

## تحلیل ساختاری ناحیه جنوب مشهد با نگرشی ویژه بر سیستم گسلی سنگ بست - شاندیز

آزاده قنادان<sup>۱</sup>، دکتر محمود الماسیان<sup>۲</sup>، دکتر فرزین قائمی<sup>۳</sup> و نصیر نادری<sup>۴</sup>

### چکیده

منطقه مورد مطالعه در جنوب مشهد قرار دارد و شامل چندین گسل راندگی است که از مهم ترین آن ها می توان مرز رانده بین واحدهای اولترا بازیکی - بازیکی مشهد با سنگ های توریدایتی را با سیستم فلسی ذکر کرد. مرز گسلی بسیار مهم دیگر، گسل سنگ بست - شاندیز است که سبب رانده شدن توریدایت های پالئوزوئیک بر روی کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی می شود و نشان دهنده سیستم راندگی از نوع فلسی می باشد. سن این گسل را می توان پس از ژوراسیک در نظر گرفت. این گسل دارای امتداد تقریباً ۱۴۰ الی ۱۴۵ درجه و شیب به سوی شمال شرق است که همراه با چین های گسترش گسلی می باشد. محور این چین ها به موازات جبهه راندگی می باشد و شیب سطح محوری آن به سمت شمال شرق است. حرکت این گسل راستگرد تعیین شده است. با به دست آوردن مقادیر و بردارهای ویژه و ترسیم آن ها بر روی دیاگرام های مربوطه، مشخص گردید که درزهای موجود در منطقه از نوع عمود بر جبهه راندگی و موازی جبهه راندگی می باشد. همچنین منطقه مورد مطالعه از شمال شرق به جنوب غرب تحت راندگی و جابجائی مورب لغز راستگرد نیز قرار گرفته است. کلید واژه ها: راندگی، سنگ بست - شاندیز، فلسی پیشرو، چین گسترش گسلی، موازی جبهه راندگی، عمود بر جبهه راندگی

## Structural analysis of southern Mashhad area with special view on Sangbast-Shandiz fault system.

Azadeh Ghannadan, Dr. Mahmoud Almasian, Dr. Farzin Ghaemi and Nasir Naderi

### Abstract

The studied area lies in south of Mashhad and has several thrust faults. The most important of them is the Ultra-Basic Mashhad unit thrust fault which is an imbricate type of thrust fault and consists of turbiditic rocks. Another important fault contact is the Sangbast-Shandiz thrust fault which causes the thrusting of Paleozoic turbidites into Lower-Middle Jurassic

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- کارشناس ارشد سازمان زمین شناسی شمال شرق

conglomerates. This shows that this thrust fault is a leading imbricate type. The age of this fault is post-Jurassic. This fault approximately has a 140 to 145 degree dip in a NE direction and also consists of fault-propagation and folding. The axis of these folds is parallel to front normal thrust and its' surface axis is in a NE direction. The movement of this fault has been determined to be dextral. By calculating the parameters and special vectors and graphing them on related diagrams, it was specified that the joints in the area are front normal thrust and front parallel thrust kind.

The studied area is also affected by thrusting and a dextral oblique-slip displacement from a NE-SW direction.

**Keywords:** Thrust, Sangbast-Shandiz, Leading imbricate, Fault-propagation and folding, Front normal thrust, Front parallel thrust.

## مقدمه:

## ساختارهای اصلی

عناصر ساختاری، ابزارهای ضروری شناخت دگرشکلی ها و دستیابی به الگوی دگرشکلی ناحیه ای هستند. دستیابی به این مهم از تحلیل دقیق ویژگی های هندسی و جنبشی ساختارها ممکن می باشد. بر مبنای بررسی ها و برداشت های صحرائی انجام شده در محدوده مورد مطالعه مشخص شد که گسل های راندگی و چین خوردگی های همراه با آن ها، از جمله ساختارهای اصلی کنترل کننده دگرشکلی منطقه مورد بررسی می باشند. در نتیجه مطالعات صحرائی در منطقه و با استفاده از شناسائی و تحلیل درزها و سطوح راندگی (که در نقشه ساختاری مشخص شده) منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه در جنوب زمین درز بین صفحات ایران و توران و در محدوده های  $59^{\circ}15'$  الی  $59^{\circ}45'$  طول جغرافیائی و  $36^{\circ}00'$  الی  $36^{\circ}30'$  عرض جغرافیائی قرار دارد و از نظر ساختاری در زون بینالود قرار گرفته است. راه های دسترسی به منطقه در روستای حصار، خلیج، ده غیبی، کرتایون، نقندر می باشد (تصویر ۱).

