

# پیوند ساختاری ناودیس حاتم آباد با گسل فعال دشت بیاض، شمال قاین - شرق ایران

مرتضی گلچین<sup>۱</sup>، اسماعیل اله پور<sup>۲</sup>، محمود رضا هیهات<sup>۳</sup> و محمدمهدی خطیب<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد نکتونیک، مهندسین مشاور پارسی کان کاو

۲. استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور بیرجند

۳. استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند

۴. استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۵

## چکیده

ناودیس حاتم آباد در ۴۰ کیلومتری شمال قاین واقع شده است و گستردگی آن ۱۹۰ کیلومتر مربع است. تحلیل هندسی و جنبشی این ناودیس برای بررسی پیوند ساختاری آن با گسل فعال دشت بیاض موضوع این نوشتار است. قرار گرفتن ناودیس حاتم آباد در محل گسست قطعات گسلی دشت بیاض و شکل S مانند این ناودیس، که حاکی از تاثیرپذیری از یک حرکت راستالغز چپگرد است، سوالات زیادی را در مورد احتمال تاثیر گسل چپگرد دشت بیاض بر آن مطرح کرده است. تحلیل هندسی مقاطع ساختاری، راستای کرنش بیشینه ۲۲۱ یا ۴۱ درجه را برای ناودیس حاتم آباد ارائه می‌کند که با راستای تنش مربوط به گسل دشت بیاض تطابق خوبی نشان می‌دهد. سازوکار گسل محمداًباد علم به همراه راستای تنش ۲۱۷ یا ۳۷ درجه که به روش دوجهی عمود برهم، به دست آمده است، نیز شکل S مانند ناودیس حاتم آباد را توجیه می‌کند. بنا به آنچه ذکر شد ناودیس حاتم آباد در اثر قرار گرفتن در یک زون ترافشاری چپگرد، بین گسل چپگرد با مولفه معکوس دشت بیاض و گسل محمداًباد علم با سازوکار معکوس و مولفه امتدادلغز چپگرد دچار تغییر شکل شده است.

واژه‌های کلیدی: ناودیس، حاتم آباد، گسل، دشت بیاض، تحلیل هندسی.

## مقدمه

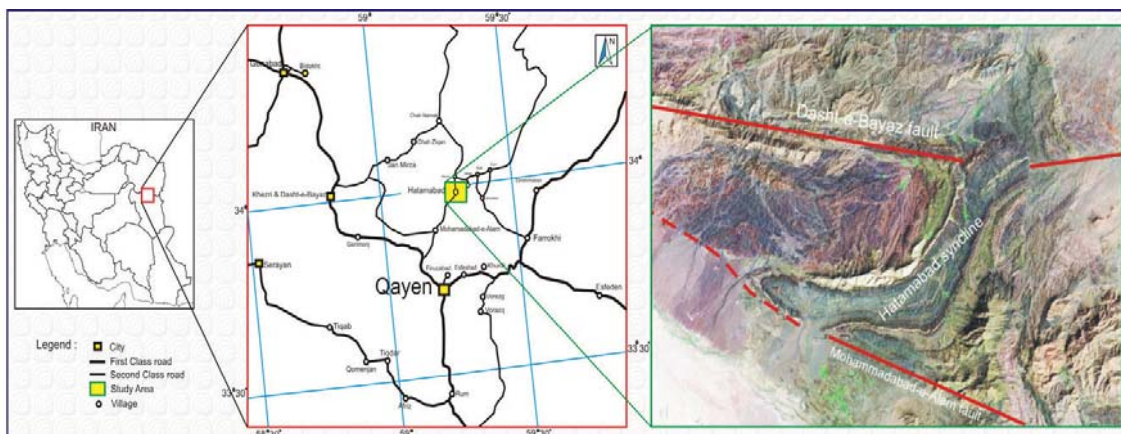
می‌رود محور کوتاه بیضوی کرنش در جهت شمال شرق- جنوب غرب قرار گرفته و از آنجا که ساختارهای چین خورده و تراست‌ها عمود بر جهت کوتاه شدگی هستند جهت این ساختارها شمال غرب- جنوب شرق است. تاثیر متقابل گسل‌ها باعث ایجاد مناطق فشاری<sup>۲</sup> در راستای پهنه‌های گسلی شده است. مطالعه هندسی و جنبشی ساختارها راهکار مناسبی برای شناخت نحوه شکل‌گیری و تکوین ساختاری مناطق فشاری در پهنه‌های گسلی در شمال

ناودیس حاتم آباد براساس تقسیم‌بندی پهنه‌های رسوبی ساختاری عمده ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳)، در حاشیه شمال شرق پهنه لوت و در مجاورت پهنه زمیندرز سیستان واقع شده است. روند غالب ساختارها در حواشی بلوک لوت، شمالی- جنوبی است ولی در داخل بلوک لوت، روند مذکور شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. با توجه به پهنه برشی شمالی- جنوبی راستگرد احاطه کننده بلوک لوت، انتظار

\* نویسنده مرتبط: Elahpour\_es2002@yahoo.com

۴۸°، ۰۷'، ۵۹° تا ۴۵°، ۲۰'، ۵۹° طول شرقی و ۲۲°، ۵۵'، ۳۳° تا ۴۲°، ۰۲'، ۳۴° عرض شمالی جای گرفته و گستردگی آن ۱۹۰ کیلومتر مربع است. راه دسترسی به منطقه از طریق جاده قاین- گناباد و روستای محمدآبادعلم است. این روستا در ۲۵ کیلومتری شمال قاین قرار دارد و فاصله آن تا منطقه مورد مطالعه ۱۵ کیلومتر است (شکل ۱).

