تحلیل تنش دیرینه گســتره منصورآباد (جنوب باختر رفسنجان-استان کرمان) به روش وارون سازی چندگانه

ليلا عبادي (أوْ")، سيد احمد علوي، محمدرضا قاسمي" دانشجوی دکتری تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی ۲. دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی ۳. دانشیار پژوهشکده زمینشناسی، سازمان زمینشناسی کشور، تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۸

چکیدہ

واژههای کلیدی: تحلیل تنش دیرینه، روش وارونسازی چندگانه، چندفازی، رفسنجان.

مقدمه

از اینرو روش های زیادی برای اندازه گیری تنش بر پایه داده های لغزش گسلها پیشنهاد شده است (Angelier, 1979; Etchecoparetal., 1981; Angelier ,1984; Yamaji et al., 2010; Yamaji et al., 2013) امروزه اندازه گیری تنش دیرینه با استفاده از داده های لغزش گسل یک ابزار معمول در شناخت فرگشت ساختاری می باشد (Angelier, 1994; Bellier and Zoback, 1995).

^{*}نویسنده مرتبط Leilaebadi2014@yahoo.com

جنبههاى تئورى وموجه بودن اين تكنيكها در مقالات زيادى بحث شده است, Lisle et al., 1998; Twiss and Unruh, بحث شده است 1998; Lisle and Srivastava, 2004; Shan and Fry, 2006; Orife and Lisle, 2006; Sippel et al., 2009). تحلیل لغزش گسل در مطالعه زمین ساخت چند فازی مفید مى باشدد (Etchecopar et al., 1981; Nemcok, and Lisle، 1995، Shan et al., 2003). روش وارونسازى با هدف مشخص نمودن تنسور تنش كاهشيافته از دادههاي لغزش اندازه گیری شده، بر پایه معیارهای لغزش و اصطکاکی می باشد، به طوری که داده های لغزش گسل، محاسبه حالات تنش را با شـناخت مسـير و سـوى لغزش ممكن میسازند. از اینرو تنسور تنش کاهشیافته که ترکیبی از جهتیابی محورهای تنش اصلی و نسبت اختلاف اصلی مى باشد، محاسبه مى گردد (Angelier, 1990 and 1979). در این مقاله، الگوی تنش دیرینه حاشیه جنوب باختری شهرستان رفسینجان، در حوضهای با روند شمال باختری-جنوبخاوری و رخنمون واحدهای کرتاسه- نئوژن تحلیل میگردد و با استفاده از هندسه گسلهای مزومقیاس و خطخش های وابستهشان حالات تنش های مشاهده شده، محاسبه می گردد. مطالعه تنش دیرینه در جمعیت گسل های ناهمگن کے چندین فاز دگرشکلی را نشان میدهند (Sato et al., 2013)، بر پایه روش وارونسازی چندگانه (Yamaji, 2000) و با كمك برنامه نرمافزاري MIM6 (Yamaji and Sato, 2005, Yamaji et al., 2005a and 2005 b) صورت می گیرد.

زمینشناسی

گستره مورد مطالعه که در بخشی از گستره حفاظت شده منصورآباد، جنوبباختر شهرستان رفسنجان (استان کرمان) ۹۵۵٬۵۵ خیاوری واقع شده است، بخشی از کمان ماگمایی - رسوبی ارومیه - دختر منطبق بر کمربند دهج ساردوئیه می باشد (Dimitrijevic, 1973) (شکل ۱). کمان ماگمایی-رسوبی یاد شده با روند ES-NWمرتبط با دو فرورانیش متوالی (Shahabpour, 2005 and 2007) اقیانوس تتیسنو به زیر خرده قارهایران در طی کرتاسیه (Shafiei et al., 2009; Shafiei, 2010)

و برخـورد دو صفحـه عربـی و ایران در پالئوسـن پسـین (Shafiei et al., 2009; Shafiei, 2010) میباشـد کـه بهعنوان کمان آتش فشانی نوع آندی در طی دوره کوهزایی آلپین طبقهبندی می شود (Berberainetal., 1982; Alavi, 1994). حرکـت رو به شـمال صفحه عربی نسـبت به ایران سـبب کوتاهشـدگی بـا نـرخ تقریبـی ۲۵ mm/yr شـده اسـت (McClusky et al., 2003; Vernant, et al., 2004; زسکدلی (McClusky et al., 2003; Vernant, et al., 2004) پایین (کمتراز ۲ میلی متر در سال) را برای گستره نشان می دهند پایین (کمتراز ۲ میلی متر در سال) را برای گستره نشان می دهند (Vernant, et al., 2004; Vernant and Chery, 2006) یکی از مهمترین گسل های گستره، گسل رفسنجان (با روند غالب°۱۲۰) میباشـد که فعالیت و ثبـت لرزهای کمی را نشان می دهد (Walker, 2006).

