

# تغییرات میزان جابجایی و عرض پهنه برشی بر روی سیستم گسله راستالغز نهبندان

نوشته : دکتر محمد مهدی خطیب\*

## Variations of shear zone width and displacement along the Nehbandan fault system

By : Dr.M.M.Khatib\*

### چکیده

گسله‌های راستالغز دارای متغیرهای فراوانی بوده که بر طول گسل تغییرات آنها یکسان نمی‌باشد. از جمله مهمترین متغیرها، تغییرات میزان جابجایی و عرض پهنه برشی می‌باشند. مطالعه این متغیرها بر روی سیستم گسله راستالغز نهبندان در خاور ایران و اندازه‌گیری آنها بر روی مدل‌های تجربی در آزمایشگاه نشان می‌دهد که بیشترین میزان جابجایی و بیشترین عرض پهنه برشی در بخش میانی گسله‌های راستالغز روی می‌دهد. از بخش میانی به طرف پایانه‌های گسله از میزان جابجایی به صورت نمایی کاسته می‌شود، آهنگ کاهش میزان جابجایی و عرض پهنه برشی را می‌توان بر رابطه  $\gamma = C.e^{-\gamma d}$  بررسی کرد. ضریب کاهش پهنی  $\gamma$  از سرشاخه‌های فرعی بخش انتهایی گسله‌های راستالغز کوچکتر از بخش اصلی گسله می‌باشد. به طرف پایانه گسله‌های راستالغز هم مقدار جابجایی و هم عرض پهنه برشی به سمت صفر میل می‌کند. در مدل تجربی بر روی ماده فلکسی گلاس نیز مشاهده گردید که بیشترین میزان جابجایی و عرض پهنه برشی در بخش میانی گسله بوده و به طرف پایانه‌ها از مقدار آن به صورت نمایی کاسته شده و به صفر می‌رسد. مقایسه منحنی‌های جابجایی برحسب مسافت و با عرض پهنه برشی برحسب مسافت به دست آمده در طبیعت و آزمایشگاه نشان می‌دهد که منحنی‌های داده‌های آزمایشگاهی به نسبت متقارن در حالیکه که منحنی‌های داده‌های طبیعی نامتقارن می‌باشند. این اختلاف بدلیل همگنی نمونه آزمایشگاهی و ناهمگنی پوسته قاره‌ای که در آن گسله راستالغز رخ داده می‌باشد. شکل منحنی‌های جابجایی برحسب مسافت با عرض پهنه برشی برحسب مسافت تقریباً سهمی است.

واژه‌های کلیدی : عرض پهنه برشی، میزان جابجایی، گسله راستالغز نهبندان، ایران

### Abstract

Strike-slip faults are affected by many variants, which do not remain constant along the strike. The most common factors are differences in the rate of displacement and the width of shear zone. A study of these variants on the Nehbandan dextral strike-slip fault in east Iran has been done and the experimental models shows that the maximum displacement and width of shear zone occurs in the central part of strike - slip faults. But the displacement decreases exponentially toward the termination of faults. The relationship between these two

factors can be formulated as  $Y = C.e^{\gamma d}$ . The  $\gamma^d$  coefficient in the terminal splays is smaller than in the main fault. These can be seen on experimental models, which have been done by flexy-glass materials. Comparison between displacement - distance and width of shear zone-distance curves from the field traverse (Nehbandan data) and experimental materials (flexy-glass) shows the experimental curves are symmetry but the "natural" curves are asymmetrical. This difference is due to homogeneous nature of manufactured materials while the earth's crust is heterogeneous.

**Key words:** shear zone width, displacement, Nehbandan strike slip fault

## مقدمه

گسله‌های راستالغز یکی از مهمترین عناصر ساختاری موثر در نگرشکلی پوسته‌های قاره‌ای هستند. شاید گسله راستالغز مسبب زمین‌لرزه ۱۸۸۸ نیوزیلند (Sylvester 1988) از اولین گسله‌های راستالغز مطالعه شده باشد که بدنبال آن گسله‌های دیگر نیز شناسایی شدند. مبنای شناسایی این گسله‌ها ابتدا مشاهده جابجایی افقی بر روی سطح زمین بود که بدنبال آن زمین‌شناسان متغیرهای دیگری از این گسله‌ها را موردنظر قرار داده و به مطالعه دقیق آنها پرداختند. توجه صنفا کیلومتر جابجایی در طول تاریخ زمین‌شناسی بر روی این گسله‌ها کمی دشوار به نظر می‌رسد و همچنین وجود ساختمانهای پیچیده فشاری و کششی در طول این گسله‌ها وجود تله‌های نغتی در پهنه بعضی از گسله‌های راستالغز، وجود کانسارهای مهم در پهنه برشی همراه با این گسله‌ها در تمام نقاط دنیا و لرزه‌خیز بودن اکثر گسله‌های راستالغز از ویژگیهای بارزی هستند که مطالعه این گسله‌ها را اجتناب ناپذیر می‌نمایند. اگر چه بعد سوم این گسله‌ها هنوز به طور کامل شناخته نشده یا رفتار حرارتی و مکانیکی آنها در پوسته‌های اقیانوسی و به خصوص در پوسته‌های ناهمگن قاره‌ای جای بحث فراوانی دارد، اما بررسی متغیرهای سطحی این گسله‌ها می‌تواند بخشی از رفتار پیچیده گسله‌های راستالغز را روشن نماید. در این مطالعه نیز کوشش شده تا تغییرات جابجایی در طول گسله‌های راستالغز و همچنین تغییرات عرض پهنه برشی را با استفاده از مطالعات صحرائی بر روی گسله راستالغز نهبندان و کارهای تجربی آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و روابط بین این متغیرها بیان شود. برای این منظور بر روی بخش شمالی سیستم گسله نهبندان (از ده کیلومتری جنوب شهر نهبندان به سمت شمال (کم و بیش بخش میانی گسله) در ۴۲۰ نقطه اندازه‌گیری بر روی مقدار جابجایی و عرض پهنه برشی صورت گرفته است.