خاور دشت لوت (بخش شمالی پهنه ساختاری سیستان) فراهم آورده است. فعالیت گسل‌هایی با روندهای مختلف در منطقه خاور ایران سبب ایجاد دگرشکلی‌های محلی متفاوت با مناطق ساختاری مجاور آنها شده است (غلامی، ۱۳۸۸). ناودیس حاتم آباد، در استان خراسان جنوبی و در ۴۰ کیلومتری شمال قاین، در موقعیت جغرافیایی



شکل ۱. تصویر ماهواره‌ای و موقعیت جغرافیایی ناودیس حاتم آباد

که بین گسل فعال دشت بیاض در شمال و گسلی که در اینجا "گسل محمدآباد علم" نامیده می‌شود، در جنوب قرار گرفته است. رخنمون سنگی آن به‌طور عمده، واحدهای کرتاسه و ترشیری و شامل لایه‌های آهکی و کنگلومرایی در هسته ناودیس و واحدهای سنگی آذرآواری، آهکی، ماسه سنگی و کنگلومرایی در یال‌های راست و چپ است (شکل ۱۲). اندازه‌گیری‌های صحرایی نشان می‌دهند که شیب یال راست ناودیس بین ۲۴ تا ۸۷ درجه متغیر است و یال چپ تغییرات شیب کمتری بین ۲۵ تا ۶۶ درجه دارد.

در جنوب ناودیس حاتم آباد، گسل محمدآبادعلم با موقعیت هندسی میانگین 120/64S و سازوکار معکوس با مولفه امتدادلغز چپگرد و طول تقریبی ۹ کیلومتر قرار دارد. در ناودیس حاتم آباد دایک‌های قائم متعدد میکرودیوریتی دیده می‌شود که در بخش شمالی ناودیس، جایی که اثر محوری دارای روندهای NNE-SSW و NE-SW است، بر محور اولیه یا A<sub>1</sub> عمودند و در بخش جنوبی ناودیس با روند E-W از حالت عمود بر محور، منحرف شده و روند NNW-SSE نشان می‌دهند. در پیمایش صحرایی

قرار گرفتن ناودیس حاتم آباد در محل گسست قطعات گسلی دشت بیاض و شکل S مانند این ناودیس، که حاکی از تاثیرپذیری از یک حرکت راستالغز چپگرد است، سوالات زیادی را در مورد احتمال تاثیر گسل چپگرد دشت بیاض بر آن مطرح کرده است. روند اثر محوری ناودیس حاتم آباد چندین بار تغییر کرده و انتهای غربی ناودیس، جدایش و بالآمدگی زیادی دارد. دایک‌ها جهت‌گیری‌های متفاوتی دارند و گسل‌های قطع‌کننده لایه‌بندی دارای روندها و سازوکار متفاوت هستند. ضمن این‌که یال‌ها در دو طرف محور، تقارن ندارند. آنچه گذشت سبب طرح سئوالاتی در زمینه جهت محورهای کرنش، دلیل تغییر چند باره روند اثر محوری ناودیس و دلیل پهن‌شدگی<sup>۱</sup> و فشردگی<sup>۲</sup> واحدهای سنگی در بخش جنوبی آن شده است.

## هندسه ساختاری ناودیس حاتم آباد

ناودیس حاتم آباد یک چین باریک و کشیده با روندهای اثر محوری E-W، NE-SW و NW-SE، به شکل S است

1. Flattening
2. Compaction

مرتضی گلچین و همکاران

رخنمون واحدهای سنگی و بیشترین ابهام را در برمی گیرند. برای ترسیم مقاطع از روش قوس<sup>۲</sup> که برای چین‌های موازی دارای انحنای ملایم بکار می‌رود، همراه با بعضی تغییرات استفاده شده است. لازم به ذکر است جابجایی و ضخامت لایه‌ها بر روی مقاطع عرضی دارای پلانژ، محاسبه نشده است. پارامترهای هندسی و همچنین موقعیت قطب لایه‌بندی‌های اندازه‌گیری شده در این مقاطع، براساس برداشت‌های صحرائی در جدول ۱ و استریو گرام‌ها نشان داده شده است.

مشاهده می‌شود که تنها واحد PE<sup>s</sup> دچار چین خوردگی با مشخصه سوپریوز شده و در سایر واحدهای سنگی، بجای چین خوردگی، درزه و شکستگی عارضه اصلی است. یک نمونه از این چین خوردگی به صورت پارازیتی S شکل (معرف یال چپ ناودیس) در بخش جنوبی ناودیس حاتم آباد دیده می‌شود (شکل ۲).

جهت بررسی بیشتر چگونگی چین خوردگی ناودیس حاتم آباد و تعیین راستای کرنش تعداد ۹ مقطع عرضی (شکل‌های ۳ و ۱۲)، به روش پیمایش تهیه شده است. این مقاطع عمود بر محور ناودیس است و نقاط واجد بیشترین

