

## پهنه‌بندی ساختاری رشته کوه‌های ارسباران در شمال فلات آذربایجان

نرجس غضنفری

کارشناسی ارشد تکتونیک، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

بهزاد زمانی قره‌چمنی

دانشیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

فاطمه مصباحی

استادیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۴

ghazanfari.ne93@gmail.com

### چکیده

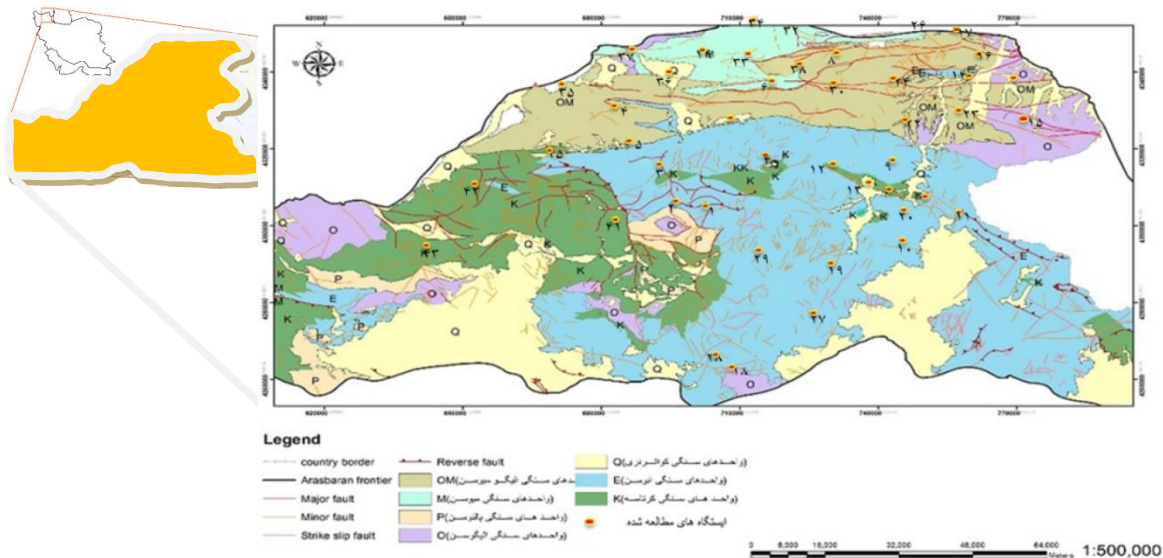
رشته‌کوه‌های قوسی‌شکل ارسباران در شمال فلات آذربایجان (ایران)، سرشار از تعدادی گسل راندگی، پهنه‌های انباشتی، گسل‌های با هندسه کُز-تخت (Ramp-Flat)، پنجره‌های زمین‌ساختی، تاقدیس‌های سربریده و ... می‌باشند. بنابراین این رشته‌کوه‌ها را می‌توان به عنوان یک کمربند رانده - چین‌خورده در نظر گرفت. در این مقاله، با بررسی چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسلش در رشته‌کوه‌های ارسباران ارتباط معناداری بین ساختارهای شکنا و شکل‌پذیر منطقه مورد مطالعه بدست آمد، به طوریکه چین‌های مرتبط با راندگی، تراکم بیش از ۶۰٪ را در سرتاسر رشته‌کوه‌های ارسباران نشان می‌دهند. با توجه به تغییرات رئولوژی، سنگ‌شناسی و ارتفاعی، رشته‌کوه‌های ارسباران به دو پهنه شمالی و جنوبی تقسیم شده است. با توجه به عملکرد گسل‌های پی‌سنگی جنوب دشت‌مغان و گسل راندگی خان‌باغی و گسل شاهونی، پهنه شمالی به سه زیرپهنه I و II و III تفکیک شده است. با در نظر گرفتن تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه و با استفاده از بیشینه تراکم گرایش سطح محوری چین‌خوردگی‌های مطالعه شده، در پهنه جنوبی راندگی‌های پیشرفته رو به شمال شرق وجود دارد. زیرپهنه I و III روراندگی کم‌گسترش یافته رو به شمال-شمال‌شرق را نشان داده و برای زیرپهنه II ورقه راندگی در حال توسعه رو به جنوب‌غرب بدست آمده است.

**کلمات کلیدی:** زمین‌ساخت رشته‌کوه‌های ارسباران، کمربند رانده - چین‌خورده، گسل‌های راندگی، گرایش سطح محوری چین‌ها

### مقدمه

چین‌های مرتبط با این گسل‌ها را همسو با روندهای زمین‌ساختی غالب پهنه مشاهده کرد. در پژوهش‌های زمین‌ساختی مرتبط با منطقه، به عملکرد راندگی برخی گسل‌ها در شمال فلات آذربایجان، مانند گسل‌های مرزود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱)، گسل شمال کلیبر، گسل جنوب اهر (Berberian, 1997)، گسل‌های امتدادلغز مرزی فلات، مانند ارس، آستارا، دشت مغان (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۱) و گسل‌های پراکنده دیگر اشاره شده است. پژوهشگرانی چون Priestley et al., 1994; Jackson et al., 2002; Hessami et al., 2003 نیز، غرب فلات ایران و شرق فلات ترکیه را در پژوهش‌های خود مورد بررسی قرار داده و هر یک دستی بر تفسیر زمین‌ساخت آذربایجان زده‌اند. از مجموع نظرات ایشان در مورد منطقه مورد مطالعه می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که در مرکز منطقه مورد کاوش (رشته‌کوه‌های ارسباران) گسل‌های با سازوکار راندگی وجود دارد، و تنش‌های زمین‌ساختی، به طور غالب حرکت راندگی رو به شمال این پهنه را، بیشتر نشان داده است. با استناد به حرکت راستالغز قفقاز کوچک در شمال این پهنه، می‌توان گفت که بخش مفصلی از شرق فلات آذربایجان (ایران) و شمال جمهوری آذربایجان نشان‌دهنده یک تنش فشارشی قوی است که به یک سیستم راندگی در شمال رشته‌کوه‌های ارسباران، بخش شمالی ارس و یا قفقاز کوچک مرتبط است (Mosar et al., 2010).

رشته‌کوه قوسی‌شکل ارسباران با امتداد NW-SE در بخش شرقی و - SW NE در بخش غربی، در فاصله طول‌های جغرافیایی  $45^{\circ}$  تا  $47^{\circ}$  و عرض‌های جغرافیایی  $39^{\circ}$  تا  $38^{\circ}$  قرار داشته و شمالی‌ترین بخش فلات آذربایجان (ایران) است (شکل ۱). بررسی زمین‌ساخت این رشته‌کوه حکایت از وجود دو سامانه تنش فشارشی مورب، یک سامانه با ترکیبی از روندهای NE, E-SW, W و NW-SE که سبب رانده شدن لایه‌ها به سمت شمال‌شرق رشته‌کوه گردیده و سامانه دوم با امتداد N-S در فضای میان گسل‌های امتدادلغز گسترش یافته است (Zamani and Masson, 2014). روندهای N-S و یا NE-SW بیشتر سبب کوتاه‌شدگی و انباشته‌شدگی پوسته در سطح زمین شده است (زمانی، ۱۳۹۲). تاثیر این سامانه‌ها در زمین‌ساخت رشته‌کوه ارسباران، به صورت یک کمربند رانده-چین‌خورده، باعث ایجاد سفره‌های راندگی کم‌گسترش یافته، وجود ساختارهای انباشتی و فرآآمده و چین‌خوردگی‌های مرتبط با راندگی شده است (غضنفری و همکاران، ۱۳۹۵). شواهد ساختاری موجود، چین‌خوردگی‌های متعددی را نشان می‌دهد که اغلب به موازات گسل‌های راندگی بوده و تاثیرات راندگی‌ها را در خود ثبت نموده‌است. با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی در بردارنده رشته‌کوه ارسباران می‌توان مکانیسم‌های دگرشکلی شکنا و شکل‌پذیر ایجاد کننده گسل‌های رانده و



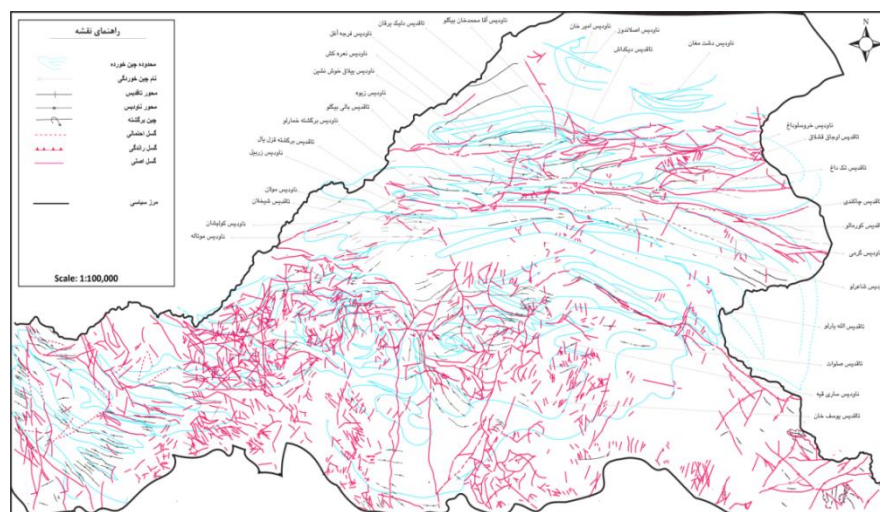
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین شناسی ساختاری ساده شده از رشته کوه ارسباران در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰. علامت دایره مکان ایستگاه‌های منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهد. ایستگاه‌های ۱۷ تا ۱ در بازدید صحرایی بدست آمده و ایستگاه‌های ۱۸ تا ۲۶ در برش شرقی، ایستگاه‌های ۲۷ تا ۳۴ در برش شمالی - جنوبی و ایستگاه‌های ۳۵ تا ۴۲ در برش غربی رخنمون دارند.