از مطالعات انجام شده راجع به بخشی از منطقه می توان نظر علوی (۱۹۹۲، ۱۹۹۱، ۱۹۷۹) را ذکر کرد که بیان می کند در قسمت باقی مانده های پالئوتیس در جنوب مشهد (افیولیت ها) در ناحیه زمین درز سه مرحله چین خوردگی و دو مرحله راندگی وجود دارد.

منطقه مورد بررسی از نظر سنگ شناسی از شمال به جنوب شامل افیولیت ها (سنگ های بازیگ - اولترابازیگ، متاسدیمنت ها، پیروکلاستیک ها) و کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی و رسوبات شمشک دگرگون شده (فیولیت مشهد) می باشد.

در این نوشتار سعی شده است ضمن معرفی ساختارهای اصلی و تحلیل ساختاری منطقه، ویژگی های اساسی گسل سنک بست - شانديز نیز ارائه گردد. به همین منظور در ابتدا ویژگی های هندسی و جنبشی گسل ها و چین های همراه با آنها تحلیل ارائه شده است و در مرحله بعد دینامیک گسلش و تنش های وارده بر منطقه تعیین می گردد.

## گسل ها

گسل ها از مهم ترین ساختارهای موجود در ناحیه بشمارمی آیند. بیشتر گسل ها عمدتاً از نوع راندگی بوده و تعدادی گسل های عادی نیز در ناحیه شناخته شده اند. گسل ها بیشترین تاثیر بر ریخت شناسی منطقه را داشته اند.

گسل های ناحیه جنوب مشهد عبارتند از:

### راندگی T۱:

اولین و کهن ترین راندگی در منطقه می باشد و به صورت شکل پذیر است و مرز بین سنگ های اولترابازیکی و رسوبات دگرگون شده را تشکیل می دهد و مقدار شیب این گسل به علت تغییر شکل نسبتاً شدیدی

جابه جایی راستگرد در راستای گسل مشاهده می شود که بیانگر حرکت امتداد لغز گسل می باشد.

باتوجه به شواهد زمین ریخت شناسی و همچنین ویژگی های زون گسل [ به رنگ قرمز تیره (زون اکسیدان) در بین توریدایت ها (پالئوزوئیک) و کنگلومراها (ژوراسیک زیرین - میانی) و آهکهای بین لایه ای مشهود به اندازه های متفاوت ۱۰ تا ۳۰ متر] در قسمت های مختلف راندگی، سیستم حاکم مشاهده شده در این گسل را می توان فلسی پیشرو در نظر گرفت.

با توجه به درزه های برداشت شده در منطقه گسلی و پیاده کردن آن ها بر روی نمودارهای گل سرخی می توان درزه ها را به صورت موازی و عمود بر جبهه راندگی در نظر گرفت که نشانگر فرادیواره بودن توریدایت ها می باشد و نشان دهنده این است که از سمت شمال شرق سنگ های توریدایتی بر روی کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی رانده شده اند.

با نمایش داده های درزها بر روی شبکه اشمیت و با توجه به قانون هارتمن روابط بین شکستگی ها به دست آمد و درزه های مرتبط با گسل راندگی در چندین ایستگاه مشخص می کند که میانگین میزان تنش وارده (۵۱) در راستای N230 میباشد و نشانگر کوتاه شدگی در راستای شمال شرق به جنوب غرب است. سن این گسل با توجه به شواهد صحرایی پس از ژوراسیک در نظر گرفته شده است.

#### راندگی طرهبه - آغنج (T۴):

این راندگی موازی با گسل سنگ بست - شانندیز (امتداد شمال باختری - جنوب خاوری) است (تصویر ۲). طول آن بیش از ۵۰ کیلومتر می باشد و جابه جایی آن بیش از ۲۰۰۰ متر است. در نزدیکی روستای کرتایون این راندگی بین کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی و کنگلومراهای آغنج قرار گرفته است. از شواهد مشخص زون گسل می توان از تغییر بارز سنگ شناسی و شیب در دو کنگلومرا را قید کرد (تصویر ۴).

که در امتداد آن رخ داده است، متغیر است. امتداد کلی این گسل شمال غرب - جنوب شرق با آزمون ۱۴۰ تا ۱۴۵ درجه می باشد. سیستم راندگی حاکم یک سیستم فلسی شناخته شده است (علوی ۱۹۹۲، ۱۹۹۱) (تصویر ۲).