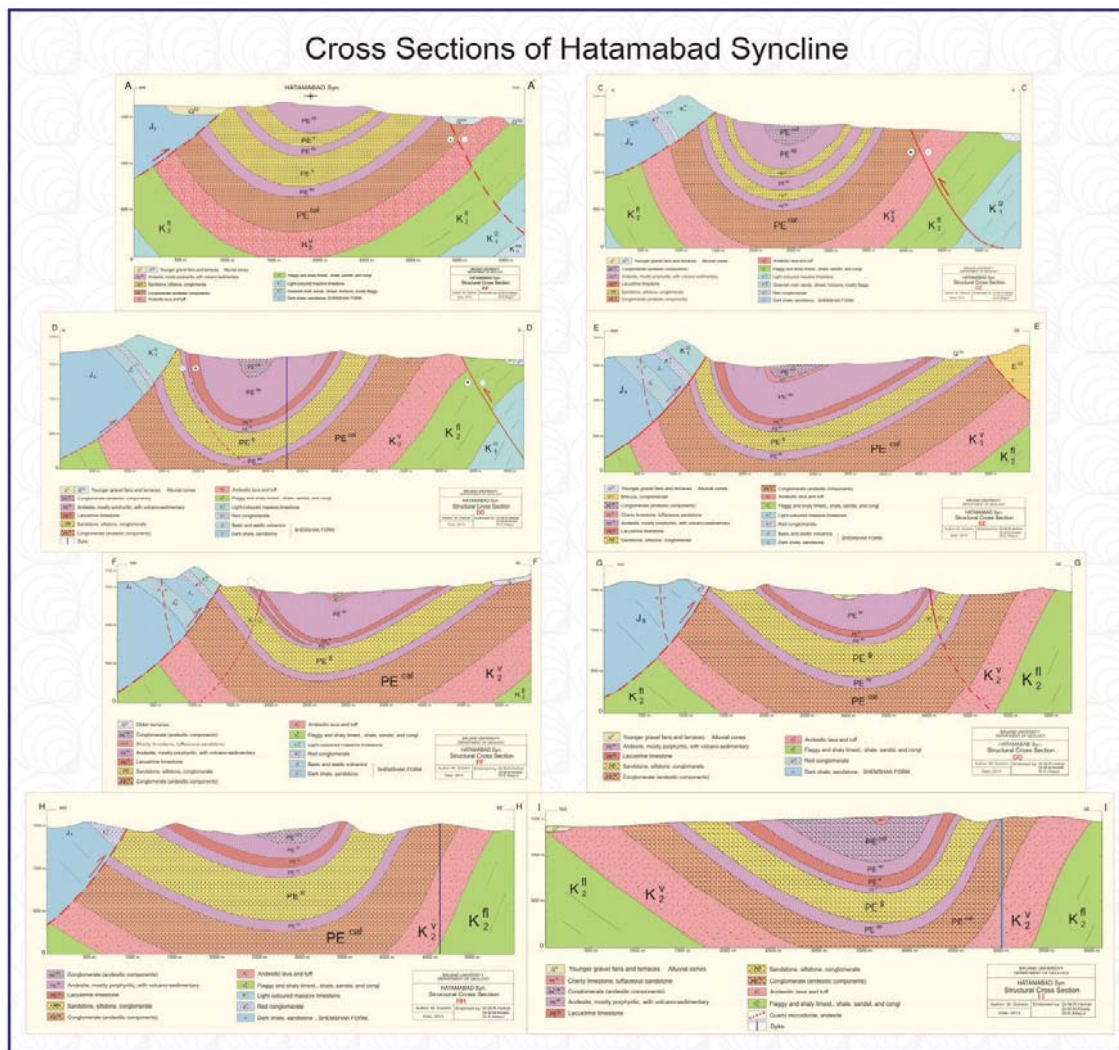


شکل ۲. موقعیت هندسی لایه ماسه سنگ در امتداد مقطع (a) CC' و چین S شکل معرف یال چپ ناودیس در امتداد همان لایه (b) (بازوی نشانه روی کمپاس، رو به سوی شمال است)

جدول ۱. موقعیت هندسی ناودیس در امتداد مقاطع (نوع چین‌ها براساس تقسیم‌بندی Fleuty (۱۹۶۴) آمده است)

نوع چین	طول موج	زاویه بین یالی	محور	سطح محوری	برش ساختاری
باز (Open)	۲/۷	۸۴	۲۲/۱۰۵	۸۲NE/۲۸۸	AA'
مقطع عرضی در امتداد این مقطع، به دلیل کمبود اطلاعات لایه‌بندی ترسیم نشده است.					BB'
بسته (Close)	۶	۶۲	۴۹/۲۹۶	۷۵N/۲۸۲	CC'
بسته	۷	۶۵	۱۷/۰۶۳	۶۹N/۲۵۰	DD'
باز	۱/۷	۷۴	۳/۲۴۲	۸۹N/۲۴۲	EE'
باز	۹	۹۴	۱۰/۲۲۵	۸۴W/۲۲۴	FF'
باز	۸	۷۶	۱۰/۲۳۱	۸۱SE/۰۵۳	GG'
باز	۷/۸	۷۸	۱۲/۰۲۰	۷۳E/۰۱۷	HH'
باز	۲/۹	۷۸	۳/۲۳۲	۷۹SE/۰۵۳	II'

1. Cross Section
2. Busk



شکل ۳. نمایی از مقاطع ساختاری عرضی رسم شده برای ناودیس حاتم آباد (موقعیت برش‌ها در شکل ۱۲ آمده است)

