

## تحلیل مکانی گسلش و رومرکز رخدادهای لرزه ای با استفاده از روش فرای (مطالعه موردی در استان یزد)

بابک سامانی

استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز

عباس چرچی

استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۵

b.samani@scu.ac.ir

### چکیده

با استفاده از پردازش چشمی و فیلترسازی تصاویر ماهواره ای مهمترین خط واره های استان یزد استخراج گردیده است. نقشه تراکم شکستگی نشان دهنده بالاترین تراکم شکستگی و گسلش در بخشهای مرکزی و شمال شرقی استان یزد می باشد. تصویر اندازی رومرکز رخدادهای لرزه ای تاریخی و سده اخیر نشان دهنده بیشترین تمرکز زمین لرزه ها در بخشهای شمال شرقی استان می باشد. تحلیل الگوی مکانی ساختارهای شکننده نشان دهنده روند غالب شمال غرب-جنوب شرق در توسعه گسل ها و شکستگیها می باشد. به کارگیری تحلیل الگوی مکانی Fry و استفاده از داده های نقطه ای رومرکز رخداد های لرزه ای نشان دهنده وجود یک روند غالب شمال غرب-جنوب شرق جهت انتشار رخدادهای لرزه ای در پهنه استان یزد می باشد. نتایج نشان می دهد پراکنش رومرکز زلزله ها یک الگوی پهنه ای، پراکنده و نامشخص نبوده بلکه دارای یک روند بارز شمال غرب-جنوب شرق می باشد بنابراین گسل ها با روند غالب شمال غرب-جنوب شرق بعنوان مهمترین چشمه های لرزه زا در این استان محسوب می شوند. مهمترین جنبه کاربردی این مقاله تعیین راستاهای غالب وقوع زمین لرزه در پهنه های لرزه ای مختلف می باشد.

**کلمات کلیدی:** تحلیل الگوی مکانی، تراکم شکستگی، آنالیز فری، چشمه لرزه زا

### مقدمه

پهنه ایران زمین به دلیل قرار گیری بر روی کمربند زلزله همواره در معرض خطر وقوع زلزله های مخرب بوده است. شکل گیری گسل های بزرگ و عمیق در طول تکامل پوسته ای ایران و وجود میدانهای تنش فعال همواره آن را مستعد وقوع رخدادهای لرزه ای پرمخاطره ای کرده است. ایالت لرزه زمین ساخت ایران مرکزی به دلیل وجود ساختارهای گسلی قدیمی و بزرگ یکی از مناطق لرزه زا با پتانسیل خطر بالا در پهنه ایران محسوب می شود (Berberian, 1976). مطالعات سائزموکتونیک و تحلیل های لرزه ای با استفاده از روشهای آماری گوتنبرگ-ریشر بر روی این ایالت لرزه ای نشان دهنده پتانسیل بالقوه این ایالت لرزه زا جهت رخداد زمین لرزه های مخرب با بزرگای بالا همراه با نرخ رخدادهای لرزه ای پایین و دوره بازگشت نسبتا کوتاه برای زلزله های بزرگ می باشد (Nowroozi, 1986). تاکنون مطالعات متعددی جهت برآورد پارامترهای لرزه خیزی و شناخت مهمترین چشمه های لرزه زا در بخشهای مختلف ایران صورت گرفته است. شناخت گسلهای لرزه زا و به نقشه در آوردن آنها و استفاده از بانک اطلاعات لرزه ای با عدم قطعیت مناسب کمک شایانی به زمین شناسان جهت درک خصلتهای لرزه ای یک منطقه خواهد نمود (علیمی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اسلامی و درخشانی، ۱۳۹۳). خوشبختانه مطالعات زمین شناسی صورت گرفته باعث شناخت بسیاری از گسل های مهم و لرزه زا بر روی پوسته ایران گشته است.

در این مطالعه با تحلیل جهت یابی ساختارهای خطی، روندهای غالب این ساختارها در استان یزد مشخص شده است. از آنجا که استفاده از نقشه رومرکز زلزله ها جهت تعیین روندهای غالب لرزه زا به دلیل الگوی پراکنش پهنه ای رومرکز زلزله ها معمولا با مشکل مواجه می شود در این مطالعه با استفاده از آنالیز فری، جهت یابی مکانی و روندهای غالب چشمه های لرزه زا و مقایسه

آنها با روندهای غالب ساختارهای گسلی در استان یزد مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به راهکارهای ارائه شده جهت تعیین روندهای مکانی غالب در درک رخدادهای لرزه ای، این مقاله می تواند در مطالعات آینده مورد استفاده علاقمندان به این زمینه قرار گیرد.