## ویژگی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخش شمالی سیستم گسله راستالغز نهبندان حدفاصل عرضهای جغرافیایی  $50^{\circ}$ ،  $31^{\circ}$  تا حدود  $00^{\circ}$ ،  $34^{\circ}$  می‌باشد. سیستم گسلی نهبندان با نرازی حدود ۷۰۰ کیلومتر و پهنای بین ۱۰-۸۰ کیلومتر از عرض جغرافیایی  $45^{\circ}$ ،  $26^{\circ}$  تا حدود  $00^{\circ}$ ،  $34^{\circ}$  و از طول جغرافیایی  $50^{\circ}$ ،  $58^{\circ}$  تا حدود  $00^{\circ}$ ،  $62^{\circ}$  را بر بر می‌گیرد. این سیستم گسلی در واقع یک پهنه برشی (Shear zone) بوده که در بعضی مناطق، تمامی ایالت ساختاری سیستان (زمین‌لرزه سیستان) را در بر می‌گیرد. ساز و کار اصلی این سیستم گسلی راستالغز راستگرد است که در بعضی نقاط مولفه فشاری یا معکوس نیز به حرکت آن اضافه می‌شود. عناصر ساختاری به وجود آمده بر این پهنه برشی نشان دهنده سازو کار برش ساده (Simple shear) در زایش و تکوین سیستم گسلی نهبندان می‌باشد. این سیستم گسلی از تعداد زیادی صفحه گسلی تشکیل شده که در پهنه برشی محدوده ذکر شده دیده می‌شود. روند این سیستم به صورت غالب شمالی - جنوبی بوده ولی در داخل پهنه برشی گسله‌های فرعی با امتداد شمال خاوری - جنوب باختری، شمال باختری - جنوب خاوری و حتی خاوری - باختری نیز وجود دارند.

در بخش شمالی، این سیستم گسلی به سمت باختر متمایل شده و از بهای (Splay) چندگانه‌ای که در مراحل مختلف فعالیت گسله تشکیل شده‌اند، موجب خاتمه یافتن گسله به داخل پهنه لوت می‌گردند. نو اریب اصلی که در بخش شمالی این سیستم گسلی شاخصند، اریبهای سهل‌آباد و بیرجند می‌باشند. این اریبها هر کدام از سیستم گسل نهبندان با روند شمالی - جنوبی جدا می‌شوند خود از پنج بخش گسلی تشکیل، که به ترتیب هر مرتبه از آن نسبت به مرتبه بعدی ۲۰-۳۰ درجه در خلاف عقربه‌های ساعت تغییر امتداد می‌دهد. در بخش جنوبی نیز این سیستم

کرد که در آن تغییرات جابجایی بر روی قطعات گسلی را میتوان بر رابطه با طول کلی گسل مورد بررسی قرار داد (شکل ۲).

با توجه به اینکه سیستم اصلی گسله نهپندان یک گسله قدیمی است، میزان جابجایی صورت گرفته بر روی آن چند ده کیلومتر می‌باشد. بر این پژوهش برای مقایسه و انجام یک کار تحقیقی، با توجه به گستردگی فلپش الگومیوسن بر پهنه اصلی گسله نهپندان، مقدار جابجایی بر روی این واحد سنگی اندازه‌گیری شده است. مبدأ اندازه‌گیری از ده کیلومتری جنوب شهر نهپندان (قسمت میانی گسله) بوده، و بطرف شمال بر روی بخش اصلی سیستم گسله نهپندان و اریبهای سهل‌آباد و بپرچند صورت گرفته است. بخش جنوبی سیستم گسله نهپندان توسط گسله بشاگرد قطع شده، لذا اندازه‌گیری و بررسی تغییرات پارامترهای کمی نظیر جابجایی و عرض پهنه برشی بر روی بخش جنوبی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

برداشت‌های صحرایی نشان می‌دهد که مقدار جابجایی در بخش مرکزی گسله نسبت به بخشهای انتهایی بیشتر است. به طوریکه از بخش مرکزی گسله هر چه به طرف پایانه نزدیک می‌شویم مقدار جابجایی به صورت نمایی با ضریب مشخص کم می‌شود.

تغییرات جابجایی در سیستم اصلی گسله نهپندان را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\log S = a.c \log d$$

S : میزان جابجایی برحسب متر

a : ضریب ثابت

$\gamma$  : ضریب کاهش پذیری جابجایی

d : فاصله از مرکز میانی گسله برحسب کیلومتر

بر اساس اندازه‌گیریهای انجام شده رابطه فوق به صورت:

$$\text{Log} S = 2100.1e^{-0.018 \log d}$$

نوشته می‌شود. این رابطه دارای ضریب همبستگی نسبتاً بالا  $R = 0.9602$  می‌باشد (شکل ۳).

