

## بررسی سازوکار هندسی گسل های منطقه ژئوترمال شمال غرب سبلان با استفاده از فناوری GIS

گلناز موذن زاده<sup>۱</sup>، دکتر سهراب شهرياری<sup>۲</sup> و دکتر علی ارومیه ای<sup>۳</sup>

### چکیده

منطقه ژئوترمال شمال غرب سبلان، مجموعه ای از ساختارهای زمین ساختی به ویژه شکستگی های گوناگون را در خود جای داده است. بررسی آماری خطواره های استخراج شده بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره ای، نشان دهنده چهار روند غالب  $W - E, NW - SE, NNW - SSE, WNW - ESE$  می باشد. این روندها سازگار با راستای گسل های منطقه هستند. این گسل ها با روندهای غالب  $N90-110^{\circ}, N120-130^{\circ}, N30-50^{\circ}$  به همراه سایر روندهای فرعی در جنوب و جنوب غربی کوه سبلان، موجبات تشکیل دره موئیل را فراهم آورده اند. گسل های مذکور، که دارای سازوکار امتداد لغز می باشند، در اکثر موارد شیب تندی دارند، لذا می توانند تا اعماق ادامه داشته و از این نظر در انتقال جریان های زیرزمینی آب تأثیر به سزایی داشته باشند.

کلید واژه ها : ژئوترمال، سبلان، تصاویر ماهواره ای، گسل های امتداد لغز، دره موئیل

## Faults kinematic analysis in NW Sabalan geothermal region by using of GIS

Golnaz Moazenzadeh, Dr. Sohrab Shahriari and Dr. Ali Uromiehy

### Abstract

The NW Sabalan geothermal region includes the collection of tectonic structures particularly different fractures. Four dominant trendings in statistics investigation of conducted lineament based on satellite image interpretation are: WNW-ESE, NNW-SSE, NW-SE, W - E. These trendings are adapted along with the region major faults. These faults, with dominant trending  $N90-110^{\circ}, N120-130^{\circ}, N30-50^{\circ}$  and other subtrendings in the south and southwest of Sabalan mountain, caused the formation of Moil Valley. The above faults, have strike-slip faults, are mainly very steep, and they continued until deep, so they have an important effect on transferring under ground flowing water.

**Keywords:** Goethermal, Sabalan, Satellite images, Strike-slip Faults, Moil Valley

<sup>1</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی (تکتونیک) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

<sup>2</sup> عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی

<sup>3</sup> عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس

## ۱- مقدمه:

کوه سبلان یک پهنه آتشفشان چینه ای تراکی آندزیتی با یک کالدرای مشخص، به عنوان یک محدوده امیدبخش ژئوترمال در شمال غرب ایران، در مشگین شهر شناسایی شده و توجه بسیاری از کارشناسان مسائل انرژی راه، جهت اکتشاف و بهره برداری از منابع انرژی ژئوترمال آن، به سوی خود جلب کرده است.

در یک پروژه نیروگاه زمین گرمایی مناسب بودن روابط زمین شناسی و فیزیکی، جهت برداشت سفره های آبگرم و کافی بودن سیال حد واسط (آب های جوی، ماگمایی و فسیل) مهم است. منطقه عملیاتی اکتشاف منابع زمین گرمایی سبلان با دارا بودن این شرایط واجد شکستگی های گوناگونی است که براساس طبیعت و سازوکاری که از خود بروز می دهند، نقش خاصی را در کنترل جریان های سطحی و زیرزمینی آب برعهده دارند. به طوری که به عنوان عاملی در جهت هدایت سیالات گرمایی، انتقال جریان ها از ارتفاعات به نقاط پست و تغذیه سفره های زیرزمینی می باشند. برای شناخت نقش این ساختارها از دیدگاه کنترلی که روی جریان آب دارند، لازم است تا سازوکار آن ها مورد بررسی قرار گیرد. لذا در این پژوهش سعی گردیده بر مبنای تصاویر ماهواره ای و گزارشات حاصل از عملیات حفاری ژئوترمال در منطقه، سازوکار گسل ها و تأثیر عملکرد این ساختارها بر منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه:

منطقه عملیاتی اکتشاف منابع زمین گرمایی سبلان، در محدوده جغرافیایی  $47^{\circ}40'21''$  تا  $47^{\circ}47'28''$  طول شرقی و  $38^{\circ}12'20''$  تا  $38^{\circ}19'12''$  عرض شمالی، در شمال غرب ایران در استان اردبیل قرار دارد. این منطقه به وسعت  $8300$  کیلومتر مربع در جنوب غربی اردبیل و تقریباً در  $12$  کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مشگین شهر، روی دامنه غربی کوه سبلان و در دره موئیل واقع شده است (Bogie. et al., 2000) (شکل ۱).

## ۳- چینه شناسی منطقه:

تنوع پتروگرافیک رخنمون ها در منطقه ژئوترمال شمال غرب سبلان، مربوط به تشکیل واحدهای سنگی در فازهای مختلف آتشفشانی بوده و معلول شرایط خاص این رویداد می باشد. لذا براساس واحدهای سنگی - زمانی (Rock-TimeUnit) می توان توالی سنگ - چینه ای را در منطقه برحسب کاهش سن از بالا به پایین به شرح زیر مشخص نمود (سحابی، ۱۳۷۹):

-گدازه های تراکی-آندزیتی، توف ها و آذرآواری های پلیوسن که قبل از تشکیل دهانه (Pre-Caldera) فوران کرده و در سطح گسترده شده اند.

- گنبدها و روانه های گدازه ای از جنس تراکی داسیت و تراکی آندزیت با سن پلیستوسن آغازی که همزمان با به وجود آمدن دهانه (Syn-Caldera) تشکیل شده اند.

- روانه های گدازه ای تراکی آندزیتی، گنبدها و لاهارهای پلیستوسن پایانی که مربوط به بعد از تشکیل دهانه (Post-Caldera) هستند.

- رسوبات آبرفتی، پادگانه های آبرفتی و مخروط افکنه های متعلق به هولوسن (کواترنری).