#### راندگی T۲:

دومین راندگی در منطقه گسل هایی هستند که هم به صورت شکل پذیر و هم به صورت نیمه شکننده در رسوبات دگرگون شده به وجود آمده و گاهی اوقات همراه با چین های گسلی می باشند که با استفاده از آنها می توان جهت حرکت گسل ها را مشخص نمود. شیب این گسل ها به صورت تقریبی بین ۳۰-۵۰ درجه و جهت شیب آن ها به سوی شمال شرق است (علوی ۱۹۹۱) (تصویر ۲).

#### گسل سنگ بست - شانندیز (T۳):

این گسل مهم ترین گسل در منطقه با طول ۷۷ کیلومتر می باشد و با توجه به برداشت های صحرایی از سطوح راندگی و پیاده کردن آن ها در دیاگرام های مربوطه و با توجه به مشاهدات صحرایی این گسل شیب به سمت شمال شرق دارد (تصویر ۳) ولی به نظر بربریان و همکاران (۱۳۷۸) شیب گسل راندگی در قسمت های میانی به سمت جنوب غرب است و موجب رانده شدن فیلیت های مشهود از سوی جنوب باختری بر روی ماسه سنگ ها و شیل و کنگلومراهای ژوراسیک گردیده است و همچنین بر طبق مطالعات حامدی (۱۳۷۵) بر روی سیستم درزها بیانگر این امر است که شیب گسل به سمت شمال شرق است که با مشاهدات صحرایی انجام یافته نیز همخوانی دارد.

در این منطقه با توجه به ویژگی های گسله سنگ ها، گسل اغلب به صورت شکننده و در بعضی بخش ها به صورت شکل پذیر عمل کرده و به طور کلی یک خط ممتد نیست.

در بررسی بر روی تصویر ماهواره ای در جنوب سد طرق در آبراهه هایی که به روستای عرفی ختم می شوند و آبراهه های دیگر که در منطقه حصار مشاهده می گردد،

### چین های همراه با گسل

چین های همراه با گسل در جایی رخ می دهند که تغییرات زاویه ای در سطح گسل، از نظر هندسی سبب ایجاد ساختارهایی در بلوک فرادیواره و لذا سطح گسل می شود.

با توجه به تقسیم بندی (۲۰۰۰) McClay پنج مدل رایج چین خوردگی در پهنه های رانده تشخیص داده شده است (چین خوردگی خمش گسلی، چین خوردگی گسترش گسلی، چین جدایشی، چین خوردگی خمیده، چین خوردگی کینگ باندی خمشی لغزشی) و منطقه مورد بررسی دارای چین های همراه با گسل رانده است که غالبا از نوع چین های گسترش گسلی می باشند. در این چین ها یال جلویی دارای شیب زیاد است و غالبا به صورت برگشته می باشد. این چین ها در مناطق زیر مشاهده می شود:

#### چین گسترش گسلی سنگ بست - شانديز در جنوب حصار :

در پهنه گسلی سنگ بست - شانديز در جنوب حصار کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی به صورت چین خورده در محل فرادیواره بر روی فیلیت های تریاس فوقانی - ژوراسیک زیرین قرار دارد و به نظر می رسد به صورت یک چین گسترش گسلی باشد که در ارتباط با یک سیستم رانشی است (تصویر ۵).

#### چین خوردگی گسترش گسلی سنگ بست - شانديز در ده غیبی :

در سامانه گسلی سنگ بست - شانديز در ناحیه ده غیبی سنگ های پالئوزوئیک به صورت چین خورده بر روی کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی رانده شده اند. موقعیت محور چین N124 و 8 سطح محوری آن N125/80NE و زاویه میان یالی نیز ۷۰ درجه می باشد که از نظر هندسی یک چین نامتقارن با یال جلویی پرشیب است و بر اساس موقعیت محور دارای میل ۸ درجه و متمایل به جنوب خاور است. بر اساس زاویه بین یالی در ناحیه بسته تا باز محسوب می شود (تصویر ۶). از طرفی

چین با سطح محوری پرشیب و محوری تقریبا افقی که استناد به مکانیسم چین خوردگی تاقدیس ده غیبی در کلاس 1B واقع می گردد (تصویر ۷). در یال های این چین، چین های فرعی نیز نمایان می باشد (تصاویر ۸ و ۹ و ۱۰).

با توجه به چین های یاد شده و نحوه جابه جایی گسل سنگ بست - شانديز می توان هندسه کلی زون گسلی سنگ بست - شانديز را به صورت بلوک دیگرام ارائه نمود (تصویر ۱۱).