### روش کار

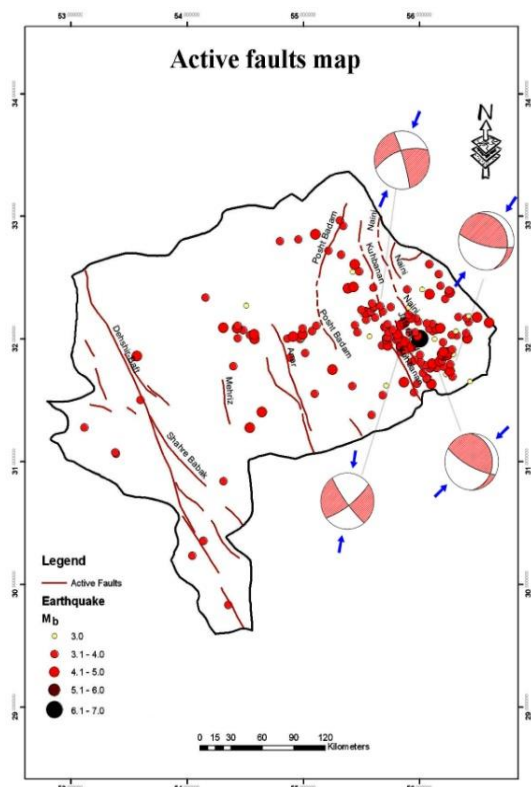
در این پژوهش الگوی مکانی گسل ها و رومرکز زلزله های استان یزد مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. به این منظور با استفاده از روشهای تشخیص چشمی و فیلتر سازی و بارز سازی تصاویر ماهواره ای مهمترین گسل ها و شکستگیهای منطقه استخراج گردید. با استفاده از ابزار افزوده شده Polar plot نمودار گل سرخی جهت یابی مکانی گسل ها و شکستگیها ترسیم و مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از روش فری (Fry, 1979) به تحلیل الگوی مکانی رومرکز زلزله ها پرداخته شد. به این منظور با بکارگیری نرم افزار DotProc و به کار گیری تحلیل چند مرحله ای رومرکز زلزله ها، الگوی مکانی توزیع رخدادهای لرزه ای تعیین گردید. نهایتا نتایج حاصل از تحلیل الگوی مکانی گسلها، شکستگیها و رومرکز رخدادهای لرزه ای با یکدیگر مقایسه و در خصوص الگوی توزیع رخدادهای لرزه ای و میدان تنش بحث گردید.

### تکتونیک و لرزه زمین ساخت استان یزد

استان یزد در حاشیه کویر مرکزی ایران و تقریبا در میانه فلات مرکزی که مناطق مابین رشته کوه البرز و رشته کوههای زاگرس را تشکیل می دهد قرار گرفته است. از لحاظ ساختاری و چینه شناسی استان یزد در پهنه تکتونیک ایران مرکزی واقع شده است. پهنه ایران مرکزی با قدمتی طولانی بصورت یک خرد قاره تکتونیک در طی فعالیتهای تکتونیک و وقایع کوهزایی نقش مهمی

در نزدیکی گسلها بیشتر از مقادیر ارائه شده در جدول ۱ می باشد. شکل (۳) نقشه پهنه بندی شتاب لرزه ای در استان یزد را نشان می دهد.

با استفاده از داده های لرزه ای باجه زمانی (۱۹۰۰-۲۰۱۴ میلادی) و پس از همگن سازی داده ها (۳۳۰ داده مربوط به زلزله های بزرگتر از  $M_b=3$  ریشتر) محاسبه پارامتر لرزه خیزی  $b$ -value در رابطه گوتنبرگ-ریشتر نشان دهنده مقدار پایین این کمیت لرزه ای بوده ( $b=0.67$ ) و نشان از توان لرزه ای بالای پهنه استان یزد دارد (شکل ۴). بر اساس شیب خط حاصل در نمودار گوتنبرگ-ریشتر احتمال وقوع رخداد لرزه ای با بزرگای  $7/6$  ریشتر در پهنه استان یزد محتمل می نماید.



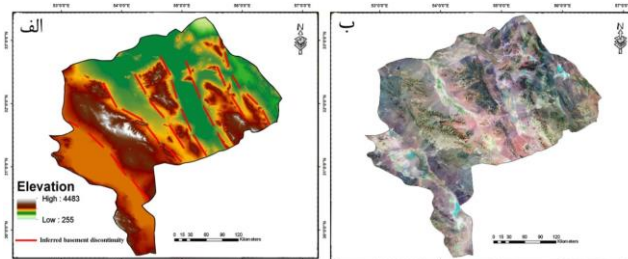
شکل ۲. گسلهای لرزه زا در استان یزد به همراه رومرکز زلزله های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی. اقتباس از نقشه گسلهای فعال ایران تهیه شده توسط پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

جدول ۱. شتابهای افقی وارده بر شهر یزد در نتیجه وقوع بیشینه زلزله محتمل حاصل از فعالیت گسلهای مختلف