## ۴- توصیف ساختاری منطقه:

بررسی تصاویر ماهواره ای، خطواره های زیادی را به صورت ساختمان های گسلی و شکستگی ها (درز، ترک و شکاف) در منطقه نشان می دهد. در تحلیل ویژگی های ساختاری این خطواره ها، از روش ها و تکنیک های متعدد دورسنجی، از جمله روش تفسیر رقومی براساس ترکیب داده های ماهواره ای (Data Fusion)، استفاده از DEM و تکنیک فیلتر کردن، با استفاده از فیلترهای زاویه تابش نور (Sun Angle or Illumination) (Filtering) استفاده گردید. به طوری که در روش ترکیب داده های ماهواره ای، بعد از انجام تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای منطقه، داده های هفت باند

روی دامنه شمال غربی به علت تأثیر شدید فرسایش و سسته شدن آذرآواری و گدازه های جوان تر مربوط به بعد از تشکیل دهانه آتشفشان می باشد. بنابراین گسل های خطی یاد شده را می توان به عنوان ساختارهای اصلی منطقه معرفی نمود.

#### ۵- تحلیل هندسی گسل های منطقه:

گسل های منطقه با بهره گیری از روش های ژئوفیزیکی مقاومت سنجی، در افق های مختلف زیرزمینی تا عمق ۳۰۰۰ متر، توسط مشاوری نیوزیلندی شناسایی شده اند. در این پژوهش، تحلیل و بررسی هندسی این گسل ها با استفاده از تکنیک های دور سنجی، براساس داده های ماهواره ای IRS pan (با توان تفکیک مکانی ۵/۶ متر)، و اطلاعات حاصل از حفاری های اکتشافی ژئوترمال صورت گرفته است. ارزیابی و تفسیر تصویر ماهواره ای منطقه مورد بررسی، با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و تکنیک فیلتر کردن (فیلترهای جهت دار، فیلترهای زاویه تابش نور و فیلترهای حیطه مکانی) صورت گرفته و از نتایج اصلی این بررسی می توان به اندازه گیری طول و آزیموت گسل ها، شیب و سازوکار هندسی گسل ها، شکستگی های پدیدار و در نهایت تهیه نقشه ساختاری منطقه به قرار زیر اشاره نمود:

#### - گسل NNW1:

گسل NNW1 با راستای عمومی شمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق از حوالی بخش شرقی روستای دیزو عبور می کند. طول تقریبی این گسل حدود ۴۲۷۳ متر بوده و بخش انتهایی جنوب شرقی آن توسط گسل NE2 قطع می شود. با توجه به اثر واضح این گسل بر روی تصاویر ماهواره ای، شیب آن تند و نزدیک به قائم است. در راستای این گسل در نیمه شمالی، چشمه آبگرم قینرجه رخنمون دارد که به عنوان یک شکل فیزیوگرافیک شاهد غیرمستقیمی بر فعالیت گسل NNW1 در زمان گذشته می باشد. بر پایه تحلیل و تفسیر مدل DEM منطقه با پوششی از تصویر ماهواره ای IRS pan و

تصویر ماهواره ای ETM لندست (با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر)، با باند ۸ آن (با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر) ترکیب شد. به دلیل وجود پوشش ابر و برف در ETM لندست، ترکیب داده های هفت باند ETM لندست، با IRS pan (با توان تفکیک مکانی ۵/۶ متر) که عاری از چنین پوششی است، انجام گرفت و بدین ترتیب خطواره ها با توجه به این روش ها استخراج گردیدند. همچنین در مدل رقومی ارتفاع (DEM) که در شناسایی و تشخیص خطواره های توپوگرافی اهمیت زیادی دارد، خطواره های اصلی با زوایای تابش نوری مختلف استخراج گردیدند. نتایج استخراج خطواره های منطقه با استفاده از تکنیک های مختلف رقومی در شکل ۲ ارائه شده است. بررسی آماری این خطواره ها (شکل ۳)، نشان دهنده طیف گسترده ای از خطواره ها با روندهای گوناگون است، اما در میان آن ها، چهار روند غالب WNW-ESE, NW-SE, NNW-SSE W-E، به همراه روندهای فرعی دیگر خود نمایی می کند. این روندها سازگار با راستای گسل های خطی (Linear Faults) منطقه هستند و حاکی از تحمل بیشترین دگرشکلی در راستای خود می باشند. این گسل ها به همراه سایر روندهای فرعی در جنوب و جنوب غرب کوه سبلان به صورت یک محدوده گسلی بر روی تصاویر ماهواره ای قابل تشخیص بوده و در داخل یک گسل کمانی (Arcuate Fault) جای گرفته اند، که این گسل کمانی در ۱۴ کیلومتری جنوب غربی قله سبلان و خارج از منطقه مورد بررسی قرار دارد. گسل کمانی مذکور از روی ناهنجاری توپوگرافیکی که در دامنه سبلان ایجاد نموده، روی عکس های هوایی قابل تشخیص است. لذا براساس شواهد ظاهری، یک خطواره توپوگرافیک است که روند کمانی پیدا کرده است. همچنین یک گسل کمانی کوچک تر کم و بیش منطبق با دهانه آتشفشان در محل تغییر سریع شیب توپوگرافیک، قابل برداشت است. تشکیل این گسل با فعالیت آتشفشانی و تأثیر نیروهای بالا کشنده همزمان و مربوط می گردد. ظاهر نشدن این گسل

ناواضح بودن اثرگسل بر روی تصاویر ماهواره ای می توان چنین استنباط کرد که این گسل شیب ملایمی دارد. در بخش میانی گسل مذکور، شکستگی های متعددی مشهود است، که در نتیجه تقاطع گسلهای NW1 و NW2 با این گسل به وجود آمده اند. با توجه به نتایج حاصل از تفسیر مدل DEM منطقه، با پوشش تصویر ماهواره ای IRS pan و اعمال فیلتر Hight pass sharpedge، می توان گفت NNW3 گسلی امتدادلغز با مؤلفه ای از جابه جایی راستگرد است. آزمون آن در حدود ۱۵۴ درجه می باشد (شکل ۶).

