

## تحلیل شکستگی‌های معدن سنگ آهن سه چاهون

سید حسین میرزینلی یزدی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
محسن پورکرمانی\*

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
اعظم کارخیران

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

### چکیده

به منظور تحلیل شکستگی‌های معدن سنگ آهن سه چاهون، ساختارهای موجود در محدوده مورد نظر برداشت شد و پس از تهیه نقشه سطحی، جهت بررسی این ساختارها، نمودارهای خطوط تراز و گل سرخی تهیه و بررسی شدند. به طور کلی این پژوهش، آشکار ساخت که چهار سیستم گسلی واحدهای سنگی منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. روند این چهار سیستم شمالی - جنوبی، شرقی - غربی، شمال غرب - جنوب شرق و شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد. سیستم‌های مذکور بر اثر فعالیت گسل‌های شمالی - جنوبی ناحیه (گسل پشت بادام و گسل کوهبنان) به وجود آمده‌اند. طبق بررسی‌های انجام شده در این پژوهش مشخص گردید که آثار چرخش ایران مرکزی و پدیده بلوک گسلی در مقیاس کوچک تر و در محدوده معدن سه چاهون نیز مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: معدن سه چاهون، نمودارهای منحنی میزان و گل سرخی، بلوک گسلی، ایران مرکزی.

## مقدمه

معدن سنگ آهن سه‌چاهون در شهرستان بافق از توابع استان یزد واقع شده است. هم‌اکنون استخراج سنگ آهن به‌صورت روباز از این معدن انجام می‌شود. با توجه به این‌که شکستگی‌های موجود در هر معدن بر پایداری دیواره‌های آن معدن تأثیر مستقیمی خواهد گذاشت، اطلاع از وضعیت شکستگی‌ها و روند گسترش آن‌ها در تحلیل صحیح پایداری پله‌های معدن و حتی طراحی پیت نهایی اهمیت بسیاری دارد. این پژوهش با هدف جمع‌آوری ساختارهای معدن و تهیه نقشه تکتونیکی آن و در ادامه ارائه تحلیل شکستگی‌های منطقه انجام شده است. با توجه به اهمیت موضوع، نهایت سعی به عمل آمده است تا در بررسی‌های صحرائی، ساختارهای موجود در حد امکان مورد برداشت قرار گرفته و در نهایت تحلیل ساختاری منطقه صورت گیرد.

## مراحل انجام بررسی‌ها

در اولین مرحله پژوهش طی عملیات صحرائی، اقدام به برداشت گسل‌های اصلی منطقه گردید. در این مرحله سعی شد، مشخصات گسل‌هایی که در پله‌های سنگی معدن قابل تشخیص است، برداشت شدند. دیواره‌های آبرفتی معدن خوشبختانه فاقد گسل خوردگی هستند و این بدان معنی است که محدوده مورد نظر در عهد حاضر مورد تنش شدیدی که منجر به گسلش شود، واقع نشده است. مراحل بعدی شامل پیاده کردن خصوصیات گسل‌های برداشت شده در پیت معدن روی نقشه و سپس ردیابی گسل‌ها در کل محدوده و تلفیق برداشت‌ها با یکدیگر می‌باشد. بدیهی است که هر یک از گسل‌های برداشت شده ممکن است در کل محدوده گسترش داشته و در سوی دیگر معدن نیز مجدداً برداشت شده باشد. بنابراین برای جلوگیری از تکرار، پی‌گیری روند گسل‌ها و تطبیق خصوصیات آن‌ها از روی عکس‌ها و یادداشت‌ها ضروری است. گسل‌ها پس از بررسی‌های فراوان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با یکدیگر تطبیق داده شده‌اند و سپس نقشه گسل‌های سطحی معدن تهیه گردیده است. در نهایت با کمک اطلاعاتی که طی برداشت‌های صحرائی کسب شده بود، تعداد ۳۲ گسل در محدوده مورد بررسی شناسایی شد (نقشه ۱). مشخصات گسل‌های شناسایی شده در جدول شماره ۱ ارائه شده است. در ادامه به شرح مختصری درباره گسل‌های برداشت شده در محدوده معدن سه‌چاهون و بررسی خصوصیات آن‌ها پرداخته شده است.