#### دینامیک گسلش در گسل سنگ بست - شانديز

با استفاده از روش ترسیمی برای تحلیل داده ها می توان دینامیک گسلش را تعیین نمود. این روش به ما اجازه می دهد دگرختی کلی یا الگوی حرکت کلی را در یک ناحیه تعیین کنیم و جهت کوتاه شدگی و طویل شدگی را تشخیص دهیم. طبق تصویر (۱۲) قطب سطوح راندهگی به صورت  $N225^{\circ}$  و  $28^{\circ}$  می باشد که با در نظر گرفتن این موضوع که جهت اعمال تنش غالب بر روی یک گسل تراستی تقریبا عمود بر امتداد سطح آن است. موقعیت تنش نیز در استریونت مشخص شد که  $N48$  می باشد. محور اصلی فشارش بر ناحیه در راستای  $N49E$  می باشد که به خوبی امتداد نیروهای وارده بر ناحیه بینالود را نشان می دهد و با توجه به داده های به دست آمده می توان بیان کرد که منطقه مورد مطالعه تحت فشارش عمده از سمت شمال شرق قرار دارد که حاصل آن در ابتدا کوتاه شدگی و چین خوردگی و در اثر ادامه فرایند فشارش، گسل راندهگی سنگ بست - شانديز ایجاد شده است.

### نتیجه گیری

با توجه به بررسی های انجام یافته نتایج ذیل حاصل شده است:

۱- ارتباط واحد توریدایتی (پالئوزوئیک) با کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی، به صورت راندهگی می باشد. از جمله شواهد گسلی می توان به

پالئوتیس در محل گسل و جایگیری آن ها روی حاشیه خرد قاره ایران باشد.

۵- با توجه به بررسی های انجام شده گسل طبقه - آغنج به صورت موازی با گسل سنگ بست - شانندیز عمل کرده است.

۶- شیب سطح محوری چین های موجود در پهنه گسلی سنگ بست - شانندیز به سمت شمال شرق می باشد.

۷- درزه های منطقه در دو سیستم موازی جبهه راندگی و عمود بر جبهه راندگی تشکیل شده اند. سیستم اول در فرادیواره و سیستم دوم در فرو دیواره گسل دیده می شوند(تصویر ۱۳).

۸- تحلیل سطوح راندگی و بررسی روند درزه ها بیانگر میانگین بیشترین تنش وارده در راستای N50E می باشد و کوتاه شدگی در راستای شمال شرق - جنوب غرب وقوع یافته است.

۹- گسل سنگ بست - شانندیز به صورت یک گسل مورب لغز ( راستگرد، دارای مولفه راندگی ) است.

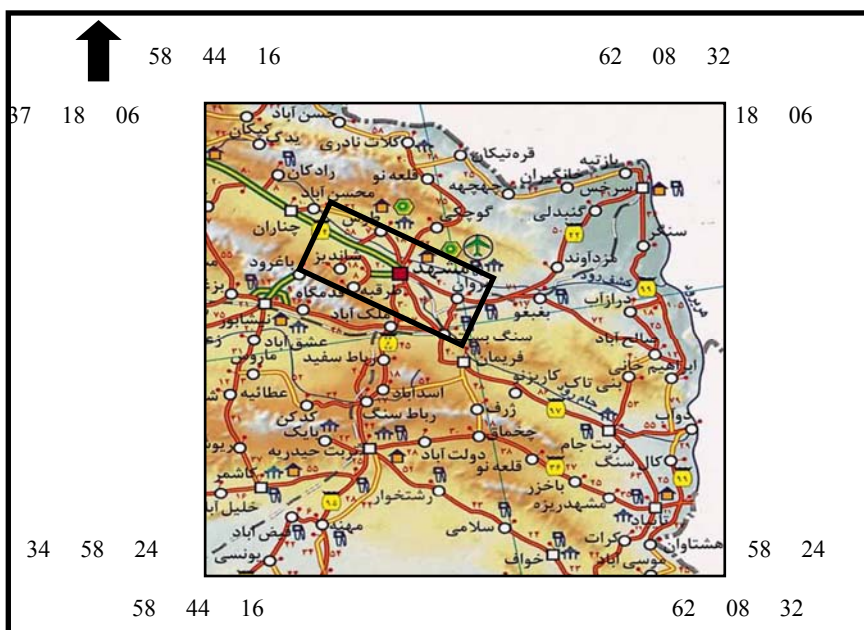
۱۰- سن گسل سنگ بست - شانندیز را با توجه به شواهد صحرائی، می توان پس از ژوراسیک در نظر گرفت.

