

تحلیل ساختاری سامانه گسل پورکان - وردیج در منطقه البرز مرکزی

شراره مجتبابی^۱، دکتر محمود الماسیان^۲ و دکتر محمدرضا عباسی^۳

چکیده

پهنه رسوبی ساختاری البرز شامل بلندی‌های شمال صفحه ایران است که به شکل تاقدیسی مرکب، در یک راستای عمومی خاوری - بلختری، از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد. در بخش باختری، ساختارها روند SE - NW دارند ولی در بخش خاوری، روند ساختارها SW - NE است. این دو روند، در البرز مرکزی به هم می‌رسند. پیشینه لرزه‌خیزی البرز، موید این واقعیت است که منطقه البرز مرکزی، پتانسیل لرزه‌خیزی بالایی دارد. با توجه به قرار گرفتن گسل‌های مهمی که در محدوده البرز مرکزی قرار گرفته‌اند و دارای پیشینه لرزه‌خیزی هستند، همچنین با توجه به نزدیکی کلان‌شهر تهران به حریم این گسل‌ها، ضرورت مطالعه ساختاری گسل‌های منطقه، اهمیت فراوانی دارد. مطالعات پیشین نشان می‌دهند که گسل پورکان و وردیج یک گسل راندگی ست در حالی که مطالعات امروزه نشان می‌دهد که در برخی قسمت‌ها گسلی پرشیب و کهن با مولفه امتدادلغز است که آبرفت‌های حال حاضر منطقه را تحت تاثیر قرار نداده و ساز و کار امتدادلغز آن در راستای فعالیت مجدد گسل ظاهر گردیده است. ذکر این نکته ضروری است که در منابع موجود، تاکنون به مطالعه جدی این گسل پرداخته‌اند. و ساز و کار گسل و همچنین سابقه لرزه‌خیزی‌های احتمالی آن به درستی روشن نیست. با توجه به تحلیل و ترسیم داده‌ها بر روی دیاگرام‌های مربوطه، گسل پورکان و وردیج حرکتی راست‌گرد با مولفه فشاری از خود نشان می‌دهد و بررسی درزه‌های منطقه، از حاکم بودن جهت تنش شمالی - جنوبی در بازه‌ای از زمان، در این منطقه حکایت دارد. کلید واژه‌ها: گسل‌های راندگی، گسل پورکان و وردیج، لرزه‌خیزی، تحلیل ساختاری، البرز مرکزی

Structural analysis of Purkan-Vardij fault system in Central Alborz

Sharareh mojtabaei, Dr. Mahmoud Almasian and Dr. Mohammadreza Abbasi

Abstract

Sedimental-structural area of Alborz consists of altitudes of northern Iranian plateau, which are ranging from Azarbaijan to Khorasan in a general E-W direction, in the form of a composite anticline.

In the western part, structures trend to be NW - SE while in the eastern part they trend to be NE-SW. They both meet each other just in the Central Alborz .

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

۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- عضو هیات علمی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

The history of the seismicity of Alborz stresses the fact that the Central Alborz area has great potential for seismicity. According to the major faults, located in the Central Alborz area with a seismic background as well as nearness of the metropolis Tehran to the verge of them, the study of local and regional faults is of great importance.

Last studies demonstrate that Purkan-Vardij fault is a thrust fault but new studies shows that this fault is an old steep fault partly with a strike-slip component which does not affect the quaternary plain in the area and the strike-slip movement effects appear in the direction of fault activity. It's essential to mention that the study of this fault has not been seriously conducted before, so the mechanism of the fault and the history of its likely seismicity are not basically clear. Considering data analysis as well as drawing them on the diagrams, Purkan-Vardij fault illustrates a right lateral movement with a compression component. Also a detailed examination of local joints suggests a dominant N-S stress in the area.

Keywords: Thrust faults, Purkan-Vardij Thrust, seismicity, Structural analysis, Central Alborz

مقدمه

حوضه البرز مرکزی به دلیل سابقه لرزه‌خیزی فعال و وجود گسل‌های بنیادی لرزه‌زایی نظیر گسل شمال تهران، گسل مشا، راندگی طالقان، راندگی کندوان و ... همواره مورد بررسی و پژوهش بسیاری از متخصصان زمین‌شناسی قرار گرفته است و حتی در موارد یاد شده، اطلاعات انبوه، مقاله‌ها و نقشه‌های دقیق و کاملی برای دسترسی افراد علاقمند و زمین‌شناسان وجود دارد. با در نظر گرفتن این نکته که گسل پورکان - وردیج در محدوده البرز مرکزی، مابین حریم گسل‌های نام برده و نزدیک به کلان‌شهر تهران واقع شده است، متأسفانه تا کنون پژوهشی با جزئیات ساختاری روی آن انجام نشده که به طور اخص به شواهدی دال بر فعالیت یا عدم فعالیت این گسل اشاره کند.

اولین مطالعه‌ای که روی مقطع بسیار کوچکی از این گسل انجام پذیرفته، مربوط به گزارش زمین‌شناسی پروژه تونل آب‌رسانی سد امیرکبیر به

تصفیه خانه شماره ۶ تهران می‌باشد که در پاره‌ای موارد، اطلاعات ارزنده‌ای در اختیار قرار داده است. در واقع این پژوهش به نوبه خود، نخستین گام برای شناخت بیشتر از ساز و کار گسل و نحوه فعالیت آن محسوب می‌شود.

به عقیده علوی، ۱۹۹۶، گسل پورکان - وردیج از نوع راندگی‌های کم و بیش بزرگ در ناحیه البرز مرکزی است که با فاصله‌ای کمتر از ۲ کیلومتر، از شمال پهنه گسل شمال تهران (در دره کن) آغاز شده و پس از گذر از روستای وردیج، با راستای عمومی SE-NW (این راندگی، راستایی بسیار متغیر دارد). از شمال پورکان در جاده چالوس گذشته و با خمشی رو به جنوب باختر، طبق نقشه‌های ۱:۱۰۰.۰۰۰ تهران و کرج، به راندگی باغستان رسیده است. راندگی باغستان به صورت خمیده در مرز رسوب‌های سازند کرج و نهشته‌های آبرفتی به صورت دیواره‌ای بارز دیده می‌شود.