این رابطه نشان می‌دهد که در بخش مرکزی گسله‌های راستالغز، جابجایی حداکثر و با افزایش فاصله از مرکز گسله (d) از مقدار جابجایی (S) به صورت نمایی کاسته می‌شود و به سمت صفر میل می‌کند. نکته جالب توجه اینکه در گسله اصلی نهپندان با روند شمالی - جنوبی، جابجایی به صفر نمی‌رسد بلکه در اریبهای (Splay) پایانه‌ای به صفر می‌رسد. تغییرات جابجایی در اریب سهل‌آباد از رابطه:

$$\text{Log} S = 726.83 e^{-0.2825 \log d}$$

گسلی به سمت خاور متمایل شده و با اریبهای کم و بیش خاوری - باختری به داخل کشور پاکستان ختم می‌شود. اما در منتھالیه بخش جنوبی سیستم گسلی نهپندان توسط سیستم گسلی راستالغز بشاگرد با روند خاوری - باختری قطع می‌گردد. طرح کلی آن شکل هلال نوگانه (Sigmoidal) است (شکل ۱).

سن گسله نهپندان را نبوی (۱۳۵۵) به پرکامبرین نسبت می‌دهد و آن را از شکستگیهای بنیادی پوسته ایران زمین می‌داند. لکن وجود چینهای ندریانی (en echelon folds) در فلپش‌های پالئوسن، آئوسن و رسوبهای نئوژن که در مراحل مختلف فعالیت پهنه برشی گسله نهپندان به وجود آمده‌اند، کنایه‌سازي در فضاهای کششی پهنه برشی بیشترین آثار فعالیت این گسله را در طی ترشپاری نشان می‌دهد (خطیب، ۱۳۶۸). بریده شدن رسوبهای کواترن توسط این گسله، قرار گرفتن کانون تعدادی زمین لرزه در قرن اخیر بر روی آن، پرتگاههای گسلی نئوژن و کواترن جابجایی واحلهای سنگی با سن نئوژن و کواترن در امتداد این گسله، از شواهد بارز جهت ارزیابی توان جنبایی سیستم گسله نهپندان می‌باشند. از ویژگیهای بارز این سیستم گسلی - قطعه - قطعه بودن آن (Segment-Segment) به ویژه بر روی اریبهای پایانه‌ای می‌باشد. طول هر کدام از قطعات، تابع شرایط زمین‌شناسی و هندسه صفحه گسل بوده و به طور کلی متغیر است. عرض پهنه برشی سیستم گسله نهپندان در بخش مرکزی ۲۵-۱۰ کیلومتر، در حالیکه در نو انتها به ۸۰ کیلومتر می‌رسد (شکل ۱). که این ویژگی ناشی از تغییرات پایانه‌ای گسل در هر مرحله از فعالیت آن می‌باشد.

### تغییرات جابجایی :

جابجایی از مهمترین ویژگیهای هندسی گسله‌ها می‌باشد که بارزترین آن مولفه افقی بوده که در گسله‌های راستالغز به خوبی قابل تشخیص است.

Nancye et al (1995) بین جابجایی و طول گسله رابطه  $Dal n$  را ارائه داده‌اند که n را Watterson (1986) برابر ۲ و Gillespie et al (1992) را برابر ۱/۵ ولی Gudmundsson, (1992) آن را برابر ۱ می‌گیرد. اما چون اغلب گسله‌های راستالغز از قطعات مختلف تشکیل شده‌اند، این نکته مطرح شد که آیا تمام طول گسله در رابطه فوق مورد استفاده قرار گیرد یا اینکه میزان جابجایی در هر قطعه می‌بایست جداگانه تحلیل شود. Nancye et al, (1995) با فرض مساوی بودن قطعات گسلی طرحی ارائه

است. در طول گسله‌های راستالغز، به سبب اعمال رژیم تنش برش ساده (Simple shear) ساختارهای ایجاد شده در پهنه برشی باعث گسترش عرض پهنه گسلی می‌گردد. عرض پهنه برشی را عوامل مختلفی کنترل می‌کنند. که عبارتند از:

- نوع واحدهای سنگی زمین ساختی و رفتار مکانیکی آنها
- طول گسله
- جهت بردار حرکتی
- میزان جابجایی و غیره

در واحدهای سنگی مقاوم مانند سنگهای آذرین خروجی، سنگهای آهکی، عرض پهنه برشی حداقل بوده ولی در سنگهای نامقاوم مانند فلیشها، مارن‌ها و حتی سنگهای اولترامافیک (که تحت تاثیر نیروهای برشی نگران شده و به سرپانتینیت تبدیل شده‌اند) به حداکثر می‌رسد. در واحدهای سنگی زمین‌ساختی مشابه، عرض پهنه برشی در بخش میانی گسله بیشتر بوده ولی به طرف بخشهای انتهایی عرض پهنه برشی کاهش یافته و به سمت صفر میل می‌کند. تغییرات عرض پهنه برشی بر روی گسله‌های فرعی نیز به لحاظ کاهش به طرف پایانه قابل توجه است. در حقیقت در سنگهای مشابه، عرض پهنه برشی تابعی از میزان جابجایی و طول گسله می‌باشد.