از نظر سنگشناسی، پیسنگ پرهکامبرین در هیچجا از گستره رخنمون ندارد و کهنترین واحدهای سنگی گستره، توربیدایتهای کرتاسه با همبری ساختاری در ارتباط با واحدهای جدیدتر می باشند و از توالی بیومیکرایت، ماسهسنگ، مارن، سیلتسنگ و آهک تشکیل شدهاند. در ادامه توالی چینهشناسی گستره، فلیشهای ائوسن با روند NW-SE در سه افق مختلف با ویژگیهای خاص رخنمون دارند به طوری که محتوای سینگی واحد پایینی (1Ef) شامل ميكروگنكلومرا، ميكروكالكآرنايت، گرىوكفلدسرپاتيك، کالکآرنایت و بیوکالکآرنایت، سیلتسنگ، مارن ماسهای و میکرایت میباشد. واحد میانی (2Ef) با ناپیوستگی واحد اولی را مى پوشاند و توالى از توربيدايت ها مى باشد. واحد بالايى (3Ef) تناوبی از توالی آرنایت درشت دانه، قطعات رسوبی کلریتی، لایه های پلیتی و کلست های آتش فشانی را در رخنمون نشان مى دهد. در گستره مورد مطالعه، فعالیت هاى آتش فشانى ائوسن با مجموعه بحرآسمان آغاز می گردد. این مجموعه با افق های آندزیت- بازالت، پیروکلاست هوازده و جریان لاوا (تراکیت -آلبیت با لایههای ایگنمبریت) شروع می شود و با آهک ماسهای، ماسه سنگ کالک آرنایت و آهک خاکستری تداوم یافته و با جریان لاوا ييروكلاستيك، آندزيت-بازالت، تراكي آلبيت و تراكي آندزيت، با چندین افق ماسهسنگ توفی و کنگلومرا متشکل از قطعات آتش فشانی خاتمه می یابد. در بالاترین افق مجموعه بحرآسمان،

^{1.} Multiple inverse method

در خصوص مطالعات تنش دیرینه در گستره میتوان به نتایج (Dimitrijevic (1973) اشاره نمود، وی معتقد است شکل گیری گسل های ترشیری تحت تاثیر تنش فشاری با روند بیشینه WE-SW و روند کمینهای عمود بر روند بیشینه صورت گرفته است و این میدان تنش با توزیع تنش نرمال درکمربند فشاری سازگاری دارد. با توجه به ویژگی شکنندگی، وجود سطوح شکستگی و برشی فراوان در گستره، میتوان آن را از نظر دینامیکی مورد مطالعه قرار داد. لذا تحلیل تنش دیرینه میتواند کمک شایانی در پیبردن به نحوه تشکیل ساختار باشد. جریان لاواخیلی نازک با ترکیب شیمیایی سنگهای آتش فشانی متغیر رخنمون دارد به طوری که در بخش پایینی آندزیت - بازالت با تراکی آلبیت و تراکی آندزیت حضور دارد اما درصد تراکی آلبیت فعالیتهای آتش فشانی در گستره باعث شکل گیری مجموعه فعالیتهای آتش فشانی در گستره باعث شکل گیری مجموعه رازک می گرد که توالی ضخیمی از پیروکلاست و جریان لاوا، تراکی بازالت و تراکی آندزیت می باشد. این مجموعه سن لاوا، تراکی بازالت و تراکی آندزیت می باشد. این مجموعه سن از کام ۲/۶ میلیون سال بر اساس داده های سن سنجی به روش هم شیب بر روی تشکیلات رسوبی ائوسن مجاور خود نه شته گردیده است (شکل ۱).



شــکل۱. موقعیت گســتره در نقشه ایران و تقسیمات کشوری به همراه نقشه زمینشناسی و ایستگاههای برداشت را نشان میدهد (برگرفته از نقشه زمینشناسی رفسنجان با اندکی تغییر از Dimitrijevic et al.،1971)