امتداد راندگی باغستان نیز متغیر است. ابتدا راستای E-W داشته ولی پس از ۷/۵ کیلومتر به

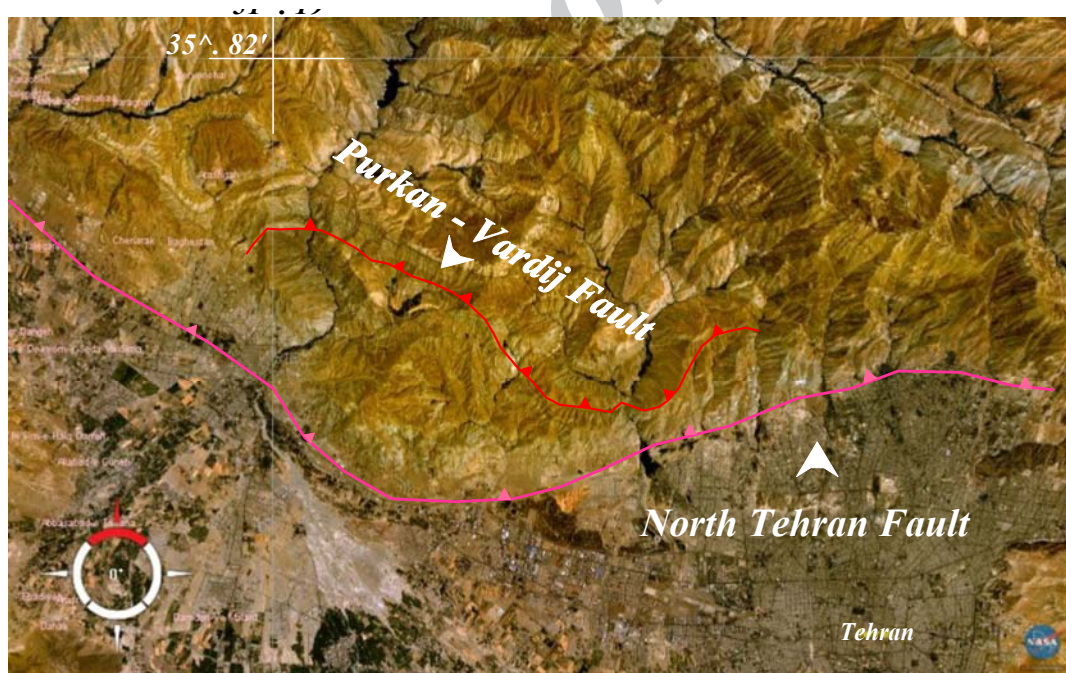
تحلیل ساختاری سامانه گسل پورکان - وردیج در منطقه البرز مرکزی

شمال تهران متصل است. در حال حاضر این گونه استنباط می‌شود که بر اساس گسترش تدریجی گسل شمال تهران به سمت جنوب، ممکن است گسل پورکان - وردیج در اعماق پایین‌تر و در قاعده خود به گسل شمال تهران متصل باشد (نظری، ۱۳۸۸، گفته‌های شفاهی).

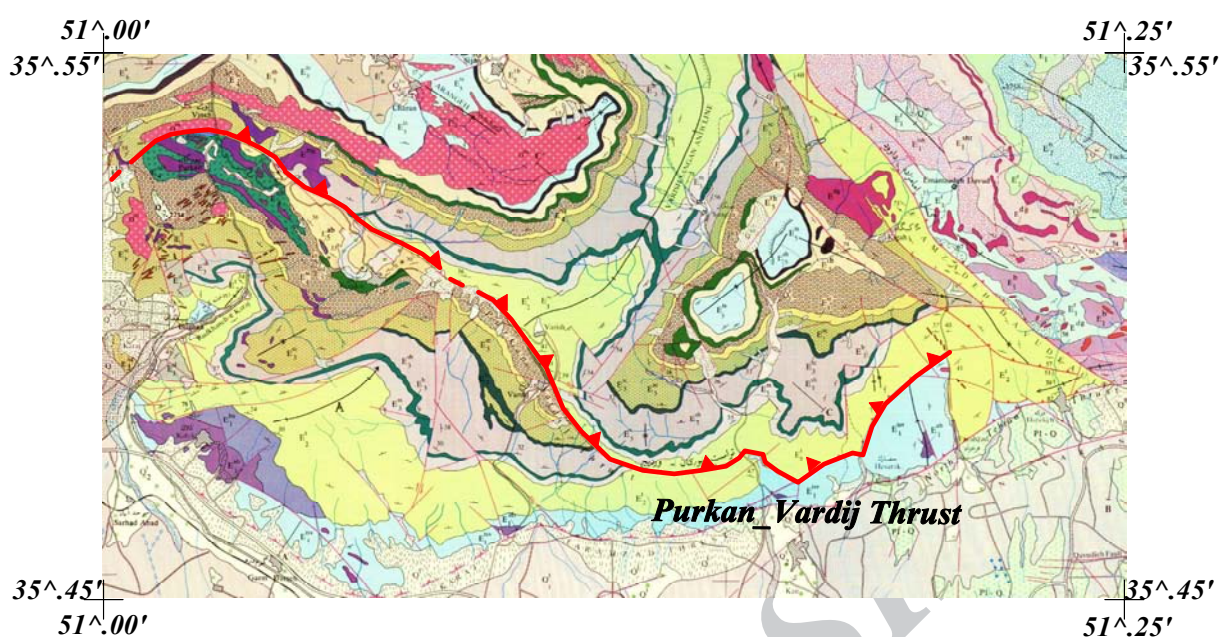
گستره مورد بررسی در این پروژه، در محدوده البرز مرکزی جای گرفته است که موقعیت جغرافیایی $51^{\circ} 00'$ تا $51^{\circ} 15'$ طول شرقی و $35^{\circ} 00'$ تا $35^{\circ} 36'$ عرض شمالی را مطابق شکل مربوطه، از ورقه $1:100,000$ تهران در بر می‌گیرد (تصویر ماهواره‌ای شماره ۱ و تصویر شماره ۲).

شاخه‌های فرعی با راستای NW - SE تقسیم می‌شود و حدود ۱۰ کیلومتر دیگر ادامه پیدا می‌کند. شیب راندگی باغستان به سوی شمال بوده، ولی حرکت آن به سمت جنوب است و سبب رانده شدن سازند کرج بر روی آبرفت‌های کواترنری می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۷۲). گسل پورکان - وردیج نیز بخش‌های میانی سازند کرج را بر روی بخش بالایی آن رانده است.

حد شرقی گسل پورکان - وردیج چندان واضح و مشخص نیست و طبق نقشه $1:100,000$ تهران به نظر می‌رسد که در شرق، توسط چند گسل فرعی بزرگ به انشعاب گسل امامزاده داوود و راندگی



تصویر شماره ۱- موقعیت گسل پورکان - وردیج در البرز مرکزی عکس ماهواره‌ای سایت ناسا



تصویر شماره ۲- محدوده گسل پورکان - وردیج برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰.۰۰۰ تهران

اندازه تقریبی زون گسل بر اساس عکس‌های گرفته شده از منطقه (تصویر شماره ۳)، حدود ۱۲۰-۱۰۰ متر تخمین زده می‌شود. تجزیه و تحلیل بیش از ۳۵ مورد داده صحرائی در محل صفحه گسل، امتداد غالب صفحه را به صورت خاوری - باختری و شیب صفحه گسل را به سمت شمال تائید می‌کند (نمودار شماره ۱). در این مقطع گسلی، آثار خش لغز در هیچ یک از ایستگاه‌های اندازه‌گیری دیده نمی‌شود. در فرادیواره گسل و در سمت خاور جاده، ناودیس کوچک مقیاسی وجود دارد که محور چین‌خوردگی آن با زاویه بسیار کوچکی به سمت شرق، امتداد شمالی - جنوبی داشته و تقریباً عمود بر روند گسل شکل گرفته است (تصویر شماره ۴).