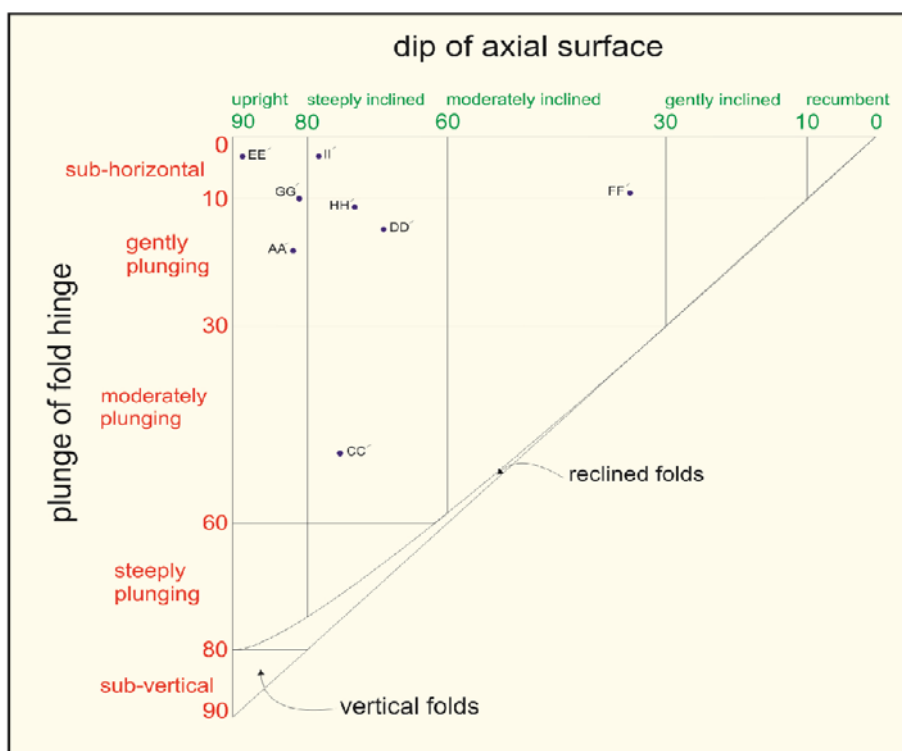
بیاض و تحلیل جنبشی گسل محمدآباد علم بررسی شده است. بنا به تعاریف اگر جابجایی ناشی از برش ساده به طور پیوسته در تمام ساختار پخش شده باشد، چین را خمشی-جریانی می‌نامند و اگر برش به صورت ناپیوسته در ساختار توزیع شده باشد چین را خمشی - لغزشی<sup>۲</sup> می‌گویند (Ramsay and Huber, 1987). بر این اساس به دلیل وجود لغزش بین لایه‌ای در امتداد برخی مقاطع مانند مقطع GG' (شکل ۵)، و مقطع II' و همچنین حضور لایه‌های S شکل در امتداد مقطع CC' (شکل ۲)، می‌توان فرایند تشکیل محور A<sub>1</sub> ناودیس حاتم آباد را مرتبط با چین خوردگی از نوع خمشی لغزشی دانست.

به منظور توصیف کمی جهت‌گیری یک چین، باید آن را به بخش‌هایی با خطوط لولای مستقیم و سطوح محوری مساوی تقسیم کرد. جهت‌گیری چینی با خط لولای مستقیم و سطح محوری مساوی، می‌تواند برحسب موقعیت خط لولا و صفحه محوری بیان شود (مارشاک و میترا، ۱۹۸۸). براساس جهت‌گیری این سیم‌ها، هر یک از مقاطع عرضی می‌تواند در یکی از گروه‌های شکل ۴ قرار گیرد.

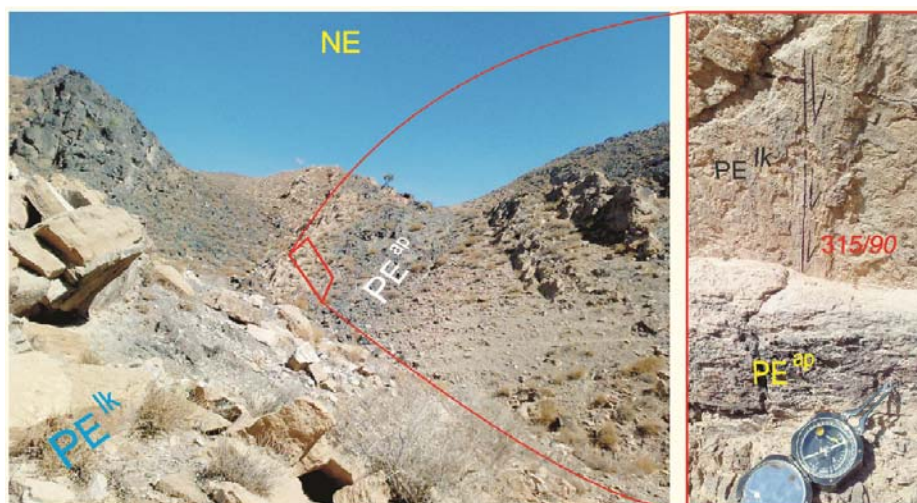
### تحلیل جنبشی ناودیس حاتم آباد

در این بخش با استفاده از نتایج تحلیل هندسی مقاطع ساختاری عرضی، به بررسی پیوند ساختاری ناودیس حاتم آباد با گسل فعال دشت بیاض پرداخته و در ادامه علت تغییرات محور ناودیس حاتم آباد با استفاده از سازوکار گسل دشت

1. Flexural-flow  
2. Flexural-slip



شکل ۴. رده‌بندی مقاطع عرضی براساس جهت‌گیری چین‌ها (اقتباس از Ramsay 1967)

