجه گیری: این جهات تنش در زمین ساخت لغزشی - فشارشی ظاهر می شوند و رژیم زمین ساخت فشاری در تمامی این جهات تنش بر رژیم زمین ساخت راستالغز غالب می باشد. واژه های کلیدی: گسل مشا، روش برگشتی، رژیم زمین ساختی، گسل های واژگون، گسل های راستالغز

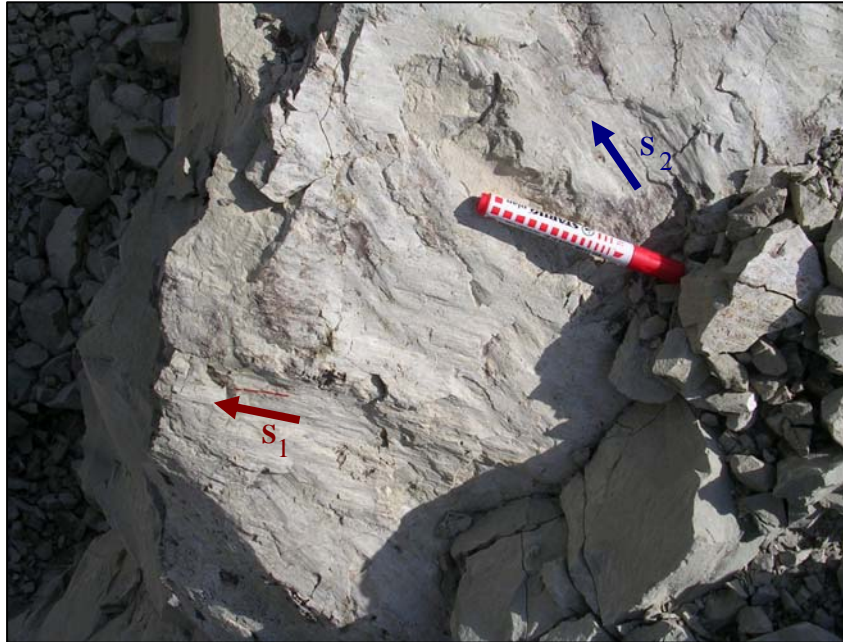
مقدمه

به طور عمده می توان مهم ترین عامل تکامل ساختاری البرز را وجود گسل های رانده و واژگونی دانست که اغلب با روند نزدیک به خاوری- باختری در طول این رشته کوه قرار گرفته اند، یکی از این گسله های اصلی، گسل مشا می باشد.^(۱)

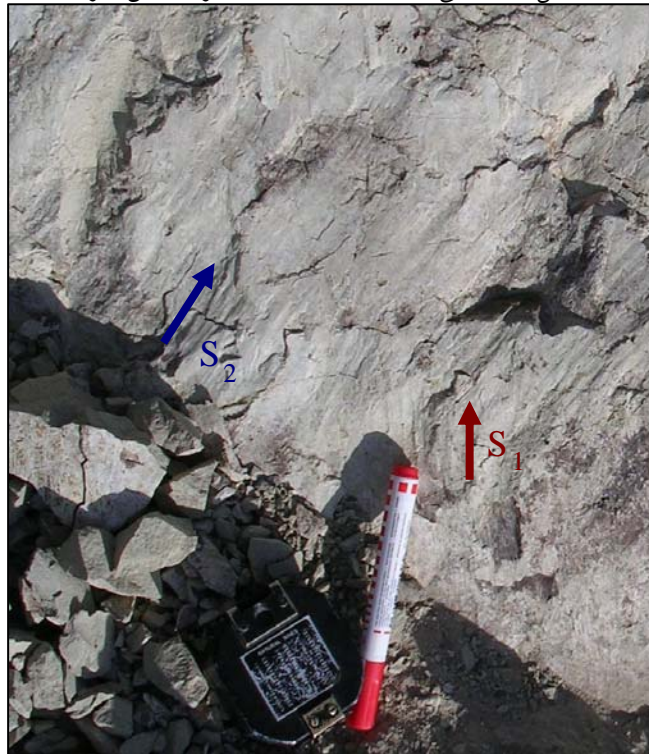
گسل مشا یکی از ساختارهای فعال عمده در حاشیه جنوبی البرز مرکزی و مرز بین توالی های سنوزوئیک و پالئوزوئیک می باشد. شیب گسل فشاری مشا همیشه به سمت شمال و بین ۳۵ تا ۷۰ درجه می باشد.^(۲) طول این گسل را از روستای دلیچای در خاور تا فشم در باختر در نظر گرفته اند،^(۳) ناگفته نماند که عده ای از پژوهشگران بر این عقیده هستند که طول این گسل تا جاده چالوس نیز ادامه می یابد و در واقع تاکنون طول مشخصی که قابل تأیید تمامی محققان باشد برای گسل مشا مشخص نشده است. براساس بررسی های دورسنجی، ریخت زمین ساختی و ساختاری انجام گرفته، گسل مشا یک پارچه نبوده و شامل مجموعه ای از قطعات گسلی می باشد. به بیان دیگر، این سامانه گسلی در برخی مناطق مورد مطالعه شامل پهنه ای از شکستگی هاست که در راستای طولی، در سطح زمین نیز پیوسته نمی باشد.^(۴) با توجه به این که پهنه گسل مشا دربرگیرنده تعداد بی شماری از تکه های گسلی با هندسه متفاوت و گاهی راستای مختلف است، دور از انتظار نیست که هر کدام از آن ها بسته به ویژگی ها و موقعیتشان در میدان تنش حاکم بر گستره، جنبشی منحصر به خود بروز دهند، در چنین مواردی بهترین کار برای شناسایی سازوکار پهنه های گسلی، بررسی آماری تکه های تشکیل دهنده و تفسیر آن ها نسبت به میدان تنش حاکم است. بر پایه بررسی های انجام شده، سازوکار اصلی پهنه گسلی مشا هم اکنون معکوس با مولفه چپ لغز پیشنهاد می شود؛ با این توضیح که در بخشهایی از آن حرکت گسل مشا راستالغز چپ لغز می باشد.