عرض پهنه برشی به طرف پایانه به صورت نمایی کاهش می‌یابد و می‌توان برای آن رابطه زیر را تعریف کرد:

$$\log W = C \cdot e^{\gamma \log d}$$

که در آن (w) عرض پهنه برشی برحسب کیلومتر، (C) ضریب ثابت ( $\gamma$ ) ضریب کاهش‌پذیری و d فاصله از مرکز گسله برحسب کیلومتر می‌باشد. در گسله نهپندان تغییرات عرض پهنه برشی از رابطه زیر بدست می‌آید (شکل ۸).

$$\log W = 8.2347e^{-0.0117 \log d}$$

کاهش عرض پهنه برشی به‌انگر کاهش نگرینختی و کرنش شکننده در مسیر گسلش است که به تدریج به طرف پایانه گسله به سمت صفر میل کرده و به نظر می‌رسد در آنجا کرنشی رخ نداده یا به دلیل افت تنش شکستگی اتفاق نمی‌افتد.

تغییرات عرض پهنه برش بر روی شاخه‌های فرعی گسله راستالغز نهپندان در اریبهای سهل‌آباد و بهرچند نیزجالب توجه است. اندازه‌گیری تغییرات عرض پهنه برشی بر روی اریبهای پایانه‌ای نشان می‌دهد که ضریب کاهش پذیری دارای آهنگ افزونتری می‌باشد. به طوری‌که در منتهالیه هریک از

با ضریب همبستگی  $R = 0.9625$  بدست می‌آید (شکل شماره ۴). بر روی اولین مرتبه شاخه فرعی، میزان جابجایی حدود  $1/30$  (یک سی‌ام) بیشترین جابجایی رخ داده در گسله اصلی است. لکن ضرایب کاهش‌پذیری میزان جابجایی بر روی اریبهای پایانه‌ای افزایش می‌یابد.

برای اریب بهرچند نیز کاهش نمایی میزان جابجایی در رابطه زیر نشان داده شده است:

$$\log S = 679.02 e^{-0.2817 \log d}$$

که در آن ضریب همبستگی  $R = 0.9329$  می‌باشد شکل شماره (۵). تغییرات میزان جابجایی در آزمایش تجربی بر روی ماده فلکسی گلاس نیز مورد بررسی قرار گرفت. بر روی قطعه‌ای از این ماده به ابعاد  $5 \times 5 \times 5$  سانتی‌متر خطوطی موازی با فاصله ۲ میلی‌متر عمود بر جهت ضعف اولیه، ترسیم شدند. پس از اینکه نمونه تحت تنش در دستگاه تراکم تک محوری ( $4.5 \text{ ton/inch}^2$ ) قرار گرفت، در آن گسله راستالغز راستگرد بوجود آمد. بر اثر حرکت انجام شده روی سطح شکستگی، خطوط جابجا شدند و فاصله بین خطوط اندازه‌گیری شد. به دلیل شفافیت نمونه تصویر خطوط را توسط پروژکتور بر روی پرده انداخته تا اندازه‌گیری فاصله بین خطوط اولیه به سهولت صورت گیرد (شکل ۶).

این آزمایش نیز نشان داد که بیشترین میزان جابجایی در بخش میانی گسله روی می‌دهد و هر چه از بخش مرکزی فاصله بگیریم از میزان جابجایی کاسته شده و به سمت صفر میل می‌کند. با توجه به اینکه ماده مورد آزمایش یک ماده همگن بوده لذا منحنی تغییرات جابجایی نسبت به بخش میانی گسله نسبتاً متقارن می‌باشد (شکل ۷). منحنی بدست آمده توزیع یک تابع نیوتنی درجه ۶ را بصورت زیر نشان می‌دهد:

$$S = -4E-07D^6 + 5E-05D^5 - 0.0021D^4 + 0.0414D^3 - 0.3438D^2 + 1.1566D$$

ضریب همبستگی این منحنی  $R = 0.98$  است.

بنابراین آنچه که گفته شد می‌توان تغییرات جابجایی گسله را با مدل‌های آزمایشگاهی نیز مورد بررسی و مطالعه قرار داد. عدم تقارن در منحنی‌های تغییرات جابجایی گسله‌ها به دلیل ناهمگن بودن جنس پوسته‌های قاره‌ای در مسیر گسلش می‌باشد.

### تغییرات عرض پهنه برشی:

متغیر مهم دیگری که به‌انگر ویژگی‌های رفتاری گسله‌های راستالغز می‌باشد، تغییرات عرض پهنه برشی، ناشی از فعالتهای متعدد گسله

بین تغییرات جابجایی و عرض پهنه برشی در گسله‌های راستالغز رابطه مستقیمی وجود دارد، به طوری که با کاهش میزان جابجایی عرض پهنه برشی نیز کاهش می‌یابد. از تلفیق روابط بدست آمده می‌توان رابطه زیر را به دست آورد:

$$W = W_m - (S_m^{S/9.657}) + 3.2W$$

که در آن:

W: متوسط عرض پهنه برشی روی گسله

W<sub>m</sub>: بیشترین عرض پهنه برشی اندازه‌گیری شده روی گسله

S<sub>m</sub>: بیشترین جابجایی اندازه‌گیری شده روی گسله

S: جابجایی

### بحث و نتیجه‌گیری:

تغییرات میزان جابجایی و عرض پهنه برشی بر روی گسله‌های راستالغز نشانگر رفتار پیچیده این گسله‌ها می‌باشد. از مهمترین روشهای تحلیل، روش جابجایی برحسب فاصله (d-x) است (Chapman & Williams, 1983).