نتايج و بحث

بازسازی تنش دیرینه به کیفیت مشاهدات صحرایی و اندازه گیری بردار لغزش وابسته است به طوری که (1989) Angeleir معتقد است اندازه گیری های صحرایی در تعیین توالی سے و سے وی لغزش گسے مہم می باشد، از این رو بهمنظور شیناخت و بررسی آرایش محورهای تنش در ۱۸ ایستگاه (شکل۱) با واحدهای سنگی به سن اواخر کرتاسه - نئوژن، برداشتهای ساختاری به شیوه مستقیم صحرایی صورت پذیرفت. با توجه به اهمیت شناخت فازهای دگرشکلی، سعی گردید که تا حد امکان در هنگام برداشت، دادهها براساس رويدادهاي زمين ساختي دستهبندي شوند؛ به طوری که از ۴۶۵ برداشت صورت گرفته، ۷۵ برداشت مربوط به فلیشهای کرتاسه پیشین- ائوسن پسین، ۱۵۰ برداشت مربوط به کنگلومرا و آهکهای ائوسن میانی و در نهایت ۲۴۰ برداشت صحرایی در ارتباط با صفحات برشی آذرینهای ائوسین بالایی میباشد. برداشیتها دربردارنده صفحات گسلی، سطوح لغزش مزدوج، سطوح انحلال فشاری ساختاری و خطخشها میباشاند و هر داده لغزش گسل شامل اندازه گیری صفحه گسل (شیب و جهت شیب)، مسیر لغزش (آزیموت روند و زاویه میل) و سوی لغزش (معکوس، عادی، چپبُر و یا راستبُر) میباشد. از اینرو، رخنمون اکثر گسلها شیبی بیش از ۴۵ درجه و خطوارههای لغزشی با روندهای چیره شمالخاوری، جنوبخاوری و جنوبباختری و زاویه میل بین ۷۰-۰ درجه را نشان میدهند.

تعیین سوی لغزش گسل اولین نیاز در تحلیل تنش میباشد. برای این منظور از نشانههای کینماتیک بهره گرفته شد؛ به گونهای که جابجایی ها (چینه، رگه، دایک و مانند

آن) (شـکل ۲- الف - ج)، زمینه را برای تفسیر دقیق فراهم آورند اما معیارهای تعیین سوی برش که در مقالات بسیاری توصیف گردیده است Hippolyte et al., 1976; Petit, 1987; (2012) بنیز میتوانند به عنوان اصول تشـخیص سـوی لغـزش (Angelier, 1994)، نوع حرکت و جابهجایی به کارگرفته شـوند، این معیارها شامل پلههای تجمعی کانیها، تول مارکهای زمین ساختی، سطوح صاف و میباشند (شکل۳-الف - و)

در زمین ساخت چند فازی برآورد رابطه سنی چند نسل خطخش ایجاد شده بر روی یک صفحه با روش دسته بندی گسلها (Celerier،1995) و یا به روش محاسباتی (Shan and Fry, 2005; Otsubo et al., 2006) مخصوصاً زمانی که دو خطخش چگالی یکسانی داشته باشند، می تواند منجر به خطا گردد (Sperner and Zweigel، 2010) ما منجر به خطا گردد (2010, Sperner and Zweigel، اما بزرگی کمتری از حرکت اول داشته باشد شیارهای خلق شده بزرگی کمتری داشته و سن سنجی با دقت بیشتری صورت بزرگی کمتری داشته و سن سنجی با دقت بیشتری صورت می گیرد. این اصل در بیشتر برداشت ها با حضور چند نسل خطخش بر روی یک صفحه مورد توجه قرار گرفت (شکل ۴). در مرحله اول به منظور دستیابی به نتیجه کلی، در هر یک

از ایستگاهها با استفاده از روش دو وجهی راست و بهره گیری از نرمافراز Tectonic FP1.1 سازوکار کانونی گسل ها رسم گردید (Ortner et al., 2002) (شـکل۵) اما اسـتفاده از روش دو وجهی راست، امکان تحلیل و دستهبندی دادهها را بهصورت جزیی و جداسازی وقایع نمی دهد، در مراحل بعدی، دادهها به روش وارون سازی چندگانه (Yamaji, 2000) تحلیل شدند.



شــکل۲. الف ۱) نمای نمادین، الف ۲) نمای صحرایی جابهجایی رگه کوارتز توسـط گســل معکوس در واحدهای کنگلومرایی ائوســن- دید به سمت شمالخاور، ب۱) نمای نمادین، ب ۲) نمای صحرایی جابهجایی لایهبندی توسط دسته گسل عادی در فیلشهای ائوسن- دید به سمت جنوبخاور، ج۱) نمای نمادین، ج۲) نمای صحرایی جابهجایی دایک توسط گسل عادی در واحد کنگلومرای ائوسن- دید به سمت شمالخاور



شــکل۳. تصاویر مربوط به علائم و شــاخصهای تشــخیص ســوی لغزش الف) پلههای تجمعی مربوط به صفحه لغرش در فلیش ائوســن، ب) تولمارک زمینساختی در واحدهای آذرین مجموعه بحرآسمان، ج) سطوح صاف و صیقلی در بازالتهای ائوسن، د) شکستگیهای ریدل در کنگلومرای ائوسن، ه) بازشدگیهای کششی در آذرینهای مجموعه بحرآسمان، و) قلههای استیلولیتی در کنار پلههای کلسیتی در آهکهای ائوسن

لیلا عبادی و همکاران



شکل۴. الف) دو نسل خطخش، نسل قدیمی بلندتر از نسل جدیدتر می باشد، دید به سمت شمالخاور در واحدهای آذرین مجموعه بحرآسمان، ب) دو نسل خطخش، نسل جدیدتر بر روی نسل کهنتر در آذرینهای مجموعه رازک قرار گرفته است، دید به سمت شمالخاور