### روش تحقیق

عکس‌های هم‌مقیاس (۱:۲۰۰۰) ماهواره‌ای مطالعه شده زیر استریسکوپ و برش‌های ترسیم شده، داده‌های مورد نیاز از قبیل زاویه بین‌یالی، شیب و جهت شیب لایه‌بندی‌ها و... برای ۳۸ چین‌خوردگی و ۵ گسل رانندگی رخنمون یافته (شکل ۱ و ۲) آماده شد که حاصل آن ترسیم دیاگرام‌های مورد نیاز برای تمام چین و گسل‌خوردگی‌های مطالعه شده است. در نرم‌افزار Adobe Illustrator الگوهای مورد نیاز به برش‌ها اضافه شد. اطلاعات چین‌های رخنمون یافته در هر برش به صورت خلاصه در جدول ۱ و ۲ آمده است. در نهایت برای تجسم بهتر پراکندگی چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسلش در منطقه از پارامترهای بدست آمده از نمودارهای هندسی رده‌بندی نظیر (فلوتی، ۱۹۶۴؛ انجلیبر، ۱۹۹۴) و نمودارهای آماری استفاده شده است.

در این مطالعه پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، و استفاده از برخی روشهای دورسنجی و تصاویر ماهواره‌ای، کاوش‌ها صحرایی طراحی و انجام شد و سپس به تحلیل داده‌های بدست آمده از چندین بازدید صحرایی، محاسبه روندهای اصلی، استخراج پارامترهای تحلیل هندسی چین‌ها و ترسیم و تدقیق نقشه ساختاری پرداخته شد.

سپس ۴۸ نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱۲ نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دربرگیرنده منطقه مورد مطالعه در نرم افزار اتوکد زمین مرجع شد و با توجه به تراکم ایستگاه‌های صحرایی مطالعه شده مسیر برش‌های ساختاری انتخاب گردید. با استفاده از اطلاعات صحرایی، اطلاعات روی نقشه‌های زمین‌شناسی، زوج



شکل ۲. نقشه ساختاری چین‌خوردگی و گسل خوردگی‌های رشته‌کوه‌های ارسباران.

## زمین‌شناسی ساختاری محدوده مطالعاتی گسل‌های راندگی اصلی منطقه مورد پژوهش

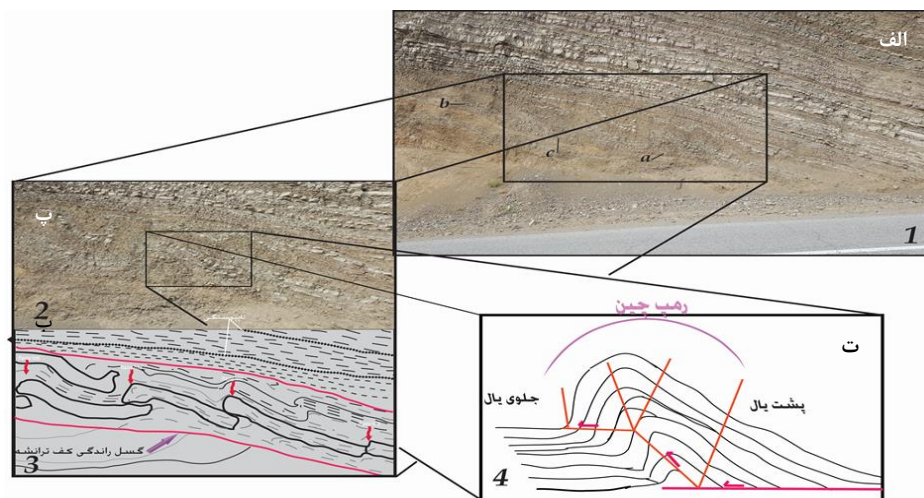
گسل هوراند: این گسل راندگی با راستای تقریبی NW-SE کشیده شده که در ادامه انحنای یافته و روند تقریبی آن برعکس گشته و تاثیر زمین‌ساختی بسزایی در محدوده مرکزی رشته‌کوه ارسباران ایفا نموده است. با توجه به شواهد موجود روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلید می‌توان گفت، این راندگی سبب قرارگیری واحدهای پالئو-اؤسن بر روی واحدهای الیگوسن-میوسن شده است. در ترانشه کنار جاده مطالعه شده از این گسلش، نمونه مشخصی از چین‌های خم‌گسلی دیده می‌شود. در برخی قسمت‌های داخلی این چین‌ها زون آسیب دیده نیز تشکیل شده است (شکل ۳).

گسل منجاو: گسل راندگی منحنی‌وار منجاو با روند تقریبی NW-SE گسل قدیمیتر مرکز رشته کوه و در نزدیکی گسل هوراند است و باعث رانده شدن واحدهای اؤسن شده است. پایانه‌های این گسل راندگی، توسط گسل‌های امتدادلغز چپگرد متعددی محصور شده است. وجود این راندگی بزرگ سبب ایجاد پنجره‌های زمین‌ساختی رسوبات دوران دوم (کرتاسه پسین) در اثر رانده شدن رسوبات اؤسن و پالئوسن (واحدهای از زون مغان) شده است. چین‌های خم‌گسلی مرتبط با گسل منجاو زون آسیب دیده بیشتری را نشان می‌دهد.

گسل خان‌باغی و گسل قیه‌باشی: گسله راندگی خان‌باغی با روند شرقی - غربی و درازای حدوداً ۲۵ کیلومتر (در جنوب روستای خان‌باغی و دارچین) و گسله معکوس و پر شیب قیه‌باشی با طولی در حدود ۶۰ کیلومتر (گسلی تقریباً خطی که در پایانه شرقی انحنادار است) از راندگی‌های مهم شمال منطقه مورد مطالعه بشمار می‌آیند. بنا به نظر (اسکوی، ۱۳۷۴) به سبب حرکت این گسله‌ها، واحدهای ماسه‌سنگی توفی فلدسپات‌دار OMZ<sup>2</sup>، ردیف‌های از ماسه‌سنگ با رس سیلت دار OMZ<sup>3</sup>، رس و ماسه‌سنگ با میان لایه‌های نازک آهکی E4 (واحدهای سنگی الیگو - میوسن) و نهشته‌های کواترنری بریده، جابه‌جا و در برخی نقاط با یکدیگر مرز همبری (شمال‌ملاعلی) نشان می‌دهند. به همین دلیل این گسل‌ها را گسل‌های کواترنری باید دانست (گزارش پشت نقشه اصلاندوز). در اثر عملکرد این گسل‌ها ساختارهای فرآآمده (pop up) روبه جنوب در منطقه ایجاد شده است که

در برش ساختاری غربی بخشی از این ساختارها رخنمون دارند (شکل ۸). سیستم گسلی درسی: گسلش‌های راندگی با روند تقریبی NW-SE در امتداد تاقدیس‌های متعدد با درازای ۲۲ کیلومتر در محدوده زون الله یارلو - هوای و در سمت شرقی رودخانه کلیبرچای واقع شده است. طبق نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ لاهرود در این محدوده یک سیستم گسلی بزرگ تعریف شده است. ولی سازوکار آن مشخص نگردیده، که با توجه به راندگی مشخص توالی لایه‌ها در امتداد همین سیستم گسلی در محدوده رضی-لاهرود (شکل ۴) و ارتباط مکانی پایانه‌های این دو پاره، شواهد مورفولوژیکی و داده‌های فیلدی که از ایستگاه‌های ۱۲، ۱۱، ۹، ۷ بدست آمده و برشهای ساختاری AA' و BB' حاکی از سازوکار راندگی این سیستم گسلی بوده که باعث حذف واحدهای اؤسن بر روی کرتاسه شده است. همچنین از مطالعه بر روی افیولیت‌های منطقه الله یارلو (برزگر و همکاران، ۱۳۸؛ سودی و همکاران، ۱۳۹۰) وجود یک سازوکار راندگی پیشنهاد شده است. همچنین پاره‌های راندگی عالی کاران و درسی در شرق، منجاو و هوراند در میانه و مخربکان در غرب منطقه به صورت پلکانی در ادامه یکدیگر قرار دارند و از نظر زمانی اقدام به جابه‌جایی واحدهای سنگی اؤسن و رخنمون توالی آهکی کرتاسه بالایی نموده است. بنابراین، می‌توان احتمال داد سیستم امتدادلغزی حاکم بر منطقه، با عملکرد چپگرد خود باعث قطع این پاره‌ها از یکدیگر و پائین افتادگی پلکانی آنها شده باشد (شکل ۵).

گسله محمدان چارقشلاق: سیستم گسلی محمدان چارقشلاق با درازای تقریبی ۱۹ کیلومتر، و با روند NW-SE بر یال جنوبی چین‌خوردگی‌های حوالی خود تاثیر گذاشته است. در پایانه گسلی سمت راست گسله محمدان چارقشلاق (جنوب ناودیس محمدبیگل و ناودیس خروسلوداغ) از تغییر مسیر آبراهه‌ها و جابه‌جایی رسوبات الیگو-میوسن، گسلی استنباط شده است که در ادامه گسل چاکندی در ورقه گرمی محسوب می‌شود. روی نقشه زیوه، گسله محمدان چارقشلاق به خوبی نشان داده شده که چگونه، سبب برگشتگی و پرشیب شدن (۸۵ درجه) یال شمالی تاقدیس تک‌داغ در جنوب ناودیس خروسلوداغ شده است (اسکوی و اسدیان، ۱۳۷۴).