در این منطقه دگرریختی کلی به صورت کوتاه شدگی مایل بوده که بر روی گسل های رانده و واژگون با مولفه های راستالغز چپگرد و راستگرد تقسیم شده است، اگر چه سامانه ترا فشاری کنونی البرز از نوع چپگرد می باشد،^(۱،۵،۶) و این حرکت ناشی از واژگونی سوی برش در سامانه لغزشی - فشارشی اولیه (راستگرد) است،^(۷،۱،۵) اما با توجه به این که سامانه لغزشی - فشارشی اولیه در البرز خاوری احتمالاً چپگرد بوده، این واژگونی فقط در بخش های باختری البرز (که راستگرد بوده) رخ داده و در بخش های خاوری تنها با تغییر در نرخ حرکت همراه شده است. در برداشت های انجام شده در این منطقه به وضوح خش لغزهایی یافت شد که به صورت راستالغز چپگرد (S_2) و گاهی نیز واژگون با مولفه چپگرد عمل کرده اند و خش

لغزهای قدیمی‌تر را که عملکرد آن‌ها واژگون با مولفه راستگرد (S_1) بوده، قطع کرده اند. در شکل ۱ نمایی از یک صفحه گسلی حاوی دو سری خش لغز دیده می‌شود. شکل ۲ نیز نشان‌دهنده صفحه گسلی دیگری در همان منطقه است که دارای شرایط مشابهی از نظر خش لغزها می‌باشد.