#### - گسل NW1:

گسل NW1 دارای طول تقریبی ۳۴۶۱ متر و راستای تقریبی غرب شمال غرب - شرق جنوب شرق می باشد. در طی بررسی و تفسیر تصاویر ماهواره ای، در درازای این گسل، مؤلفه ای از جابه جایی افقی مشهود نگردید. وجود شکستگی ها و ظهور چشمه های متعدد در بخش غربی آن، نشان دهنده گسلیده بودن شدید این بخش، در نتیجه عملکرد سه گسل NW1, NNW2, NE3 است. آزمون گسل قائم NW1 در حدود ۹۳ درجه می باشد.

#### - گسل NW2:

گسل NW2 با راستای شمال غرب - جنوب شرق و درازای تقریبی ۲۵۷۰ متر در جنوب شرقی گسل NW1 واقع شده است. آزمون این گسل در حدود ۹۷ درجه می باشد. بر پایه نتایجی که از حفاری چاه NWS-4 در سایت B بدست آمده شیب گسل در این محدوده ۸۵ درجه تخمین زده شده است (Bogie. et al., 2005).

بررسی های انجام شده بر روی مدل DEM منطقه نشان داد که بهترین فیلتر برای بارزسازی و تحلیل این گسل فیلتر میانگین 3 Low pass average، توأم با فیلتر زاویه تابش نور می باشد. بر این اساس مؤلفه ای از جابه جایی چپگرد در راستای شرقی گسل تشخیص داده شد (شکل ۷). لذا این گسل دارای سازوکار امتدادلغز با مؤلفه چپگرد می باشد.

اعمال فیلتر Standard Laplacian 5 و فیلتر زاویه تابش نور (Sun Angle Filter) با زوایای مختلف، برای گسل NNW1 سازوکار امتدادلغز راستگرد و آزمون حدود ۱۷۴ درجه تشخیص داده شد (شکل ۴).  
- گسل NNW2:

گسل NNW2 با درازای تقریبی ۶۲۴۵ متر و راستای شمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق از شمال روستای موئیل شروع شده و شاید تا جنوب غربی سایت حفاری E ادامه داشته باشد. اثر واضحی از بخش شمالی این گسل بر روی تصاویر ماهواره ای مشاهده نمی شود؛ این مسأله به دلیل پوشش رسوبات آبرفتی کواترنری می باشد. در بررسی چاه حفاری NWS-4 در سایت B شیب ۷۸ درجه به سمت شمال شرق برای گسل مذکور در این محدوده اندازه گیری شد (Bogie. et al., 2005). با بررسی مدل DEM منطقه با پوشش تصویر ماهواره ای IRS pan و اعمال فیلتر Hight pass sharpedge و فیلتر زاویه تابش نور، مؤلفه ای از جابه جایی چپگرد در جنوب گسل قابل تشخیص است. همچنین شکستگی هایی در شمال و در جنوب استخراج شده اند (شکل ۵). بخش میانی این گسل محل تقاطع آن با دو گسل NE2 و NW1 است، به طوری که بر روی تصاویر ماهواره ای، در این بخش دگرشکلی عمده ای مشهود است. همچنین در این محل چندین چشمه آبگرم ایجاد شده است که دلالت بر فعالیت ساختاری این محل در گذشته دارد. با توجه به نتایج فوق، NNW2 گسلی امتدادلغز با مؤلفه کوچکی از جابه جایی چپگرد است. آزمون آن در حدود ۱۵۸ درجه می باشد و شیبی ملایم دارد.

#### - گسل NNW3:

گسل NNW3 با درازای حدود ۶۷۷۶ متر، از بخش شرقی روستای موئیل با راستای شمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق شروع شده و تا شمال گسل NW2 ادامه دارد و از آنجا کم و بیش با همین روند تا شمال شرقی سایت حفاری E قابل پیگیری است. با توجه به

## - گسل NW3:

پراکندگی تمامی سطوح گسل های تخمینی منطقه (شکل ۹) نشان دهنده این است که، روندهای غالب  $N70-80^{\circ}$ ,  $N90-100^{\circ}$ ,  $N120-125^{\circ}$  در درجه نخست و روندهای  $N30-50^{\circ}$ ,  $N150-170^{\circ}$  در درجه دوم اهمیت قرار دارند. بر اساس این نتایج و با توجه به پراکندگی سطوح گسل های اصلی (شکل ۱۰)، ملاحظه می شود، که پراکندگی این روندها همخوان با روند گسل های اصلی منطقه می باشند. نتایج به دست آمده از حفاری های اکتشافی ژئوترمال نشان می دهد که در اکثر موارد سازوکار این گسل ها عمودی می باشد. توسعه این گسل ها در مناطق لاهاری محدود کننده گسترش شکستگی های شکننده بوده و بنابراین درجه نفوذپذیری منطقه با این گسل ها در ارتباط است (Bogie. et al., 2005).

گسل NW3 با راستای عمومی شمال غرب - جنوب شرق، دارای طول تقریبی ۴۸۳۱ متر و آزیموت ۱۱۱ درجه می باشد. با بررسی و تحلیل مدل DEM منطقه، با پوشش تصویر ماهواره ای IRS pan و اعمال فیلتر Standard Laplacian 5 در درازای این گسل مؤلفه ای از جابه جایی چپگرد قابل تشخیص است (شکل ۸).

## - گسل NE2:

گسل NE2 با درازای تقریبی ۳۰۵۵ متر و راستای عمومی شمال شرق - جنوب غرب، دارای آزیموت حدود ۲۲۲ درجه می باشد. نتایج حاصل از اکتشافات حفاری نشان می دهد که این گسل دارای شیب تند به سمت شمال غرب است (Talebi and Rezvani., 2005). بر روی تصاویر ماهواره ای اثر واضحی از گسل NE2 مشاهده نمی شود؛ این مسأله با توجه به شیب تند گسل به دلیل پوشش رسوبات کواترنر می باشد. این گسل در انتهای شمال شرقی با دو گسل NW1, NNW2 تقاطع دارد. در انتهای جنوب غربی در محل تقاطع با دو گسل NNW1, NNE1 دره ای ایجاد شده است، که با توجه به قطع شدن مسیر آبراهه ها می توان وجود این دره را بر روی تصاویر ماهواره ای مشاهده نمود.