گسل	طول گسل (Km)	M (ریشتر)	شتاب (g)
دهشیر-بافت	۳۵۰	۷/۶	۰/۱۸
مهریز	۴۰	۶/۷	۰/۲۶
شهر بابک	۱۲۰	۷/۱	۰/۰۶
انار	۱۲۰	۷/۱	۰/۲۳
کوهبنان	۱۶۰	۷/۳	۰/۰۸
پشت بادام	۱۳۰	۷/۲	۰/۱۴
نائینی	۹۰	۷	۰/۰۶
جعفرآباد	۶۰	۶/۸	۰/۰۶

در شکل گیری سیمای تکتونیکی کنونی ایران ایفا کرده است. طی رخداد فازهای تکتونیکی متفاوت، شکستگیها و گسل های بزرگ و پی سنگی مهمی همچون گسلهای دهشیر-بافت، گسل چابدون، گسل انار و ... در این منطقه شکل گرفته است. وجود نوارهای افیولیتی و سیمای خطی آتشفشانی گواهی بر عمق زیاد فرایندهای گسلش در این منطقه می باشد. وقوع گسلش های متوالی بصورت فرامین-فرامین در این منطقه باعث قرارگیری سیمای مورفوتکتونیکی متفاوت در کنار هم گشته است. بسیاری از دشت ها و کویرهای موجود در این منطقه در حقیقت آثاری از فروافتادگیها و گسلشهای قدیمی با مکانیزم فرامین بوده که در حال حاضر بصورت مناطق پست در مجاورت ارتفاعات قرار گرفته اند (Kargaranbafghi et al., 2011).

شکل (۱) تصویر ماهواره ای و مدل رقومی ارتفاع استان یزد را نشان می دهد. براساس مدل رقومی ارتفاع می توان مشاهده نمود که مناطق مرتفع و پست در راستای تقریباً موازی و با روند شمال غرب-جنوب شرق نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند. در شکل (الف) راستای محتمل شکستگیهای پی سنگی در نقشه مدل ارتفاع رقومی منطقه ترسیم شده است. این راستای احتمالی با راستای برخی از مهمترین گسلهای موجود در منطقه، همچون گسل های دهشیر، انار، کوهبنان و جعفرآباد منطبق می باشد.



شکل ۱. تصویر ماهواره ای (Landsat 7 (ETM) و (ب) مدل رقومی ارتفاع استان یزد

از دیدگاه سنگ شناسی این منطقه دارای قدیمیترین سنگهای شناخته شده دگرگونی متعلق به پرکامبرین است که عمدتاً در شرق استان یزد دارای بیرون زدگی می باشند. پی سنگ بلورین و مقاوم ایران مرکزی به همراه پوشش پلاتفرمی آن باعث شده است تا این بخش از پوسته ایران در برابر میدانهای تنش تکتونیکی همچون یک جسم صلب و مقاوم رفتار نماید. از اینرو به دلیل بالا بودن ذاتی مقاومت برشی توده های سنگی و توان بالای تجمع تنش معمولاً رخدادهای لرزه ای و آزادسازی امواج الاستیک با قدرت بیشتری صورت می پذیرد (Jackson, 1995).

براساس نقشه گسلهای فعال ایران، گسلهای لرزه زای مهمی در پهنه استان یزد مورد شناسایی قرار گرفته اند (Hessami et al., 2003). شکل (۲) مهمترین گسلهای استان یزد را نشان می دهد. جدول ۱ لیست گسلهای لرزه ای استان یزد به همراه برخی از ویژگیها همچون طول گسل و بزرگترین زلزله محتمل براساس رابطه تجربی (۱) (Mohajer-Ashjai and Nowroozi, 1978) و شتاب محتمل بر شهر یزد، بر اساس رابطه (۲) (Donovan, 1973) را نشان می دهد.

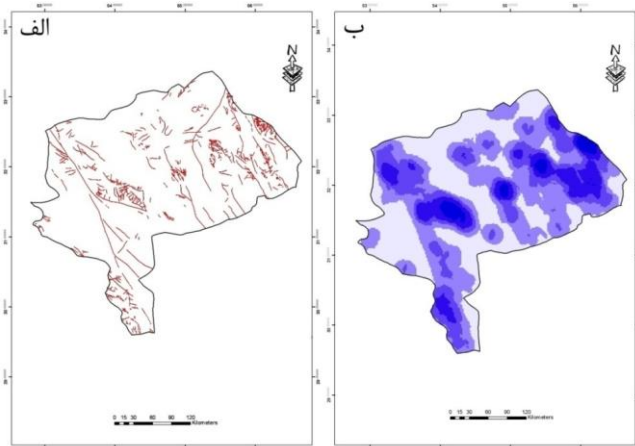
$$M=5.4+\text{LogLR} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$Y=1080 e^{0.58M} (R+25)^{-1.32} \quad \text{رابطه (۲)}$$

روابط بالا LR برابر با نصف طول گسل، M بزرگی محتمل، Y شتاب افقی و R فاصله کانونی تا محل مورد نظر می باشد.