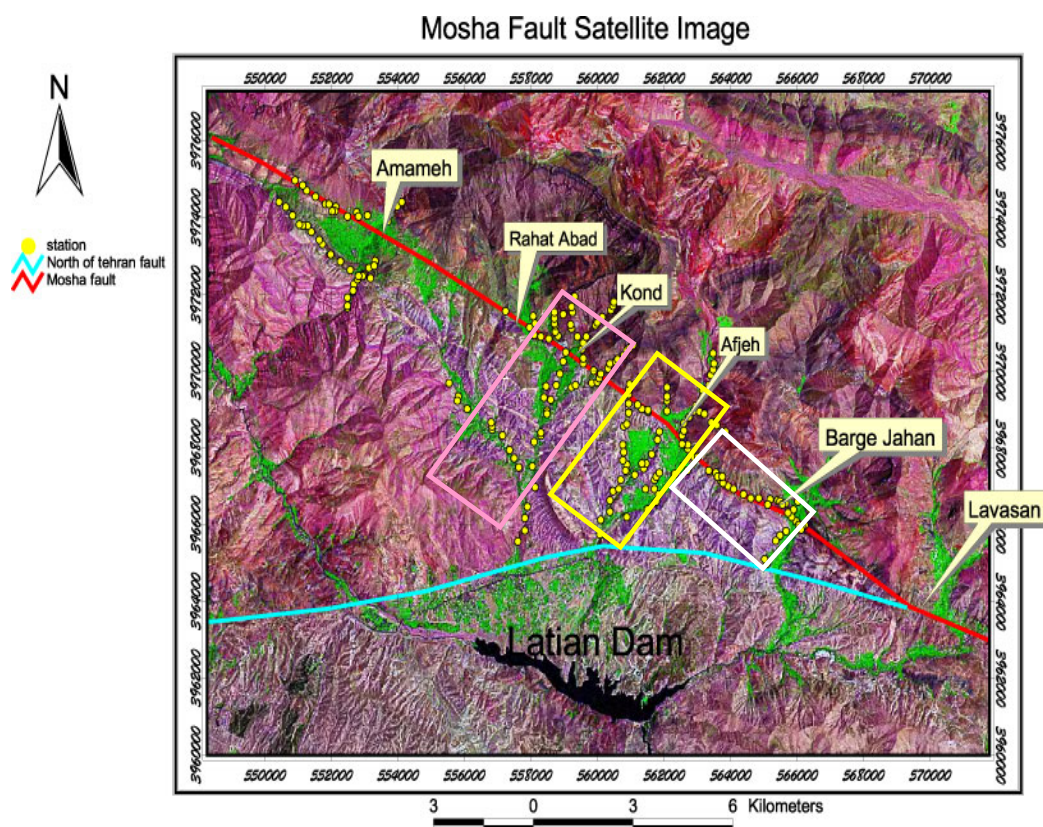


شکل ۱- نمایی از یک ایستگاه با دو سری خش لغز

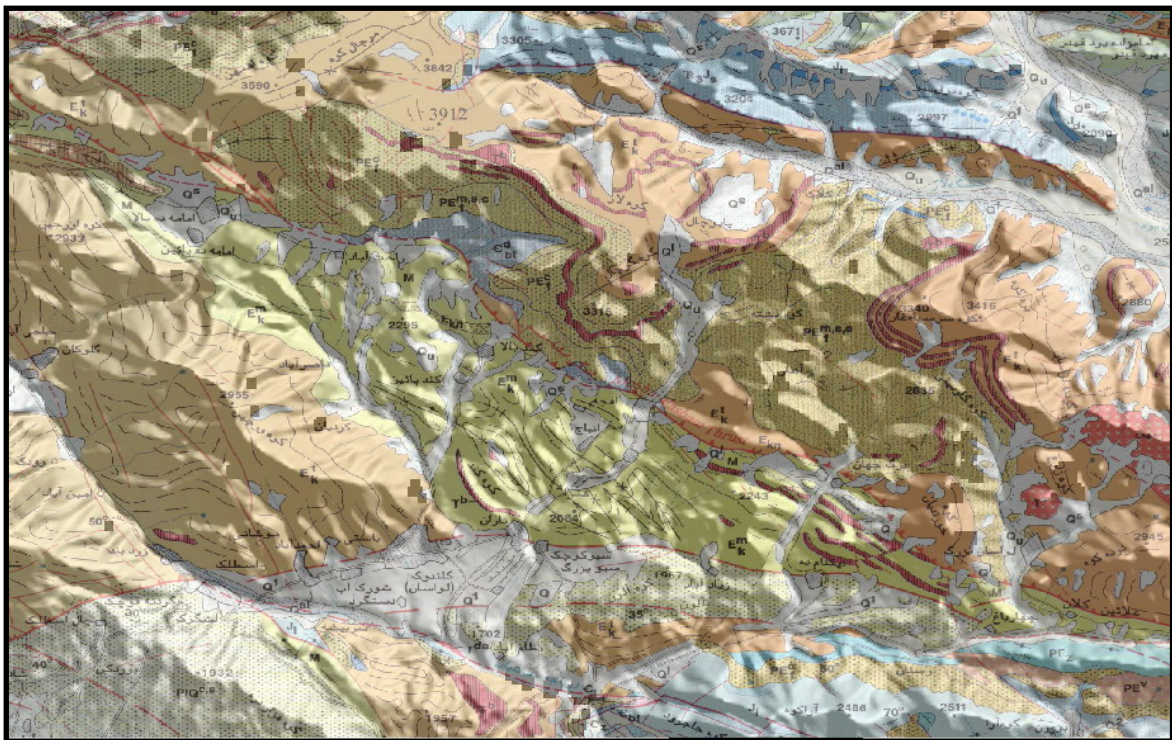


شکل ۲- نمایی از یک ایستگاه با دو سری خش لغز

طول گسل مشا در این منطقه حدود ۱۸ کیلومتر با روند شمال باختر- جنوب خاور و شیب آن به سمت شمال خاور است، روستاهای لواسان بزرگ، برگ جهان، افجه، کند، راحت آباد، امامه و فشم دقیقاً در روند گسل مشا و در زون خرد شده آن واقع شده اند که به علت وجود شرایط مناسب جهت کشاورزی در این پهنه خرد شده توسط گسل می باشد (شکل ۳). هدف از انجام این پژوهش، بررسی سازوکار گسل مشا در گستره لواسان می باشد. بر این اساس ساختارهای موجود، بر پایه موقعیت مکانی خود به سه برش کند، افجه و برگ جهان تقسیم شدند. دو برش کند و افجه عمود بر راستای گسل مشا و برش برگ جهان در راستای گسل مشا می باشد. در شکل ۳ برش کند با رنگ صورتی، برش افجه، با رنگ زرد و برش برگ جهان با رنگ سفید مشخص شده است. محل برداشت پارامترهای عناصر ساختاری با نقاط زرد رنگ مشخص شده است، البته ساختارهایی نیز خارج از این تقسیم بندی (به صورت پراکنده) برداشت شده که فقط برای مقایسه نتایج می باشد. عملکرد گسل مشا در هر سه برش باعث شده تا توف های سبز رنگ سازند کرج بر روی نهشته های سرخ رنگ سازند قرمز پایینی قرار گیرند. نقشه زمین شناسی به همراه مدل ارتفاع رقومی منطقه نیز در شکل ۴ به نمایش درآمده است.



شکل ۳ - تصویر ماهواره‌ای Landsat 7 از محدوده مورد مطالعه



شکل ۴- نقشه زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه^(۱۰) به همراه مدل ارتفاع رقومی SRTM
(در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ قابل شناسایی نیست)

مواد و روشها

تفکیک هندسی گسل ها بر پایه آزمایش هندسی و تحلیل تنش دیرینه

توسط روش تفکیک هندسی^(۸) از گسل های برداشت شده ۶ دسته گسل تفکیک شد که شرح نمودارها و نتایج به دست آمده از آن ها در ادامه آمده است. محاسبات تنش دیرینه در این بخش ابتدا برای هر برش ساختاری به طور جداگانه انجام شد، سپس برای گسل هایی که آزمایش هندسی آن ها را تأیید کرد این محاسبات صورت گرفته است.

آزمایش هندسی برای تنش اندرسونی ممکن با استفاده از گسل های دارای خط خش

این روش^(۸) مشخص می نماید آیا یک دسته گسل دارای خط خش با یک تنش واحد که یکی از محورهای اصلی آن قائم است سازگار می باشد یا خیر. اگر نتیجه مثبت باشد، نتیجه برآوردی از تنسور تنش کاهش یافته (reduced stress tensor) را ارائه می دهد. این آزمایش بر این فرض استوار است که هر خط خش بیانگر جهت تنش برشی ایجاد شده بر روی صفحه آن می باشد.

اطلاعات زیر برای هر گسل مورد استفاده قرار می گیرد: راستای صفحه گسل (که به صورت ساعتگرد از شمال اندازه گیری می شود) شیب صفحه گسل که با δ نمایش داده می شود، ریک خط خش که با λ نشان داده می شود و سوی برش.

مراحل مختلف دستورالعمل به شرح زیر است:

۱- برآورد دو زاویه جدید برای هر گسل: یکی از این زوایا دو برابر زاویه راستا است و دیگری زاویه ای است که b (زاویه راهنمای ریک) نامیده می شود. بیشینه هر دو این زوایا 360° درجه است. مقدار زاویه b (زاویه راهنمای ریک) از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$b = \arctan(\tan \lambda / \cos \delta)$$

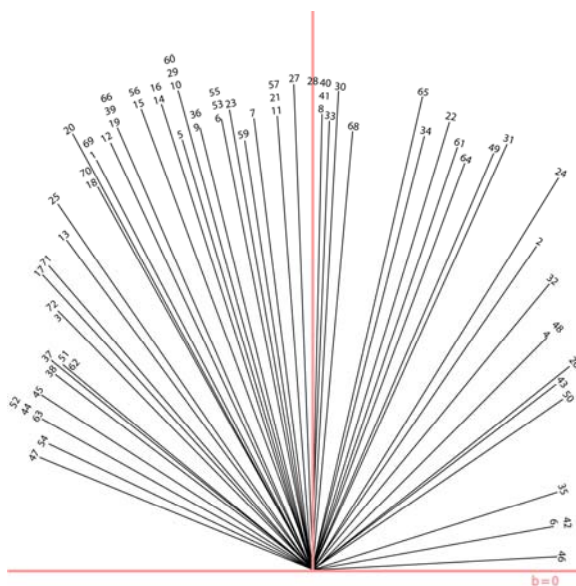
اما ممکن است نیاز باشد تا نتیجه به دست آمده را 180° درجه افزایش دهیم تا مطمئن شویم که جهت بیانگر b در همان ربعی قرار می گیرد که ریک اندازه گیری شده است. به این منظور، به آسانی می توان کنترل کرد که b, λ در یک چارک قرار بگیرند، نمونه محاسبات برای دو داده شماره ۶۶ و ۶۷ در جدول (۱) قرار داده شده اند.

جدول ۱- نمونه محاسبات برای دو داده

Name	Rake (Degree)	Rake (Radian)	Dip (Degree)	Dip (Radian)	Tan(Rake)	COS (Dip)	Tan(Rake).Cos(Dip)	b(Radian)	b(Degree)	b+180	Strike	2s
66	232	4.049	57	0.995	1.280	0.545	2.350	1.168	67	246.949	95	190
67	354	6.178	49	0.855	-0.105	0.656	-0.160	-0.159	-9	170.898	145	290

بازسازی زوایای راهنمای ریک بر روی یک صفحه بزرگ کاغذ

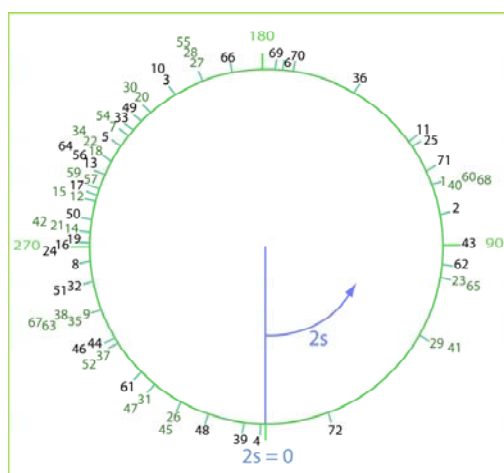
محورهای افقی و قائم از یک مبدا مرکزی ترسیم می شوند. محور سمت راست جهت مرجع معمول است که $b=0$ می باشد. برای هر گسل، جهت راهنمای ریک آن را رسم کرده و نامگذاری می کنیم که خطی است و از مبدا به سمت خارج امتداد می یابد. زاویه b به صورت ساعتگرد از محور مرجع $b=0$ جدا می شود شکل ۵.