شکل ۳. تصویر (الف) نمایی از ترانشه شمالی - جنوبی ایستگاه یک مربوط به عملکرد گسل راندگی هوراند در بخش مرکزی رشته‌کوه ارسباران، حروف لاتین (a, b, c) داخل کادر) قرار داده شده مکان زون‌های آسیب دیده گسل راندگی هوراند را نشان می‌دهد. تصویر (ب) نمای بزرگتر از همان ترانشه است. تصویر (ج) نمای شماتیک از تصویر ب و نشان‌دهنده چین‌های خم‌گسلی، گسل رانده کف و سقف تراشه و ناپیوستگی می‌باشد. تصویر (ت) نمای بزرگ و واضح‌تر از یک ریمپ چین موجود در ترانشه شمال - جنوبی ایستگاه یک مربوط به چین خوردگی هوراند را نشان می‌دهد.

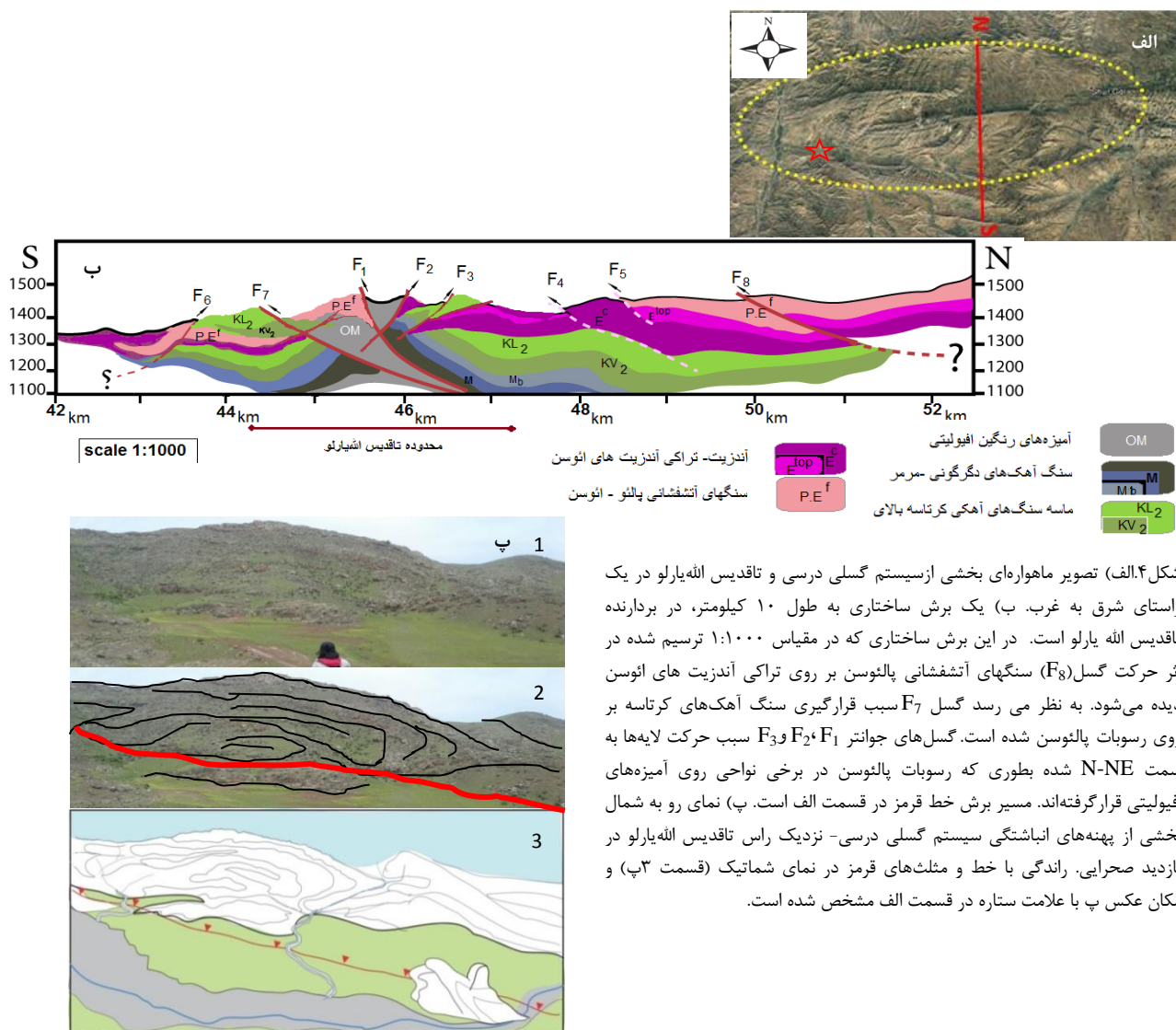


شمالی و جنوبی تقسیم شده و پهنه شمالی به سه زیرپهنه I، II و III تفکیک شده است. مبنای این تقسیم‌بندی عملکرد گسل‌های پی‌سنگی جنوب دشت‌مغان، گسل راندگی خان‌باغی و شاهونی به عنوان مرز هر قسمت است. قسمت I و II پهنه شمالی، شامل رسوبات تخریبی و آتشفشانی دوران سوم و کواترنری نظیر سازند زیوه، آبشرون، آگچگیل و... بوده و هر دو دارای چین‌خوردگی‌های متعدد به موازات گسل‌های راندگی منطقه هستند. بنابراین می‌توان گفت مکانیسم‌های دگرشکلی شکنا و شکل‌پذیر ایجاد کننده گسل‌های رانده و چین‌های مرتبط با این گسل‌ها، همسو با روندهای زمین‌ساختی غالب پهنه شمالی است.

گسل خروسلو: قسمتی از برگشتگی یال چین‌خوردگی‌ها در شمال غربی آبادی چناق‌بلاق در امتداد ناودیس خروسلو داغ و تاقدیس دیکداس تحت‌تاثیر همین گسل دیده می‌شود. با توجه به سن رسوبات منطقه بر روی نقشه‌های مختلف، جنبش‌های کوهزایی به سن پلیوسن فوقانی - کواترنر، ایجاد کننده چین‌خوردگی در بالای رسوبات سازندهای آگچگیل و آبشرون بوده و بطور محلی شیب قائم و یا حتی برگشته در چین‌ها ایجاد کرده است. عملکرد گسل‌های منطقه در شکل ۵ و در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

### تقسیم بندی منطقه مورد پژوهش

برای بدست آوردن دید بهتر از ساز و کار حاکم بر منطقه مورد مطالعه، رشته کوه ارسباران با توجه به تغییرات رئولوژی، سنگ‌شناسی و ارتفاعی، به دو پهنه



گسل‌های قدیمی کرتاسه که از ائوسن به بعد دوباره فعال شده، و ایجاد سفره‌های تکتونیک است که گاهی، سبب مایل‌شدگی محور چین‌ها، در طول مسیر حرکت خود شده است. البته هرچه از مرکز رشته‌کوه ارسباران به سمت لبه حرکت کنیم از وضوح راندگی‌ها کاسته می‌شود.

#### برش‌های عرضی ترسیم شده از منطقه مورد پژوهش

از آنجا که منطقه مورد مطالعه مساحتی بالغ بر ۱۳۰ کیلومتر مربع را در بر گرفته، علاوه بر مشاهدات صحرایی و دورسنجی، چهار برش ساختاری نیز ترسیم شده است. برش SN با راستای شمالی - جنوبی در بخش میانی رشته کوه‌های ارسباران که دربرگیرنده زون الله‌یارلو - هوای به طول ۱۰ کیلومتر و در مقیاس ۱:۱۰۰۰ رسم شده است (شکل ۴). برش AA' در شرق منطقه در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و به طول ۱۲۲ کیلومتر (شکل ۶) و برش BB' به طول ۱۱۷ کیلومتر مرکز منطقه را با یک امتداد شمالی - جنوبی دربر گرفته است (شکل ۷).

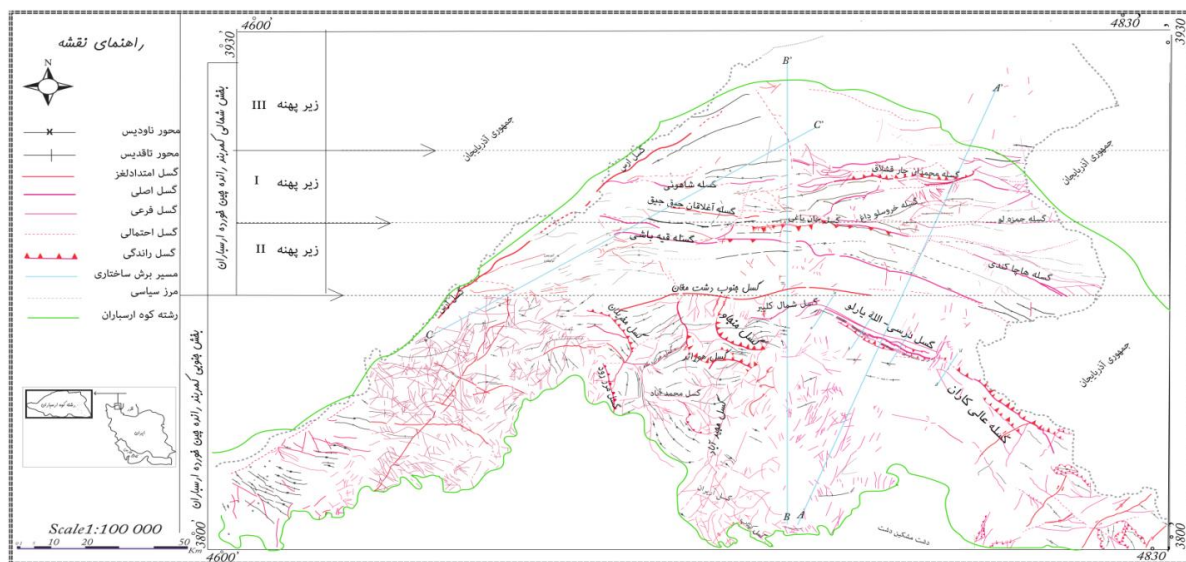
برش CC' غرب منطقه را به صورت مورب و با امتداد شمال شرق - جنوب غرب و به طول ۱۲۰ کیلومتر پوشش می‌دهد (شکل ۸). در انتخاب مکان برش، قرارگیری در بین ایستگاه‌های صحرایی مطالعه شده (شکل ۱)، عدم همپوشانی با محل برش‌های نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و عدم قطع امتداد برش توسط مسیر رودخانه‌های اصلی در نظر گرفته شده است. با استفاده از رخنمون چین‌خوردگی‌ها روی برش‌ها و تلفیق با داده‌های صحرایی اطلاعات جامع‌تری از نوع چین‌خوردگی و ارتباط چین‌ها با گسل‌های راندگی در منطقه بدست آمد.