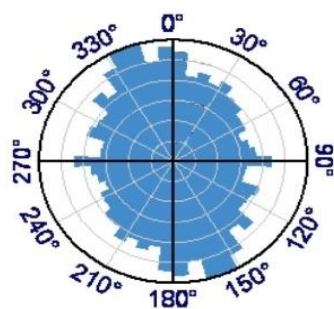
شتابهای موجود در جدول (۱) شتابهای افقی وارده بر شهر یزد در نتیجه وقوع بیشینه زلزله محتمل حاصل از فعالیت گسل ها می باشد. توان شتاب بیشینه

موجود در پهنه استان یزد و نقشه تراکم شکستگی را نشان می دهند. منظور از تراکم شکستگی در این تحقیق عبارت است از نسبت تعداد شکستگیها در واحد سطح. به این منظور پهنه مورد مطالعه به شبکه های مربعی با طول ۲ کیلومتر تقسیم بندی شد و تراکم شکستگی برای هر شبکه مربعی محاسبه و به مرکز هر شبکه وزن دهی گردید (شکل ۵ ب). نقشه تراکم شکستگیها نشان دهنده بیشترین تراکم شکستگیها در بخشهای مرکزی و شرقی استان می باشد. با استفاده از ابزار افزوده شده Polar Plot در محیط GIS راستای آزیموتی هر خطواره محاسبه و نمودار جهت یابی غالب ساختارهای خطی تهیه گردید (شکل ۶). بر این اساس دو روند غالب با موقعیت های  $(330^{\circ}-345^{\circ})$  و  $(355^{\circ}-005^{\circ})$  برای توزیع مکانی ساختارهای خطی در محدوده مورد مطالعه بدست آمد (شکل ۶).



شکل ۵. الف) نقشه خطواره های موجود در استان یزد. ب) نقشه تراکم شکستگی ها

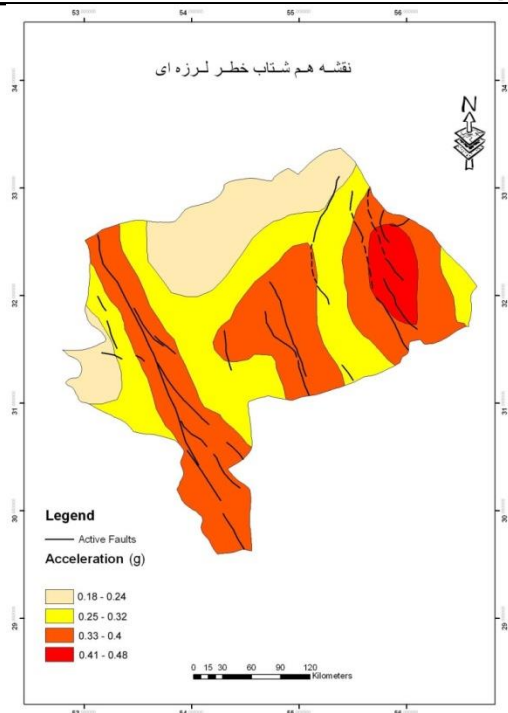
### Rose Plot



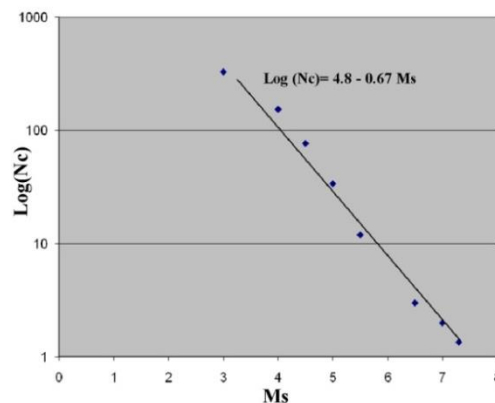
شکل ۶. نمودار گل سرخی مربوط به روند غالب ساختارهای خطی

### تحلیل جهت یابی رومرکز زلزله ها و بیضی تنش

بررسی چشمی نقشه پراکندگی رومرکز زلزله های محدوده زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی در استان یزد (شکل ۲)، به خوبی نشان دهنده چگالی بالاتر فرایندهای لرزه ای در محدوده های شرقی استان می باشد. این مساله در نقشه شدت تراکم داد های رومرکز لرزه ای (نسبت تعداد رومرکز های لرزه ای به واحد سطح) نیز به خوبی نشان داده می شود (شکل ۷). آنچه از مقایسه شکلهای ۷ و ۵ب حاصل می شود، نشان دهنده بالا بودن تراکم فعالیت های لرزه ای در مناطق با تراکم بالاتر شکستگیها بویژه در بخشهای شرقی استان می باشد.