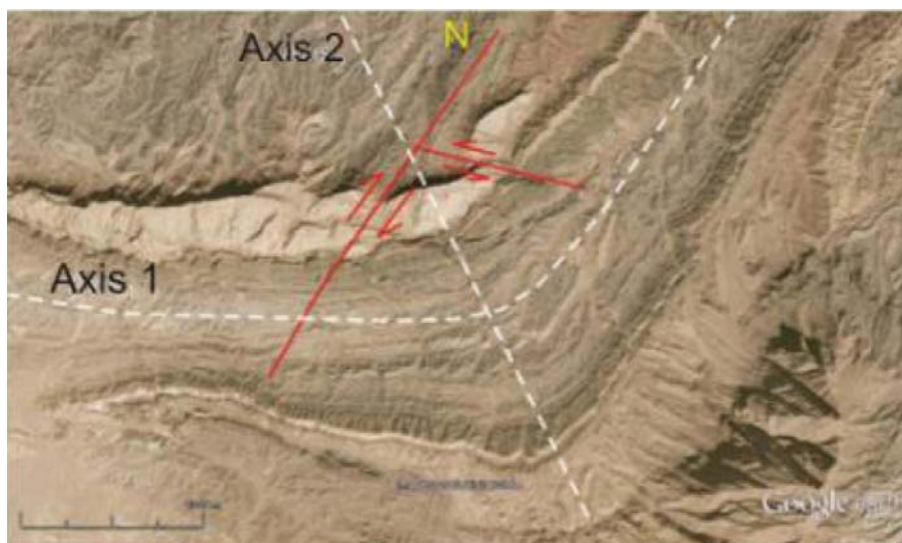


شکل ۵. آثار لغزش بین لایه‌ای در یال چپ ناودیس حاتم آباد در امتداد مقطع GG'

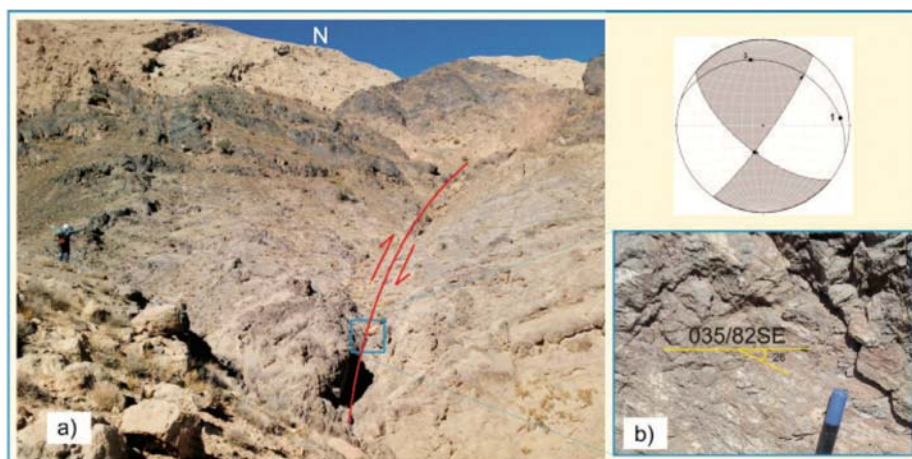
مماسی نیز موثر بوده است. در این رابطه به‌عنوان مصداق بخش لولایی ناودیس حاتم آباد در امتداد محور  $A_2$  ذکر می‌گردد که در این بخش، گسل‌های مزدوج در قوس داخلی<sup>۲</sup> به دلیل فشردگی واحدهای سنگی ایجاد شده‌اند (شکل‌های ۶ تا ۸).

اما محور  $A_2$  ناودیس حاتم آباد علاوه بر تغییر شکل خمشی لغزشی دچار چین‌خوردگی طولی مماسی نیز شده است. فشردگی واحدهای سنگی در یال چپ ناودیس حاتم آباد (در امتداد مقاطع  $BB'$  و  $CC'$ ) و بازشدگی همین واحدها (در امتداد مقطع  $DD'$ )، نشان از لغزش بین لایه‌ای در امتداد شرقی غربی دارد. ضمن این‌که تغییر شکل طولی

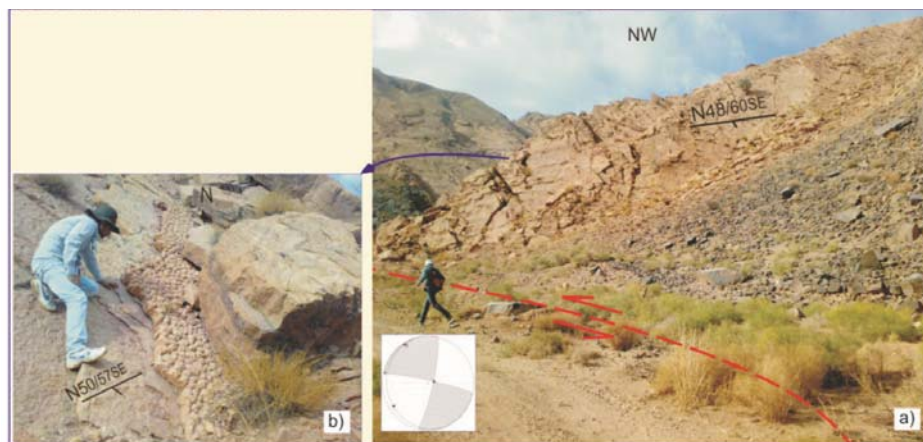
1. Conjugate Faults  
2. Intrados



شکل ۶. وجود گسل‌های مزدوج در قوس داخلی



شکل ۷. گسل  $F_1$  (در امتداد مقطع DD') که باعث جابجایی ۱۶۰ متری در پال راست ناودیس حاتم آباد شده است (a) سطح گسل (b) و تصویر استریوگرافی آن



شکل ۸. نمایی از واحد  $PE^k$  که توسط گسل  $F_2$  (در امتداد مقطع FF')، ۱۹۰ متر جابجا شده است و تصویر استریوگرافی آن (a)، قالب‌های وزنی که نشان از برگشتگی لایه دارند و برداشت درزه در واحد سنگ آهک دریاچه‌ای (b)

## تعیین راستای کرنش با استفاده از مقاطع ساختاری عرضی

مرحله اول موقعیت محورهای کرنش برای هر مقطع توسط استریونوت محاسبه شده (جدول ۲) و در مرحله دوم، با استفاده از جهات کرنش بیشینه در امتداد کلیه مقاطع، راستای کرنش بیشینه میانگین، برای ناودیس حاتم آباد ۲۲۱ یا ۴۱ درجه به دست آمده است.