شکل ۵- انجام مرحله دوم دستورالعمل برای گسل ها

بازسازی زوایای دو برابر شده راستا در یک صفحه شفاف

یک نقطه مرکزی را علامت گذاری می کنیم. دایره ای به مرکز این نقطه رسم می کنیم و برای شعاع پائینی آن از جهت مرجع $2S=0$ (همان راستا می باشد) استفاده می شود. برای هر گسل، نقطه ای بر روی دایره که در زاویه $2S$ قرار می گیرد را علامت می زنیم و نامگذاری می کنیم که این زاویه به صورت پادساعتگرد در اطراف دایره از محور مرجع $2S$ اندازه گیری می شود (شکل ۶).



شکل ۶- انجام مرحله سوم دستورالعمل بر روی کاغذ شفاف برای گسل ها

تلاش برای مطابقت دادن دو نمودار شکل ۷: کاغذ شفاف را روی کاغذ سفید می اندازیم و به روش آزمایش و خطا، موقعیت و جهت یافتگی نسبی را به صورتی که هر نقطه در صفحه شفاف بر روی خط هم

نام خودش در صفحه زیرین قرار گیرد، تنظیم می کنیم. در اینجا باید دقت شود که: (۱) نقطه مرکزی دایره باید بر روی خطی با محور قائم قرار گیرد و (۲) نقطه نمایشگر هر گسل باید بر روی خطی که نمایانگر همان گسل است قرار گیرد تا با شرایط تنش اندرسونی سازگار باشد.

حالت مطابقت کامل نقاط با خطوط مربوط به خودشان :

اگر همه نقاط با خط های خود در یک زمان همخوانی داشته باشند آنگاه :

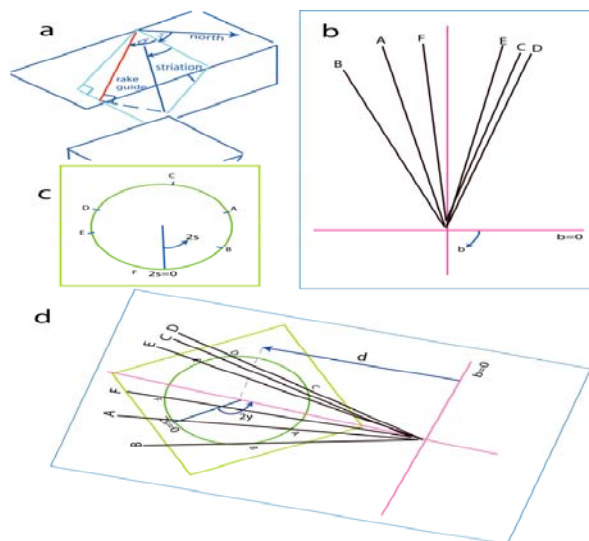
۱- کل دسته گسل های ثبت شده با یک شرایط تنش اندرسونی واحد همخوان هستند.

۲- محور پائینی روی صفحه کاغذ در زاویه 2γ از محور صفحه در کاغذ شفاف قرار می گیرد که در

آن γ بیرینگ جهت کوتاه شدگی افقی بیشینه می باشد.

دو سوپاپ اطمینان که در این روش موجود می باشد و میزان خطای موجود را به حداقل می رساند؛ یکی عدم قطعیت غیر قابل قبول در شیب های کمتر از 12° درجه و دیگری عدم قطعیت غیر قابل قبول b در گسلهای پر شیب با ریک کم است که باعث شد تا از 120° داده، فقط 72° داده وارد این آزمایش شوند.

بدین ترتیب داده های برداشت شده به دو صورت تفکیک فاز شده (شش دسته) و تفکیک فاز نشده (سه برش) توسط نرم افزارهای زمین شناسی پردازش شده و نتایج حاصل از آن ها با یکدیگر مقایسه شدند. برای نمونه به داده های برش افجه و دسته دوم داده های تفکیک فاز شده اشاره می شود.



تصویر (۷) : (a) : زوایا و جهت ها برای یک گسل دارای خش (Fry,2003).

(b) : زوایای راهنمای ریک از محل تقاطع محورهای افقی و عمودی رسم می شوند.

(c): زوایای دو برابر راستا به صورت پادساعتگرد در کاغذ شفاف رسم شده اند.

(d): کاغذ شفاف بر روی کاغذ سفید قرار می گیرد به طوری که نقطه مربوط به یک گسل بر روی زاویه

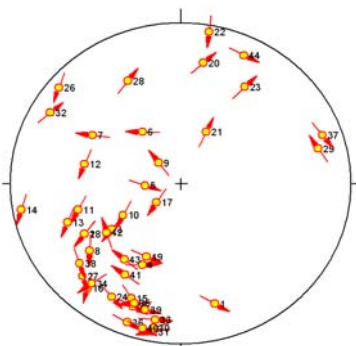
راهنمای ریک در همان گسل قرار بگیرد (ضروری است که مرکز دایره مربوط به شکل c بر محور

عمودی در شکل b قرار بگیرد).