داده‌های نرمال جابجایی برحسب فاصله منحنی نوع C (مخروطی شکل) را برای گسله‌های راستالغز پیش‌بینی می‌کنند (Peacock, 1991). تغییرات عرض پهنه برشی را نیز می‌توان بر روی منحنی‌های پهنه برحسب فاصله برای گسله‌های راستالغز مورد مطالعه قرار داد ولی تغییرات کاملاً پیچیده است (Annette & McGrath, 1995).

اندازه‌گیری و مطالعه تغییرات جابجایی و عرض پهنه برشی بر روی گسله راستالغز نهیبدان و انجام آزمایش بر روی مانده فلکسی گلاس نشان داد که:

- بیشترین مقدار جابجایی و بیشترین عرض پهنه برشی در بخش میانی گسله واقع می‌شود.
- از مقدار جابجایی و عرض پهنه برشی به طرف پایانه‌های گسله به صورت نمایی کاسته می‌شود (خطیب، ۱۳۷۷).
- تغییرات ضریب همبستگی بر روی گسله اصلی و اریب‌های پایانه‌ای مربوط به ناهمگنی واحدهای سنگی، مسپر گسلش می‌باشد.
- بر روی مواد همگن ضریب همبستگی نسبتاً بالا بوده و آهنگ تغییر نیز منظم است.

اریبها عرض پهنه برشی به سمت صفر میل می‌کنند (شکل‌های ۹ و ۱۰). در اریب سهل‌آباد رابطه بین تغییرات عرض پهنه برشی و فاصله از مرکز گسله را می‌توان از رابطه:

$$\log W = 47.686 e^{-0.1108 \log d}$$

با ضریب همبستگی بالای R=0.99 بدست آورد (شکل شماره ۹). در حالیکه برای اریب بیرجند این رابطه به صورت:

$$\log W = 46.537 e^{-0.18 \log d}$$

با ضریب همبستگی ۰/۹۸ تعریف می‌شود (شکل شماره ۱۰). علاوه بر این تغییرات عرض پهنه که عرض پهنه برش در بخش میانی گسله حداکثر ولی به طرف پایانه‌ها به صورت نمایی کاهش پیدا می‌کند و به صفر می‌رسد. آهنگ کاهش عرض پهنه برشی در این مانده بدلیل همگنی به نسبت منظم بوده و منحنی کاهش به طرف دو پایانه تقریباً متفاوت است (شکل ۱۱). منحنی بدست آمده توزیع یک تابع نیوتنی درجه ۶ را بصورت زیر نشان می‌دهد:

$$W = -2E \cdot 07D^6 + 2E = 05D^5 - 0.0009D^4 + 0.0175D^3 - 0.1578D^2 + 0.9363D + 0.4514$$

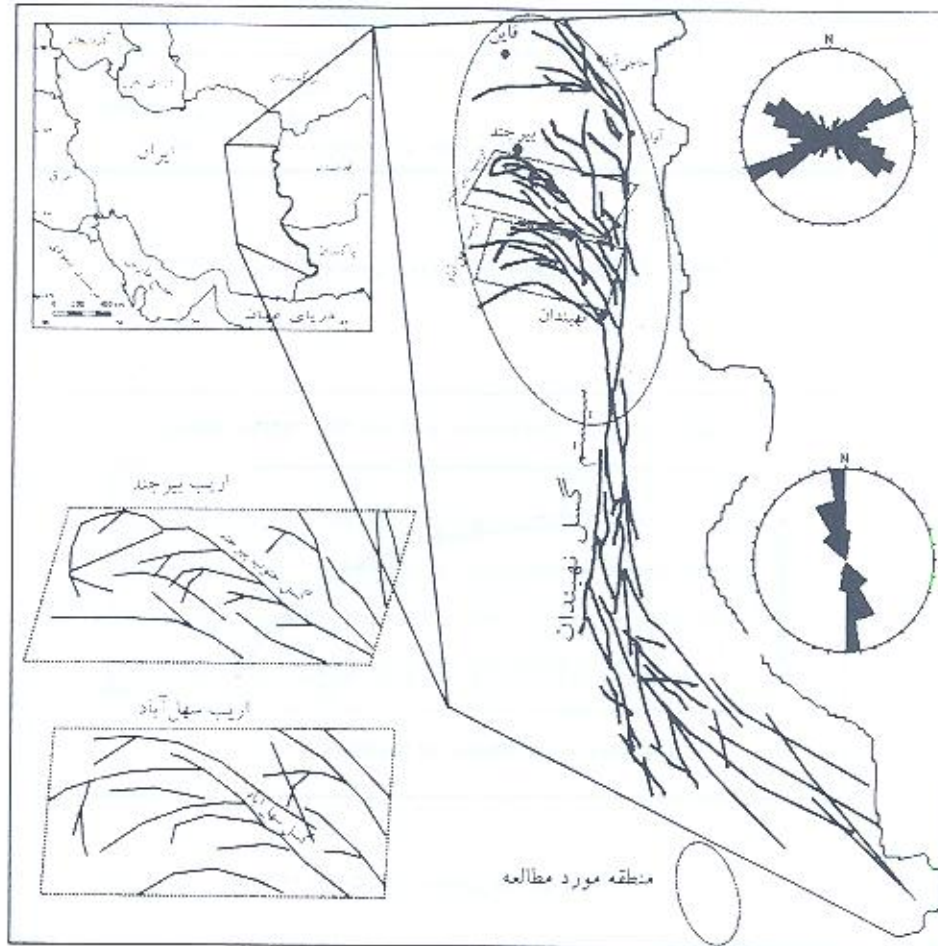
ضریب همبستگی این منحنی R=۰/۹۹ است.