#### چین‌های مطالعه شده در منطقه مورد پژوهش

وجود چین‌خوردگی‌ها مرتبط با راندگی به دلیل اینکه تحت‌تاثیر گسل‌های رانده شکل می‌گیرند از مهم‌ترین پارامترهای تشخیص کمربندهای رانده-چین‌خورده است. نمونه‌های مختلفی از این چین‌های مرتبط با گسلش (چین‌های خم‌گسلی و پهنه‌های انباشتگی) (imbrication zone)، در امتداد گسل‌های رانده منطقه مورد مطالعه دیده شده است.

تقسیم‌بندی زیر پهنه‌های I و II براساس حرکت رو به شمال - شمال شرقی روراندگی‌های محلی قسمت I که برخلاف حرکت رو به جنوب سفره‌های راندگی قسمت II به سن (الیگو- میوسن) است و همچنین تاثیر بسزای راندگی خان‌باغی در حذف یال‌های شمالی و برگشتگی چین‌های قسمت II نسبت به I، صورت گرفته است. تفکیک قسمت III به علت عدم رخنمون سطحی و عملکرد گسلی ویژه در تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی و آبرفت‌های کواترنری دشت مغان بوده که محدوده مرزسرزمینی تا گسله شاهونی را در بر می‌گیرد. از نظر ارتفاع پست‌ترین بخش پهنه شمالی، شمال غربی بیله‌سوار با ارتفاع ۵۰ متر و شمال شرقی زیوه با ارتفاع ۲۴ متر و حواشی رودخانه ارس است.

از گسل پی‌سنگی جنوب دشت مغان که بخش مرکزی آن راستگرد بوده (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۱) و (مظفرپور حسینی و ریاضی‌راد، ۱۳۹۳) این گسل را از جمله گسل‌های مهم در نواحی اطراف رومرکز زوج زمینلرزه اهر- ورزقان می‌دانند. می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد این گسل در فروافتادگی جنوب دشت مغان نیز بی‌تاثیر نیست. بنابراین دلیل مناسبی برای تفکیک پهنه شمالی و جنوبی می‌تواند باشد. میانگین ارتفاعی پهنه شمالی ۴۰۰ متر و برای پهنه جنوبی ۱۱۰۰ متر می‌باشد. بیشینه ارتفاعی پهنه جنوبی به یکباره زیاد شده و در برخی قله مانند کیامکی (کیمچی‌داغ) به ۳۳۴۷ متر نیز می‌رسد. پهنه جنوبی اغلب متشکل از سنگ‌های آتشفشانی و آذرین دوران سوم، سنگ آهک‌های کرتاسه و بقایای افیولیتی دوران دوم است. ۶۰٪ منطقه مورد مطالعه را پهنه جنوبی دربر گرفته است. شکستگی‌های امتدادلغزی در قسمت غربی بیشتر به چشم خورده و در قسمت شرقی سفره‌های راندگی با وسعت بیشتر آهک‌های کرتاسه بالای را روی رسوبات و سنگ‌های آتشفشانی دوران سوم رانده، و باعث درهم آمیختگی افیولیت (هسته تاق‌دیس الله‌یارلو در شکل ۴) و سنگ‌های دگرگونی منطقه شده است. سفره‌های راندگی جوان‌تری به سن پالئوسن بر روی ائوسن نیز وجود دارد (گسل هوراند و مخریکان) که مرکز رشته کوه ارسباران را در بر گرفته است. هرچند تفاوت‌های چشم‌گیری در پهنه‌های معرفی شده وجود دارد، اما از لحاظ ساختاری، خصوصیت مشترک همه، تاثیرپذیری از گسل‌های رانده کواترنری و



شکل ۵. نقشه گسل‌های منطقه مورد مطالعه و تقسیم‌بندی منطقه به پهنه جنوبی و شمالی براساس تغییرات رئولوژی، سنگ‌شناسی و ارتفاعی و با توجه به تاثیر گسل‌های راندگی بر گرایش سطح محوری چین‌خوردگی‌ها.

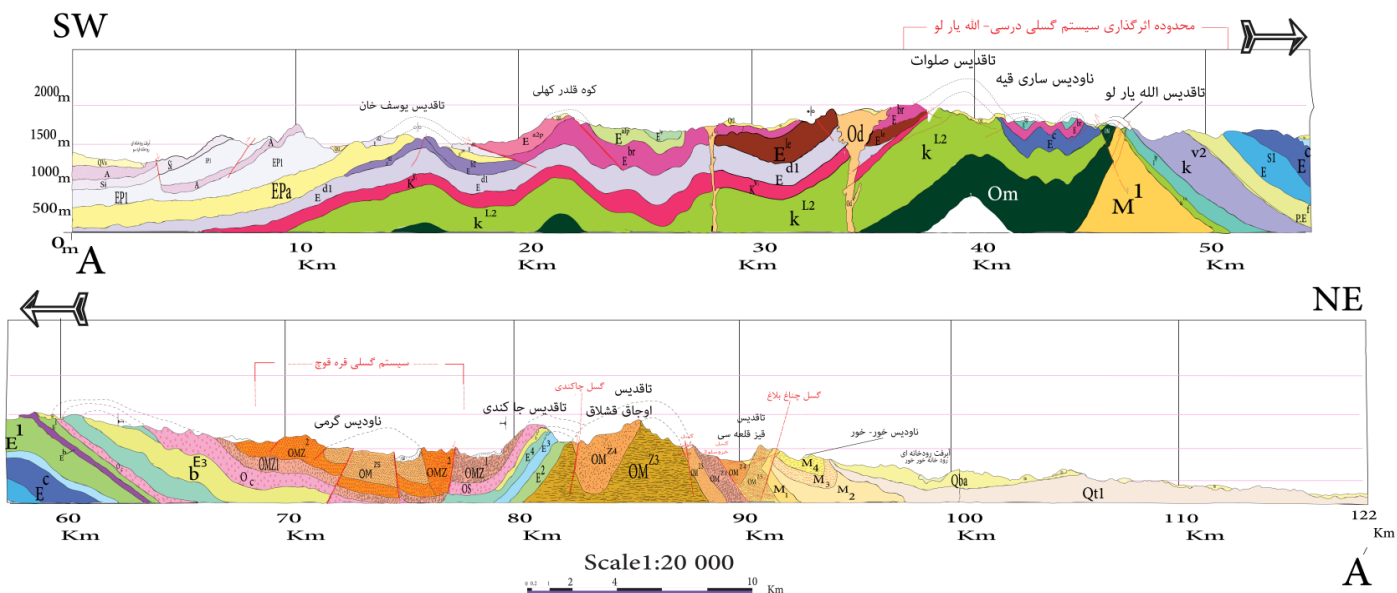
در چین‌های مایل و خوابیده‌ای نظیر (لینجار، انجیلو، محمد بیگلو) را نیز فراهم نموده که قابل تشخیص است.

ناودیس گرمی تا خورخور (شکل ۶) و حدفاصل ناودیس‌های محمد بیگلو تا ناودیس دشت‌مغان (شکل ۷) و بخش فوقانی ناودیس شاه‌بلاغلو (شکل ۸)، مجموعه چین‌خوردگی‌های رسوبات سازند تخریبی زیوه می‌باشند. با توجه به مستعد بودن سازند زیوه برای سنگ مخزن مواد هیدروکربنی حوضه دشت مغان (امینی، ۱۳۸۳) در شمال منطقه مورد مطالعه، احتمال وجود پتانسیل ذخایر هیدروکربنی در چین‌خوردگی‌های ذکر شده، مخصوصاً تاقدیس دلیک‌یرقان، اوجاق‌قشلاق، تاقدیس بالی‌بیگلو و تاقدیس برگشته دیکدش بیشتر است. دوپلکس با راندگی سقف منفعل که به عنوان تله‌نفتی پرکاربرد است نیز در برخی چین‌های مجموعه نام برده شده به صورت کم‌گسترش یافته محتمل است.

در (جدول ۱) ارتباط موثرترین گسل‌خوردگی با چین‌های مطالعه شده ذکر شده است. همچنین با توجه به برش‌های ترسیم شده با بازسازی چین‌خوردگی‌ها نرخ کوتاه‌شدگی برای تمام چین‌خوردگی‌های برنزد یافته محاسبه شده که مقادیر آن در (جدول ۱) آورده شده است. باتوجه به مقادیر (جدول ۱) نرخ کوتاه‌شدگی کلی در برش AA' و BB' ۱۶٫۴۵٪ و برای برش CC' مقدار ۱۲٫۲۵٪ بدست آمده است. ناپیوستگی‌های قبل از دوران انوسن به عنوان مبدا و تا شکستگی‌های کوترنزی دشت‌مغان (نئوزن) به عنوان انتهای مسیر بازسازی چین‌خوردگی‌ها در نظر گرفته شده است. بیشینه مقدار کوتاه‌شدگی در راستای برش BB' به مقدار ۱۹٫۲۵ کیلومتر بدست آمده است. چون برآوردی از میزان جابه‌جایی گسل‌ها در بازدید میدانی و روی نقشه قابل تشخیص نبود، نرخ کوتاه‌شدگی تنها از بازسازی چین‌ها بدست آمده است.