## زمین‌شناسی منطقه

بر اساس مطالعات کارشناسان روس، سنگ‌های کانسار سه‌چاهون در سری ریزو قرار می‌گیرد. طبق این بررسی‌ها و با توجه به اختلاف لیتولوژی، درجه دگرگونی و آلتراسیون سنگ‌های این ناحیه را به سه سری تقسیم بندی نموده‌اند.

- سری زیرین شامل تناوبی از لایه‌های کوارتز - فلدسپات عمدتاً به‌صورت ماسه سنگ، سیلتستون، شیست و همچنین آهک‌های مرمری می‌باشد. ضخامت آن‌ها بیش از ۴۰۰ متر بوده و در قسمت جنوبی معدن رخنمون دارند. این سنگ‌ها دارای روند تقریباً شرقی - غربی با شیب ۲۰ تا ۴۵ درجه به سمت شمال هستند.

- سری میانی که محتوی کانه نیز می‌باشد از سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی تشکیل شده است و قسمت عمده منطقه را می‌پوشاند. سنگ‌های این سری و به‌خصوص بخش‌های کانه دار تحت تأثیر متاسوماتیسم قرار گرفته است.

- سری بالایی که از ماسه سنگ‌ها، سنگ‌های رسی و میان لایه‌های آهکی تشکیل شده است. مرز بالایی این سری در برخی نواحی توسط سنگ‌های نفوذی پنهان شده است و ضخامت کل آن به ۳۰۰ متر می‌رسد. سنگ‌های نفوذی منطقه عمدتاً از دیوریت و در بخش‌های حاشیه‌ای و کناره شمال شرقی از گرانیت و گرانوسینیت تشکیل شده است. دایک‌ها نیز به‌صورت دیوریت‌های ریزدانه، دیاباز و دیابازهای پورفیری دیده می‌شوند. این دایک‌ها تحت تأثیر آلتراسیون با درجه‌های مختلف قرار گرفته‌اند. دایک‌ها عموماً دارای روند شرقی - غربی بوده و دارای شیب‌های زیاد (۷۵ تا ۸۰ درجه) می‌باشند، ضخامت آن‌ها از ۰/۲ تا ۲۴ متر (ضخامت ظاهری) متغیر است. با توجه به شواهدی از قبیل تبلور مجدد در مرز با کانسنگ و سنگ‌های در برگیرنده و درشت دانه بودن کانی‌ها در همبری با دیوریت‌ها، توده نفوذی جوان‌تر از بقیه سنگ‌ها می‌باشد.

### زمین شناسی ساختمانی

بر اساس تقسیم بندی‌های ساختاری که توسط اشتوکلین (۱۹۶۸)، نبوی (۱۳۵۵)، افتخارنژاد (۱۳۵۹) و آقاباتی (۱۳۸۳) ارائه شده است، محدوده مورد مطالعه در پهنه ساختاری - رسوبی خرد قاره ایران مرکزی قرار می‌گیرد. ناهمسانی‌های ساختاری - رسوبی گسترده سبب شده است تا بتوان خرد قاره ایران مرکزی را به نواحی زیر تقسیم کرد:

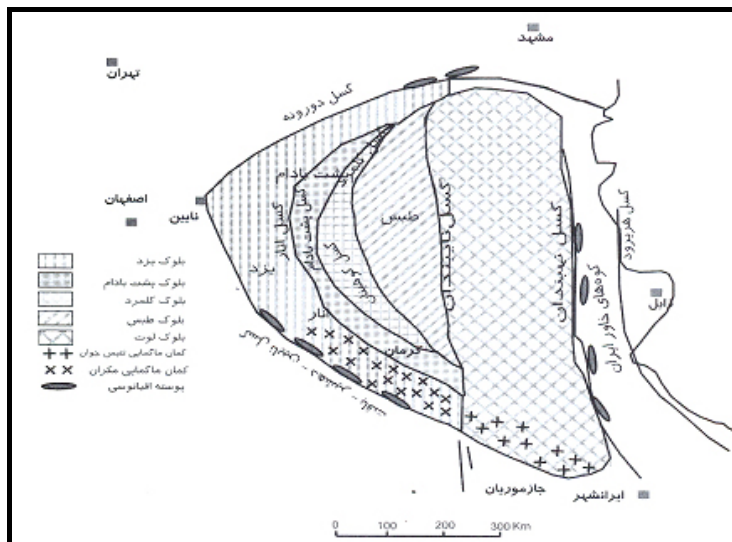
۱- بلوک لوت، ۲- بلوک طبس، ۳- بلوک کلمرد، ۴- بلوک پشت بادام و ۵- بلوک یزد (شکل ۱).