چین های گسترش گسلی و زون خرد شده در مرز آن ها و تشکیل گسله سنگ ها بصورت خاکه گسلی و برش گسلی اشاره نمود.

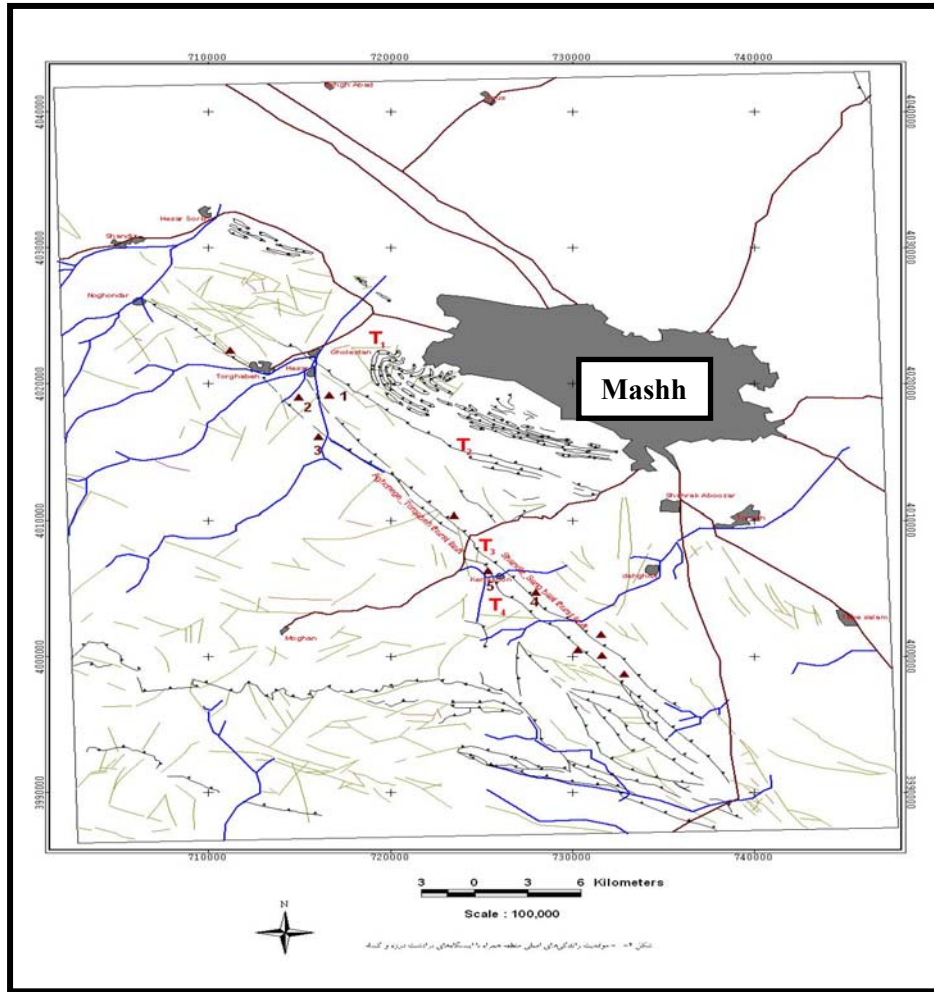
۲- بر اساس نقشه تهیه شده زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ طبقه توسط سازمان زمین شناسی کشور در سال ۲۰۰۱، دو طرف پهنه گسلی سنگ بست - شانندیز بین فیلیت های مشهد قرار گرفته است. در صورتی که بر طبق نقشه مطالعاتی تهیه شده توسط علوی و مشاهدات نگارنده و نقشه ارائه شده، تماس مرز شمالی پهنه گسلی با توریدایت ها و مرز جنوبی آن با فیلیت ها است.

۳- در گسل سنگ بست - شانندیز سیستم راندگی از نوع فلسی پیشرو می باشد که سبب شده رسوبات پالئوزوئیک بر روی سنگ های ژوراسیک زیرین - میانی، و سنگ های ژوراسیک زیرین - میانی بر روی سنگ های تریاس فوقانی - ژوراسیک زیرین رانده شوند و این فرآیند همراه با چین خوردگی گسترش گسلی است.