## - گسل NNE1:

گسل NNE1 دارای درازای تقریبی ۴۱۵۳ متر و آزیموت حدود ۱۸۹ درجه می باشد. این گسل با روند شمال شمال شرق - جنوب جنوب غرب ایجاد شده است. با توجه به ویژگی لیتولوژیکی در این محل (سخت و نفوذ ناپذیر بودن لیتولوژی)، وجود شکستگی ها باعث جریان آبراهه ها شده و تنها شکستگی ها می توانند معبر عبور آب باشند. اثر واضحی از این گسل بر روی تصاویر ماهواره ای مشاهده نگردید. در انتهای این گسل زون فرسایش یافته خطی باعث تجمع آب رودخانه ها شده است.

## - گسل های تخمینی منطقه:

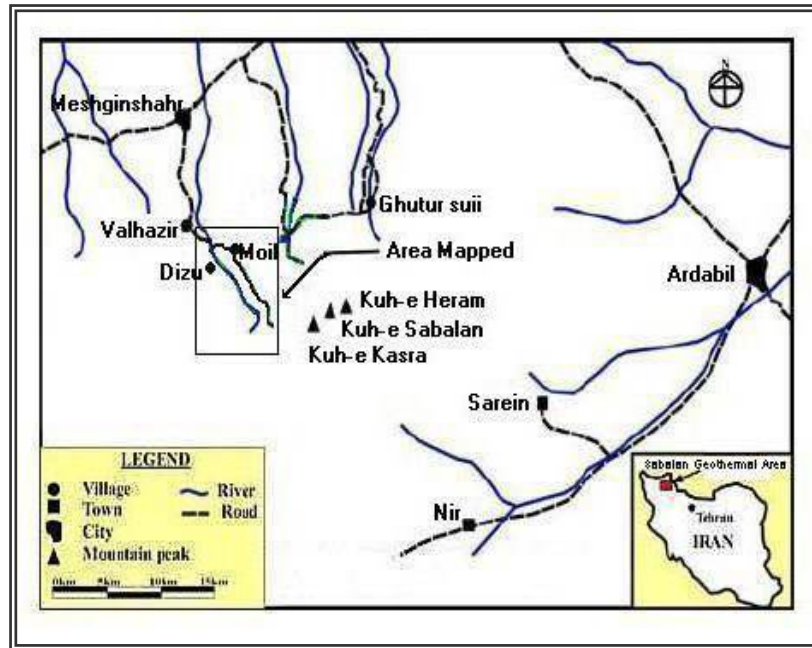
## ۶- تأثیر عملکرد گسل ها در سیمای ساختاری منطقه:

نمودار پراکندگی تمامی سطوح گسل های شناخته شده در منطقه (شکل ۱۱) نشان دهنده دو روند غالب  $N90-110^{\circ}$ ,  $N120-130^{\circ}$  است، این روندها همخوان با راستای دگرشکلی اصلی منطقه (دره موئیل) می باشند. موقعیت این گسل ها در نقشه ساختاری منطقه نشان داده شده است (شکل ۱۲). در این منطقه ظهور چشمه های متعدد در مسیر گسلها مؤید هادی بودن آن ها برای انتقال آبهای سطحی و زیرزمینی می باشد. به طوری که پراکندگی چشمه ها به همراه پیروی نمودن آبراهه ها از راستای عمومی این گسل ها، می تواند نشان دهنده تراوش چشمه ها در نتیجه برخورد جریان آب زیرزمینی با یک سطح غیرقابل نفوذ باشد، لذا جریان های سطحی با تبعیت از راستای گسل ها به سمت بخشهای جنوبی منطقه و از طریق رودخانه خیاوچای زهکشی می شود. همچنین باتوجه به شیب زیاد این گسل ها می توانند تا اعماق ادامه داشته و از این نظر در انتقال جریان های زیرزمینی آب تأثیر به سزایی داشته باشند.

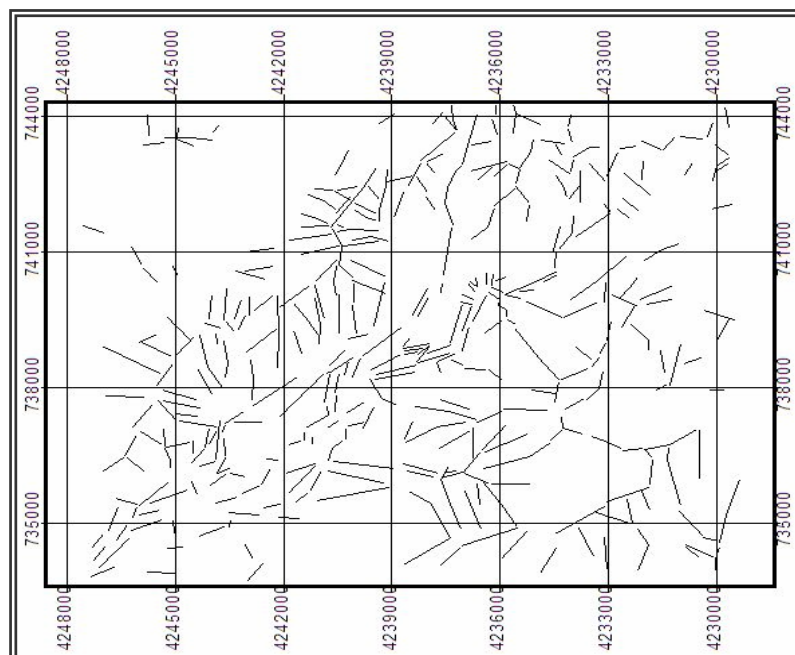
## ۷- نتیجه گیری:

گسل NNW3 قابل تشخیص است. این گسل ها در ایجاد دگرشکلی اصلی منطقه ( دره موئیل ) نقش به سزایی داشته اند. با توجه به ویژگی های پتروگرافیک سنگ های آندزیتی منطقه، شکستگی ها و به ویژه گسل ها در درجه نفوذپذیری منطقه و هدایت سیالات گرمایی نقش مهمی دارند.