هر یک از بلوک‌های مذکور توسط گسل‌های اصلی ناحیه‌ای (مثل گسل نهبندان، نایبند، کلمرد و ...) از یکدیگر تفکیک شده‌اند<sup>(۱)</sup>. حرکت این گسل‌ها باعث پدیده بلوک گسلی (Block Faulting) در محدوده ایران مرکزی شده است. بر اساس این پدیده بلوک‌های محصور بین گسل‌های اصلی فروافتادگی و یا برجستگی پیدا کرده‌اند و مسبب تشکیل عوارض فعلی می‌باشند<sup>(۲)</sup>.

با توجه به تقسیم بندی ارائه شده، محدوده مورد مطالعه در پهنه بلوک پشت بادام قرار می‌گیرد. گسل کوهبنان در شرق و گسل پشت بادام در غرب این بلوک را محصور کرده‌اند.<sup>(۳)</sup>

گسل کوهبنان که روند عمومی آن شمال باختری - جنوب خاوری است، احتمالاً ادامه جنوبی گسل کلمرد می‌باشد. حرکت این گسل در کامبرین، دوران اول، تریاس و پلیو - پلیستوسن آشکار است. نوع حرکت آن تلفیقی از راست‌گرد و رانندگی است و به‌نظر می‌رسد که یک گسل معکوس پر شیب باشد که به طرف شمال شرق شیب دارد.<sup>(۴)</sup>

گسل پشت بادام که حد غربی بلوک پشت بادام را تشکیل می‌دهد، از گسل‌های قدیمی، ژرف و خمیده ایران مرکزی است که در ایجاد فرازمین‌ها و فروزمین‌ها و تفکیک رخساره‌های ناحیه پشت بادام نقش داشته است. درباره حرکت افقی آن نمی‌توان دلیلی ارائه کرد، ولی راست‌گرد بودن آن محتمل است.



شکل ۱- محدوده خرد قاره ایران مرکزی و زیر پهنه‌های آن (آقاباتی ۱۳۸۳)

شرح خصوصیات برخی از گسل‌ها

### گسل $F_3$

گسلی است با هندسه  $160/70E$  و ضخامت باندگسلی  $2/5$  متر. طول آن در محدوده نقشه حدود ۷۱۴ متر می‌باشد. با توجه به خطوط خش‌لغز گسل با میل  $50^\circ$  درجه به سمت شمال، سازوکار حرکتی گسل شیب لغز معکوس و امتداد لغز راست‌گرد شناسایی شده است. تصویر اصفحه گسلی  $F_3$  را نشان می‌دهد.



تصویر ۱- صفحه گسلی  $F_3$  (دید به سمت شمال)

گسل F<sub>8</sub>

گسلی است با هندسه 109/65-70N و ضخامت باند گسلی ۵ تا ۱۶ متر. طول آن حدود ۸۹۰ متر می‌باشد. سازوکار حرکتی گسل با توجه به خش‌لغزهای آن (میل ۵۰ درجه در جهت شرق دارند)، شیب‌لغز معکوس با مولفه امتدادلغز راست گرد تشخیص داده می‌شود. پهنای این گسل توسط آرژیلیت پر شده که در جهت حرکت گسل، متورق شده است. تصویر ۲ قسمتی از رخنمون گسل مذکور را نشان می‌دهد.