نظر به این که محور چین‌ها منطبق بر راستای کرنش متوسط ( $\lambda_2$ )، قطب سطح محوری منطبق بر محور کرنش بیشینه ( $\lambda_1$ ) و محور تنش کمینه ( $\lambda_3$ ) عمود بر صفحه‌های قرار می‌گیرد که از  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  می‌گذرد (جلیلیان، ۱۳۹۱)، در

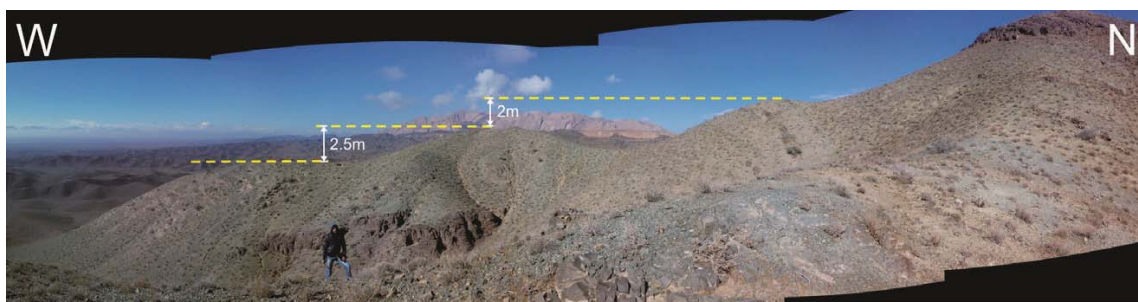
جدول ۲. موقعیت کرنش‌های اصلی با استفاده از سطوح محوری

II'	HH'	GG'	FF'	EE'	DD'	CC'	AA'	
۱۱/۳۲۳	۱۷/۲۸۶	۹/۳۲۳	۸/۱۳۴	۱/۱۵۱	۲۱/۱۶۱	۱۶/۱۹۲	۸/۱۹۹	کرنش بیشینه
۳/۲۳۲	۱۲/۰۲۰	۱۰/۲۳۱	۱۰/۲۲۵	۳/۲۴۲	۱۷/۰۶۳	۴۹/۲۹۶	۲۲/۱۰۵	کرنش متوسط
۷۹/۱۲۵	۶۹/۱۴۵	۷۷/۰۹۴	۷۷/۰۱۱	۸۷/۰۵۳	۶۳/۲۹۷	۴۳/۰۸۷	۶۷/۳۰۶	کرنش کمینه

(پلیوسن زیرین) همگی نشانگر فشارهای تکتونیکی با راستای اعمال ۴۵ تا ۵۵ درجه هستند (Berberian, 1975) و Tchalenko and

سازوکار گسل محمدآباد علم با طول تقریبی ۹ کیلومتر که در جنوب ناودیس حاتم آباد شناسایی شده، معکوس با مولفه امتدادلغز چپگرد است. در مختصات (3756659 N, 706799 E) و در جهت عمود بر محور ناودیس، این گسل باعث تشکیل سطوح ژئومورفیک شده و در هر مرحله از فعالیت، باعث بالآمدگی ۲ تا ۲/۵ متری در واحدهای سنگی شده است (شکل ۹).

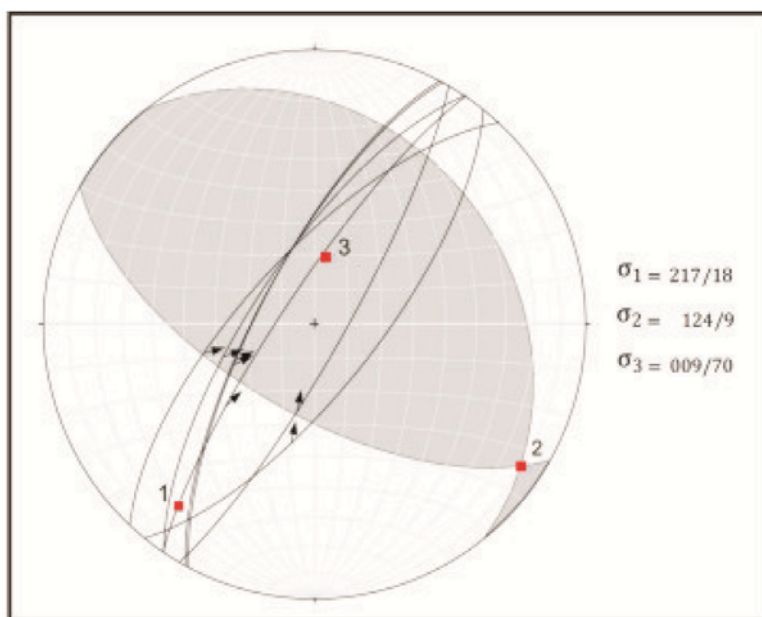
تحلیل جنبشی گسل دشت بیاض و گسل محمدآباد علم چپ پله بودن و ماهیت قطعه‌ای گسل دشت بیاض گویای این واقعیت است که این گسل در مرحله آغازین تکامل است (Walker et al., 2004). سازوکار گسل دشت بیاض، با توجه به برداشت‌های انجام شده به صورت چپگرد همراه با مؤلفه معکوس برآورد شده که طی این فرایند دیواره شمالی گسل نسبت به دیواره جنوبی خود به طرف بالا حرکت کرده است (اسکندری شورابی، ۱۳۸۷). تغییر شکل‌های تکتونیکی در گسل دشت بیاض، مانند شکستگی‌های کششی (پلیوسن بالایی)، برش‌های متقاطع (پلیوسن) و درزه‌های کششی