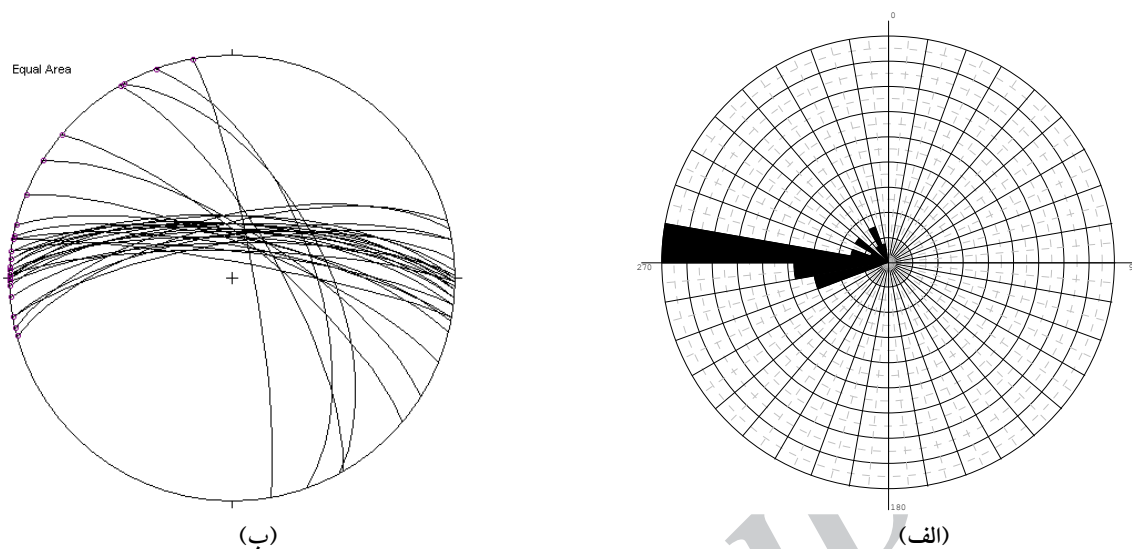
مطالعه گسل و ساختارهای مرتبط با آن در مقطع گسلی پورکان

بخشی از صفحه گسل پورکان - وردیج، در جاده چالوس با موقعیت $36.4^{\circ} 53' N$ و $2^{\circ} 02' E$ $49.1''$ قابل بررسی می‌باشد.

گسل از خاور (سمت راست جاده)، توده ماسه سنگ‌های توفی و لایه‌های توفیتی را می‌برد و با طی مسیری تقریباً منحنی شکل، از زیر جاده عبور کرده و در ادامه مسیر خود به سمت باختر، وارد توده‌های مونوزودیوریتی می‌شود.

پهنه خرد شده گسلی که گسل مجدداً بر روی سنگ‌های خرد شده آن حرکت کرده است، عرضی متغیر بین ۴۰-۲۰ سانتی‌متر داشته و از نوع ریز دانه، فاقد چسبندگی و استحکام، و در اندک مواردی نیز کاملاً حالت پودری شکل دارند و در دسته برش‌های گسلی قرار می‌گیرند.

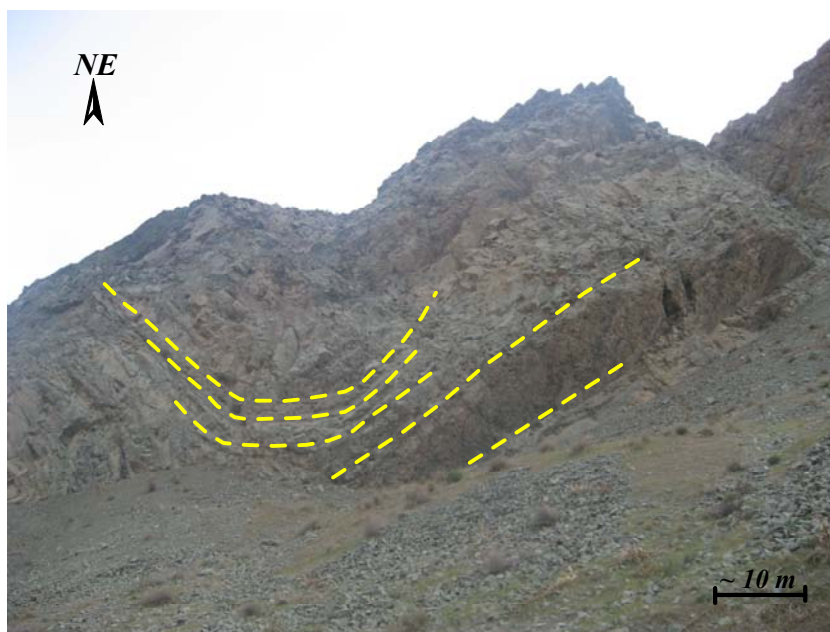
تحلیل ساختاری سامانه گسل پورکان - وردیج در منطقه البرز مرکزی



نمودار شماره ۱- تصویر استریوگرافیک (الف) و نمودار گل سرخی (ب) مقطع گسل در منطقه پورکان



تصویر شماره ۳- زون گسل پورکان - وردیج شمال روستای پورکان، جاده چالوس



تصویر شماره ۴- ناودیس محلی کوچک در فرادیاوره گسل پورکان - وردیج پورکان، جاده چالوس

مطالعه گسل و ساختارهای مرتبط با آن در مقطع گسلی کندر

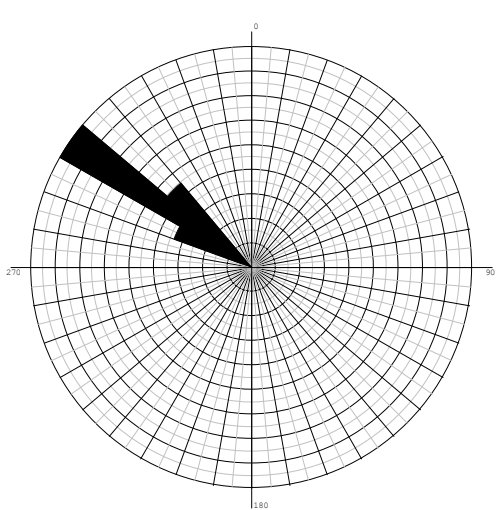
حدود ۵ کیلومتری ابتدای ورودی جاده غربی کندر از سمت چالوس، دره‌ای وجود دارد که محل عبور گسل پورکان - وردیج بوده و آثار زون گسلی، نظیر خرد شدگی سنگ‌ها که عموماً فاقد استحکام و چسبندگی بوده و حالت ریزشی دارند، وجود درزه‌های منظم و نامنظم، آثار به جا مانده از درزه‌های پر شده توسط کوارتز و ... قابل مشاهده و بررسی هستند.