شکل ۳. نقشه هم شتاب لرزه ای در استان یزد

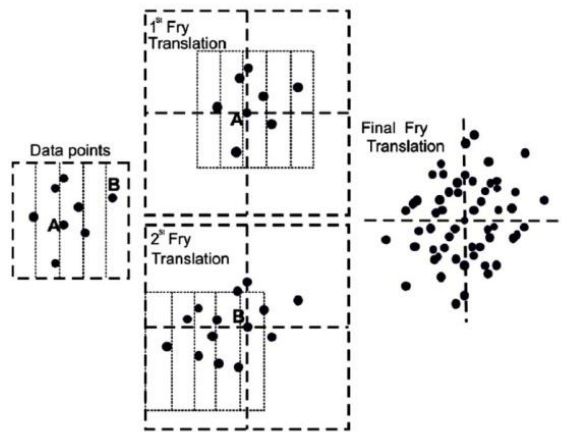


شکل ۴. نمودار فراوانی-تجمعی-بزرگی (گوتنبرگ-ریشتر) برای زلزله های بزرگتر از ریشتر و محاسبه پارامتر  $M_b=3$

### بحث

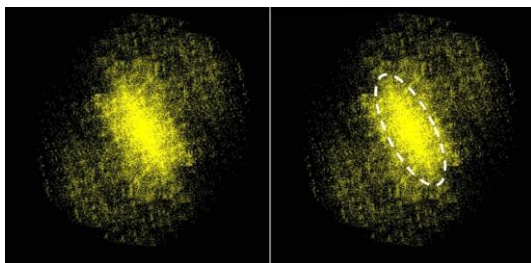
#### تحلیل جهت یابی گسلش

نقشه تکتونیکی گسلهای فعال (شکل ۲) تراکم کامل و مناسبی از گسل های کوچک تر و کم اهمیت تر را نشان نمی دهد. از این رو در نقشه پراکندگی رومرکز سطحی زلزله ها امکان نسبت دادن هر رخداد لرزه ای به یک گسل مشخص امکان پذیر نمی باشد. بمنظور استخراج ساختارهای خطی (گسل و شکستگیها) با استفاده از پردازش چشمی و فیلترسازی تصاویر ماهواره ای مهمترین خط واره های استان یزد استخراج گردید. با توجه به محدودیت در تفکیک قدرت مکانی و توان لرزه ای اندک ساختارهای خطی شکنا با طول کوچک، به این منظور حداقل طول بحرانی برای استخراج خط واره ها معادل ۵۰۰ متر در نظر گرفته شد و کلیه خط واره ها با طول بزرگتر از حد بحرانی ۵۰۰ متر استخراج گردید. شکل (۵ الف و ب) به ترتیب نقشه خط واره های

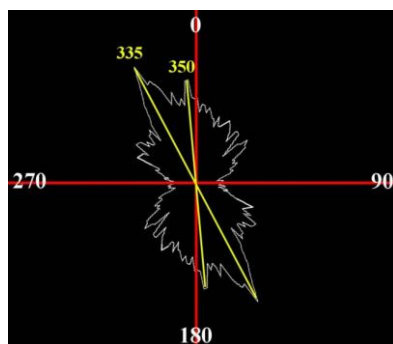


شکل ۸. طرح کلی روش رسم الگوی Fry برای مجموعه ای از داده های نقطه ای

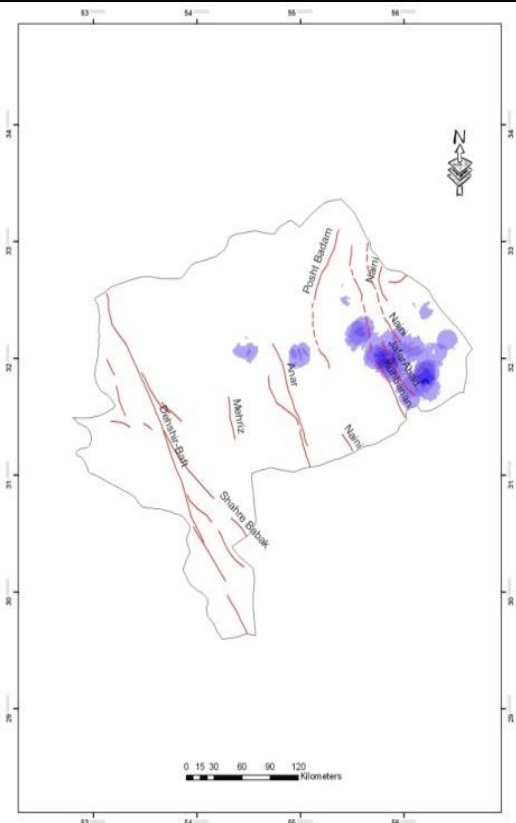
آنالیز فری معمولاً به دو روش دستی یا نرم افزاری صورت می گیرد. در این پژوهش با استفاده از مجموعه نرم افزاری DotProc به بررسی الگوی مکانی داده های نقطه ای رومرکز زلزله ها پرداخته شده است. شکل (۹) نشان دهنده الگوی فری حاصل از تحلیل رومرکز زلزله ها در استان یزد می باشد. به گونه ای که مشخص است یک روند غالب شمال غرب-جنوب شرق در توزیع مکانی داده های نقطه ای مشاهده می شود. بمنظور فهم بهتر روند غالب الگوی مکانی داده های مربوط به رومرکز زلزله ها نمودار جهت یابی داده های نقطه ای بصورت نمودار گل سرخی ترسیم شده است (شکل ۱۰). براین اساس دو روند  $335^\circ$  و  $350^\circ$  روندهای غالب در توزیع و انتشار امواج لرزه ای می باشند.