شکل ۹. سطوح ژئومورفیک شکل گرفته در امتداد مقطع DD' در اثر فعالیت گسل محمدآباد علم

به نرم‌افزار، استفاده شد. در نتیجه جهت بیشینه تنش میانگین برای گسل محمدآباد علم، ۲۱۷ یا ۳۷ درجه به دست آمد (شکل ۱۰).

برای تکمیل بررسی جهت‌های تنش اصلی برای گسل محمدآباد علم به روش دوجبهی عمود برهم محاسبه شده و از موقعیت هندسی هفت خش لغز، به‌عنوان داده ورودی

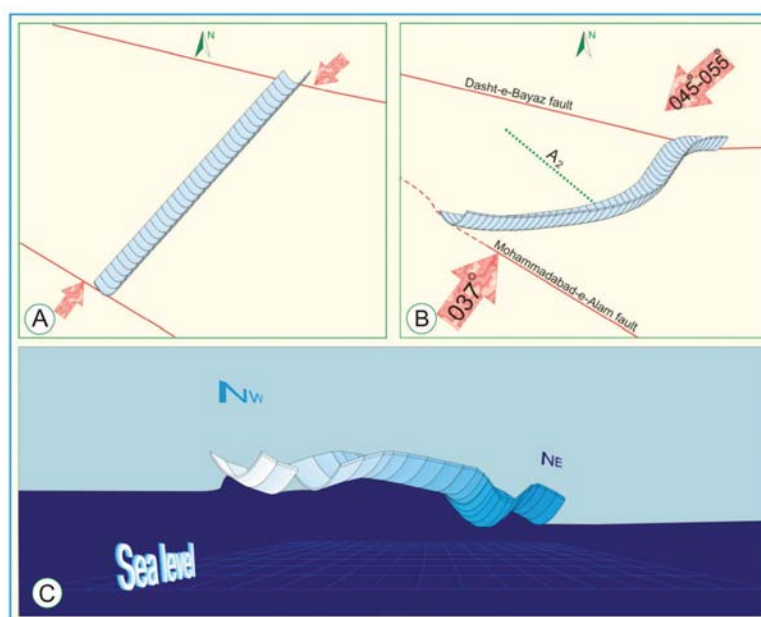


شکل ۱۰. تعیین جهات تنش اصلی برای گسل محمدآباد علم توسط نرم افزار FaultKin

### مدل تکامل تکتونیکی منطقه

خاوری را برای آن پیشنهاد می کند (شکل ۱۱A). متعاقبا واحدهای سنگی در اثر قرارگیری در یک پهنه ترفشارشی بین گسل امتدادلغز چیگرد با مولفه معکوس دشت بیاض و گسل معکوس با مولفه امتدادلغز چیگرد محمدآباد علم دچار تغییر شکل شده اند (شکل ۱۱B). همین طور تحلیل مقاطع ساختاری عرضی نشان داد که ناودیس حاتم آباد دارای ۶ پلانژ در امتداد محور اولیه  $A_1$  می باشد (شکل ۱۱C).

برای مدل سازی نحوه شکل گیری توالی کرنش ها و مراحل دگرریختی واحدهای سنگی ناودیس حاتم آباد، مراحل دگرشکلی به صورت شماتیک برای بازسازی محورهای اولیه  $A_1$  و ثانویه  $A_2$  طراحی شد. بازسازی مراحل کرنش راستای تقریبی شمال خاوری - جنوب باختری را برای محور  $A_1$  ناودیس و جهت کرنش بیشینه شمال باختری - جنوب



شکل ۱۱. مدل تکامل تکتونیکی منطقه (مقیاس رعایت نشده است)