تصویر ۲- صفحه گسلی F<sub>8</sub> در پله های معدن

گسل F<sub>13</sub>

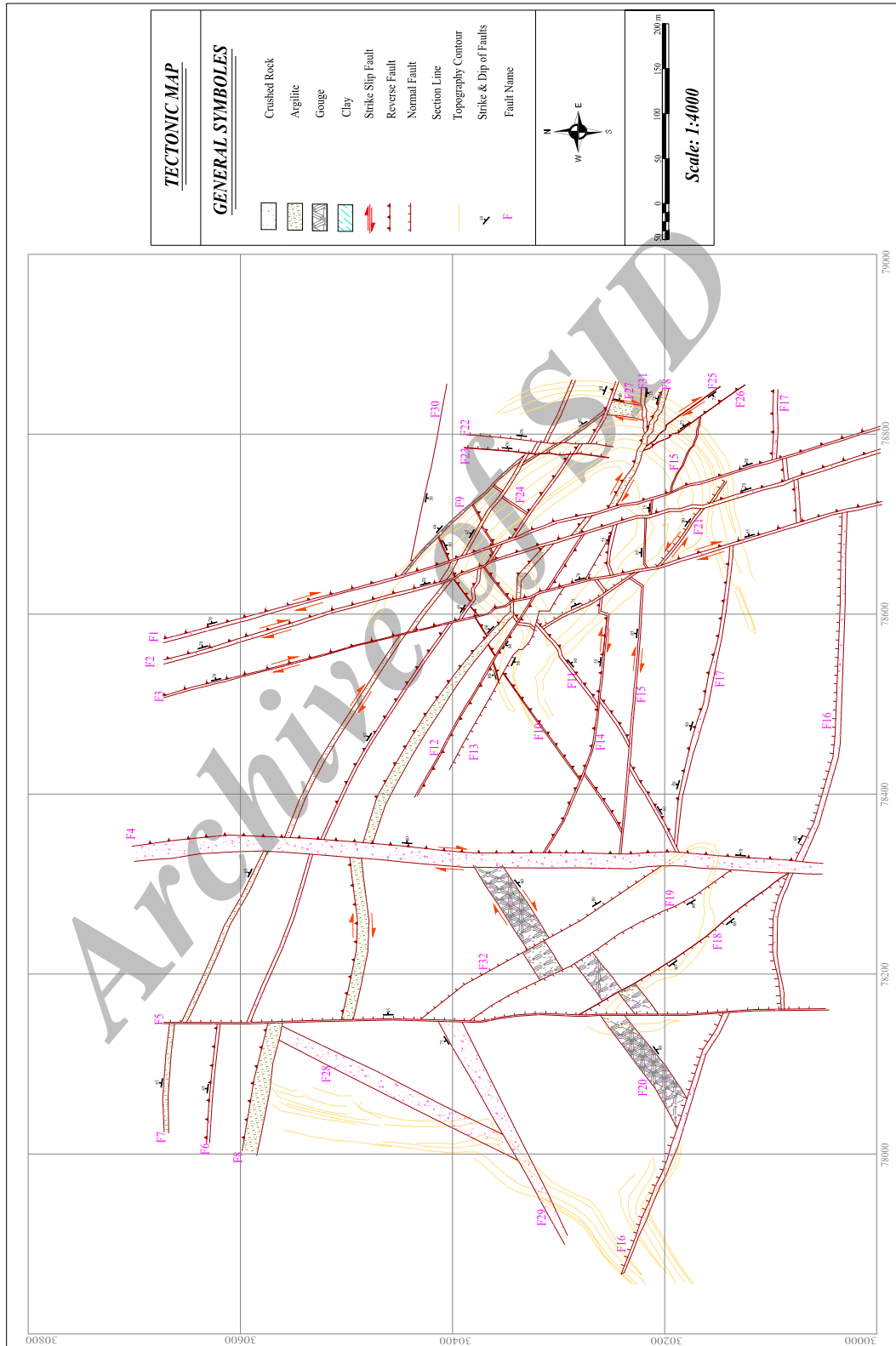
گسلی است با هندسه 115/50SW و طول حدود ۲۸۵ متر. صفحه گسلی سطح براقی دارد و با توجه به مختصات خش‌لغزش‌ها که برابر ۳۰ درجه به سمت جنوب شرق می‌باشند، سازوکار حرکتی گسل شیب‌لغز عادی با مولفه امتداد لغز چپ‌گرد تعیین می‌شود. تصویر ۳ صفحه گسلی F<sub>13</sub> و خش‌لغزهای معرف حرکت آن را نشان می‌دهد.