شکل ۹. الگوی فری حاصل از تحلیل رومرکز زلزله ها



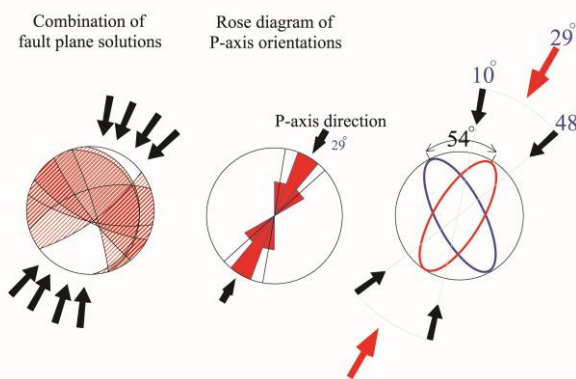
شکل ۱۰. نمودار جهت یابی داده های نقطه ای بصورت نمودار گل سرخی



شکل ۷. نقشه شدت تراکم رومرکز رخدادهای لرزه ای

بخشهای مرکزی استان با وجود بالا بودن تراکم شکستگیها تراکم پائینی از فعالیتهای لرزه ای را نشان می دهد. توجیه پذیری این مساله می تواند بوسیله ماهیت متفاوت سنگ شناسی و مکانیکی در قسمتهای مرکزی و شرقی، رفتار غیرلرزه ای گسل ها در بخش های مرکزی و یا عدم جهت یافتگی هندسی مناسب گسل ها نسبت به میدانهای تنش محلی در بخشهای مرکزی دانست (Talebian and Jackson, 2004).

اما به دلیل پراکندگی نامنظم و پهنه ای رومرکز زلزله ها، تشخیص یک یا چندین روند غالب در الگوی پراکنش رخدادهای لرزه ای امکان پذیر نمی باشد. به این منظور تلاش شد تا با استفاده از تحلیل فری مربوط به داده های نقطه ای رومرکز زلزله ها، به روندهای غالب در الگوی مکانی آنها دست یافته شود. تحلیل فری اولین بار توسط (Fry, 1979) جهت تحلیل استرین در سنگهای دگرشکل شده به کار گرفته شد. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص تحلیل های استرین با استفاده از روش فری صورت پذیرفته است (Bhattacharyya and Webber, 2004; Xypolias, 2009). فری برای اولین بار توسط (Vearncombe, 1999) برای تحلیل توزیع مکانی کانسارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل فری در حقیقت یک روش هندسی خود انطباقی برای داده های نقطه ای می باشد. با استفاده از این روش می توان بدون استفاده از معادلات پیچیده ریاضی به سرعت به روندهای غالب داده های نقطه ای پی برد. تحلیل فری با استفاده از انتقال های مکرر داده های نقطه ای نسبت به یک نقطه مرکزی و خط مرجع صورت می گیرد و نتیجه حاصله تحت عنوان الگوی فری معروف است (شکل ۸).



شکل ۱۲. راستای میانگین محور تنش فشارشی حداکثر، بیضی تنش و ارتباط بین راستای محور تنش فشارشی اصلی (بیضی قرمز) و راستای غالب فرایند های لرزه ای (بیضی آبی)

### نتیجه گیری:

تحلیل جهت یابی ساختارهای خطی همچون گسلها و شکستگیها بوسیله ترسیم نمودارهای گل سرخی یک روش متداول در فهم راستاهای غالب این ساختارها است. تحلیل جهت یابی روندهای غالب داده های نقطه ای به دلیل ماهیت متفاوتشان بوسیله روشهای متداول امکان پذیر نبوده و از این رو نسبت به داده های خطی کمتر مورد توجه قرار گرفته اند.