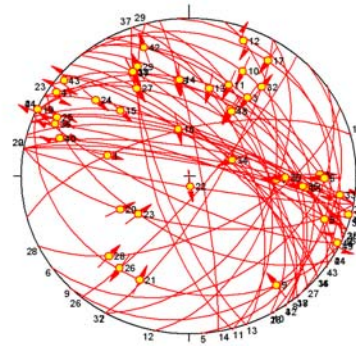
نتایج و بحث

وضعیت داده ها در برش افجه

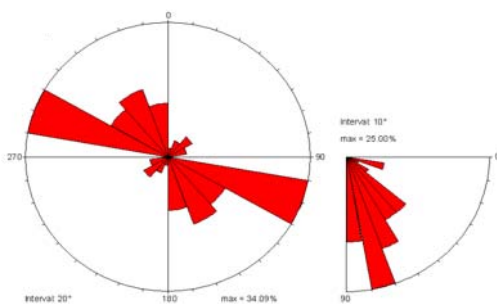
تصاویر استریوگرافیک قطب سطوح لغزش با توجه به حرکت فرادیواره نسبت به فرودیواره در اشکال (۸) و (۹) در نیمکره پایین شبکه اشمید به نمایش درآمده است. برای دریافت سریع از موقعیت سطوح برش و خش لغزها، دیاگرام های گل سرخی مربوط به اشکال (۱۰) و (۱۱) رسم شده است. همان طور که در تصویر دیده می شود، امتداد عمومی سطوح برش WNW-ESE بوده و شیب متوسط آن ها زیاد است. خش لغزش ها بیشتر در جهت NE گسترش داشته و میل آنها نسبتاً کم می باشد.



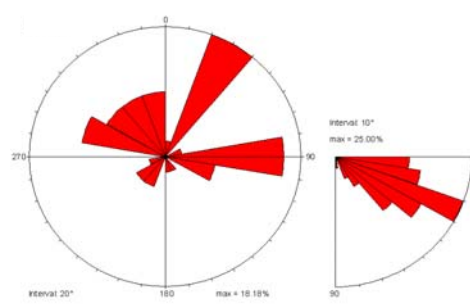
شکل ۹- استریوگرام خطوط لغزش
به روش Hoppner



شکل ۸- استریوگرام خطوط لغزش
به روش Angelier



شکل ۱۱- رز دیاگرامهای سطوح برش

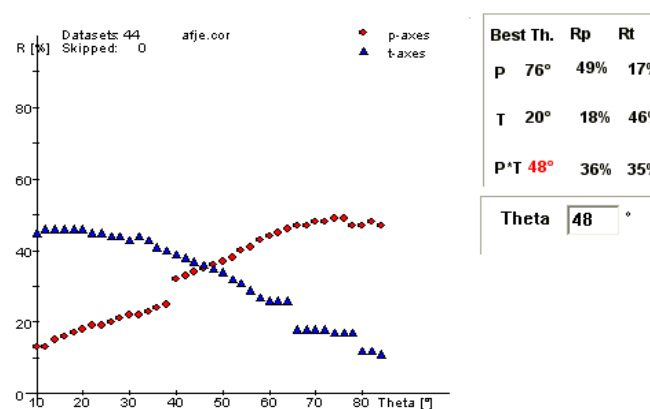


شکل ۱۰- رز دیاگرامهای خش لغزش ها

زاویه اصطکاک داخلی توده سنگ در برش افجه

این برنامه به صورت تدریجی مقادیری بین ۱۰ تا ۸۵ درجه را برای محورهای P و T محاسبه می کند و نموداری برای محورهای مذکور ارائه می کند که نشان می دهد این محورها تا چه حد مناسب دسته بندی شده اند. برخی اوقات این روش برای تنظیم زاویه θ مفید است.

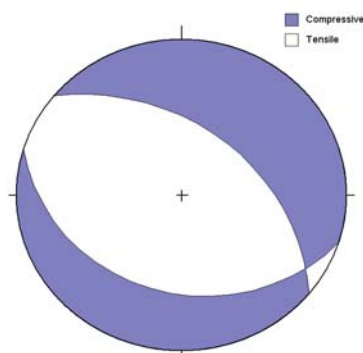
(۹) پارامتر $R\%$ را معرفی کرده است که برای محورهای P و T نسبت به زاویه θ تعیین می شود. این درصد نمایانگر سنجشی برای دسته بندی مطلوب است. این برنامه زوایای θ و درصد R محورهای P و T را برای بیشینه تجمع ($R\%$) مربوط به حداکثر را نشان می دهد. $R(p)$ برای محورهای P و $R(t)$ برای محورهای T تعریف شده است. حاصل ضرب $R(p)$ در $R(t)$ برای هر دو محور P و T نمایش می دهد. در گستره θ ، برنامه Tectonics FP، زاویه θ با مقدار بیشینه را برای حاصل ضرب $R(p)$ در $R(t)$ پیشنهاد می کند. لازم به ذکر است که عدد محاسبه شده زاویه θ ضرورتاً برای دسته داده ها عدد مطلوبی نیست، مخصوصاً هنگامی که هر دو محور P و T تجمع خوبی را نشان نمی دهند (برای مثال دسته های لغزشی - افشارشی و لغزشی - تراکشنی). در شکل ۱۲ ضریب اصطکاک داخلی متوسط برای توده سنگ ۴۸ درجه محاسبه شده است.



شکل ۱۲- نمودار ضریب اصطکاک داخلی متوسط محاسبه شده برای توده سنگ. مربع ها بیانگر محورهای P هستند و مثلث ها محورهای T را نمایش می دهند.

تحلیل صفحه گسل در برش افجه

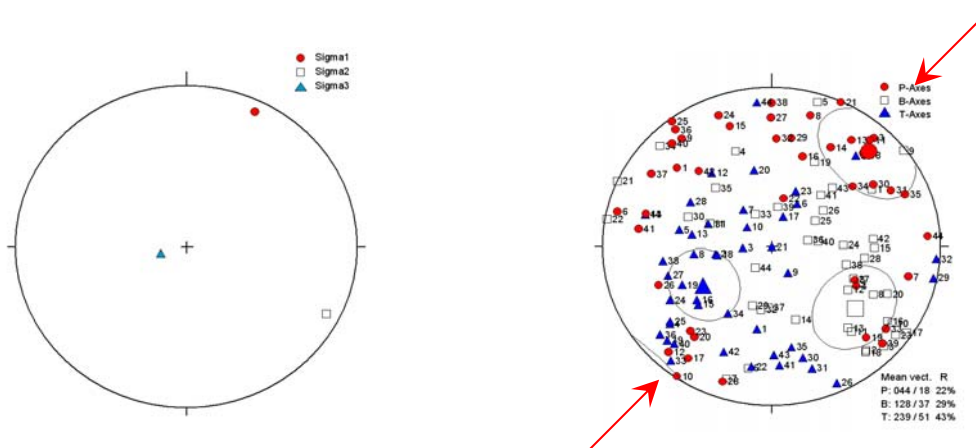
با اعمال زوایای اصطکاک ۱۰ تا ۸۵ درجه و مقایسه صفحات کمکی به دست آمده با وضعیت سیستم گسلی منطقه، زاویه اصطکاک داخلی ۴۸ درجه برآورد شد. مدل دو وجهی به دست آمده در این محدوده امتداد NW-SE را برای گسل نشان می دهد. بر اساس مدل مزبور نوع گسل معکوس با مولفه بسیار کوچک راستالغز می باشد که طبق برداشت های انجام شده، این مولفه از نوع راستالغز چپگرد می باشد تصویر (۱۳).