تصویر ۳- صفحه گسلی و خش لغزهای F<sub>13</sub>گسل F<sub>15</sub>

گسلی است با هندسه 094/65-75N و طول حدود ۴۹۰ متر. ضخامت بانده خردشده گسلی در حدود ۲ متر می‌باشد. آثار گسلش بصورت آینه گسلی و خطوط معرف حرکت گسل دیده می‌شود. مختصات این خطوط ۲۵ درجه به سمت شمال شرق است. سازوکار حرکت گسل بر اساس شواهد موجود امتدادلغز راست گرد تعیین شده است. تصویر ۴ رخنمون صفحه گسلی F<sub>15</sub> را نشان می‌دهد.

( ) F<sub>15</sub>

نقشه ۱ - نقشه گسل‌های معدن سنگ آهن سه‌چاهون



FAULT	DIP DIR. DEGREE	DIP DEGREE	EXTENTION (M)	CRUSH ZONE (M)	FILLER TYPE	MOISTURE & WATER FLOW	MECHANISM
F <sub>1</sub>	71	70	718	4.5	CRUSHED ROCK	DRY	DEXTRAL REVERSE
F <sub>2</sub>	70	70	719	4	CRUSHED ROCK, ARGILITE	DRY	DEXTRAL-REVERSE
F <sub>3</sub>	71	70	714	2.5	CRUSHED ROCK	DRY	DEXTRAL-REVERSE
F <sub>4</sub>	98	55	625	17	CRUSHED ROCK	DRY	DEXTRAL-REVERSE
F <sub>5</sub>	89	85	618	1.5	-	-	NORMAL
F <sub>6</sub>	18	40	880	3	CRUSHED ROCK	DRY	REVERSE
F <sub>7</sub>	20	40	764	5	CRUSHED ROCK, ARGILITE	DISCOLOR	RIGHT STRIKE SLIP
F <sub>8</sub>	19	70 65	891	16	CRUSHED ROCK, ARGILITE	DISCOLOR	DEXTRAL-REVERSE
F <sub>9</sub>	43	40	219	3	GOUGE	DRY	UNCLEAR
F <sub>10</sub>	298	80	355	1	ARGILITE -GOUGE	WET	REVERSE
F <sub>11</sub>	153	60	386	3	CRUSHED ROCK	DRY	REVERSE
F <sub>12</sub>	206	80	310	1.5	CRUSHED ROCK	DRY	REVERSE
F <sub>13</sub>	205	50	285	-	-	-	NORMAL SINISTRAL
F <sub>14</sub>	5	55	346	1.5	CRUSHED ROCK	DRY	REVERSE SINISTRAL
F <sub>15</sub>	4	65-75	491	2	CRUSHED ROCK	DRY	RIGHT STRIKE SLIP
F <sub>16</sub>	17	60	862	5	CRUSHED ROCK	DRY	NORMAL
F <sub>17</sub>	7	80 60	520	3	CRUSHED ROCK	DRY	REVERSE
F <sub>18</sub>	233	60	239	0.2	CLAY	DISCOLOR	NORMAL
F <sub>19</sub>	234	60	263	0.2	CLAY	DISCOLOR	NORMAL
F <sub>20</sub>	146	60-80	408	14-25	CRUSHED ROCK- GOUGE	DRY	RIGHT STRIKE SLIP
F <sub>21</sub>	52	75-80	208	2.5	ARGILITE	WET	NORMAL SINISTRAL
F <sub>22</sub>	96	70	140	-	-	-	NORMAL
F <sub>23</sub>	95	70	138	0.5	CRUSHED ROCK	DRY	NORMAL
F <sub>24</sub>	127	90	41	2	CRUSHED ROCK	DRY	UNCLEAR
F <sub>25</sub>	230	75	110	0.5	ARGILITE	WET	RIGHT STRIKE SLIP
F <sub>26</sub>	50	72	141	0.2	ARGILITE	WET	REVERSE
F <sub>27</sub>	98	80	35	16	ARGILITE CRUSHED ROCK	DISCOLOR	RIGHT STRIKE SLIP
F <sub>28</sub>	120	90	273	17	CRUSHED ROCK	DRY	UNCLEAR
F <sub>29</sub>	156	90	263	9-19	CRUSHED ROCK	DRY	UNCLEAR
F <sub>30</sub>	190	50	202	-	-	-	UNCLEAR
F <sub>31</sub>	183	75	38	4	CRUSHED ROCK	DRY	UNCLEAR
F <sub>32</sub>	54	80	280	-	-	-	NORMAL