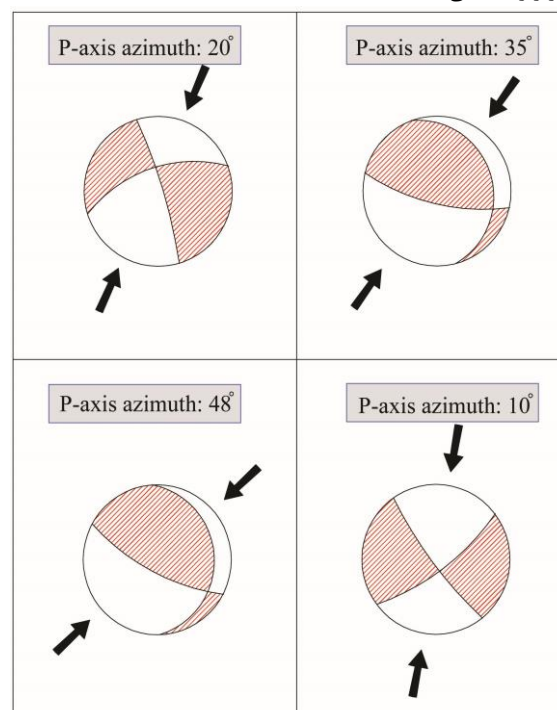
تعیین روند غالب الگوی مکانی داده های نقطه ای در مطالعات مختلف نقش بسیار مهمی در تحلیل های ساختاری و تصمیم گیریهای کارشناسی ایفا می کند. بعنوان مثال تحلیل داده های نقطه ای مربوط به اندیس ها یا پتانسیلهای معدنی در شناخت راستاها و روندهای غالب کانه زایی بسیار با اهمیت است. در بسیاری موارد به دلیل مشخص نبودن اثر گسل ها بر روی سطح در نتیجه پوشیده شدن اثر گسل بوسیله پوشش رسوبی، نسبت دادن داده های رومرکز زلزله به یک روند مشخص ساختاری بسیار دشوار یا غیر ممکن می باشد. در حالات دیگر ممکن است وقوع رخداد های لرزه ای در ارتباط با گسلهای پنهان و یا پی سنگی بوده و هیچ ارتباطی با آثار گسلش سطحی نداشته باشد. در چنین مواردی تعیین الگوی مکانی داده های نقطه ای مربوط به رومرکز زلزله ها کمک شایانی در حل ابهامات مربوط به این مسائل خواهد داشت. تحلیل فری یک روش مهم، سریع و کارآمد جهت تعیین روند غالب داده های نقطه ای می باشد. از این رو مطالعه و تعیین راستاهای بالقوه در وقوع رخداد های لرزه ای در پهنه های لرزه ای مختلف و حتی تعیین روندنهای غالب در توسعه حوزه های کارستی، انتشار آبهای زیرزمینی، پراکندگی چشمه ها، توسعه کانسارها و ... می تواند بعنوان مهمترین جنبه های کاربردی این پژوهش مورد توجه واقع شود. در این پژوهش با استفاده از روش فری الگوی مکانی غالب رومرکز زلزله های مربوط به استان یزد تعیین گردید. نتایج حاصل از تحلیل جهت یابی روندهای غالب ساختارهای خطی و رومرکز زلزله ها نشان می دهد که:

- روند غالب گسل ها و شکستگیهای سطحی در پهنه استان یزد یک روند شمال غرب-جنوب شرق می باشد.

- پراکنش رومرکز زلزله ها یک الگوی پهنه ای، پراکنده و نامشخص نبوده بلکه دارای یک روند بارز شمال غرب-جنوب شرق می باشد.

از آنجا که داده های مربوط به حل صفحه گسل (Fault plane solution) یکی از معیارهای متداول و معتبر در بررسی و تفسیر میدانهای تنش کنونی می باشند (Austermann and Iaffaldano, 2013; Lacombe and Mouthereau, 2006) از اینرو سعی شد تا با استفاده از تحلیل های حل صفحه گسل به بررسی ارتباط میدانهای تنش کنونی و الگوی غالب در روند گسلش و رخداد فعالیت های لرزه ای پرداخته شود. با توجه به داده های اندک مربوط به حل صفحه گسل در منطقه (شکل ۲)، تنها با استفاده از داده های مربوط به چهار رخداد لرزه ای به بررسی روند غالب محور های اصلی تنش فشارشی (P-axis orientation) پرداخته شد (شکل ۱۱). بر این اساس با ادغام داده های موجود، محدوده مکانی محورهای تنش فشارشی ( $10^{\circ} < P\text{-axis} < 48^{\circ}$ ) و راستای میانگین محور تنش فشارشی بر اساس نیمساز محدوده تنش (Lacombe and Mouthereau, 2006)، تعیین گردید (شکل ۱۲).

با فرض انطباق راستای تنش فشارشی اصلی با محور بزرگ بیضی تنش، موقعیت بیضی تنش حاصل گردید (بیضی قرمز رنگ در شکل ۱۲). با مقایسه جهت یابی موقعیت محورهای بزرگ بیضی تنش و بیضی مربوط به روند غالب انتشار فعالیت های لرزه ای (بیضی آبی رنگ در شکل ۱۲) چنین استنباط می شود که روند غالب فعالیت های لرزه ای و انتشار امواج الاستیک طی زاویه  $54^{\circ}$  درجه نسبت به روند عمومی تنشهای فشارشی قرار گرفته است. این حقیقت ناشی از تمرکز حداکثر تنش برشی حاصل از تنشهای فشارشی بر روی گسل هایی است که در جهت یابی هندسی مناسبی نسبت به میدانهای تنش اصلی قرار گرفته اند (Talebian and Jackson, 2004). بنابراین می توان چنین اظهار داشت که این مساله مهمترین موضوع در انطباق راستاهای بدست آمده از تحلیل نمودار گل سرخی گسل ها و تحلیل فری حاصل از الگوی مکانی رومرکز زلزله ها می باشد.