این چین‌خوردگی‌ها که همگی نقشه شده‌اند و بسیاری نیز در نقشه‌های سازمان زمین‌شناسی ترسیم گردیده‌اند که نشان از کوتاه‌شدگی در سنوزوئیک دارند. وجود زونهای جدایشی، خم‌های گسلی، تاقدیس‌ها سربریده و یال‌های برگشته از جمله ویژگی‌های شاهد برای ارتباط ساختاری چین‌خوردگی‌های این رشته‌کوه با راندگی است. از چین‌های مرتبط با راندگی در منطقه می‌توان به ناودیس گرمی، ناودیس قیزقلعه‌سی، تاقدیس چاکندی، تاقدیس اصلاندوز، ناودیس زیوه، ناودیس کولیشان، تاقدیس شاه‌بلاغلو که خود دربرگیرنده ناودیس ییلاق‌خوش‌نشین، تاقدیس برگشته دیکدش، ناودیس نعره‌کش، تاقدیس دلیک‌یرقان، ناودیس دشت مغان، ناودیس محمدبیگلو، ناودیس امیرخان، تاقدیس اوجاق‌قشلاق و ناودیس قیردارسی، تاقدیس الله یارلو و ... اشاره کرد.

یکی از شواهد بارز ارتباط چین‌خوردگی و گسل‌های راندگی، در تاقدیس الله یارلو، زون الله یارلو- هوای در اثر سیستم راندگی درسی در جنوب شرقی رشته‌کوه مورد مطالعه است. زون چین‌خورده (الله یارلو- هوای) شامل کمربندی باریک از چین‌خوردگی‌های صلوات، ساری‌قیه و الله یارلو با روند تقریبی شرقی- غربی در نهشته‌های آهکی و سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه بالایی است (مهر پرتو و ناظر، ۱۳۷۷). هسته این مجموعه به ویژه در ناحیه (الله یارلو- زرگردیکدش) شامل سنگهای دگرگونی و افیولیت‌های است که به صورت خطی در امتداد سیستم گسلی بزرگ درسی برنزد پیدا می‌کند. ساخت انباشتگی، ساختارهای فرآآمده از شاخص‌های این زون چین‌خورده ۱۴ کیلومتری است که در دو ورقه رضی و لاهرد جای گرفته است. این چین‌خوردگی‌ها در رده چین‌های مرتبط با گسلش راندگی متقارن (Asymmetric Faulted Fold) در تقسیم‌بندی (Mitra ۲۰۰۳) قرار می‌گیرد که با نازک‌شدگی پهلوی پیشانی همراه است. سطوح جدایشی در اثر وجود میان‌لایه‌های شیلی امکان لغزش و ایجاد زون‌های آسیب دیده بخصوص



شکل ۶: برش ساختاری شرقی به طول ۱۲۲ کیلومتر شرق منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. محل برش و راهنمایی نقشه در شکل ۹ آورده شده است.





جدول ۱. اطلاعات بدست آمده از چین‌های مطالعه شده در برش‌های ترسیم شده.

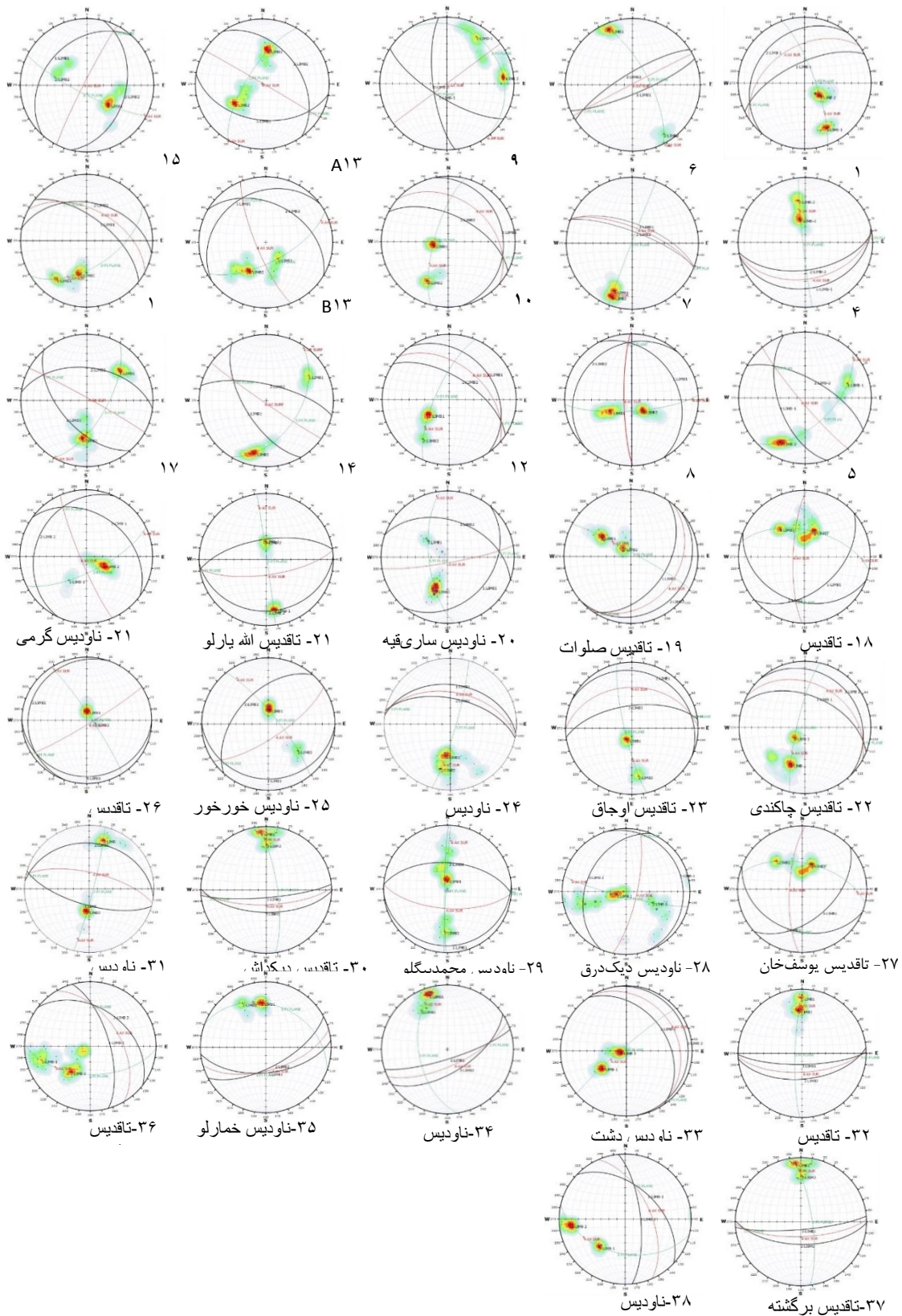
نام برش	شماره چین خوردگی	نام چین خوردگی	طول قبل از چین خوردگی	طول موج چین خوردگی	زاویه بین یالی	شیب سطح محوری	میل سطح محوری	برخ کوتاه شده	گسل‌های تاثیر گذار	
شرفی AA	۱	تاقدیس یوسف‌خان	۸,۷۵Km	۷,۵۰km	۱۴۰°	۷۶°	۳۳°	۱۴٪	شکستگی‌های متعدد به صورت شعاعی	
	۲	تاقدیس صلوات	۱۰,۲۵Km	۷,۵۰km	۳۶°	۲۹°	۵°	۲۶٪	سیستم گسلی درسی	
	۳	تاقدیس ساری قیه	۶Km	۴ km	۷۵°	۸۳°	۲۳°	۳۳٪		
	۴	تاقدیس الله یارلو	۲,۷۵Km	۲ km	۷۱°	۸۸°	۱°	۲۷٪		
	۵	ناودیس گرمی	۱۴Km	۹,۷۵km	۱۳۲°	۸۳°	۱۹°	۲۵٪	گسل قره قوچ	
	۶	تاقدیس چاکندی	۴Km	۳ km	۴۰°	۳۴°	۱۰°	۳۱٪	گسل چاکندی	
	۷	تاقدیس اوجاق قشلاق	۱۰,۷۵Km	۷,۵۰km	۴۵°	۳۸°	۹°	۳۰٪	گسل مازان و خروسلوداغ	
	۸	ناودیس فیزقلعه‌سی	۲,۷۵Km	۲ km	۲۰°	۵۰°	۷°	۲۷٪	شکستگی‌های متعدد	
	۹	ناودیس خور خور	۴,۲۵Km	۲,۷۵km	۹۰°	۷۳°	۱۱°	۳۵٪	شکستگی‌های کواترنری	
	۱۰	تاقدیس صاحب‌دیوان	۷,۵۰ Km	۲,۵۰ km	۱۴۶°	۸۵°	۶°	۶۶٪	شکستگی‌های متعدد	
جنوبی-شمالی BB	۱۱	تاقدیس یوسف‌خان	۱۱,۲۵Km	۹,۷۵km	۱۴۵°	۷۴°	۳۴°	۱۳٪	شکستگی‌های متعدد	
	۱۲	ناودیس دیک‌درق	۱۳,۲۵Km	۱۰,۲۵ km	۱۳۵°	۷۶°	۷°	۲۲٪	شکستگی‌های شمال-جنوبی نرمال	
	۱۳	ناودیس محمدبیگلو	۱۲,۵Km	۱۰ km	۱۱۰°	۶۵°	۲°	۲۰٪	گسله محمدان چار قشلاق- آغلاقان جیق جیق	
	۱۴	تاقدیس دیکدش	۶,۲۵Km	۳,۲۵ km	۲۲°	۷۱°	۱۷°	۴۸٪	گسله چناب باغ	
	۱۵	ناودیس امیرخان	۴,۷۵Km	۲,۵ km	۷۶°	۶۹°	۹°	۴۷٪	سیستم گسله شاهونی	
	۱۶	ناودیس دلپک یرقان	۵,۲۵Km	۳,۵۰ km	۲۰°	۶۶°	۹°	۳۳٪	شکستگی‌های نرمال شمال-جنوبی	
	۱۷	ناودیس دشت مغان	۱۰,۲۵Km	۱۰ km	۳۸°	۲۲°	۵°	۲,۴٪	شکستگی‌های کواترنری	
	۱۸	ناودیس کولیشان	۲۲,۵۰ Km	۱۹ km	۲۰°	۶۹°	۳۶°	۱۵٪	شکستگی‌های متعدد در همه جهات	
	غربی CC	۱۹	ناودیس خمارلو	۲۵Km	۲۳,۷۵ km	۲۰°	۶۱°	۵۵°	۸٪	گسله خان‌باغی- قیه باشی
		۲۰	تاقدیس بالی بیگلو	۱۲,۷۰ Km	۷,۵ KM	۳۸°	۵۲°	۳۶°	۴۱٪	گسله آغلاقان جیق جیق - تحت تاثیر سیستم گسلی خان‌باغی
۲۱		تاقدیس دیکدش	۱۵Km	۱۲ KM	۲۰°	۷۲°	۱۴°	۲۰٪	سیستم گسله شاهونی	
۲۲		ناودیس خوش‌نشین	۳۵Km	۳۳ km	۴۲°	۵۸°	۴۴°	۱۴٪	بخشی از سیستم گسله شاهونی، شاخه فرعی گسله آغلاقان جیق - جیق و شکستگی‌های متعدد شمال غرب - جنوب شرق	