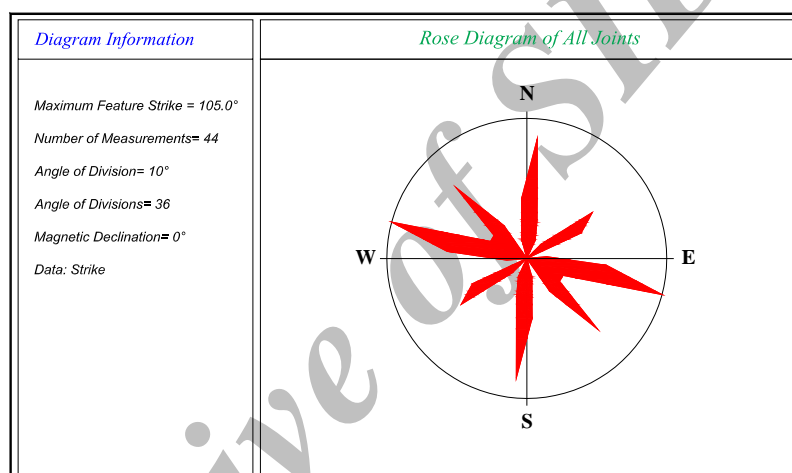
به منظور بررسی شکستگی‌ها در منطقه، درزهای محدوده در مناطقی که دسته درزهای اصلی وجود داشته‌اند،<sup>(۵)</sup> برداشت شده است. در مرحله بعد سعی شده است، با انجام بررسی‌های آماری<sup>(۶)</sup> روی آن‌ها و با ترسیم نمودارهای گل سرخی و کتوری، دسته درزهای اصلی تفکیک گردد. بر این اساس چهار سیستم درز اصلی برای منطقه قابل تشخیص بوده است. شیب و جهت شیب این دسته درزها در جدول شماره ۲ آورده شده است.<sup>(۷)</sup> شکل‌های شماره ۱ و ۲ نیز نمودارهای گل سرخی<sup>(۸)</sup> و خطوط تراز<sup>(۹)</sup> درزهای محدوده را نشان می‌دهند. به منظور مقایسه گسل‌ها و درزها



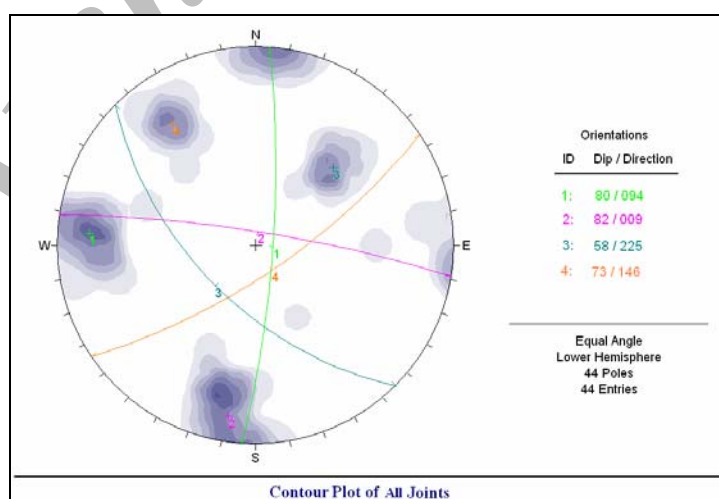
با یکدیگر بررسی‌های مذکور روی گسل‌ها نیز انجام شد و چهار سیستم اصلی گسل‌ها نیز مشخص گردید. در جدول شماره ۳ شیب و جهت شیب سیستم‌های گسلی اصلی به دست آمده، آورده شده است. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب نمودارهای گل سرخی و خطوط تراز گسل‌ها را نشان می‌دهند.<sup>(۱۰)</sup>