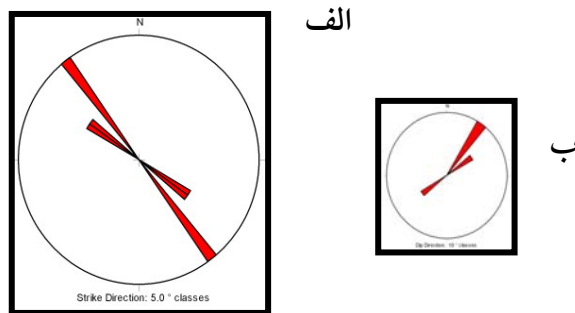
۴- بررسی های صحرائی و آزمایشگاهی بیانگر این موضوع است که گسل سنگ بست - شانندیز در اکثر مناطق به سمت شمال شرق شیب دارد و سبب رانده شدن بقایای پالئوتیس بر روی کنگلومراهای ژوراسیک زیرین - میانی شده است و می تواند بیانگر فرارانش بقایای



تصویر ۱ راه های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

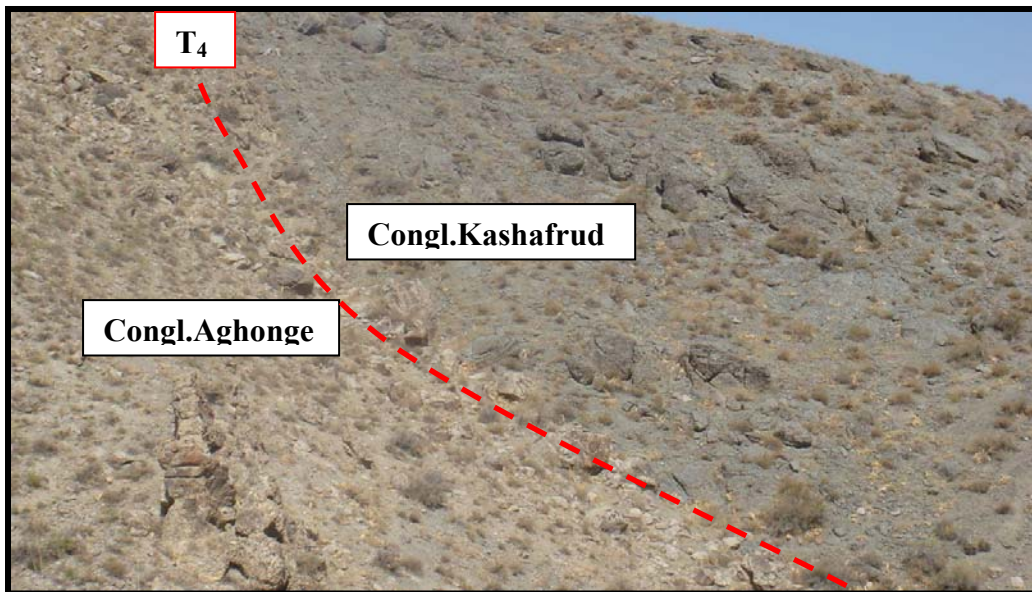


تصویر ۲- موقعیت گسل ها و ایستگاه های برداشت و اندازه گیری



تصویر ۳- نمودار گل سرخی راندگی در طول گسل سنگ بست - شانديز(الف: امتداد گسل، ب: شیب گسل)