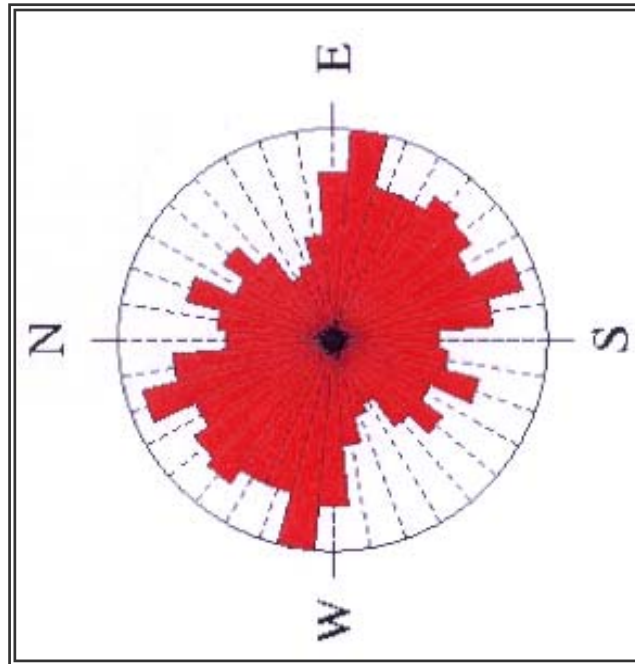
پراکندگی گسل های راستالغز تقریباً در سرتاسر منطقه مشهود است. بر پایه تفسیر تصاویر ماهواره ای، سازوکار امتدادلغز با مؤلفه جابه جایی راستگرد و شیب تند برای گسل NNW1، سازوکار امتدادلغز با مؤلفه جابه جایی چپگرد و شیب ملایم برای گسل NNW2 و سازوکار امتدادلغز با مؤلفه جابه جایی راستگرد و شیب تند برای



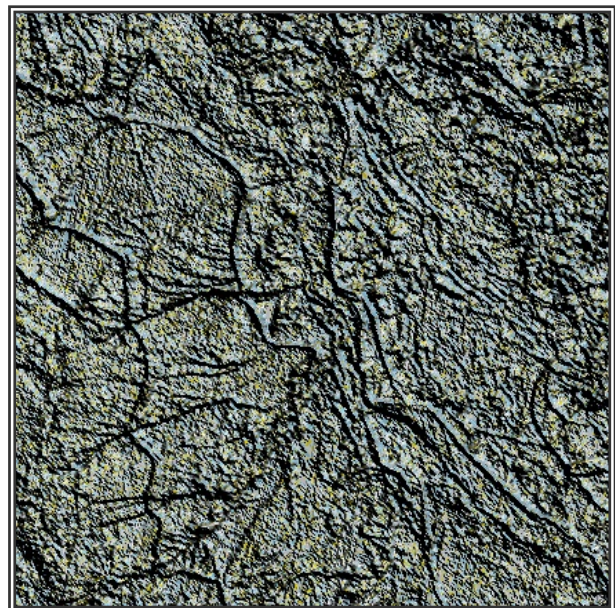
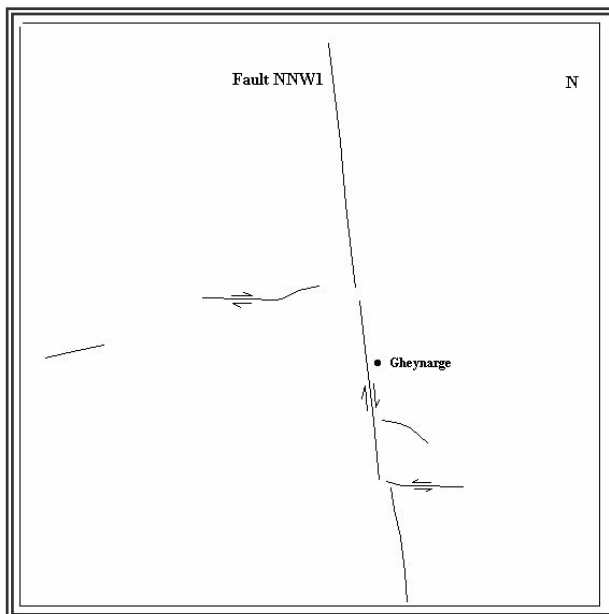
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه عملیاتی اکتشاف منابع زمین گرمایی در سبلان ( Lavizeh, 2005 ).



شکل ۲- نقشه خطواره های حاصل از تفسیر رقومی تصاویر ماهواره ای منطقه (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰).

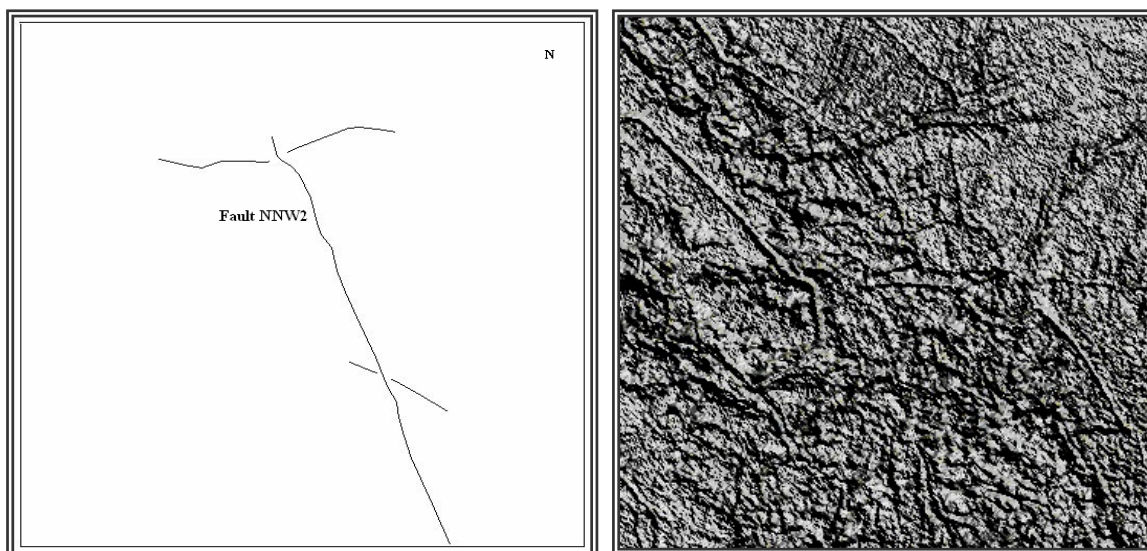


شکل ۳- نمودار گل سرخی حاصل از نقشه خطواره های استخراج شده به روش تفسیر رقومی در منطقه.