### جدول ۲- مشخصات دسته درزها در محدوده مورد مطالعه

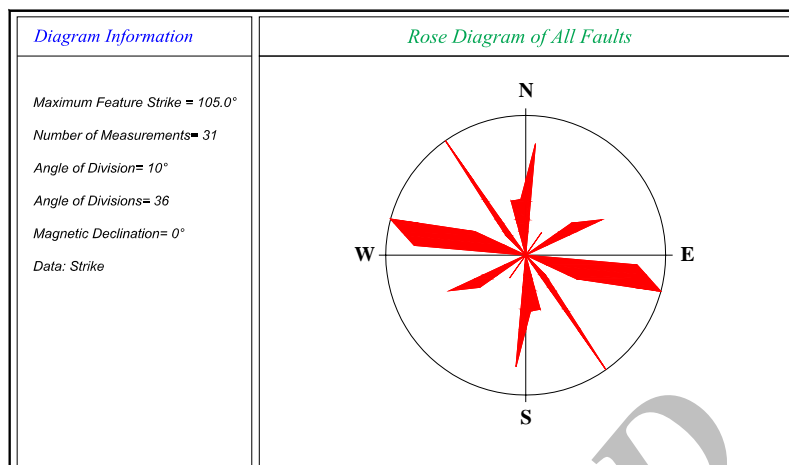
Joint Set	Dip Dir. degree	Dip degree
J1	094	80
J2	009	82
J3	225	58
J4	146	73



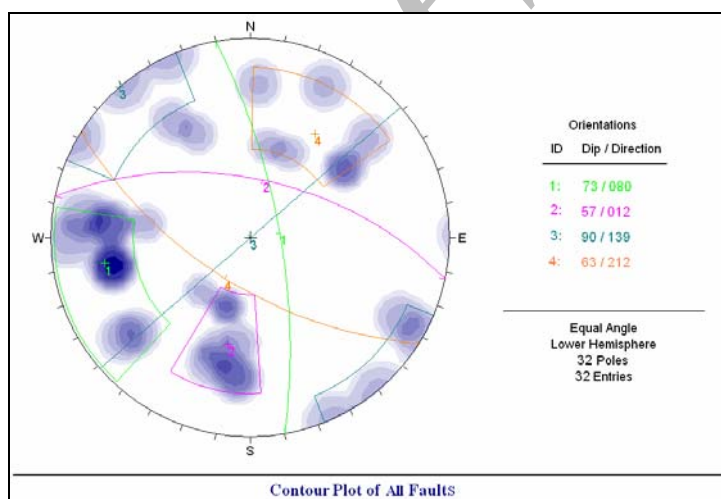
شکل ۱- نمودار ترسیمی بر مبنای پارامتر امتداد درزهای برداشت شده در منطقه



شکل ۲- تمرکز شیب و جهت شیب و روندهای اصلی درزها در محدوده مورد مطالعه روی شبکه استریونت



شکل ۳- نمودار ترسیمی بر مبنای پارامتر امتداد کل گسل‌ها



شکل ۴- تمرکز شیب و جهت شیب و روند های اصلی گسل‌ها در محدوده مورد مطالعه روی شبکه استریونت

### نتیجه گیری

به‌طور کلی می‌توان درزهای به وجود آمده در اطراف یک گسل که کم و بیش دارای مختصات هندسی مشابه با صفحه گسل می‌باشند را به تنش‌های موثر در شکل‌گیری گسل نسبت داد. از مقایسه سیستم درزها و گسل‌ها با یکدیگر (شکل‌های ۲ و ۴) چنین به دست می‌آید که درزهای به وجود آمده در محدوده کاملاً متأثر از حرکت گسل‌های اصلی محدوده بوده است.