### تحلیل هندسی چین و گسل خوردگی‌ها

با استفاده از استریوپلات چین‌ها (شکل ۱۰) و گسل‌های بررسی شده، مقادیر (a) شیب یال پیشانی، (y) زاویه بین‌یالی، (v) گرایش شیب سطح محوری، (p) میل سطح محوری استخراج شده است. با توجه به رده‌بندی هندسی (انجلییر، ۱۹۹۴) و (فلوتی، ۱۹۶۴) مقادیر بدست آمده از استریوپلات‌ها در نمودار رده‌بندی چین و گسل (شکل ۱۵ و ۱۲) جانمای شد. در جدول ۳ تعداد چین‌ها

مطالعه شده در منطقه، مربوط به انواع چین خوردگی‌های رده‌بندی فلوتی قرار داده شده است. از آنجا که پراکندگی نوع چین خوردگی بدست آمده زیاد است، از مجموعه تراکم چین خورده به عنوان یک ناحیه استفاده شده است. به این منظور و با توجه به (شکل ۱۱ و ۱۲) و با استفاده از وضعیت قرارگیری چین‌های بررسی شده در رده‌بندی فلوتی، تراکم چین‌ها در ۵ ناحیه بدست آمد.





شکل ۱۰. استریوگرام چین خوردگی‌های رخنمون یافته. محل چین خوردگی با توجه به شماره هر کدام در شکل انشان داده شده است.

جدول ۰۲. اطلاعات بدست آمده از چین های مطالعه شده در کاوش های صحرایی.

ایستگاه ها	چین های مطالعه شده در	گسل های مطالعه شده	جابه‌جای زمانی ویژه	ساختارهای ویژه	امتداد و نوع چین
۱	مرکز منطقه مورد مطالعه	گسل راندگی هوراند	قرارگیری واحدهای پالئو- ائوسن بر روی واحدهای الیگوسن-میوسن	چین خم‌گسلی، زون آسیب دیده، رخنمون گسل راندگی در کف ترانشه	منحنی شکل با روند NW-SE
۲	امتداد جاده کلپیر- آپش احمد	گسل راندگی هوراند و منجاو	قرارگیری واحدهای سنگی کرتاسه بر روی واحدهای ائوسن و پالئوسن	مورفولوژی تراستی	منحنی شکل با روند NW-SE
۳	نزدیکی روستای دلاوران	اثر راندگی بزرگ منجاو	رانده شدن سنگ آهک پلاژیک نازک لایه قرمز- قهوه ای کرتاسه و چین خوردگی	بقایا و پنجره‌های تکتونیکی متعدد آهک‌های کرتاسه	روند NW-SE
۴	چین خوردگی‌ها در زیر مجموعه ناودیس زیوه در شمال روستایی	گسل راندگی خان‌باغی	سبب راندگی واحدهای ائوسن بر روی الیگوسن	واحدهای سنگی الیگو - میوسن و نهشته‌های کواترنری بریده، جابه‌جا و در برخی نقاط با یکدیگر مرزهمبری	چین مایل میل‌دار با امتداد سطح محوری
۵	تاق‌دیس بزرگ مقیاسی در نزدیکی روستای فتح علی	گسل معکوس قیه باشی	حرکت واحدهای ائوسن را بر روی الیگو- میوسن	به وجود آمدن ناپیوستگی تکتونیکی بین رسوبات آگچگیل و واحد های بالای	چین خوردگی برگشته
۶	نزدیکی روستای آقا محمدخان بیگلر	-	-	گسل خوردگی و از بین رفتن یال چین	چین‌های میل‌دار شمال‌شرق -
۷	یال شمالی یک چین خوردگی ابتدای تونل آزادگان بعد از قره	گسل بزرگ درسی . زون الله یار لو-هوای	چین خوردگی نهشته‌های آهکی و سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه بالایی	حذف بخشی از واحدهای ائوسن و نمایان شدن واحد های سنگ کرتاسه	روند تقریباً شرقی - غربی
۸	یال شمالی تاق‌دیس تک داغ در جنوب ناودیس خروسلو	گسله محمدان چار قشلاق	تغییر مسیر آبراهه‌ها و جابه‌جای رسوبات الیگو- میوسن	سبب برگشتگی و پرشیب شدن و منجر به ایجاد هورست در بخش جنوبی	سه گسل طولی با روند تقریبی شمال
۹	زون چین خورده الله یار لو - هوای	گسل راندگی درسی	قرارگیری واحدهای کرتاسه بالای بر روی واحدهای پالئو- ائوسن	وجود ناپیوستگی بارز و زون‌های آسیب دیده	روند شمال غرب - جنوب شرق
۱۰	رشته‌کوه صلوات	گسلش امتداد لغز	چین خوردگی و احدهای آذرین ائوسن	به وجود آمدن ساختار های آبرون - فلتی	روند شمال غرب - جنوب شرق
۱۱	افیولیت‌های الله‌یارلو در دامنه غربی سامانلو داغ	عملکرد گسل درسی و چندین گسل فرعی دیگر	تحت تاثیر قرار گرفتن واحد های کرتاسه تا کواترنری و حرکت روبه جنوب مواد	درهم کوبیده شدن توالی افیولیتی، امبریکیشن زون،	روند شرقی - غربی
۱۲	پایانه شرقی زون الله یار لو	عملکرد گسل درسی و چندین گسل فرعی دیگر	-	کج شدگی محور تاق‌دیس به سمت جنوب، باریک شدن یال شمال و حذف یال جنوبی	روند شمال غرب - جنوب شرق
۱۳	وجود چین‌های بزرگ یادرون چین ها پارازیتی در مسیر	جابه‌جایی فلیش‌های سازند زیوه و چین خوردگی لایه‌های ماری ائوسن	-	-	شمال‌غرب - جنوب‌شرق
۱۴	چین خوردگی های مسجد لو در شمال شرق رشته‌کوه ارسباران	گسل ملازان	تناوبی از ماسه‌سنگ و سنگ آهک‌های میوسن	چین تقریباً خوابیده	شمال‌غرب - جنوب‌شرق
۱۵	در نزدیکی روستای قزل قلعه‌سی و انجیرلو	عدم رخنمون های سطحی	چین خوردگی تناوبی از رخنساره‌های شیل - ماسه سنگی (فیلیش شده) سازند زیوه و	-	شمال‌غرب - جنوب‌شرق
۱۶	شمال شرقی حوضه رسوبی دشت مغان	گسل راندگی خروسلو	گسل خوردگی معکوس در یال جنوبی ناودیس زنگار	باریک شدگی ضخامت ماسه‌سنگ‌های OMZ <sup>2</sup> در یال شمالی ناودیس ها	روند شرقی - غربی
۱۷	شمال شرقی حوضه رسوبی دشت مغان	گسل قیر دارسی	چین خوردگی واحد های سنگی میوسن پیشین	تناوبی از ماسه‌سنگ و سنگ آهک‌های میوسن (سازند زیوه)	روند شرقی - غربی

داده شده در (شکل ۱۰) و استخراج اطلاعات آماری مورد نیاز (شکل ۱۷)، ۴ نوع چین خوردگی بدست آمده در منطقه مورد مطالعه جانمای شد (شکل ۱۴). با توجه به شرایط ساختاری منطقه، اگر حالات نشان داده شده در (شکل ۱۶) به عنوان پروسه ایجاد یک راندگی در نظر گرفته شود، عملکرد راندگی رشته کوه ارسباران را می توان تحلیل کرد. پهنه جنوبی دارای بیشترین چین های مایل بوده و با نشان دادن پهنه های انباشتگی، کوتاه شدگی زیاد، ایجاد چین های نوع خم گسلی و هندسه کز-تخت مرحله پیشرفته یک راندگی (قسمت e در شکل ۱۶) را نشان می دهد. راندگی ها در این قسمت با توجه به گرایش سطح محوری رو به NE است. در زیر پهنه II فراگیری چین های مایل (دسته ۲ و ۳) زیاد است. این چین ها اثرات کمتری از جمله حذف شدگی یال و یا بریده شدگی راس و کوتاه شدگی نسبتا کم از خود نشان می دهند. بنابراین راندگی در حال توسعه بوده و بین حالت های (e و d شکل ۱۶) قرار می گیرند. جهت گرایش سطح محوری چین های مایل این زیر پهنه رو به جنوب می باشد. زیر پهنه I و III چین های دسته ۱ و ۴ را در بر دارد. عملکرد راندگی با توجه به شرایط ساختاری اشاره شده برای این دو زیر پهنه ها، در حال گذر و توسعه از حالت d به e است.