تشخیص محدوده گسله سنگ‌ها در هر دو سوی دره (سوی شرقی و غربی دره) کار دشواری است و فقط در قسمت‌های کوچکی از مسیر عبور گسل دیده می‌شود. پهنه خرد شده گسل در این منطقه محدود به چند سانتی‌متر (۵۰-۱۰ سانتی‌متر) است و

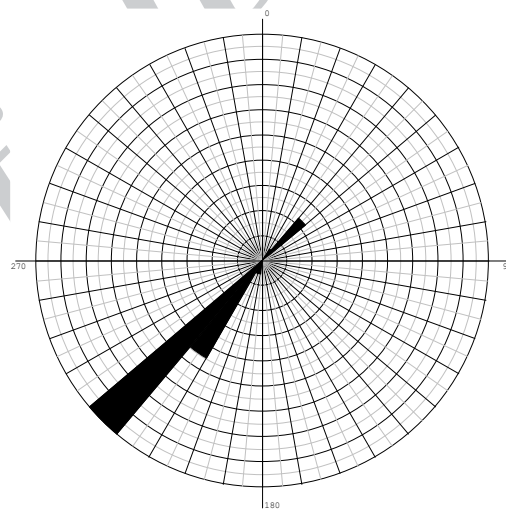
سنگ‌ها فاقد چسبندگی بوده و ریزدانه هستند و در دسته برش‌های گسلی جای می‌گیرند. گسل‌های فرعی بزرگ و کوچک بسیاری در ارتباط با شاخه اصلی، دیده می‌شوند که شیب و امتداد آن‌ها از شیب و امتداد گسل اصلی تبعیت می‌کند (نمودارهای شماره ۲، ۳، ۴ و ۵). درزه‌ها و شکستگی‌هایی وجود دارند که آثاری از پر شدن کوارتز و بعضاً کلسیت نیز در آن‌ها به چشم می‌خورد و توسط درزه‌های جوان‌تری که تقریباً عمود بر آنها هستند، بریده می‌شوند. در هر دو سمت دره، اغلب درزه‌هایی که با کوارتز پر شده‌اند، به صورت افقی و تقریباً هم‌روند با صفحه اصلی گسل بوده و درزه‌های دیگری که آنها را قطع می‌کنند، با آن‌ها زوایایی با مقادیر زیاد می‌سازند (تصویر شماره ۵).



تصویر شماره ۵- پر شدگی درزه‌ها با کوارتز و کلسیت، جاده کندر

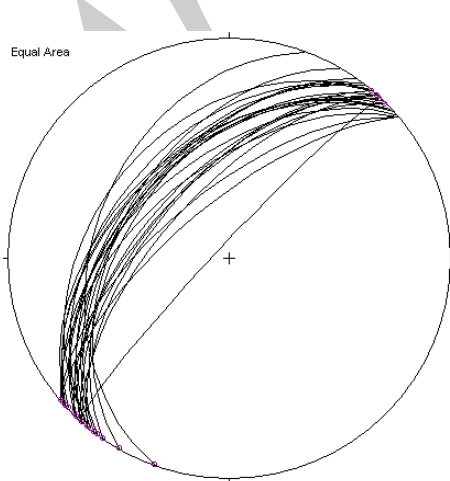


(ب)

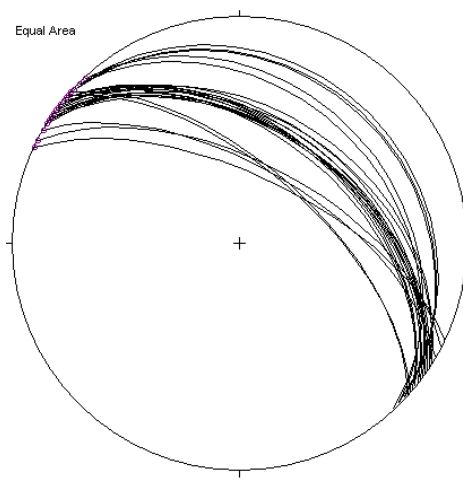


(الف)

نمودار شماره ۲- نمودار گل سرخی صفحه گسلی (الف) و درزه‌های منطقه (ب)، کندر

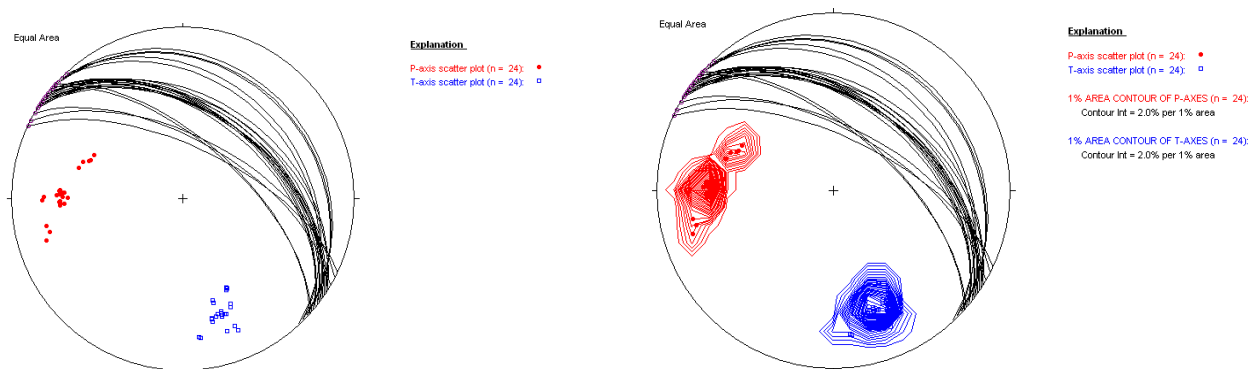


(ب)

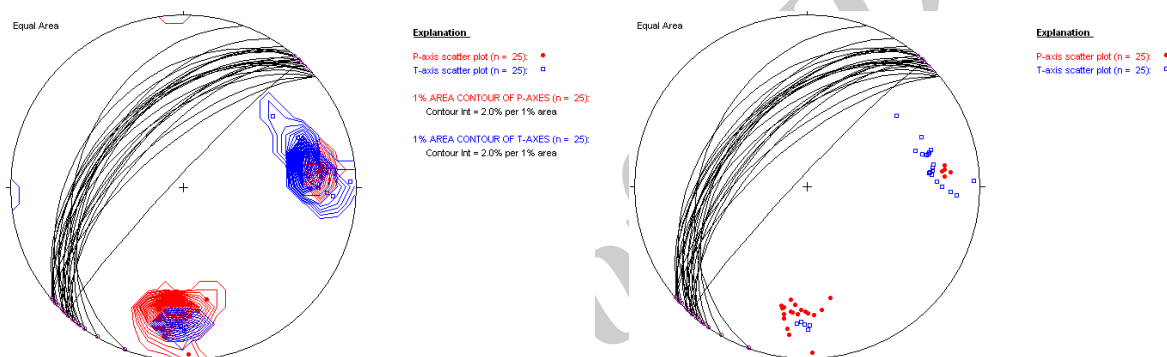


(الف)