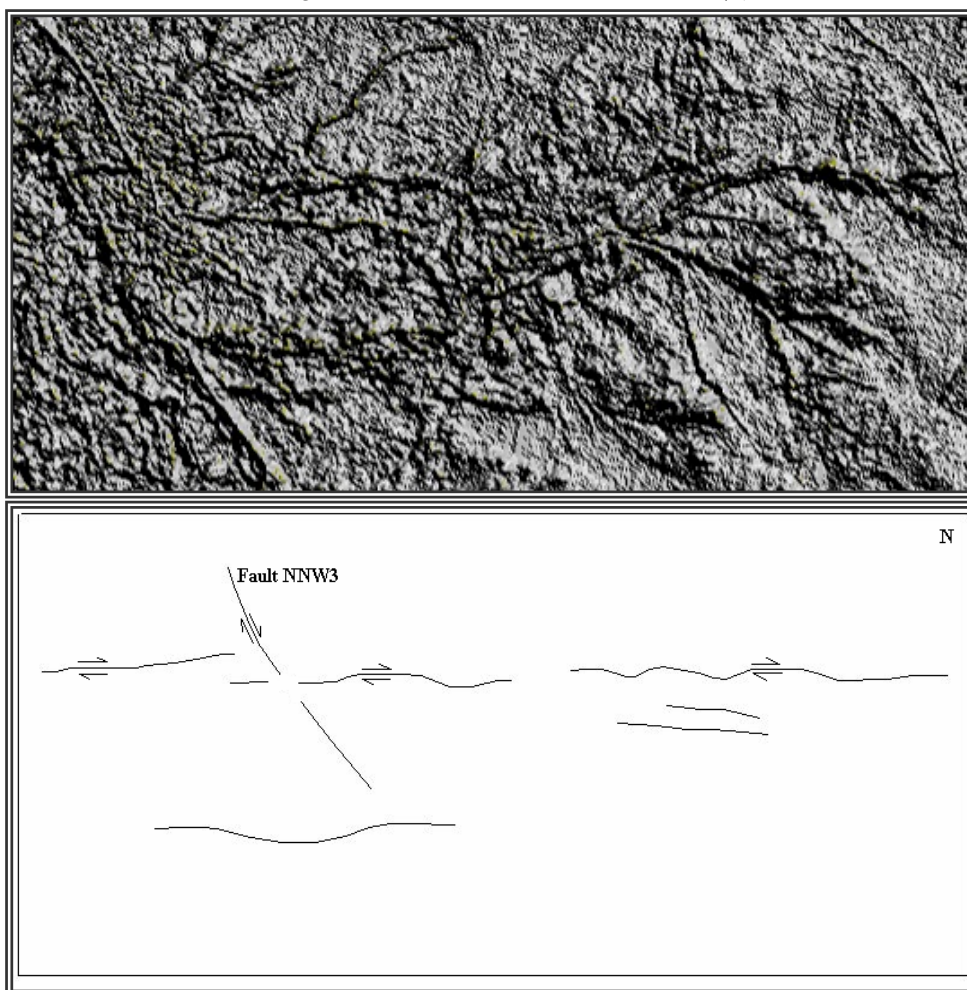
شکل ۴- بخش شمالی گسل NNW1 راست؛ الگوریتم حاصل از Coluor draped + Standard 5\*5 laplacian Filter + Sun angle Filter: 45,45

چپ؛ طرحی از مولفه جابه جایی راستگرد بر روی گسل و شکستگی های پیرامون آن.



شکل ۵- بخش شمالی گسل NNW2: راست: الگوریتم حاصل از Coluor draped + Hight pass sharpedge Filter + Sun angle  
Filter: 45,45

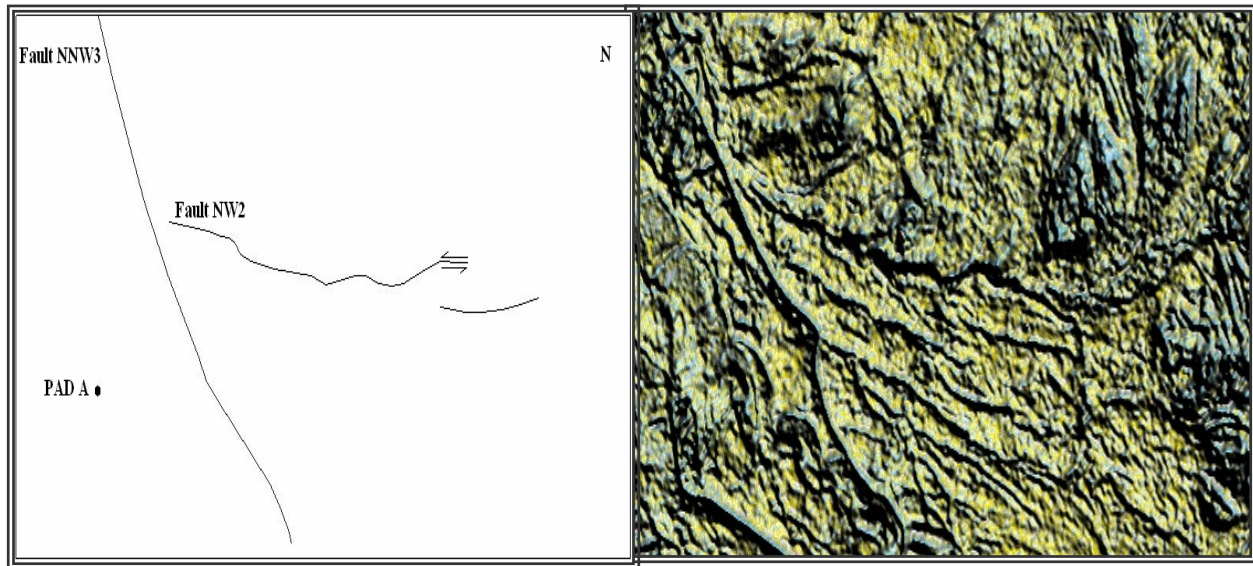
چپ: طرحی از شکستگی هایی در بخش شمالی گسل.