جدول ۱- نتایج برداشت‌های صحرایی از مقدار جابجایی (S) (بر واحد ماسه‌سنگی فلپش پالئوسن) و عرض پهنه برشی (W) از بخش مرکزی سیستم گسله نهیبدان به سمت شمال

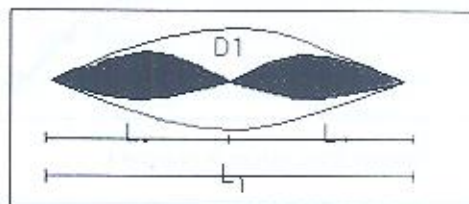
D(Km)	W(km)	S(M)
1.2	14	1350
12	10	1200
30	4.5	1170
45	3.7	1020
50	3.6	1010
60	3.2	960
85	2.7	650
100	2.3	500
125	2	250
135	1.7	220
140	1.6	160
160	1.4	90
185	1.2	50

نکته مهم و مورد بحث اینجاست که نتایج حاصله برای تعمیم در نو بعد قابل بررسی می‌باشد در حالیکه بعد سوم گسله‌های امتداد لغز هنوز به درستی شناخته نشده است.

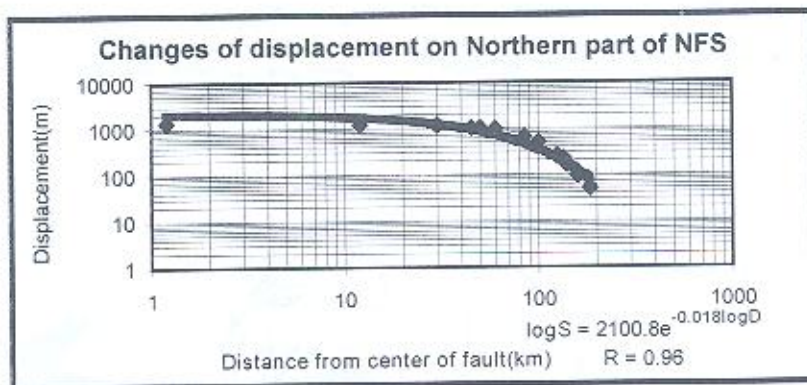
– منحنی داده‌های نرمال جابجایی برحسب فاصله برخلاف نظر Peacock (1991) از نوع مخروطی شکل نبوده بلکه معادله آن سهمی شکل است.



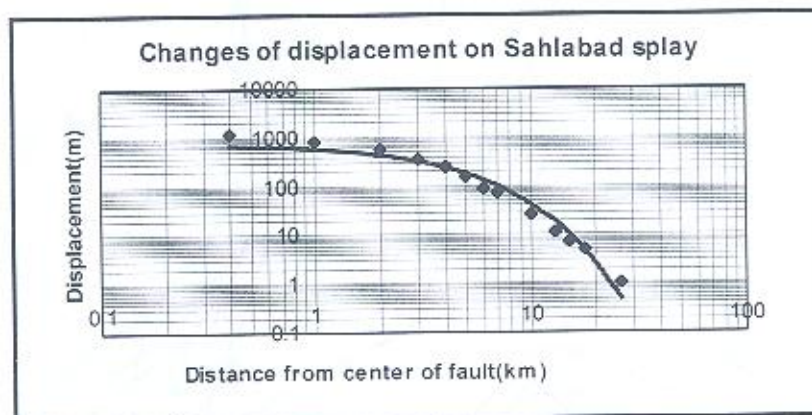
شکل ۱- روند کلی سیستم گسله نهپندان با طرح هلال دو گانه در خاور ایران



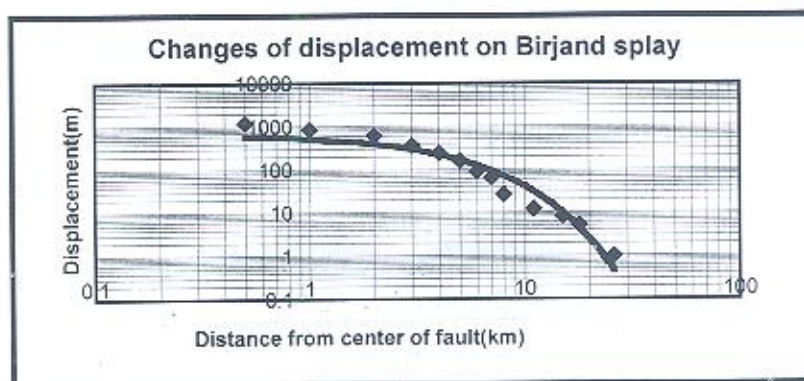
شکل ۲- رابطه بین میزان جابجایی و درازای گسله اصلی و پاره گسله‌ها (Nancye et al, 1995)