شکل۵. تصویر ماهوارهای ^۰ETM و IRS Pan با نسبت باند ۱۲۳ به همراه مکانسیم کانونی گسلها در ایستگاههای برداشت

پردازش دادهها

در این مقاله از روش وارونسازی چندگانه استفاده شد. این روش، تغییریافته روش وارونسازی مستقیم (Angelier، 1984)، با فرض موازى بودن مسير لغزش با تنش برشے حل شدہ بیشینہ، بہمنظور جداسازی تنش ہا از دادههای لغزش گسـلهای ناهمگن میباشد. از اینرو نه تنها جداسازی دستههای پیچیده در زیر دستههای همگن سادهتر می شود بلکه بهترین برآورد تنسور تنش برای یک گروه از گسلها با کمینهسازی جمع زوایای ناهمخوانی β (کمتر از ۳۰ درجه) و نسبت تنش نرمال- برشی بالا امکان پذیر می شـود. هر تنسور تنش کاهشیافته محورهای تنش اصلی σ_{v} ، $\sigma_{v} \in \sigma_{v} \leq \sigma_{v} \leq \sigma_{v}$)، و نسبت اختلاف تنش (σ,-σ,) (σ,-σ,) را دربرمی گیرد. در این روش فرمت FDT بهمنظور اندازه گیری جهتیابی صفحه گسل و مسیر لغزش مورد اســتفاده قرار می *گ*یرد به طوری که faz مســیر شیب، fpl زاویه شیب صفحه و saz و spl آزیموت و میل خطخش را نشان میدهند. نرخ faz و saz بین • تا ۳۶۰ درجه متغیر بوده در حالی که نرخهای fpl و spl بین زوایای • تا ۹۰ درجه متغیر می باشد.

در این روش، گسلها بر مبنای میدانهای تنش فعال کنندهشان به زیرمجموعههای کوچکتر تقسیم می شوند و تعداد راه حلهای ممکن از رابطه (۱) بهدست می آید (Yamaji,2000).

C_K=N!/ (K! (N-K)!) (ابطه ۱

بهطوری کـه N تعـداد کل لغـزش گسـلی و k تعـداد زیرمجموعههای ایجاد شـده برای وارون سازی بوده که نرخ آن بیـن ۳ تا ۸ متغیر میباشـد. با افزایـش نرخ k، تجمع نشـانههای رنگی در اسـتریونت افزایش یافته و خوشـهها نمایان تر میشـوند اما زمان محاسبه طولانی تر می گردد. در محاسبات صورت گرفته، ارزش k = ۵ به دلیل قابل تفکیک بودن دستهها و زمان پردازش کمتر اختیار گردید.

در این نرمافزار فاکتور افزایشیی^۳ (بین ۰ تا ۹۹) تعداد راه حلها در شــبکه نقطهای برای دســته دادههای ظاهر شده در اســتریونت میباشــد (Yamaji et al.، 2005b) که در

e=0 تمامی راهحلها رسم میشود. اما با افزایش ارزش e تعداد راه حلها کاهش یافته و میدانهای تنش قوی ظاهر می گردد، ازاینرو بعد از بررسیها و محاسبات صورت گرفته به روش آزمون و خطا در گستره ارزشهای e بین ۲۵-۳۰ برای بازسازی میدانهای تنش مورد پذیرش قرار گرفت.

براساس توضیحات فوق و پس از تصحیح و پردازش دادههای صحرایی، در نرمافزار MIM6، محاسبه تنسور تنش به روش جستجوی شـبکهای صورت گرفت، بهطوری که در محاسبه تنسور تنش عمومی، تنشی که بیشترین هماهنگی را با دادهها دارند، انتخاب شد. به منظور محاسبه تنسور تنش کاهشیافته و مسیر لغزش تئوری، دادهها خوشهبندی شدند که این خوشهها و زیردستهها حاکی از عملکرد چند فاز تنش مختلف و فعال شدن صفحات گسلی، با موقعیتهای مشابه ولی لغزشهای متفاوت میباشند. در هرخوشه با محاسبه و مقایسه دادههای لغزش هیستوگرام، زوایای ناهم خوانی رسم قایسه دادههای لغزش هیستوگرام، زوایای ناهم خوانی رسم تبعیت از منحنی گوسی مورد پذیرش قرار نگرفت. از اینرو بهترین نتایج براساس زاویای ناهم خوانی کمتر و نسبت بالای تنش نرمال-برشی (دیاگرام موهر) مشخص گردید (جدول ۱)

تمامی دادههای لغزش گسل در نیمکره پایینی، پروژه هممساحت ارائه شدند (جدول ۲) که الماسها، آزیموت و میل محورهای تنش را ارائه میکنند. محورهای σ_{r} و σ_{r} به ترتیب در استریونت سمت چپ و راست ترسیم گردیده است. نسبت تنش (Φ) با کدهای رنگی مشخص شده است بهطوری که رنگ بنفش معرف (Φ=Φ) تنش انحرافی فشاری بهطوری که رنگ سبز معرف تنش انحرافی صفحهای (جایی که $\sigma_{r}=\sigma_{r}=\sigma_{r}$) و رنگ سبز معرف تنش انحرافی صفحهای (جایی که σ_{r} میانگین الگوریتم بین σ_{r} و σ_{r} است) می باشد، اما رنگ قرمز (۱=Φ) برای تنش انحرافی کششی ($\sigma_{r}=\sigma_{r}$) به کار می رود.