با ادغام ناحیه ۳ و ۲ که تنها در مقدار میل سطح محوری اختلاف داشته و هر دو مربوط به چین های با شیب سطح محوری مایل است، تعداد نواحی به ۴ ناحیه کاهش پیدا کرد. این نواحی عبارتند از:

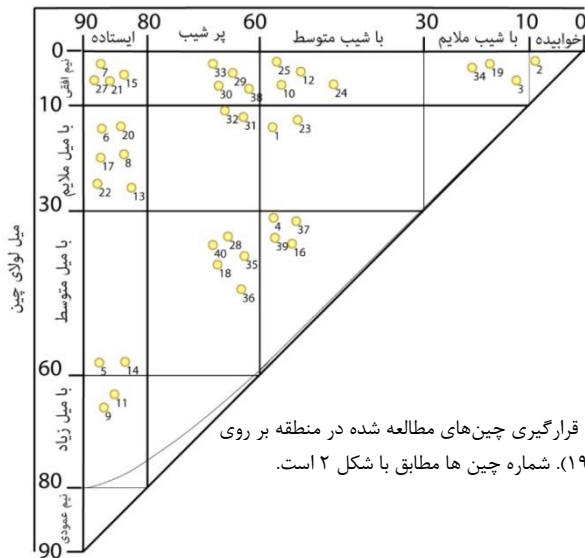
- ۱- ایستاده نیمه افقی تا ایستاده دارای میل ملایم با ۲۶٪ تراکم در منطقه.
- ۲- چین های دارای شیب سطح محوری ۳۰ تا ۶۰ درجه با مقدار میل کم (۰-۱۰ درجه) و یا مقدار میل زیاد (۳۰ تا ۶۰) با تراکم ۵۴٪ در منطقه.
- ۳- چین های با شیب سطح محوری و میل کمتر از ۱۰ درجه که به صورت خوابیده توصیف می شوند.
- ۴- چین های ایستاده با میل لولای زیاد (۶۰-۷۰ درجه) و نزدیک به چین های عمود.

تراکم دسته ۳ و ۴ با توجه به نمودار تقسیم بندی هندسی چین ها ۱۰٪ می باشد (شکل ۱۳ و ۱۴). از تحلیل داده های گسلی قرار گرفته بر روی نمودار رده بندی هندسی گسل خوردگی (انجلیر، ۱۹۹۴) که از مقادیر شیب صفحه گسلی و ریک گسل استفاده می کند، گسل های مطالعه شده مشخصات گسل های راندگی را نشان می دهند. با توجه به جهت شیب سطح محوری ۳۸ چین خوردگی نشان

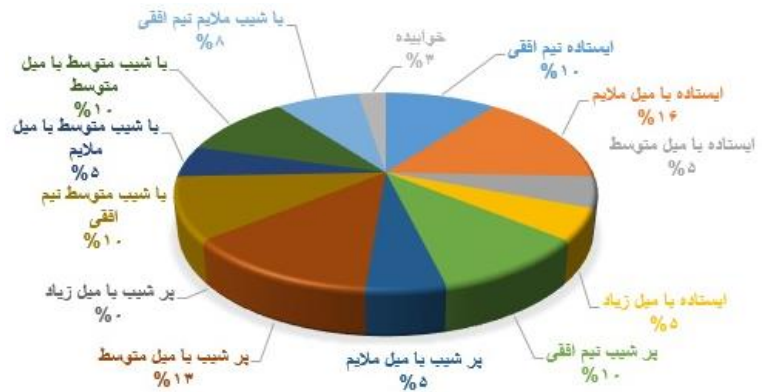
جدول ۳. تعداد چین خوردگی هر ناحیه در رده بندی فلوتی ۱۹۶۴.

شماره ناحیه	نوع چین خوردگی در هر ناحیه	تعداد چین ها
۱	ایستاده نیم افقی	۴
۲	ایستاده با میل ملایم	۶
۳	ایستاده با میل متوسط	۲
۴	ایستاده با میل زیاد	۲
۵	ایستاده نیم عمودی	۰
۶	پر شیب نیم افقی	۴
۷	پر شیب با میل ملایم	۲
۸	پر شیب با میل متوسط	۵
۹	پر شیب با میل زیاد	۰
۱۰	با شیب متوسط نیم افقی	۴
۱۱	با شیب متوسط با میل ملایم	۲
۱۲	با شیب متوسط با میل متوسط	۴
۱۳	با شیب ملایم نیم افقی	۳
۱۴	با شیب ملایم با میل ملایم	۰
۱۵	خوابیده	۱

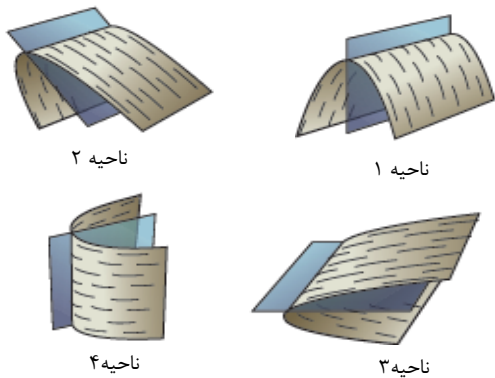
شیب سطح محوری



شکل ۱۲. وضعیت قرارگیری چین‌های مطالعه شده در منطقه بر روی نمودار فلوتی (۱۹۶۴). شماره چین‌ها مطابق با شکل ۲ است.

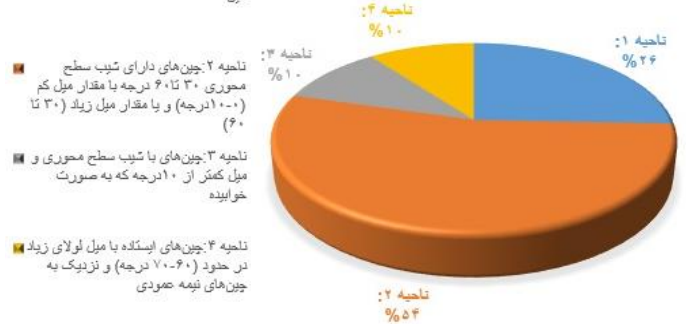


شکل ۱۱. تعداد چین‌خوردگی هر ناحیه در رده‌بندی فلوتی ۱۹۶۴.

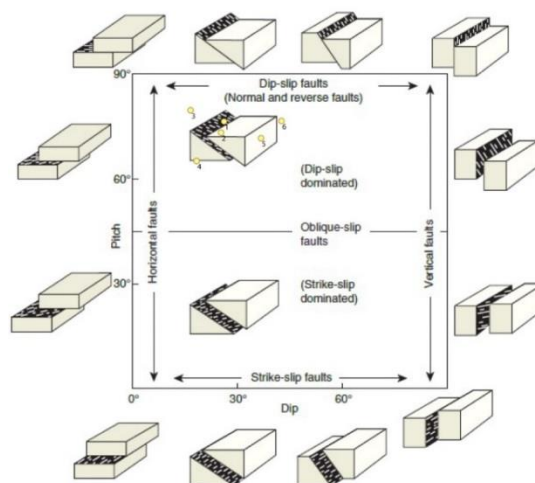


شکل ۱۴. شکل شماتیک چین‌های هر ناحیه براساس رده‌بندی هندسی (فلوتی، ۱۹۶۶).

درصد تراکم هر دسته در رده بندی چین فلوتی



شکل ۱۳. درصد تراکم هر ناحیه در رده‌بندی چین فلوتی (۱۹۶۴).



شکل ۱۵. نمودار رده‌بندی هندسی گسل‌های مطالعه شده در منطقه. برگرفته شده از (انجلیور، ۱۹۹۴) اقتباس از کتاب Hancock.



### نتیجه گیری

با توجه به عملکرد و سن گسل‌های بررسی شده، درمی‌یابیم که سیستم‌های راندگی متعدد از اواخر کرتاسه تا کواترنری بر منطقه مورد مطالعه حاکم بوده و در طول زمان، در یک حرکت رو به جلو از مرکز رشته‌کوه‌های ارسباران به سمت شمال شرق، سبب راندگی‌های متعددی شده است. تاثیر راندگی‌ها مذکور سبب بهم‌زدگی و نبود رسوبی زیاد شده که در حذف‌شدگی یال‌های برخی از چین‌های مطالعه شده و نقشه‌های زمین‌شناسی موجود به چشم می‌خورد.