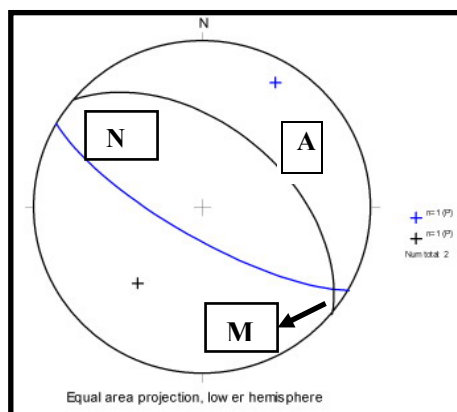




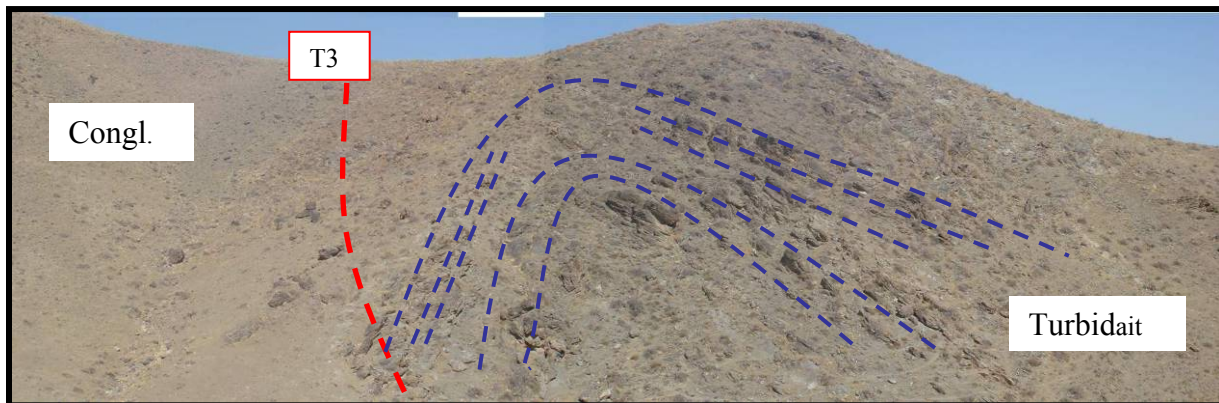
تصویر ۴ - رخنمون گسل طبقه - آغنج در مرز کنگلومرای ژوراسیک زیرین - میانی و کنگلومرای آغنج (در نزدیکی روستای کرتایون - دید به سمت شمال غرب - در مختصات "N36°10'28", E59°30'23")



تصویر ۵ - چین گسترش گسلی در محل گسل رانده در جنوب حصار (دید به سمت شمال غرب - در مختصات "N36°17'27", E59°23'53")



تصویر ۶ - ترسیم صفحات یال های A,B - محاسبه سطح محوری N و محور چین M در چین گسترش گسلی ده غیبی



تصویر ۷ - چین گسترش گسلی در محل گسل سنگ بست - شانندیز در ده غیبی  
(دید به سمت شمال غرب - در مختصات  $N36^{\circ}09'35''$ ,  $E59^{\circ}31'49''$ )



تصویر ۸ - تصویری از چین فرعی M شکل در چین گسترش گسلی در ده غیبی - دید به سمت شمال غرب

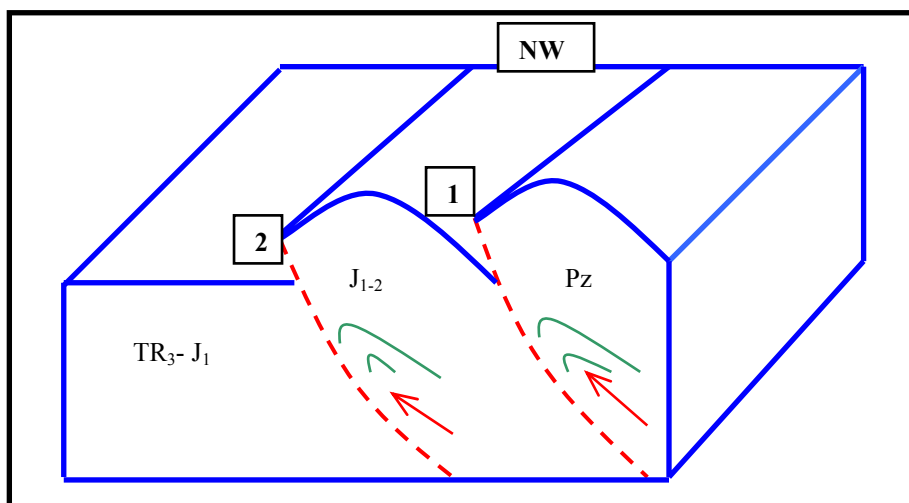


تصویر ۹ - تصویری از چین فرعی Z شکل در چین گسترش گسلی در ده غیبی - دید به شمال شرق



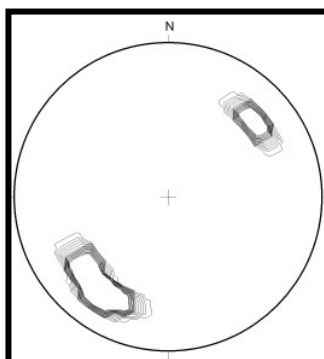


تصویر ۱۰ - تصویری از چین فرعی S شکل در چین گسترش گسلی در ده غیبی - با دید به سمت شمال غرب