نمودار شماره ۳- نمودار استریوگرافیک صفحه گسلی (الف) و درزه‌های منطقه (ب)، کندر



نمودار شماره ۴- تصویر استریوگرافیک محورهای فشارش و کشش و نقاط تجمعی گسل پورکان - وردیج مقطع گسلی کندر



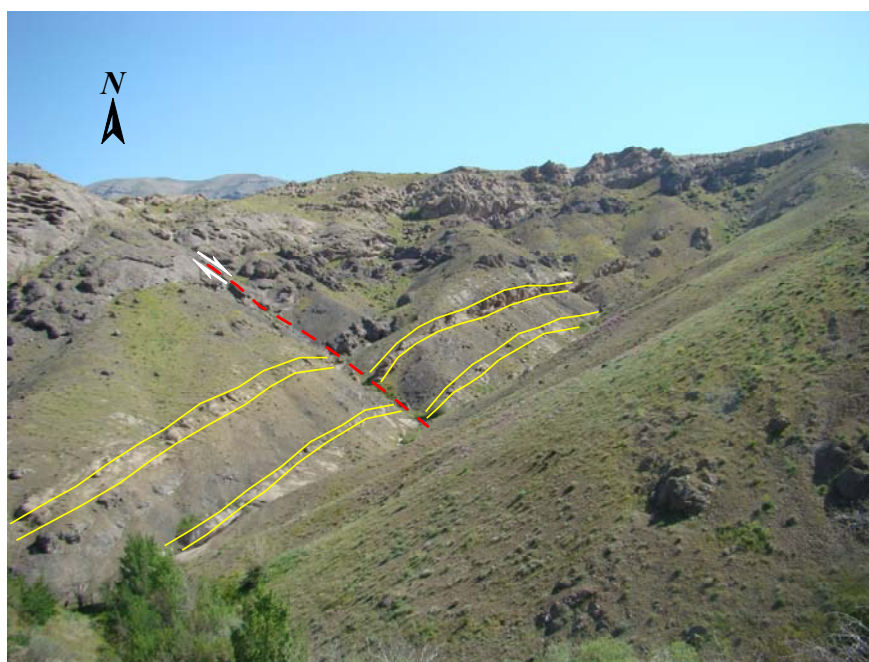
نمودار شماره ۵- تصویر استریوگرافیک محورهای فشارش و کشش و نقاط تجمعی درزه‌ها مقطع گسلی کندر

عکس‌های هوایی و عکس‌های گرفته شده از منطقه اکتفا نمود.

هنگام پیمایش در طول مسیر آبراهه شرقی، تغییر ناگهانی ارتفاع، برخاستگی بستر رودخانه و همچنین فرسایش رسوبات کف رودخانه مشاهده نشده است. سینوسیتهی مسیر رودخانه و الگوی آبراهه در بررسی‌های اولیه این تحقیق، نشانی دال بر فعالیت گسل از خود نشان نمی‌دهد و ارتفاعات شکل گرفته‌ای که در اثر جریان آب در مسیر رودخانه دیده می‌شوند، ناشی از تغییر جنس لایه‌ها و متغیر بودن مقاومت آنها در برابر فرسایش است.

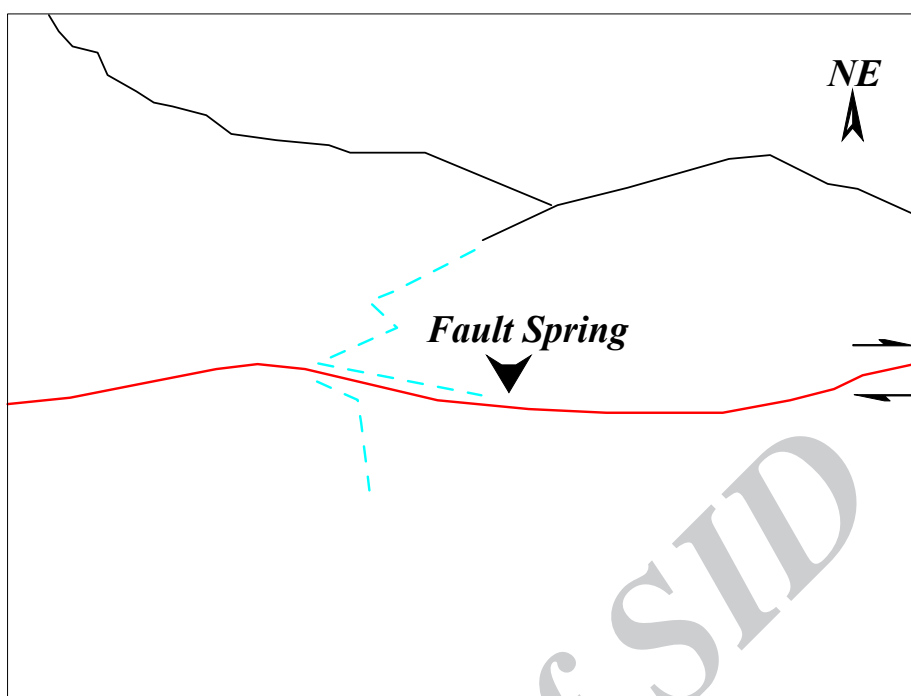
بررسی وضعیت آبراهه شمال شرقی کندر

بررسی آبراهه شمال شرقی، نشان دهنده جابجایی امتدادلغز لایه‌ها به صورت جابجایی راست‌گرد و پدیدار شدن چشمه گسلی در منطقه است (تصاویر شماره ۶ و ۷). برای رسیدن به محدوده گسل در این منطقه، باید حدود ۲-۳ ساعت از شرق روستا به داخل کوهستان پیاده‌روی داشت و کل مسیر را برای دسترسی به شواهد احتمالی، پیمایش کرد. وجود املاک و باغات شخصی ساکنین منطقه و همچنین مورفولوژی (وضعیت فراز و نشیب) منطقه به گونه‌ای است که امکان بررسی دقیق را از نزدیک نمی‌دهد و برای تفسیر رخدادهای باید به تصاویر ماهواره‌ای،



تصویر شماره ۶- جایجایی امتدادلغز لایه‌ها در شرق روستای کندر، نگاه به سمت شمال





تصویر شماره ۷- عملکرد راست‌گرد گسل و حضور چشمه‌های گسلی در منطقه آبراهه شمال شرقی کندر

امتداد گسل در این منطقه SE - NW بوده و شیب گسل به سمت شمال خاوری است (نمودارهای شماره ۶ و ۷).