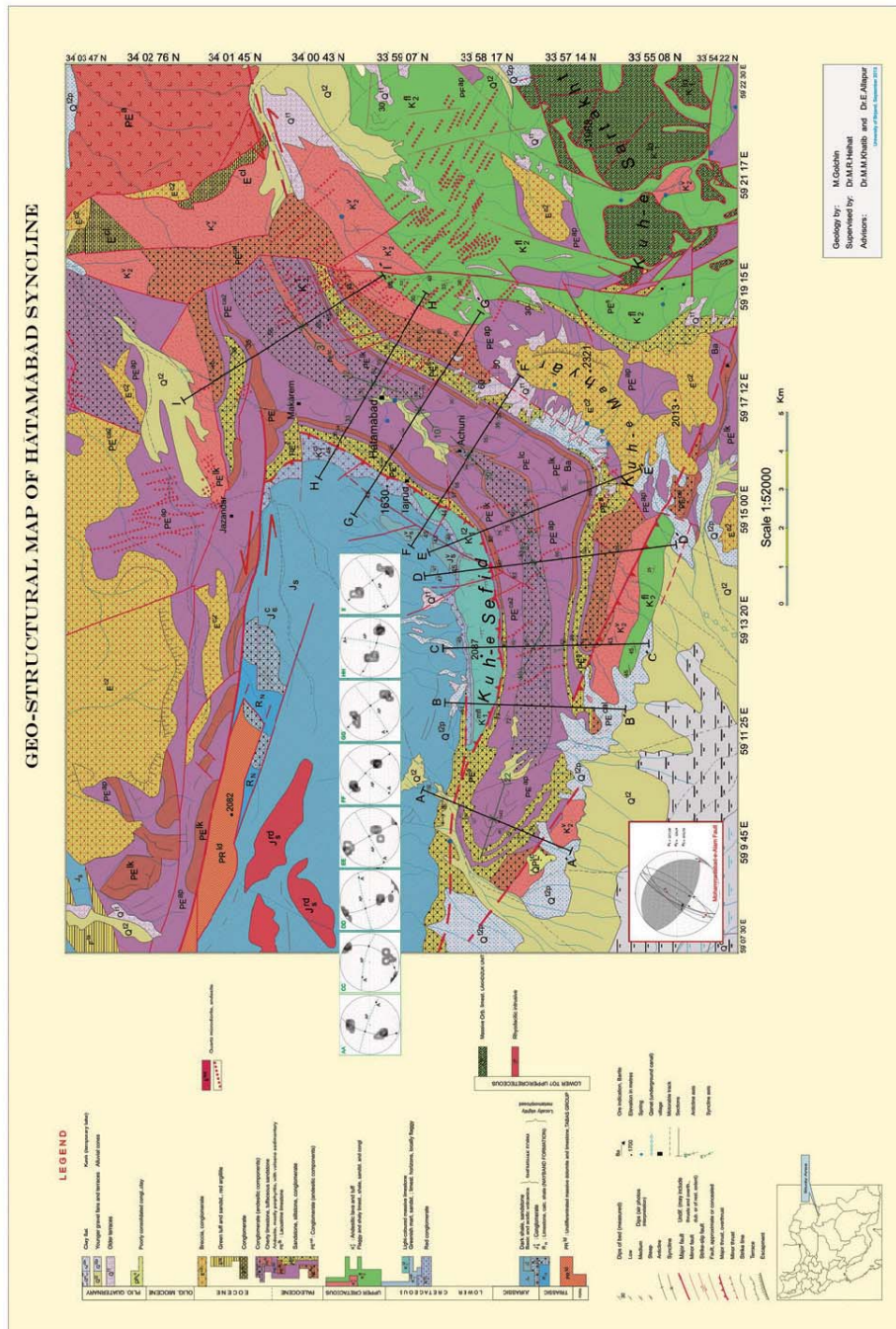


مرتضی گلچین و همکاران

## نتیجه گیری

سازوکار معکوس با مولفه امتدادلغز چپگرد، تشکیل یک زون ترفشارشی داده و باعث چرخش پادساعتگرد محور و S شکل شدن آن شده‌اند. تغییر شکل خمشی لغزشی به همراه تغییر شکل طولی مماسی در فشردگی و بازشدگی بخش جنوبی ناودیس حاتم آباد موثر بوده است.

الف- با انطباق تقریبی راستای کرنش به دست آمده از مقاطع عرضی ناودیس حاتم آباد و راستای تنش گسل فعال دشت بیاض، فرضیه پیوند ساختاری آنها تقویت می‌شود. ب- گسل فعال دشت بیاض با سازوکار امتدادلغز چپگرد با مولفه فشاری به همراه گسل فعال محمدآباد علم با



شکل ۱۲. نقشه زمین ساختاری ناودیس حاتم آباد (گلچین، ۱۳۹۲)

## منابع

- Fluty, M. J., 1964. The description of folds. Proceedings of the Geologist Association, 75, 461 - 492.
- Ramsay, J.G. and Huber, M. I., 1987. The Techniques of modern structural geology, V. 2, Folds and Fractures, Academic Press, London, 309-700.
- Ramsay, J.G., 1967. Folding and Fracturing of Rocks, McGraw - Hill, New York, 568.
- Tchalenko, J. S. and Berberian, M., 1975, Dasht -e- Bayaz fault, Iran, Earthquake and Earlier Related Structures in Bed Rock, Geological Society of America Bulletin, 86, 703-709.
- Walker, R., Jackson, J. and Baker, C., 2004, Active faulting and seismicity of the Dasht-e-Bayaz region, eastern Iran, Geophysical Journal International, 157, 265-282.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اسکندری شورابی، ز.، ۱۳۸۷، تحلیل مهاجرت گسلی و ارتباط گسل دشت بیاض با گسل‌های سمپاتیک با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.
- جلیلیان، ح.، ۱۳۹۱، تحلیل ساختاری چین‌خوردگی‌های شمال آراین شهر(خراسان جنوبی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.
- غلامی، ا.، نوگل سادات، م.، ع.، ا.، خطیب، م.، م.، یساقی، ع.، ۱۳۸۸، شواهد ساختاری از تاثیر گسل‌های شمالی جنوبی در توسعه دگرریختی‌های جنوب خاوری بیرجند، پهنه سیستان. مجله علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سال ۱۸، شماره ۷۱.
- گلچین، م.، ۱۳۹۲، بررسی پیوند ساختاری ناودیس حاتم آباد با گسل فعال دشت بیاض (شمال قاین - شرق ایران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بیرجند.
- مارشاک، ا. و میترا، گ.، ۱۹۸۸، ترجمه: پورکرمانی، م. و معتمدی، ح.، ۱۳۹۰، روش‌های اساسی زمین‌شناسی ساختمانی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.