شکل ۱۱- تحلیل صفحه دسل در برس افجه

وضعیت تنش های دیرین در برس افجه

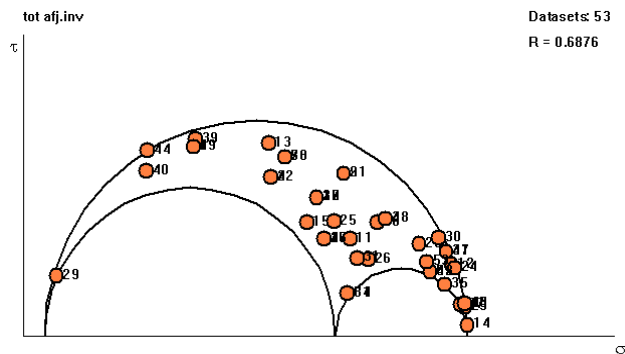
ابتدا به روش معکوس کردن به طور مستقیم در هر ایستگاه موقعیت محورهای P,T,B به دست می آید و جهت تنش حاکم در زمان تشکیل گسل ها، توسط پیکانه قرمز رنگ (σ_1) در شکل ۱۴ مشخص شده است. سپس با رسم منحنی خطوط تراز موقعیت محورهای اصلی تنش دیرین مشخص می گردد شکل ۱۵.



شکل ۱۴- موقعیت محورهای P,T,B در برس افجه شکل ۱۵- موقعیت محورهای اصلی تنش دیرینه

رسم دایره مور سه بعدی در برس افجه

به کمک تنسور تنش با تحلیل کردن آن به طور مستقیم دوایر سه بعدی بدون مقیاس با اعمال زاویه اصطکاک ۳۰ درجه رسم گردید شکل ۱۶.



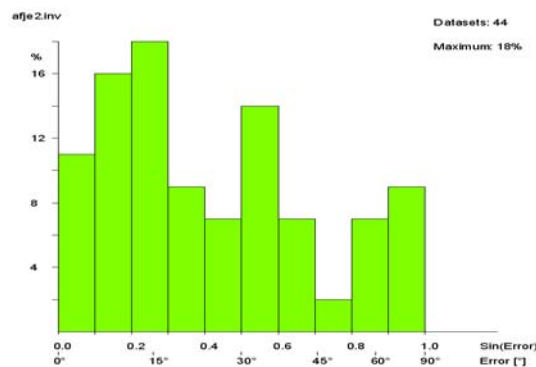
شکل ۱۶- دیاگرام سه محوری مور بدون مقیاس

با بررسی دیاگرام فوق نتایج زیر حاصل می شود:

فاکتور شکل $R = 0.69$ که نشان می دهد در این محدوده شکل بیضوی تنش (شکل میدان میانگین) از نظر هندسی کلوچه ای (تخت) می باشد.

تغییرات زاویه عدم انطباق در برش افجه

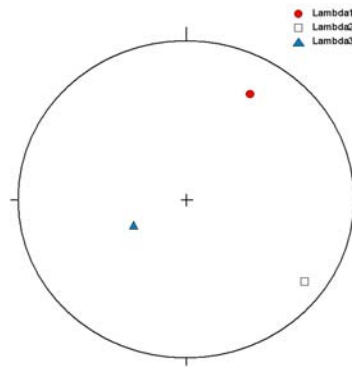
در این نمودار پراکندگی انحراف محاسبات از خطواره های اندازه گیری شده، نشان داده می شود. محور افقی، سینوس خطاها و محور عمودی تعداد درصد یا تواتر داده ها را نمایش می دهد شکل ۱۷.



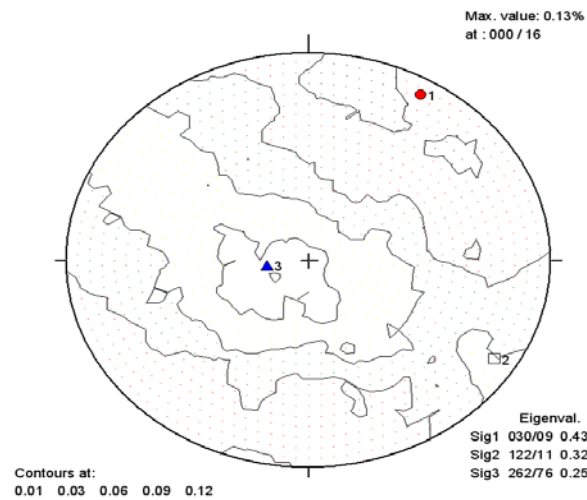
شکل ۱۷- هیستوگرام زاویه عدم انطباق

نمودار حل شده به روش NDA در برش افجه

در این روش بر خلاف روش برگشتی مستقیم، محل محورهای $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ به طور مستقیم برآیندی از واتنش است، نه تنش. در تصویر (۱۸) این نمودار به نمایش درآمده است که با نتایج به دست آمده از روش برگشتی مستقیم تصویر (۱۹) قابل مقایسه بوده و همخوانی دارد.