خش‌لغزهای محدودی که در محدوده زون گسل دیده می‌شوند، می‌توانند دلیلی بر حرکت‌های امتدادلغز یا مورب‌لغز گسل در هنگام فعالیت مجدد آن بوده باشند. همان‌گونه که گفته شد، تعداد خش‌لغزهایی که وجود دارد، بسیار کم بوده و آثار و شواهد اندکی برای بررسی باقی مانده است. با این وجود تصویر استریوگرافیک حاصل از اندازه‌گیری تعدادی از خش‌لغزها، و همچنین موقعیت آنها روی صفحه گسلی، در نمودارها لحاظ شده است.

در ادامه مسیر به سمت روستای واریش، برونزدی از صفحه گسل وجود ندارد، ولی ابتدای روستای واریش، جاده ای خاکی به سمت روستای

مطالعه گسل و ساختارهای مرتبط با آن مابین

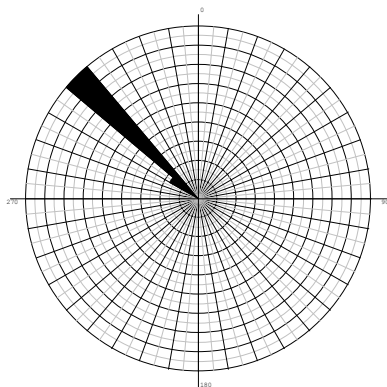
روستای وردیج و واریش

گسل پورکان - وردیج پس از عبور از ارتفاعات شرق و شمال شرقی روستا، از جاده دسترسی به روستای واریش نیز عبور می‌کند. ولی موقعیت قرارگیری روستای وردیج، طولانی بودن مسیر و صعب‌العبور بودن آن باعث می‌شود که بررسی‌های میدانی از فاصله دور و با اتکا به عکسبرداری از منطقه انجام شود. در قسمتی از مسیر دسترسی وردیج به واریش، بررسی زون گسل از طریق ترانشه‌های کنار جاده امکان پذیر است. زون گسلی پورکان - وردیج در مورفولوژی کوه‌های شرقی روستای وردیج قابل مشاهده است و عرض زون حدود ۱۲۰-۱۰۰ متر برآورد می‌شود (تصویر شماره ۸).

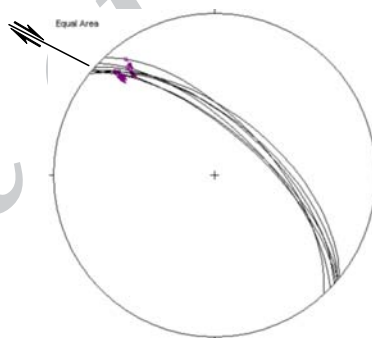
تحلیل ساختاری سامانه گسل پورکان - وردیج در منطقه البرز مرکزی

درزه‌ها امتداد جنوب باختر - شمال خاور دارند. شیب دسته‌ای از آنها جهت شمال غرب و شیب دسته‌ای دیگر جهت جنوب شرق را نشان می‌دهد (تصویر شماره ۹ و نمودار شماره ۸). به دلیل خردشدگی شدید سنگ، تکرار درزه‌ها به صورت مرتب دیده نمی‌شود و فقط در قسمت کوچکی، قابل مشاهده و اندازه‌گیری هستند. قسمتی از درزه‌ها که دستخوش تغییرات شدیدی نشده‌اند، آثاری از پرشدگی کوارتز و گاه‌آهک را نشان می‌دهند که فاقد مقاومت بوده و بسیار سست هستند (تصویر شماره ۷).

کندر (در غرب) وجود دارد که در ارتفاعات بالای آن، محدوده بسیار اندکی از زون گسل مجددا دیده می‌شود که سنگ‌های آن به شدت خرد شده و هوازده هستند، به گونه‌ای که در اثر تماس دست، به سرعت فروریخته و از بین می‌روند. گسله سنگ‌ها عموماً ریزدانه و برشی بوده و روی سنگ‌ها هیچ اثری از خش‌لغز دیده نمی‌شود که به نظر می‌رسد این امر به دلیل خردشدگی شدید سنگ‌ها باشد. امری که بیشتر جلب نظر می‌کند، وجود درزه‌هایی است که نسبت به یکدیگر حرکت اندکی نشان می‌دهند.



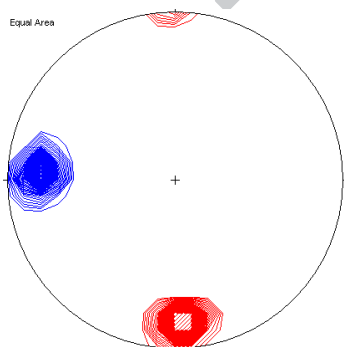
(ب)



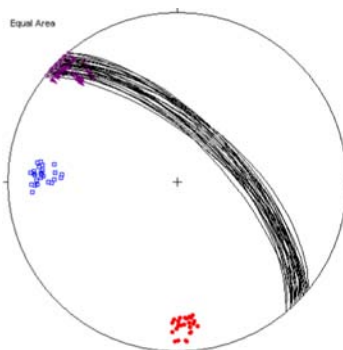
Explanation:
FAULTS & STRAE (n = 7)
arrow shows the movement of the hanging wall

(الف)

نمودار شماره ۶ - تصویر استریوگرافیک (الف) و نمودار گل‌سرخ (ب) مقطع گسل در روستای وردیج