شکل ۱۱. داده های حاصل از حل صفحه گسل مربوط به چهار رخداد لرزه ای در استان یزد

-گسل هایی که جهت یابی آنها نسبت به تنشهای اصلی حداکثر بگونه ای است که وقوع تنش برشی حداکثر بر روی آنها بوقوع می پیوندد، با اهمیت ترین گسل ها در ارتباط با وقوع رخدادهای لرزه ای می باشند.

#### قدردانی:

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهیدچمران اهواز به دلیل همکاریهای صورت گرفته جهت پیشبرد اهداف این تحقیق قدردانی بعمل می آید. همچنین از مسئولین محترم مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته جهت مدیریت فرایند داوری و داوران علمی مقاله که با بررسیها و پیشنهادهای خود در افزایش کیفیت سطح علمی مقاله کمک نمودند تشکر و قدردانی می شود.

- انطباق روندهای بدست آمده مؤید این مطلب است که گسلهای شمال غربی-جنوب شرقی نقش بسیار مهمی در فعالیت های لرزه ای استان داشته و نقش آنها در مطالعات لرزه شناسی و مهندسی با اهمیت می باشد.  
- بالا بودن تراکم فعالیتهای لرزه ای در مناطق با تراکم بالاتر گسل ها و شکستگیها بویژه در بخشهای شرقی استان.  
- رفتار غیرلرزه ای گسل ها در بخش های مرکزی نسبت به بخشهای شرقی استان احتمالاً در ارتباط با عدم جهت یافتگی هندسی مناسب گسل ها نسبت به میدانهای تنش محلی در بخشهای مرکزی می باشد.  
- تشابه روند گسلش های عمیق و پی سنگی با آثار گسلش سطحی و یا عدم فعالیت گسل های پنهان یا پی سنگی با روندهای دیگر.

#### منابع:

- اسلامی. س.، درخشانی. د.، ۱۳۹۳، کاربرد روش های عددی در شناسایی چشمه های لرزه ای: مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۱۴، ص ۶۰-۶۴.
- علیمی. م.ا، خطیب. م.م، خالدحسامی. آ، هیهات. م.ر، ۱۳۹۳، ارزیابی لرزه زمین ساختی راندگی ها و پهنه های گسلی پنهان در گستره مختاران-خاور ایران، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۱۲، ص ۴۱-۵۲.
- Austermann, J. and Iaffaldano, G., 2013. The role of the Zagros orogeny in slowing down Arabia-Eurasia convergence since ~5 Ma. *Tectonics*, vol. 32, pp.351-363.
- Berberian, M., 1976- Contribution of the seismotectonics of Iran (Part II). *Geol. Surv. Iran*, Rep. No. 39.
- Bhattacharya, A.R., Webber, K., 2004. Fabric development during shear deformation in the Main Central Thrust Zone, NW-Himalaya, India. *Tectonophysics* 387, 23-46.
- Donovan, N.C., 1973. A statistical evaluation of strong motion data including the February 9. 1971. San Fernando Earthquake. *Proc. 5th World Conf. Earthquake Eng.*. Rome. Paper 155.
- Fry, N., 1979. Random point distribution and strain measurements in rocks. *Tectonophysics* 60, 89e105.
- Jackson, J., 1995. The accommodation of Arabia-Eurasia plate convergence in Iran. *Journal of Geophysical Research*, 100, 15205-15219.
- Kargaranbafghi, F., Neubauer, F., Genser, J., 2011. Cenozoic kinematic evolution of southwestern Central Iran: Strain partitioning and accommodation of Arabia-Eurasia convergence. *Tectonophysics*, 502, 221-243.
- Lacombe, O., Mouthereau, F., 2006. Late Cenozoic and modern stress fields in the western Fars (Iran): Implications for the tectonic and kinematic evolution of central Zagros. *Tectonics*, vol, 25, pp, 1-27
- Mohajer-Ashjai. A. and Nowroozi, A.A., 1978. Observed and probability intensity zoning of Iran. *Tectonophysics*, 49: 21-30.
- Mohajer-Ashjai, A. and Nowroozi.
- Nowroozi, A., 1976- Seismotectonic Provinces of Iran, *Bull. Seism. Soc. Am.*66, pp1249-1276.
- Talebian, M. & Jackson, J., 2004. A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran, *Geophys. J. Int.*, 156, 506-526.
- Verncombe, J., 1999. The Spatial Distribution of Mineralization: Applications of Fry Analysis. *Economic Geology*, vol.94, pp.475-486
- Xypolias, P., 2009. Some new aspects of kinematic vorticity analysis in naturally deformed quartzites. *Journal of Structural Geology* 31, 3-10.