شکل ۶- بخش شمالی گسل NNW3: بالا: الگوریتم حاصل از Coluor draped + Hight pass sharpedge Filter + Sun angle  
Filter: 45,45

پایین: طرحی از جابه جایی راستگرد گسل و تقاطع آن با یک گسل فرعی با مولفه جابه جایی راستگرد و شکستگی های پیرامون آن.

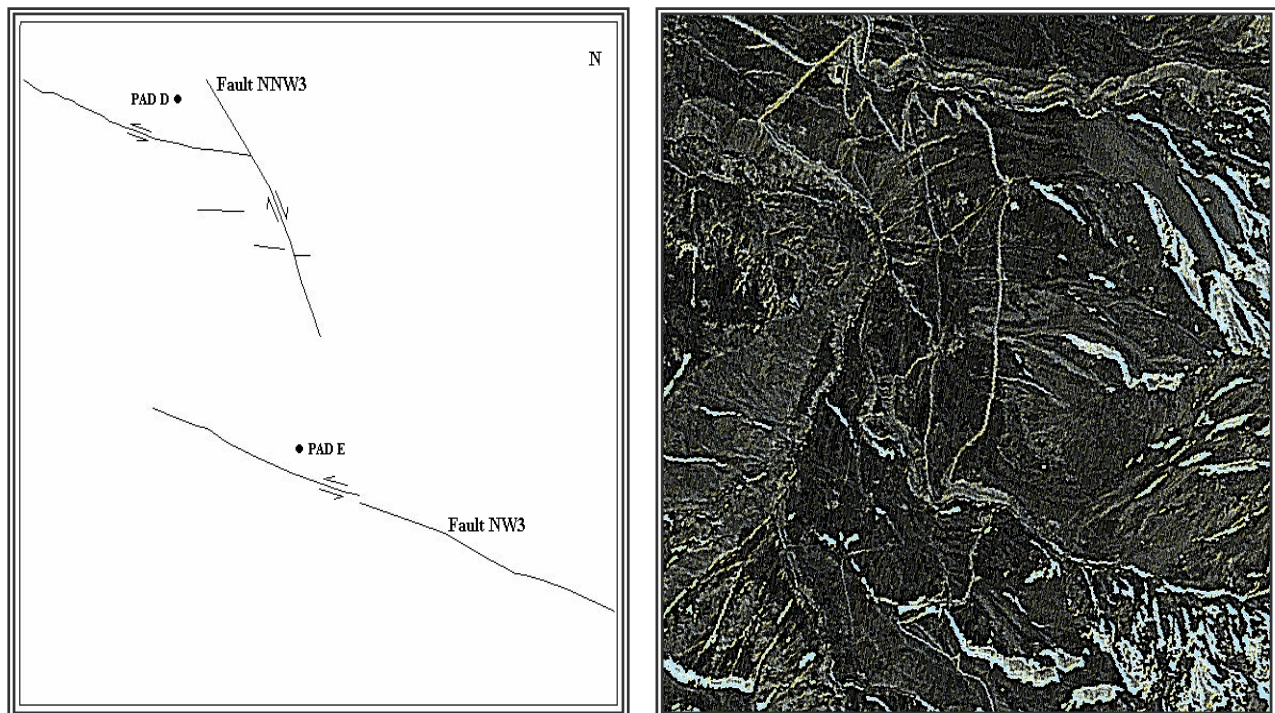




شکل ۷- گسل NW2 : راست؛ الگوریتم حاصل از Coluor draped + Low pass 3\*3 average Filter + Sun angle Filter:

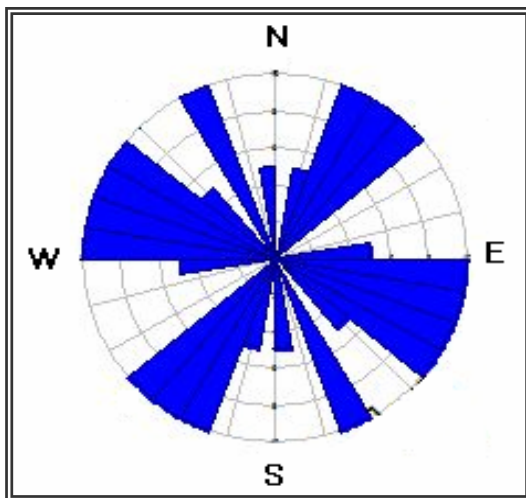
45,45

چپ: طرحی از گسل و مولفه جابه جایی چپگرد اعمال شده بر آن.

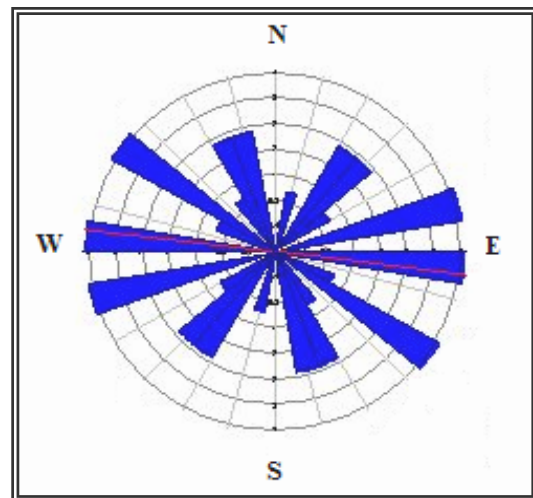


شکل ۸- گسل NW3 : راست؛ الگوریتم حاصل از Coluor draped + Standard 5\*5 laplacian Filter

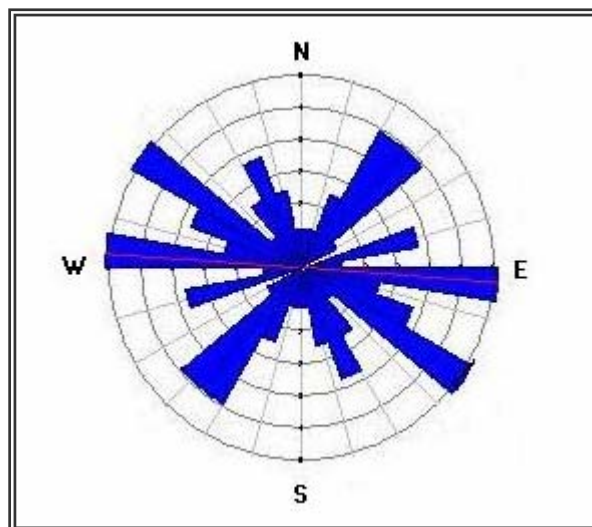
چپ: طرحی از گسل های NW3 , NNW3 و موقعیت سایت های حفاری E , D.