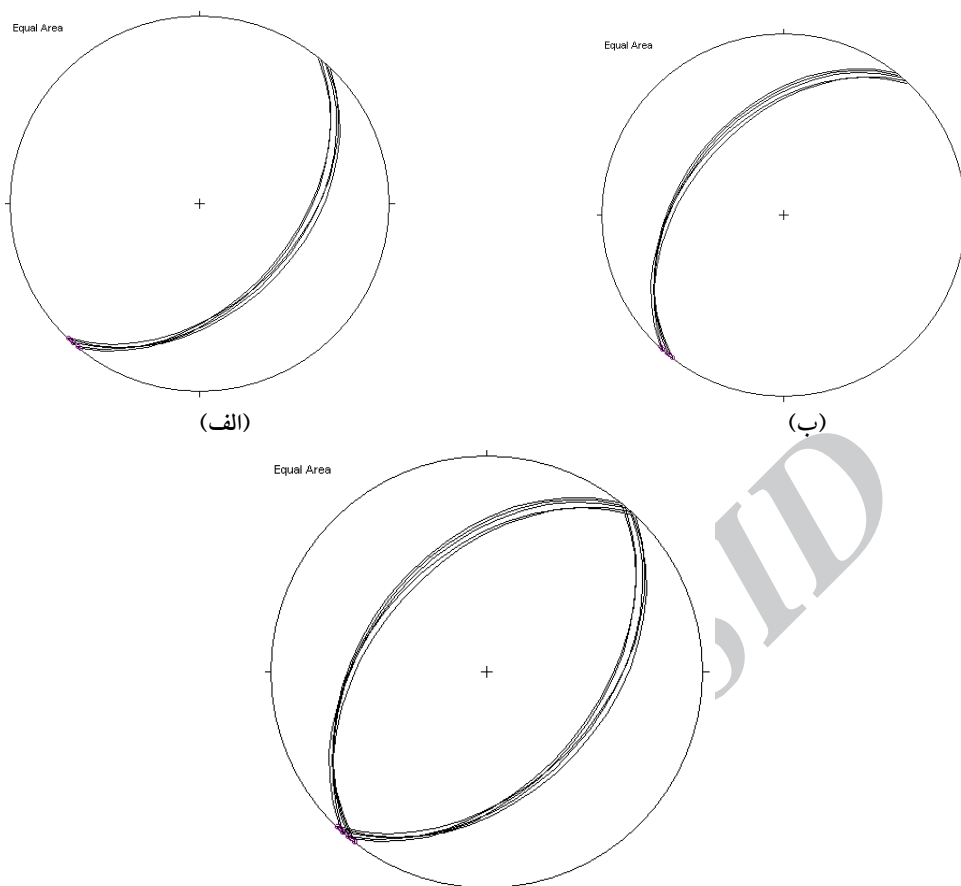


Explanation:
1% AREA CONTOUR OF P-AXES (n = 25):
Contour Int = 2.0% per 1% area
1% AREA CONTOUR OF T-AXES (n = 25):
Contour Int = 2.0% per 1% area

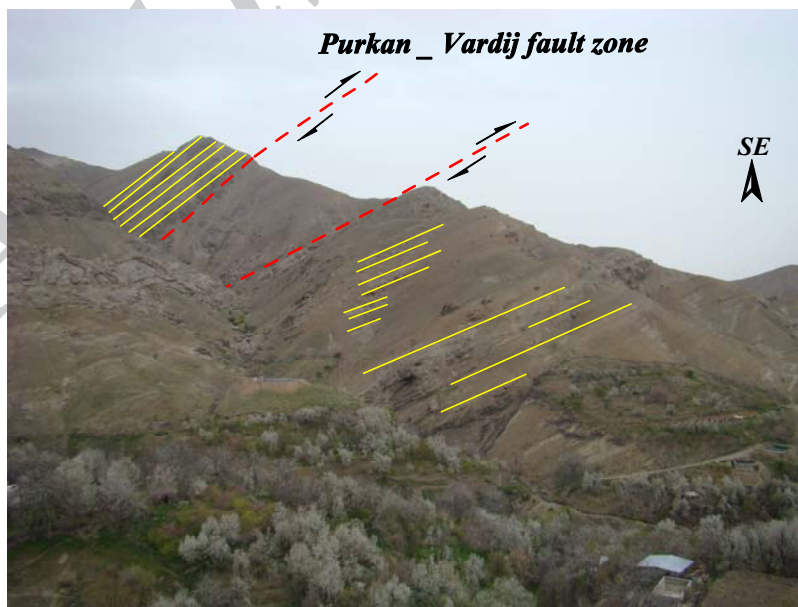


Explanation:
FAULTS & STRAE (n = 25)
arrow shows the movement of the hanging wall
P-axis scatter plot (n = 25) ■
T-axis scatter plot (n = 25) □

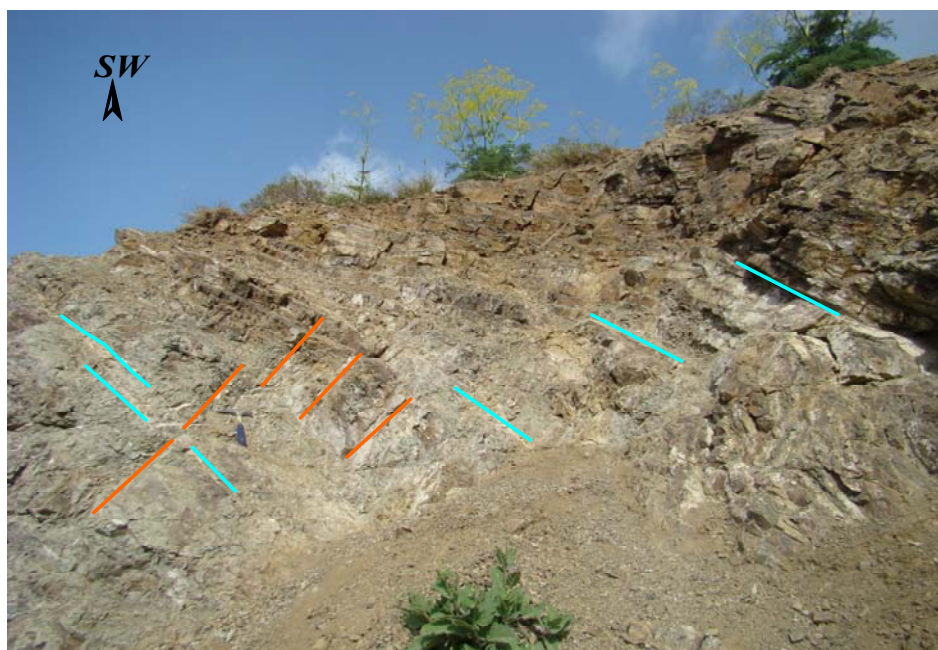
نمودار شماره ۷ - تصویر استریوگرافیک نقاط فشاری و کششی گسل پورکان - وردیج روستای وردیج



نمودار شماره ۸- تصویر استریوگرافیک درزه‌ها و نمایش حالت تقارن آن‌ها نسبت به یکدیگر



تصویر شماره ۸- زون گسل پورکان - وردیج، روستای وردیج



تصویر شماره ۹- نحوه آرایش درزه‌ها نسبت به یکدیگر

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات و بررسی‌های انجام گرفته، نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱- پژوهش‌های پیشینی که برای تهیه نقشه زمین‌شناسی تهران انجام گرفته است، گسل پورکان - وردیج را یک گسل راندگی معرفی می‌کند. براساس مطالعات انجام شده، شیب و امتداد گسل پورکان - وردیج بسیار متغیر بوده و هرچه به سمت غرب پیش می‌رویم، بر میزان شیب آن افزوده می‌شود. علاوه بر این، طبق نمودارهای به دست آمده از داده‌ها، شیب گسل غالباً زیاد بوده و بیش از شیب گسل‌های راندگی می‌باشد. بنابراین اگرچه گسل در ابتدا به صورت راندگی عمل کرده است، ولی در اثر دگرشکلی و ادامه فرآیند فعالیت در طی زمان قسمت‌هایی از آن به صورت گسل پر شیب ظاهر شده است.