کهنترین فاز تنش در گستره مربوط به واحدهای سنگی کرتاسه پیشین- ائوسن پسین (فلیش) میباشد بهطوریکه در این دوران (در ایستگاههای ۱۸–۱۵؛ جداول

^{1.} Method (MIM)

^{2.} Direct inverse method

^{3.} Enhance factor (e)

۲و۳) نسبت تنش (Φ) بین نرخ ۸/۰ تا ۲ درتغییر بوده و شـکل میدان تنش تفکیک شده مبین بیضوی تنش دوکی شـکل است. بهمنظور دستیابی به یک الگوی مشخص در مورد جهتگیری محورهای تنش، آزیموت و میل محورهای بیشینه و کمینه محاسبه شده، بر روی دیاگرام کانتوری ترسیم و بهترین صفحههای سازگار برای محورها در روی دیاگرام مشخص گردید که σ_{0} در صفحهای با روند $100/7^{\circ}$ N و شیب ۵۶/۴ درجه به سمت جنوبباختری جهتگیری نموده اما جهتیابی تنش کمینه با روند چیره °N ۲۶۰ و شـیب ۲۰/۴ درجه به سمت شـمال باختر نمایان گردیده است. این فاز که با نسبت تنش پایین (Φ≤۰/۱۴) بارز گردید عملکردی فشاری دارد و بهنظر میرسد که شکل گیری گسلهای معکوس در این مرحله رخ داده باشد.

در مرحله بعدی با مشخص نمودن شکل نسبت و محورهای اصلی تنش، فاز دوم تنش ظاهر گردید (ایستگاههای ۹-۱۴؛ جداول ۲و۳). در این فاز جهتیابی محور تنش بیشـینه بین روندهـای N ۱۵۰ تا N ۱۹۰ درجه میانگین °N ۷۹ بین نرخ N ۵۹ تا N ۸۹ متغیر می باشد. این فــاز که با افزایش نســبت تنش (میانگیــن Φ≥۰/۷۲) ً همراه است، شکل میدان تنش شلغمی یا کلوچهای را نشان میدهد که میتواند به عملکرد فاز تنش کششی با مولفه كوچك برش مربوط شود كه احتمالا نهشت محلى رسوبات (کنگلومرا، ماسهسنگ و آهک) و شکل گیری شکستگیهای برشی در این دوران صورت گرفته باشد.

در نهایت برداشتها در ایستگاههای ۱-۹ (جداول ۲و۳) نشان می دهند که نرخ نسبت تنش (Φ) در محدوده بین ۲۵/۰

تا ۰/۵۵ در حال تغییر می باشد که این امر مبین آن است که شکل بیضوی تنش در گستره، یک شکل متعادل (حد واسط بین اشکال دوکی- کلوچهای) را دارا می باشد. از سوی دیگر، ترسیم کانتور دیاگرام و بهترین صفحه دربردارنده جهات تنش بیشینه (جدول ۳) جهتگیری NW ۳۷، ۶٬۷۷۶ را نشان میدهد، در همین حال جهت گیری بهترین صفحه دربردارنده تنش کمینه N ۲۹۶/۵ ، ۸۸/۵ NE می باشد که میتواند بهعنوان فاز تنشی برشی- فشاری بعد از فاز کششی - برشے پیشین بر گسترہ اعمال شدہ باشد. با توجہ بہ نمودار گل سرخی جدول۳، در این فاز محور بیشینه تنش روند بین [°]N ۱۲ تا N ۳۲[°] را داشــته و تنش کمینه در روند عمود بر تنش کمینه میباشد. بهنظر میرسد که گسلهای راستالغز مرحله پیشین بهعنوان گسلهای شیبلغز دوباره فعال گردیدهاند و مهمترین فاز تنشمی در گستره میباشند، بهطوریکه دگرشـکلی کمان ماگمایـی در نتیجه همگرایی مایل دو صفحه عربی و ایران در مسیر شمالخاوری (Mcclusky et al., 2003; Mc Clay et al., 2004) (میانگین N ۱۶۲) و جهتگیری محور تنش کمینه با روند با مجموعه راندگی و حرکات مایل راستالغز مهار می شود (Allen et al., 2004) کے دلیل غلبہ اصطکاک حاصل از همگرایی میباشد (Jackson and McKenzie، 1984). با دادههای GPS امروزه Vernant et al., 2004, Vernant et al., 2004, Vernant دادهای and Chery, 2006) اثبات شده است که تقابل بین گسلش راستالغز و کوتاهشدگی بر توپوگرافی گستره موثر بوده است (Meyer and Dortz., 2007) و برخاستگی ناحیه رخ داده است (Shafiei et al., 2009; Shafiei, 2010) از این رو فاز نهایی مهمترین فاز در شکل گیری گستره محسوب میگردد.