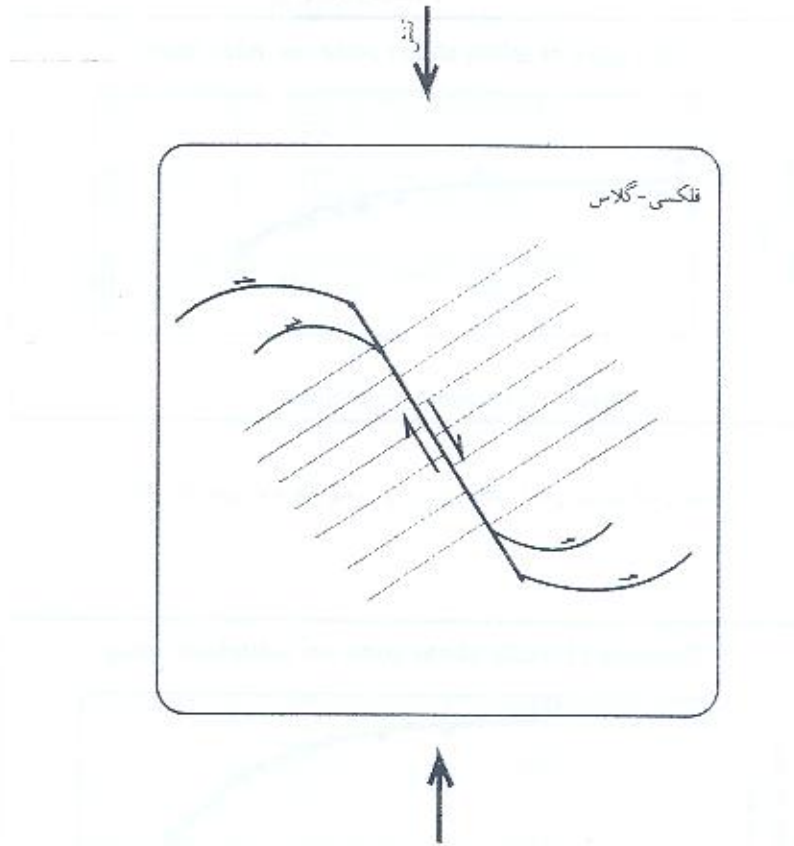
شکل ۳- تغییرات میزان جابجایی بر روی بخش شمالی سیستم گسلی نهبندان



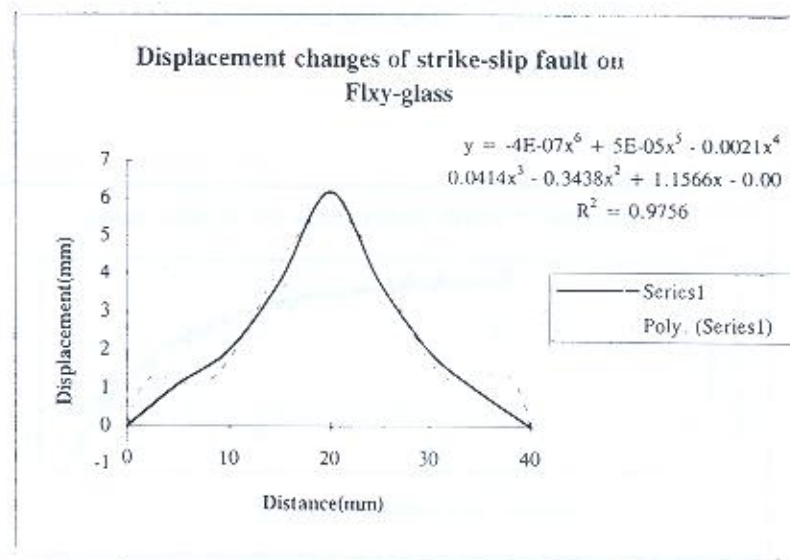
شکل ۴- تغییرات میزان جابجایی در اربب سهل آباد



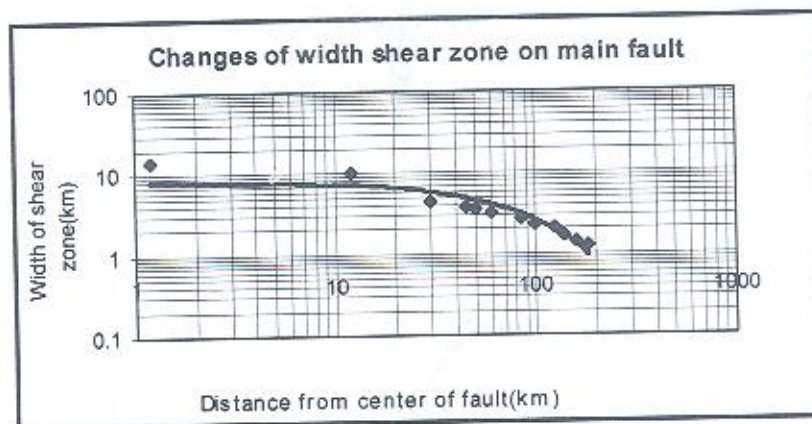
شکل ۵- تغییرات میزان جابجایی در اربب بیرجند