۲- با توجه به وضعیت آبراهه‌های موجود و بررسی آبرفت‌های منطقه، بریدگی آبرفت و تغییرات آبراهه در منطقه دیده نمی‌شود و این امر می‌تواند هم موید قدیمی بودن فعالیت گسل باشد (قبل از کواترنر) و هم بالا بودن نرخ فرسایش را نسبت به برخاستگی برساند.

۳- در بخش‌هایی که صفحات گسل قابل دسترسی و اندازه‌گیری بوده‌اند، و همچنین الگوی آبراهه‌ای که در آبراهه شمال شرق کندر به دست آمده است، نشان می‌دهد که در فعالیت گسل، به خصوص در قسمت‌های شرقی‌تر که شیب گسل کمتر است، جابجایی‌های امتدادلغز از نوع راست‌گرد هستند و شواهدی نظیر چشمه‌های گسلی را نیز در منطقه پدید آورده‌اند. این امر موید این مطلب است که چنانچه حرکت گسل با جهت‌های امروزه همخوان می‌بود، می‌بایستی

منابع

– امینی، ب.، و امامی، م.ه.، ۱۳۷۲، نقشه و گزارش زمین‌شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

– بان‌خیبر، م.، ۱۳۸۵، ارزیابی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی مسیر تونل انتقال آب سد امیرکبیر به تهران، پایان‌نامه، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه.

– یساقی، ع.، ۱۳۶۸، تحلیل ساختاری و تکوین زمین‌ساختی جنوب باختری البرز (شمال تهران)، پایان‌نامه، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه.

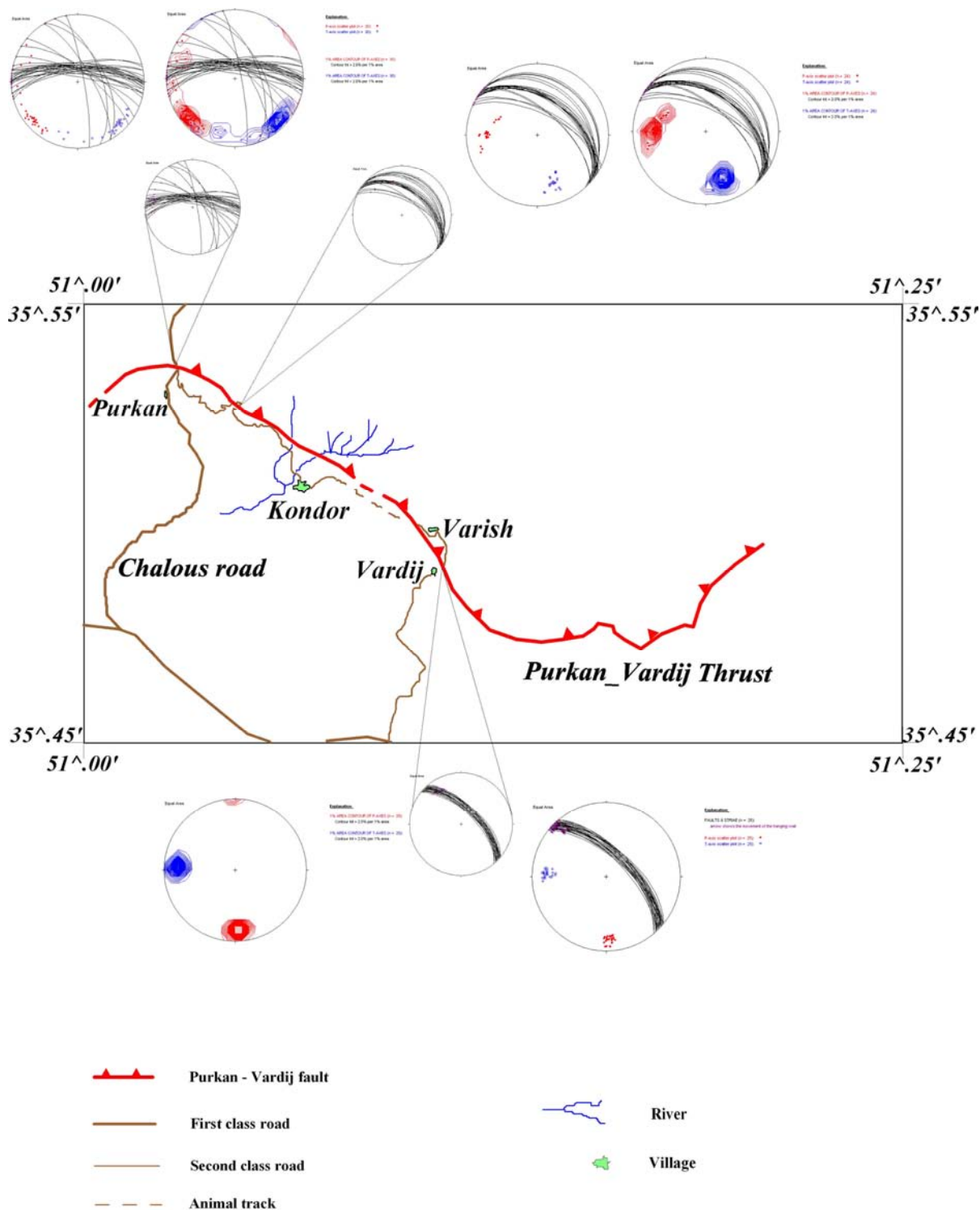
- Alavi, M., 1996, Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in northern Iran: Journal of Geodynamics, V. 21, p. 1-33.

- www.wordwind.arc.nasa.gov

مولفه چپ‌گرد دیده می‌شد، ولی تحلیل داده‌ها به حضور مولفه راست‌گرد اشاره دارد که این امر مبین عدم فعالیت گسل در حال حاضر است.

۴- با توجه به این که پیشینه مطالعاتی بر روی جزئیات ساختاری گسل پورکان - وردیج در دست نبوده است و این مطالعه به نوبه خود اولین پژوهش در حیطه مسائل ساختاری این گسل محسوب می‌شود و باید مطالعات بیشتری در این زمینه صورت پذیرد، نتایجی که از بررسی‌های این پژوهش حاصل شده است، نشان دهنده غیر فعال بودن گسل در حال حاضر (کوآترنر) است و شاید بتوان با خوش‌بینی بیشتری این گسل را از دسته گسل‌های لرزه‌زا در حریم شهرهای تهران و کرج حذف نمود.

تحلیل ساختاری سامانه گسل پورکان - وردیج در منطقه البرز مرکزی



تصویر شماره ۸- موقعیت گسل و ایستگاه‌های اندازه‌گیری