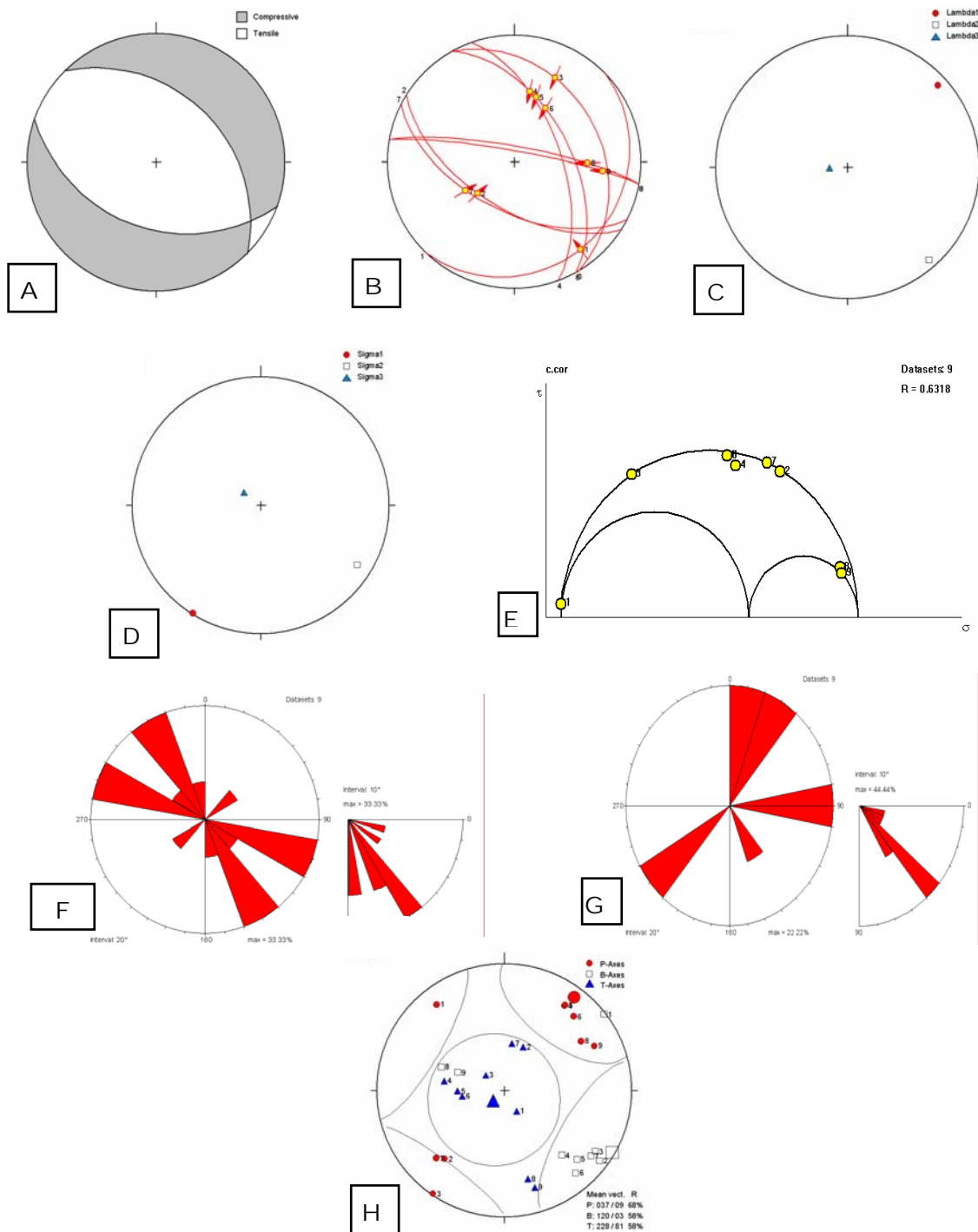
شکل ۱۸- نمودار حل شده به روش NDA



تصویر ۱۹- نمودار کنتوردار مشخص کننده محدوده های P,T,B

گسل های دسته دوم

برای دومین دسته گسل ها تقریباً تمامی نمودارهای حل شده با روش های دوجهی عمود بر هم (right dihedral)، محورهای P&T، برگشتی (inversion) و روش تحلیل عددی دینامیک (NDA) با یکدیگر همخوانی دارند، شکل ۲۰. با بررسی دایره مور فاکتور شکل $R=0.63$ که نشان می دهد در این محدوده شکل بیضوی تنش (شکل میدان میانگین) از نظر هندسی کلوچه ای می باشد. تنش بیشینه در این نمودارها، شمال خاوری است. این نمودارها بیانگر رژیم زمین ساختی فشارشی به همراه یک مولفه راستالغز می باشند. قطب گسلهای شماره ۲ و ۳ و ۷ در صفحه $\sigma_1 - \sigma_3$ قرار دارد و می تواند شرایط گسل های مزدوج را داشته باشد. امتداد دو سری گسل های موجود در این دسته، شمال باختر- جنوب خاور است و روند خش لغزها در سه جهت شمال خاور، جنوب باختر و خاور می باشد.

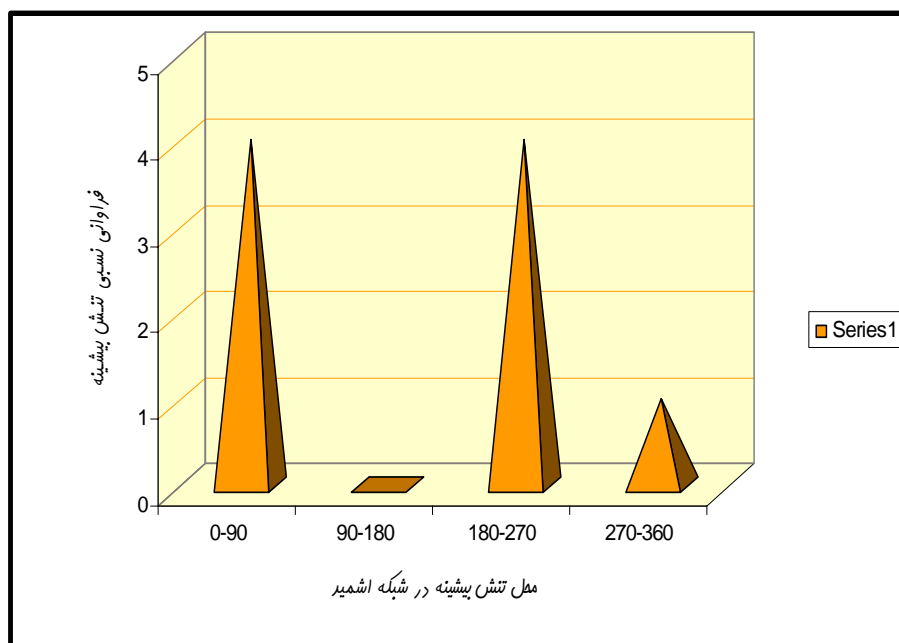


شکل ۲۰- نمایش نمودارهای دسته دوم گسل های تفکیک شده. (A) نمودار حل شده به روش دو وجهی عمود بر هم ، (B) نمودار Angelier (C) نمودار حل شده به روش NDA، (D) نمودار حل شده به روش وارونگی، (E) دایره مور سه بعدی ، (F) نمودار گل سرخی (صفحه های گسل)، (G) نمودار گل سرخی (خش لغزها) ، (H) نمودار حل شده به روش P&T

ویژگی های میدان تنش

جدول (۲) ویژگی های میدان تنش بررسی شده در ایستگاه های مختلف را نشان می دهد. پس از مقایسه ایستگاه های مختلف نتایج زیر حاصل گردید:

با گذر از ایستگاه کند به افجه (حرکت از باختر به خاور) مقدار بیضوی تنش کاهش می یابد و شکل میدان از کلوچه ای به دوکی نزدیک می شود. هم چنین در این مسیر از مولفه فشاری کاسته شده و به مولفه امتدادلغز اضافه می شود (مولفه فشاری با رنگ صورتی و مولفه امتدادلغز با رنگ بنفش مشخص شده است). نمودار هرمی (۱) بر اساس جایگاه تنش بیشینه و فراوانی آن در ۹ دسته داده جدول (۲) ترسیم شده است، همان طور که مشاهده می شود σ_1 در دو ربع از شبکه اشמיד بیشترین اثر را داشته است (۸۰٪): یکی ربع اول و دیگری ربع سوم، که مشخص کننده جهت تنش شمال خاور- جنوب باختر است و این می تواند نمایانگر جهت حرکت صفحه عربستان به سمت ایران و دگرشکلی پیشرونده در البرز باشد (بر اثر مقاومت پوسته صلب خزر جنوبی و کمائی شدن رشته کوه های البرز به دور آن). در حدود ۱۰٪ تنش بیشینه نیز در ربع چهارم شبکه اشמיד قرار گرفته است که نماینده جهت تنش شمال باختر- جنوب خاور می باشد.



نمودار هرمی ۱- جایگاه σ_1 در شبکه اشמיד نسبت به فراوانی آن

جدول ۲- ویژگی های میدان تنش بررسی شده در ایستگاه ها

	رژیم زمین ساختی	بیضوی تنش	σ_3 (Az/Plg)	σ_2 (Az/Plg)	σ_1 (Az/Plg)	نام ایستگاه
	فشاری << امتدادلغز	۰,۶۹	۲۵۶,۸۶	۱۲۸,۸	۲۶,۱۱	افچه
	فشاری <<< امتدادلغز	۰,۷۰	۳۵۵,۸۱	۱۴۷,۱۰	۲۴۴,۴	کند
	فشاری < امتدادلغز	۰,۳۴	۲۹۴,۵۷	۱۲۶,۳۵	۲۹,۷	برگ جهان
	فشاری	۰,۵۳	۲۹۵,۸۹	۱۲۱,۱۳	۲۱۲,۰۰	دسته اول
	فشاری < امتدادلغز	۰,۶۳	۳۰۶,۷۷	۱۲۲,۱۳	۲۱۴,۰۱	دسته دوم
	فشاری < امتدادلغز	۰,۵۰	۸۹,۶۹	۳۱۴,۱۳	۲۲۱,۱۶	دسته سوم
	فشاری = امتدادلغز	۰,۱۱	۲۵۶,۲۷	۱۳۵,۴۶	۴,۳۲	دسته چهارم
	فشاری < امتدادلغز	۰,۸۰	۲۹۶,۷۰	۱۳۴,۲۰	۴۲,۰۶	دسته پنجم
	فشاری < امتدادلغز	۰,۹۷	۲۰۸,۲۵	۱۰۲,۳۱	۳۳۰,۴۸	دسته ششم

نتیجه گیری

با استفاده از روش برگشتی در بررسی برش های ساختاری دو رژیم زمین ساختی در منطقه شناسایی گردید که روند محور اصلی σ_1 به طور کلی در آنها شمال خاوری و جنوب باختری می باشد. با استفاده از روش تفکیک فاز^(۸) از ۱۲۰ داده برداشت شده، ۷۲ داده جداسازی شدند و در مجموع ۶ دسته گسلی با ۶ تنش عامل واحد شناسایی گردید. نتایج حاصل از پردازش این دسته گسل ها، ۳ رژیم زمین ساختی با روند محور اصلی σ_1 شمال خاور، شمالی- جنوبی و شمال باختر می باشد. با حرکت از برش کند به سمت برش برگ جهان (حرکت از باختر به خاور) شکل بیضوی تنش به تدریج از کلوچه ای به دوکی تبدیل می شود، در این میان از میزان مولفه فشاری کاسته شده و به میزان مولفه امتدادلغز نیز اضافه می شود. طبق سن یابی نسبی، به علت بریده شدن خش لغزهای با مولفه راستگرد توسط خش لغزهای با مولفه چپگرد و راستالغز محض چپگرد، سن گسل های با مولفه های چپگرد جوان تر از گسل های با مولفه های راستگرد تعیین شد. عملکرد گسل مشا در این ناحیه به صورت رانده شدن سازند کرج بر روی نهشته های قرمز رنگ میوسن است، علاوه بر این سازند باروت در شمال افجه به صورت یک ورقه رو رانده بر روی توالی نامبرده رانده شده است.

بردارجابه جایی گسل مشا در این منطقه در نسل اول به علت حرکت رو به شمال صفحه عربستان راستالغز راستگرد و در نسل دوم به علت دگرشکلی پیشرونده در البرز، راستالغز چپگرد می باشد. گسل مشا هم اکنون تابع سامانه ترفشارشی چپگرد (کوتاه شدگی مایل ناشی از فشارش با مولفه چپگرد) می باشد. نسل اول در این بخش از البرز رخنمون غالب دارد، این مسئله شاید به این علت باشد که سن مولفه چپگرد بسیار جوان است و هنوز فرصت زیادی برای تاثیر نداشته، در نتیجه باعث شده تا فعالیت گسل های با مولفه چپگرد با شواهد ژئومورفولوژیکی کمتری در منطقه همراه باشند.

References:

1. Allen, M.B., Ghasemi, M.R., Shahrabi, M., Qorashi, M., *J. struc. Geo.*, **25**, 659 (2003).
2. Berberian, M., Ghorashi, M., Arjang, B., Ashjaee, A., *Geol. Sur. Iran Rep.*, **54** (1991).
3. Nazari, H., Ritz, J.F., Ghorashi, M., Abbasi, M., Saidi A., *Forth International Conference on Seismology and Earthquake Engineering (see-4)*, **7** (2002).
4. Soleimani, Sh., Fegghi, Kh., Shabanian, A., Abbasi, M., Ritz, J.F., *Res. Bullet. Seismo. and Earthquake Enginer.*, **6**, 46, (2002).

5. Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F., Hassanzadeh, J., *Geo.*, **29**, 559 (2001).
6. Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., and Berberian, M., *Geophys. J. Inter.*, **148**, 214 (2002).
7. Abbasi, M., Shabanian, A., *Geo. Sci.*, **12**, 2 (2005).
8. Fry, N., *J. Structural Geo.*, **25**, 897 (2003).
9. Wallbrecher, E., *Rechnerische und Statistische Verfahren*, **244**, 220 (1986).
10. Geological map, East of Tehran, scale: 1:100000, GSI (1995)