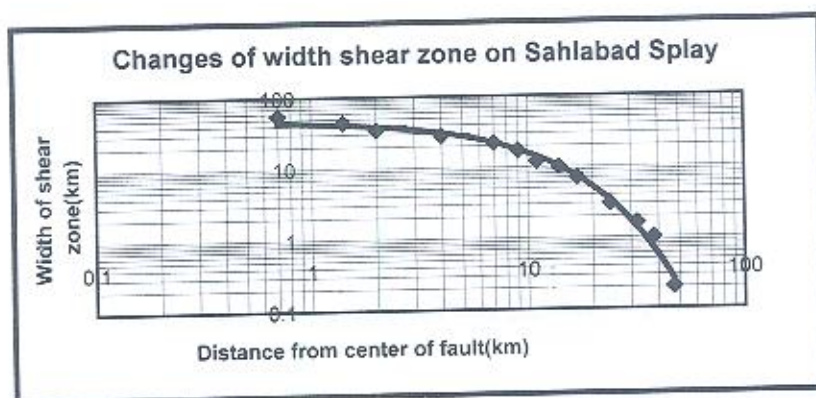
شکل ۶- جابجایی در گسله راستالغز ایجاد شده بر روی فلکسی گلاس



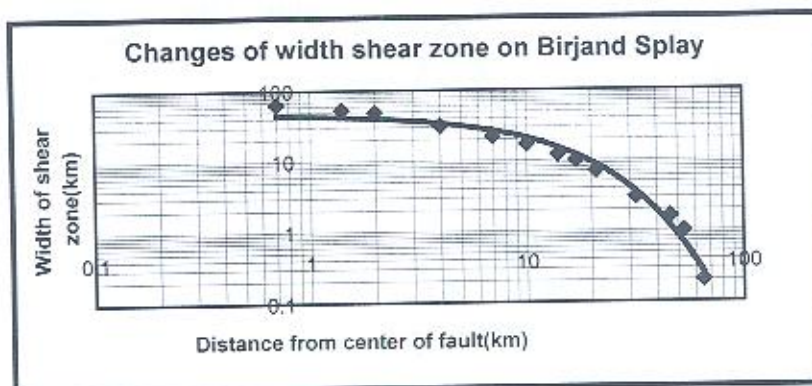
شکل ۷- تغییرات میزان جابجایی بر روی گسله راستالغز در فلکسی گلاس



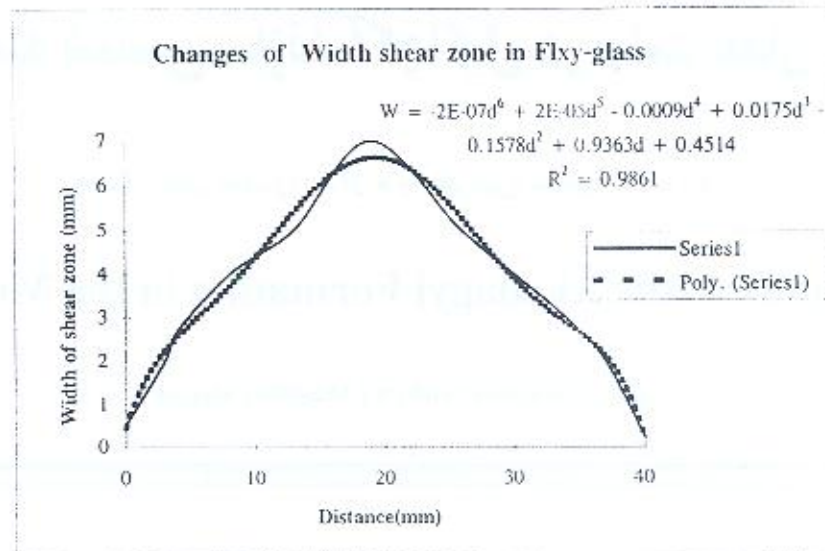
شکل ۸- تغییرات عرض پهنه برشی بر روی بخش شمالی سیستم گسلی نهبندان



شکل ۹- تغییرات عرض پهنه برشی در اریب سهل آباد



شکل ۱۰- تغییرات عرض پهنه برشی در اریب بیرجند



شکل ۱۱- تغییرات عرض پهنه برشی بر روی گسله راستالغز در فلکسی گلاس

#### کتابنگاری

- خطیب، م.م. ۱۳۶۸ - تحلیل ساختاری کوههای جنوب بهرجند، دانشگاه تربیت مدرس، رساله کارشناسی ارشد.  
 خطیب م.م. ۱۳۷۷ - هندسه پهنه گسل‌های امتدادلغز، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ص ۲۲۳  
 نبوی، م.ح. ۱۳۵۵، دیپلمه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

#### References

- Annette.G & M.C. Grath. 1995 - Damage zone geometry around fault tips, Journal of structural geology, v.17, n.7, p1011-1024.  
 Gillespie et al. 1992- Limitations of dimension and displacement data analysis and interpretation, journal of structural geology, 14.1157-1172.  
 Gudmundsson.A.1992- Formation and growth of normal faults at the divergent plate boundary in Iceland. Terra Res. 4.461.  
 Nancye et al, 1995-Displacement-length scaling and fault linkage, Journal of structural geology, v.17, n.5.p607-614.  
 Peacock. D.c.p.1991-Displacement and segment linkage in strike-slip fault zones, Journal of Structural geology, v.13, n.9, p.1025-1035.  
 Sylvester. A.G, 1988- Strike-slip faults G.S.A.Bulletin, v.100, p.1666-1703  
 Watterson, J. 1986- Fault dimensions, displacements & growth, Pure & Apple. Geophys. V.124,p. 365-373  
 Williams, G.& Chapman, T. 1983- Strains developed in the hanging walls of thrusts due to their slip/propagation rate: a dislocation model, Journal of structural geology, v, 5, p.536-571.

\* Department of Geology, Birjand University, Iran

\* گروه زمین‌شناسی دانشگاه بیرجند، ایران