جدول۱. هیستوگرام زاویه ناهمخوانی (زاویه ناهمخوانی: فاصله زاویه بین مسیر لغزش مشاهده شده و پیشبینی شده است، که بین ۰ تا۱۸۰ درجه درحال تغییر میباشد، زوایای کمتر از ۳۰ درجه قابل قبول بوده) به همراه دوایر موهر که تنش برشی و نرمال را برای هر ایستگاه برداشت نمایش میدهد

÷	هیستوکرام ژاویه ناهمخوانی (B)	نايره موهر	٩	هیستوکرام زاینه ناهمخوانی (B)	نايرد موهو
1		6	x		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
T			*		
٥		\bigcirc	*		
Y			*		- the second
•		\bigcirc	1.		
31			и		
17			17		
10		\bigcirc	19		
17			14		

شعاره ايستكاه	دادهای لغزش گسل درئیمکره پاییتی،پروژه هم مساحت. سر پیکان قطب صفحه و دئیلهها مسیر لغزش گسل را نشان میدهد، محورهای ۵۱ کو ۵۳ به ترتیب در استریونت سمت چپ و راست ترسیم گردیده است	تصویر استریوگرام صفحات گسلی به همراه موقعیت خط خش	دیاکرام تلزالت - خطواره دادههای للزش به همراه جهات آنش بیشینه و کمینه	تعداد برداشتها، آزیموت و زاویه میل تنش بیشینه و کمینه: نسبت تنش
	0.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1		◆O ₁ -exis ★ O ₂ -exis the mages of mid() and(as: TERMON and (> 30 ⁺)	$\Phi = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$
1			*1:54. • · · ·	$\begin{array}{l} n=25\\ \sigma 1=12.7/1.7\\ \sigma 3=281.4/37.1\\ \Phi=0.45 \end{array}$
2				$\begin{array}{l} n=29\\ \sigma 1=12.1/9.5\\ \sigma 3=281.1/6\\ \Phi=0.55\end{array}$
3				n=41 σ1=Υ۴٩,٩/١٣ σ3=)۴۵,٨/٣٩,٧ Φ=•,۴
4				n=27 σ 1=32.4/7.3 σ 3=127.1/32.8 Φ =0.5
٥				n=11 σ 1=222.4/8.5 σ 3=129.2/20.9 Φ =0.42
۴				n=37 σ1=ΥΫ.٧/Ϋ,λ σ3=Υ٩Υ. ١/١λ Φ=0.۵Υ

جدول۲ . تفسیر دادهها با کمک نرم افزار MIM





ادامه جدول ۲





جدول ۳. نمایش شــماتیک جهتگیری تنش در ایســتگاه به تفکیک سـنی و ارائه نمودار گل سـرخی و کانتور دیاگرام جهات تنش حداکثری و حداقلی

رنگ سپژ اجلی معرف تنش بیشینه و رنگ سپژ چمنی معرف نشش کمینه

نتيجەگىرى

محاسبه مراحل تنش دیرینه با استفاده از تفکیک فازها به روش وارونسازی چندگانه در ۱۸ ایستگاه و بر روی ۴۶۵ صفحه گسـلی نشاندهنده عملکرد سـه فاز تنش فشاری، کششی- برشی و برشی- فشاری در گستره میباشد. تحلیل دوایر موهر و تغییرات نسـبت تنش در بازه زمانی کرتاسـه تا نئوژن، به تغییرات فاز فشـاری به برشـی- فشاری اشاره دارد که با تغییرات صورت گرفته در فاز کوهزایی معادل آلپی انطبـاق کامل دارد. در تحلیلهای صـورت گرفته در زمان کرتاسـه تا نئوژن، فازهای مختلف محورهای تنش بیشینه بـا تغییر از روند °۱۶۲ N به °۲۴ N و تغییر روند محورهای کمینـه از °N N بـه °۲۱ N مشـخص گردید که احتمالا

نیاز به بررسیهای بیشتر دارد. از اینرو میتوان مراحل زیر را در فرگشت زمینساخت گستره در نظر گرفت:

- ۱. عملکرد فاز فشاری در کرتاسه پسین- ائوسن آغازین با جهتگیری تنش بیشینه و کمینه به ترتیب [°]N ۱۶۲ و [°]N ۷۹ با میانگین نسبت تنش ۱/۱۴ منطبق بر فاز کوهزایی معادل آلپین بوده، در نتیجه سبب شکل گیری راندگی در گستره شده است.
- ۲. وارون شدگی تنش فشاری به کششی برشی که با تغییر در میانگین نسبت تنش از ۱/۱۴ به ۱/۷۲ و ثابت ماندن محورهای تنش بیشینه و کمینه همراهی می شود و به حاکم بودن فاز کششی در اواسط دوره ائوسن در اثر فرورانش مایل و توسعه گسلهای راستالغز در ادامه عملک رد فاز کوهزایی معادل آلپین و به شکل گیری حوضههای رسوبی و نهشت رسوبات منجر گردیده است.

tion. Tectonophysics, 56, T17-T26.

- Angelier, J., 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets. Journal of Geophysical Research 89, 5835-5848.

- Angelier, J., 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data. Journal of Structural Geology, 11, 37–50.

- Angelier, J., 1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress; Part 3. A new rapid direct inversion method by analytical means. Geophysical Journal of International, 103, 2, 363–376.

- Angelier, J., 1994. Fault slip analysis and palaeostress reconstruction. In: Hancock, P.L. (Ed.), Continental Deformation. Pergamon Press, Oxford, 53-101.

- Berberian, F., Muir, I.D., Pankhurst, R.J. and Berberian, M., 1982. Late Cretaceous and early Miocene Andean type plutonic activity in northern Makran and central Iran. Journal of Geological Society of London, 139, 605-614.

 Célérier, B., 1995. Tectonic regime and slip orientation of reactivated faults. Geophysical Journal International, 121, 143-161.

- Dimitrijevic, M.D., 1973. Geology of Kerman region. Geological Survey of Iran, Report 52, 334.

- Dimitrijevic, M.D., Dimitrijevic, and M.N., and Diordjevic, M., 1971.Geological map of Rafasanjan1 (30' sheet no. 7150, scale: 1/100,000). Geological Survey of Iran.

- Etchecopar, A., Vasseur, G. and Daignières, M., 1981. An inverse problem in micro tectonics for the determination of stress tensor from fault striation analysis. Journal of Structural Geology, 3, 51-64.

- Hassanzadeh, J., 1993. Metallogenic and tectono magmatic events in the SE sector of the Cenozoic active continental margin of Iran

۳. در نهایت اعمال نیروی فشاری ناشی از بازشدن دریای سرخ و خلیج عدن در جنوب صفحه عربی و برخورد (McClay et al.,2004)
مایل در جهت شمال خاور (McClay et al.,2004)
تاثیر گذار بوده و باعث تغییر فاز تنش کششی- نائوژن برشی ائوسن به برشی- فشاری الیگوسن تا نئوژن برشی در پهنه گردیده است که جهتگیری محورهای بیشینه و کمینه به ترتیب با روندهای °۲/۰ به بیشینه و کمینه به ماری اشاره دارند که محصور بودن گستره بیز تائیدی بر تکامل آن در یک پهنه برشی- فشاری العزمی معکوس با مولفه راستالغز می بر تکامل آن در یک پهنه برشی- فشاری میاری می مودی محور بودن می باشد. بهنظر می سرخ ماری اشاره دارند که محصور بودن می باشد. بهنظر می سرخ ماری اشاره دارند که محصور بودن می باشد. بهنظر می سرخه از سنگهای آذرین نفودی می برخورد صفحه عربی به ایران است.

سپاسگزاری

نویسندگان، بدین وسـیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از شـرکت ملـی صنایع مس ایران به ویـژه امورتحقیق و توسـعه، بخش تحقیقات معدنی، بهدلیل حمایتهای مالی در برداشتهای صحرایی اعلام میدارند.

منابع

- Alavi, M., 1994. Tectonic of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. Tectonophysics, 229, 211-238.

- Meyer, B. and Dortz, k-L., 2007. Strike-slip kinematics in central and eastern Iran: Estimating fault slip-rates averaged over the Holocene. Tectonics, 26, TC5009, doi: 10.1029/2006TC002073.

Allen, M., Jackson J. and Walker, R.,
2004. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. Tectonics,
23, TC2008, doi: 10.1029/3003TC001530.

- Angelier, J., 1979. Determination of mean principal stresses for a given fault popula-

(Shahr-e- Babak area, Kerman Province). Unpublished PhD thesis, University of California, Los Angeles, 204.

- Hippolyte, J-C., Bergerat, F., Gordon, M.B., Bellier O. and Espurt N., 2012. Keys and pitfalls in mesoscale fault analysis and paleostress reconstructions, the use of Angelier's methods. Tectonophysics, 581, 144-162.

- Jackson, J. and McKenzie, D., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal of Review Astron Society, 77, 185-264.

- Lisle, R.J. and Srivastava, D.C., 2004. Test of the frictional reactivation theory for faults and validity of fault-slip analysis. Geology, 32, 7, 569-572.