همان‌طور که در شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، در محدوده مورد مطالعه چهار سیستم شکستگی وجود دارد که روند آن‌ها عبارت است از شمالی - جنوبی، شرقی - غربی، شمال غرب - جنوب شرق و شمال شرق -

جنوب غرب. سازوکار حرکتی گسل‌های شمالی - جنوبی و شرقی - غربی محدوده همگی دارای مولفه راستالغز راست‌گرد می‌باشند.

پس از این مقدمه و توصیف وضعیت ساختاری منطقه مورد مطالعه و با توجه به شرایط زمین‌ساخت منطقه می‌توان چنین نتیجه گرفت که حرکت راستگرد گسل‌های شمالی - جنوبی منطقه کاملاً متأثر از گسل‌های بزرگ ناحیه (گسل‌های پشت بادام و کوهبنان) می‌باشد. حرکت راستگرد این گسل‌ها باعث شده است که بلوک‌های محدود به گسل‌های شمالی - جنوبی و شرقی - غربی در جهت خلاف عقربه‌های ساعت بچرخند (مثل بلوک محدود به گسل‌های  $F_{15}$ ,  $F_{13}$ ,  $F_4$ ,  $F_3$ )، به طوری که حرکت چرخشی این بلوک‌ها باعث فعالیت مجدد گسل‌های قدیمی‌تر شده است و در نتیجه گسل‌های مذکور با مولفه راستگرد مجدداً حرکت می‌کنند. نکته مهم این‌که چرخش بلوک‌ها کاملاً به صورت افقی نبوده و در حین این چرخش، پایین افتادگی و کج شدگی نیز در آن‌ها مشاهده می‌شود که عامل تشکیل گسل‌های عادی و معکوس منطقه بوده است. درون هر یک از این بلوک‌های محصور نیز شکستگی‌هایی به صورت متقاطع دیده می‌شود که حاصل گسل‌های شمالی - جنوبی و شرقی - غربی منطقه می‌باشند. گسل‌های فرعی نیز دارای سازوکارهای شیب لغز عادی و معکوس می‌باشند. این موضوع نشان‌گر تقسیم هر یک از بلوک‌های محصور به زیر بلوک‌های دیگری است که درون آن‌ها هم پایین افتادگی و کج شدگی‌هایی در مقیاس کوچک‌تر به وجود آمده است. در نهایت حرکات مکرر بلوک‌ها و زیربلوک‌ها باعث شده است که گسل‌های موجود در محدوده مورد مطالعه مناطق خردشده‌ای با پهنای زیاد داشته باشند. الگوی مذکور با چرخش ایران مرکزی و نظریه بلوک گسلی (Block Faulting) کاملاً همخوانی دارد.

Archive of SID

## References:

- 1- Aghanabati, A., *Geology of Iran, Geological Survey of Iran*, 586 (2004).
- 2- Eftekharnejad, J., *Geology of Iran and neighbour countries*, class notebook of Shahid Beheshti University, 115 (1993).
- 3- *Technoexport*, Report on Detailed Exploration of SE-CHAHUN Iron ore Deposit in Central Iran, **1**, 118 (1975).
- 4- Shahpasandzadeh, M., *Structural and geodynamical of metamorphed area that located between Chapedoni and Posht-e-badam in Saghand - Posht-e-badam area*, Ph.D. research, Tarbiat Modares university, 320 (2000).
- 5- EBE consulting Company, Report.6, *Design of mine*, **1**, 80 (1991).
- 6- Marshak, M., *Methods of structural geology*, Translate by M. Pourkermani Ph.D. and H. Motamedi M.Sc., Shahid Beheshti University, 503 (1988).
- 7- Kavoshgaran Consulting Engineer, *Determination of geological and calculation of SE-CHAHUN reserve deposite*, 98 (1996).
- 8- Ragan, M, D., *Structural Geology An Introduction to Geometrical Techniques*, 393 (1968).
- 9- Ramsay, J, G., and Huber, M., *The Techniques of Modern Structural Geology*, **1**, 307 (1983).
- 10- Leyshon, P. R., and Lisle, R, J., *Stereographic Projection Techniques in Structural Geology*, 104 (1996).

Archive of SID