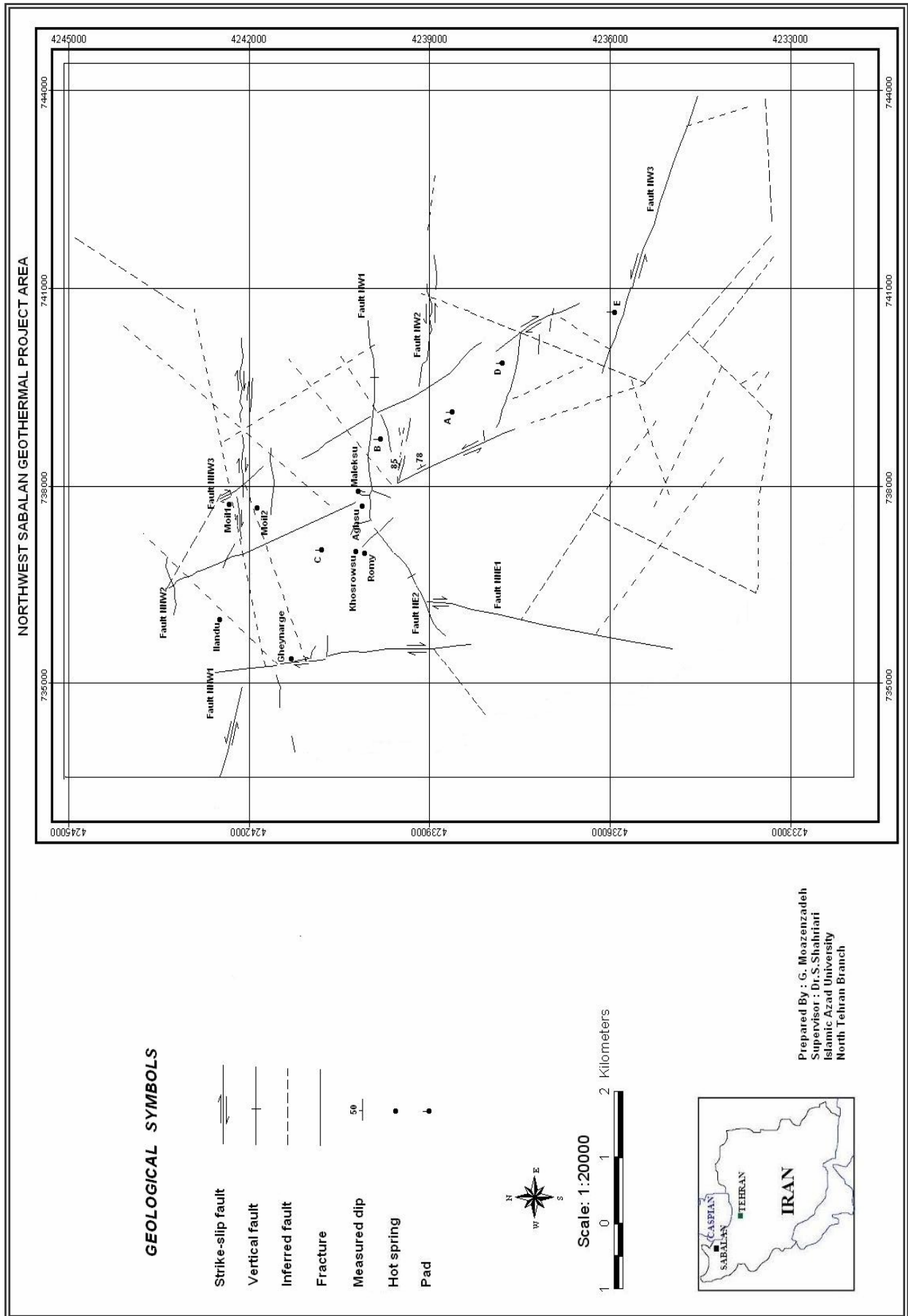
شکل ۱۰- نمودار گل سرخی پراکندگی سطوح گسل های اصلی منطقه براساس آزمون.



شکل ۹- نمودار گل سرخی پراکندگی سطوح گسل های تخمینی منطقه براساس آزمون.



شکل ۱۱- نمودار گل سرخی پراکندگی تمامی سطوح گسل های منطقه بر مبنای آزمون



شکل ۱۲- نقشه ساختاری منطقه ژئوترمال شمال غرب سبلان.

Northwest Sabalan Geothermal Project Iran, Proceedings World Geothermal Congress Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.

- Lavizeh, F., Geothermal Energy in Iran Review of Last Three Decades and Future Scope, Proceedings World Geothermal Congress Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.

-Talebi, B. and Rezvani, M., An Analysis of Well Measurements from the Sabalan Geothermal Area NW Iran, Proceedings World Geothermal Congress Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.

## منابع

- سحابی، ف.، ۱۳۷۹، بررسی آتشفشان سبلان با توجه

خاص بر روند تشکیل منابع زمین گرمایی مشگین شهر-

استان اردبیل، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین،

شماره ۳۱ - ۳۲.

- Bogie, I., Cartwright, A.J., Khosrawi, Kh., Talebi, B. and Sahabi, F., The Meshgin Shahr Geothermal Prospect Iran, Proceedings World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, 997-1002, May 28-June 10, 2000.

- Bogie, I., Khosrawi, Kh. and Talebi, B., Geological Results from the Drilling of the