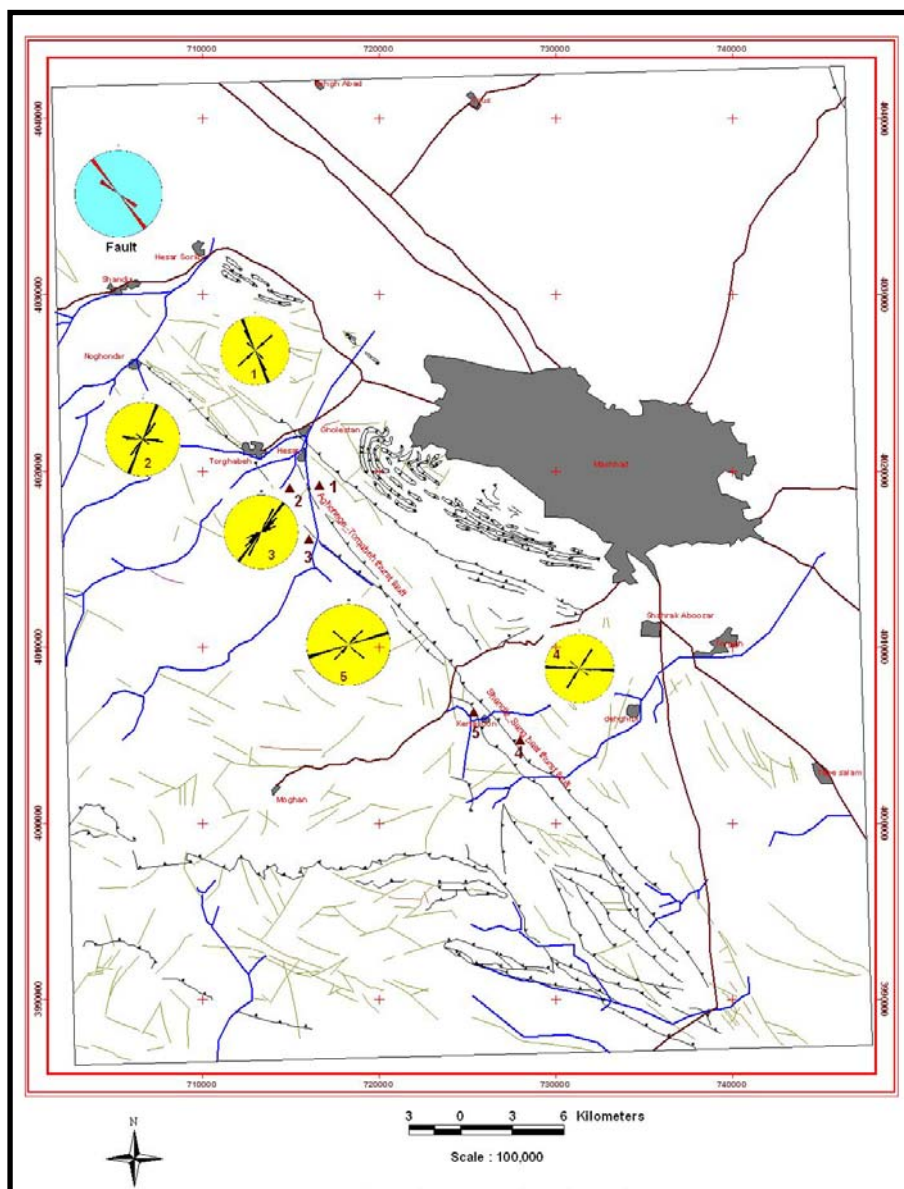


تصویر ۱۱ - هندسه کلی دو طرف زون گسلی سنگ بست - شاندریز

(Pz: پالتوزوئیک، J<sub>1-2</sub>: ژوراسیک زیرین - میانی، TR<sub>3</sub>-J<sub>1</sub>: تریاس فوقانی - ژوراسیک زیرین)



تصویر ۱۲ - قطب سطوح راندگی بر روی شبکه شمارشی



تصویر ۱۳- نقشه ساختاری درزها در منطقه مورد نظر مطالعه

- Alavi, M.1979, The virani ophiolite complex and surrounding rocks, Geol. Rundsch. 68(1), P: 334 - 341.
- Alavi, M.1991, Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in north eastern Iran, Geolo. Soc. American. Bull, V. 103, P: 983 - 992.
- Alavi, M. 1992, Thrust tectonics of the Binaloud region, NE Iran. Tectonics, V. 11, No.2, P. 360 - 370.
- McClay, K.R. 2000, Structural geology for petroleum exploration unpublished, pp.383-385

## منابع

- بربریان م، قرشی م، شجاع طاهری ج و طالبیان م، ۱۳۷۸، پژوهش و بررسی نوزمینساخت، لرزه زمینساخت و خطر زمینلرزه - گسلش در گستره مشهد- نیشابور، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- ر، ۱۳۷۵، بررسی ساختاری افیولیت های غرب مشهد و ارتباط آن با زون بینالود، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.