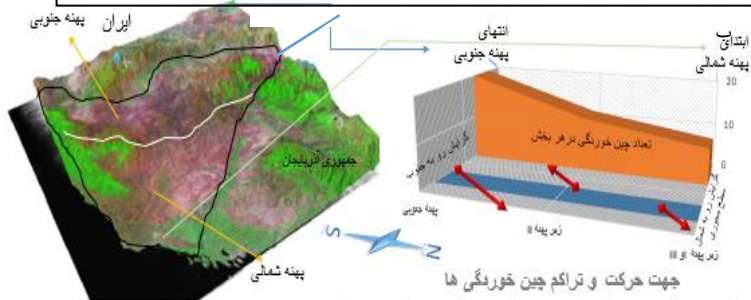
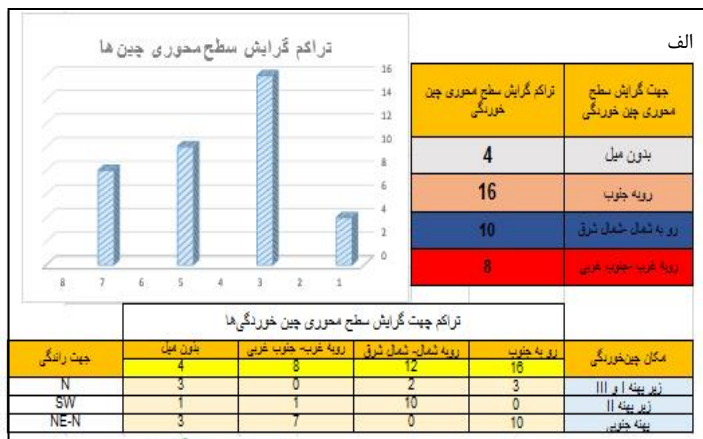
حرکت سفره‌های تکتونیکی منطقه، سه جهت راندگی کلی برای منطقه نشان داد. بطوریکه زیر پهنه II با حرکت رو به جنوب واحدهای آئوسن بر روی الیگو-میوسن و زیرپهنه I، III، پهنه شمالی (حوضه دشت مغان) (متشکل از سنگ‌های آتشفشانی کم شیب بر روی نهشته‌های تیپ فیلیش پالوزن است) و پهنه جنوبی سبب جابه‌جایی واحدهای سنگ آهک - ماسه‌سنگ و نهشته‌های کرتاسه فوقانی شده، از جنوب‌غرب به سمت شمال‌شرق شده‌اند. عملکرد راندگی‌های براساس واحدهای سنگی جابه‌جا شده (ترسیم در نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه) مربوط به دو رویداد زمین‌ساختی یکی در انتهای کرتاسه فوقانی و دیگری به سن الیگو - میوسن است. مجموع مطالعات انجام شده، حاکمیت چندین سیستم شکستگی را در منطقه اعلام می‌کند که در حال حاضر نیز در تقابل با یکدیگر می‌باشند و این احتمالاً بدلیل تفاوت در سن آنها است. یک دسته گسل‌های نسبتاً کم عمق با روند شمال‌شرق - جنوب‌غرب که در شمال منطقه مورد مطالعه است. دسته دوم مربوط به گسل‌های جنوب‌شرق، شرقی، - شمال‌غرب، غربی است. محل اتصال این

دو سیستم در پایانه‌های بخش غربی است، و مانند یک گوه مثلثی همدیگر را قطع می‌کنند. دسته سوم مربوط به شکستگی‌ها پی‌سنگی عمیق امتدادلغز حواشی ورقه‌ها می‌باشد که محدوده را به نوعی در خود محصور کرده است. به علاوه سیستم امتدادلغز شمالی - جنوبی به صورت محلی در منطقه نمود دارد و بیشترین بروز خود را در پایانه گسل‌های بخش جنوبی نشان داده است.

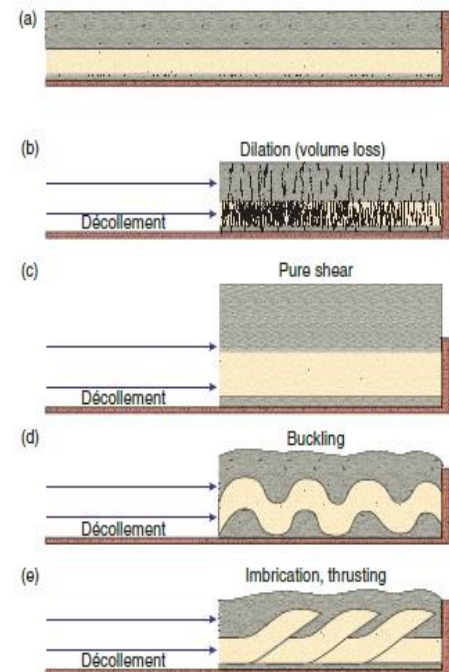
در منطقه مورد مطالعه ارسباران آثار همگرایی ورقه‌های تکتونیکی در قالب تشکیل چین‌ها و گسل‌های رانده همراه با گسل‌های امتدادلغز به صورت بالازدگی های مهمی، بروز یافته و به طور محلی سبب دگرشیبی‌های زاویه‌دار و مایل‌شدگی محور اغلب چین‌خوردگی‌ها شده است. با توجه به تراکم شیب سطح‌محوری نواحی بدست آمده و روند موازی اکثر چین‌ها با امتداد گسل‌های راندگی در منطقه ارتباط معنادار بیش از ۷۴٪ قابل توجیه است. بطوری که هرچه از مرکز رشته کوه‌های ارسباران به سمت شمال‌شرق حرکت کنیم کج‌شدگی محور چین‌ها کاهش یافته و کمتر تحت تاثیر راندگی قرار گرفته‌اند. ولی در قسمت‌های پائین‌تر مخصوصاً پهنه جنوبی و زیر پهنه II شواهد بسیار مطلوبی از عملکرد راندگی‌ها و اثرگذاری بر چین‌ها دیده می‌شود. از جمله این شواهد وجود چین‌های خم‌گسلی، ساختارهای انباشتگی، زون‌های آسیب‌دیده، آمیزه‌های رنگین، ساختارهای کژ- تخت و .... می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تبریز انجام شده است که از مسئولین این دانشگاه سپاسگزاری می‌شود.



شکل ۱۷. الف) اطلاعات آماری منطقه مورد مطالعه. ب) جهت گرایش سطح‌محوری و نحوه پراکندگی چین‌های مطالعه شده در منطقه. علامت پیکان جهت گرایش سطح‌محوری چین‌ها را نشان می‌دهد. مدل رقمی از منطقه مورد مطالعه.



شکل ۱۶. پروسه کوتاه‌شدگی لایه‌ها و ایجاد راندگی در نتیجه یک رژیم واتنشی مت‌دار و شرایط مرزی محصور کننده شکل می‌گیرد. اقتباس از (Fossen, 2010).

## منابع

- احمدی، ف.، حاجی علی بیگی، ح.، قاسمی، م.، مودن، م.، ۱۳۹۱. معرفی گسل مرز رود و بررسی عملکرد جنبشی آن با تاکید بر فعالیت‌های ماگمایی در طول این گسل، جنوب غربی کلیبر. سی یکمین همایش علوم زمین، تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آخری اسکویی، ا.، رحیم زاده، ف.، ۱۳۷۲. نقشه و گزارش پشت نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ اصلاندوز. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اسدیان، ع.، آخری اسکویی، ا.، ۱۳۷۴. نقشه و گزارش پشت نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ زیوه. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اسلامی، آ.، تقابنی، م. و اشعری، ع.، ۱۳۹۱. گزارش زمین لرزه‌های ۲۱ / ۰۵ / ۱۳۹۱ اهر-ورزقان، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- امینی، ع.، ۱۳۸۳. مشخصات رسوب‌شناسی توالی‌های بوما در سازنده زیوه، دشت مغان. هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۱۸۰ - ۲۰۷.
- باباخانی، ع.، رحیم زاده، ف.، ۱۳۷۰. نقشه و گزارش پشت نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰/۰۰۰ لاهرود. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- برزگر، ا.، پور کرمانی، م.، موئید، م.، حاجی علی بیگی، ح.، ۱۳۸۹. بررسی دگرریختی‌های منطقه چین‌خورده الله‌یارلو بر پایه شواهد ساختاری و ریزساختاری. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، بهمن ۱۳۸۹.
- سودی اجیرلو، م.، ۱۳۹۰. زمین‌شناسی افیولیت‌های الله‌یارلو با تکیه بر ژئوشیمیایی واحدهای بازیک، شمال شرق مشکین شهر رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- زمانی، ب.، ۱۳۹۲. مدل تکتونیک آذربایجان، فصلنامه علوم زمین، شماره بهار ۱۳۹۲.
- غضنفری، ن.، زمانی، ب.، مصباحی، ف.، ۱۳۹۵. آیا رشته کوه ارسباران در شمال غرب ایران یک کمر بند رانده - چین خورده است؟. سی و پنجمین گردهمایی ملی علوم زمین.
- مظفرپور حسینی، س.، ریاضی راد، ز.، ۱۳۹۳. لرزه خیزی گستره ورزقان با تاکید بر زمین لرزه مخرب ۱۳۹۳. مجله پژوهش‌های نوین در لرزه شناسی، دوره ۱۰، شماره ۳۵، بهار ۱۳۹۴، صفحه ۵۹-۶۴.
- Berberian, M., & Hamdi, B. 1977. First discovery of Ordovician beds and conodonts in the slightly metamorphosed rocks of Kuh-e-Agh Baba. *Maku Quadrangle map, Azarbaijan: Geological Survey of Iran Internal Report*.
- Feluty, M.J., 1964, Folds and folding: in seyfert, C.K, (ed), *The Encyclopedia of structural Geology and plate Tectonics Van Nostrand Reinhold Co., New York, P.249-270*.
- Fossen, H., 2010, *Structural Geology. Cambridge University Press, 312*.
- Jackson, J., K. Priestly, M. Allen, and M. Berberian. 2002, Active tectonics of the South Caspian Basin, *Geophys. J. Int., 148, 214 - 245*.
- Hessami, K.H., Pantosti, D., Tabassi, H., Shabanian, E., Abbassi, M.R., Fegghi, Kh, Solaymani, Sh., 2003, paleoearthquakes and slip rates of the North Tabriz Fault. NW Iran: preliminary results, *Annals of Geophysics, v.46, N.5*
- Mitra, S., 1990, Fault- Propagation folds: geometry, Kinematic evolution and hydrocarbon traps, the American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 74921-945.
- MCCLAY, K.R., 1992, Glossary of thrust tectonics terms, Department of Geology, royal Holloway and Bedford New college, university of London, Egham, Surrey, England, TW200EX.
- Mosar, J., Kangarli, T., Bochud, M., Glasmacher, U. a, Rast, a, Brunet, M.-F., Sosson, M., 2010. Cenozoic-Recent tectonics and uplift in the Greater Caucasus: a perspective from Azerbaijan. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 340, 261-280*.
- Priestley, K., C., Baker, and J. Jackson 1994, Implications of earthquake focal mechanism data for the active tectonics of the South Caspian Basin and surrounding regions, *Geophys. J. Int., 118, 111-141*.
- Zamani, B., Masson, F., J. 2014., Recent tectonics of East (Iranian) Azerbaijan from stress state reconstructions., *J., Tectonophysics., 611., PP 61-82*.
- Hancock, P., Read in structural geology, chapcher4, contental deformation, university of Bristol U.K.