- McClay, K.R., Whitehouse, P.S., Dooley, T. and Richards, M., 2004. 3D evolution of fold and thrust belts formed by oblique convergence. Marine Geology, 21, 857-877.

- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. and Veis, G., 2003. Global positioning system constrains on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. Journal of Geophysical Research, 105, 5695-5719.

Nemcok, M. and Lisle, R.J., 1995. A stress inversion procedure for polyphase fault/ slip data sets. Journal of Structural Geology, 17, 10, 1445-1453.

- Ortner, H., Retier, F. and Acs, P., 2002. Easy handling tectonic data: the programs VB for Mac and tectonics FP for windows. Computer and Geosciences, 28, 1193-1200.

- Otsubo, M., Sato, K. and Yamaji, A., 2006. Computerized identification of stress tensors determined from heterogeneous fault-slip data by combining the multiple inverse method and k-means clustering. Journal of Structural Geology, 28, 991-997.

- Petit, J.P., 1987. Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks Journal of Structural Geology, 9, 597-608.

- Sato, K., Yamaji, A. and Tona, S., 2013. Parametric and non-parametric statistical approaches to the determination of paleostress from dilatants fractures: Application to an Early Miocene dike swarm in central Japan. Tectonophysics. .doi.org/10.1016/j.tecto.2012.12.008.

- Shafiei, B., 2010. Lead isotope signatures of the igneous rocks and porphyry copper deposits from the Kerman Cenozoic magmatic arc (SE Iran) and their magmatic-metallogenic implications. Ore Geology Reviews, 805, 12-22.

- Shafiei, B., Haschke, M. and Shahabpour, J., 2009. Recycling of orogenic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks, southeastern Iran. Mineralium Deposita, 44, 265-283.

- Shan, Y. and Fry, N., 2005. A hierarchical cluster approach for forward separation of heterogeneous fault/slip data into subsets. Journal of Structural Geology, 27, 929-936.

- Shan, Y. and Fry, N., 2006. The moment method used to infer stress from fault/slip data in sigma space: invalidity and modification. Journal of Structural Geology, 28, 1208-1213.

- Shan, Y., Lin, G., Li, Z. and Zhao, C., 2006. Influence of measurement errors on stress estimated from single-phase fault/slip data. Journal of Structural Geology, 28, 943-951.

- Shan, Y., Suen, H., Lin, G., 2003. Sepa-

ration of polyphase fault/slip data: an objectivefunction algorithm based on hard division. Journal of Structural Geology, 25, 829-840.

- Sippel, J., Scheck-Wenderoth, M., Reicherter K. and Mazur, S., 2009. Paleostress states at the south-western margin of the Central European Basin System Application of fault-slip analysis to unravel a polyphas deformation pattern. Tectonophysics, 470, PP-129-146.

- Sperner, B. and Zweigel, P., 2010. A plea for more evolution in fault-slip analysis. Tectonophysics, 482, 29-41.

- Twiss, R.J. and Unruh, J.R., 1998. Analysis of fault slip inversions: do they constrain stress or strain rate? Journal of Geophysical Research, 103, 12205-12222.

- Vernant, P. and Chery, J., 2006. Mechanical modeling of oblique convergence inhe Zagros, Iran. Geophysical Journal International, 165, 991-1002.

- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M.R., Vigny, C., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, Tavakoli,F. and Chery, J., 2004. Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. Geophysical Journal International, 157, 381-398.

- Vialon, P., Ruhland, M. and Grolier, J., 1976. Elements de Tectonique Analytique. Masson, Paris. 118.

- Walker, R.T., 2006. A remote sensing study of active folding and faulting in southern Kerman province, S.E. Iran. Journal of Structural Geology, 25, 654-668.

- Yamaji, A., 2000. The multiple inverse method; a new technique to separate stresses from heterogeneous fault-slip data. Journal of Structural Geology, 22, 4, 441-452.

- Yamaji, A. and Sato, K., 2005. MIM Viewer, Version 4.10. Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, Kyoto.

- Yamaji, A., Sato, K. and Otsubo, M., 2005a. Multiple Inverse Method Main Processor, Version 5.31. Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, Kyoto.

- Yamaji, A., Sato, K. and Otsubo, M., 2005b. Multiple Inverse Method Software Package - User's Guide. Manual for Software Thesis, Kyoto University, Kyoto, 16

- Yamaji, A., Sato, K. and Tonai, S., 2010. Stochastic modeling for the stress inversion of vein orientations: Paleostress analysis of Pliocene epithermal veins in southwestern Kyushu, Japan. Journal of Structural Geology, 32, 1137-1146.

- Yamaji, A., 2013. Comparison of methods of algebraic strain estimation from Rf/ϕ data: A unified theory of 2D strain analysis. Journal of Structural Geology, 16, 1–11.