

# تحلیل هندسه و جنبش‌شناسی تاکدیس ویزنان - جنوب گیلان غرب

علی ملائکه<sup>۱</sup>، محمدرضا قاسمی<sup>۲</sup>، سعید حکیمی<sup>۳</sup> و عباس بحرودی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

<sup>۲</sup>دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

<sup>۳</sup>استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

<sup>۴</sup>دانشیار، گروه معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۷

## چکیده

تاکدیس ویزنان در بخش ساده چین‌خورده از کمربند چین و راندگی زاگرس، در جنوب شهرستان گیلان غرب و در استان کرمانشاه قرار گرفته است. برای تحلیل هندسه و جنبش‌شناسی این تاکدیس ابتدا نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوناگون، نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و عملیات صحرایی در گستره مورد مطالعه تهیه و سپس ۴ برش عرضی (A1-A2, B1-B2, C1-C2, D1-D2) عمود بر راستای محور چین به روش شکن (Kink)، در محیط نرم‌افزار اتوکد رسم شده است. برای تحلیل هندسه و جنبش‌شناسی این چین میزان کوتاه‌شدگی افقی برای دو برش عرضی به دست آمده است. میانگین کوتاه‌شدگی در این برش‌ها ۱۱ درصد است. تحلیل جنبشی تاکدیس ویزنان بر پایه مدل Pablet & McClay (1996) نشان داد که تاکدیس ویزنان یک چین فراکنشی است. نمودار ارائه شده توسط Jamison (1987) نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. برای اطمینان از نتایج به دست آمده از فاکتوری به نام نسبت اندازه (aspect ratio) که توسط Sattarzadeh et al. (2000) ارائه شده است، استفاده شد. محاسبه این فاکتور نیز نشان می‌دهد تاکدیس ویزنان در دسته چین‌های فراکنشی قرار می‌گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** تحلیل ساختاری، تاکدیس ویزنان، گیلان غرب، کمربند چین و راندگی زاگرس، چین‌های فراکنشی.

\*نویسنده مسئول: علی ملائکه

E-mail: m.alimalaekheh@gmail.com

## ۱- پیش‌نوشتار

چین از دگرریختی نرم یا ترد سطح‌های مستوی سنگ‌ها و تبدیل آنها به سطح‌های خمیده پدید می‌آید. این ساختار معمولی‌ترین انواع دگرریختی سنگ‌های پوسته زمین است و در شرایط فیزیکی بسیار گوناگون تشکیل می‌شود. چین‌ها به‌طور معمول به‌صورت یک مجموعه از تاکدیس‌ها و ناودیس‌ها در کنار هم دیده می‌شوند و می‌توان آنها را به عبارتی نوعی موج منجمد در نظر گرفت (قاسمی، ۱۳۸۷).

به‌طور کلی سازوکار ایجاد چین‌ها می‌تواند در ارتباط با گسل باشد و یا اینکه بدون ارتباط با گسل‌ها ایجاد شوند.

بسیاری از زمین‌شناسان مانند (Suppe (1985)، Jamison (1987) و Mitra (1990) در کارهای پژوهشی خود ارتباط زایشی این دو فرایند را در کمربند‌های چین‌خورده - رانده مورد مطالعه قرار داده‌اند.

برای تعیین هندسه چین‌های مرتبط با راندگی، پژوهشگران بسیاری نمودارهایی ارائه کرده‌اند. پژوهشگرانی مانند (Tavarnelli (1996) و (Thorbjornsen & Dunne (1997) بر این باورند که نمودارهای ارائه شده توسط (Jamison (1987) منسجم‌ترین حالت را دارند؛ چرا که چندین مدل مختلف را مورد توجه قرار داده‌اند.

در این پژوهش مدل‌های ارائه شده توسط (Jamison (1987) و (Poblet & McClay (1996) و (Sattarzadeh et al. (2000) استفاده شده است.

گستره مورد مطالعه در کمربند چین و رانده زاگرس، پهنه زاگرس ساده چین‌خورده قرار گرفته است. از دید موقعیت جغرافیایی این تاکدیس در جنوب باختر استان کرمانشاه و در ۷ کیلومتری جنوب، جنوب باختر شهرستان گیلان غرب قرار دارد. این تاکدیس در فاصله طول‌های جغرافیایی "۱۲° ۳۰' ۴۵" و "۱۰° ۳۵' ۴۶" و عرض‌های جغرافیایی "۴۹° ۵۴' ۳۳" و "۱۸° ۲۰' ۳۴" قرار گرفته است (شکل ۱).

از نتایجی که تحلیل ساختاری تاکدیس ویزنان در بر خواهد داشت می‌توان به مواردی همچون اثر سازندهای کم‌قوم مانند سازند گچساران بر هندسه و جنبش‌شناسی چین‌ها (و گسل‌ها) در توالی ساختاری زاگرس ساده چین‌خورده و

کمک به بازسازی هندسه نیمرخ‌های ساختاری زاگرس در تراز سازند گچساران و سازندهای پایینی آن اشاره کرد؛ همچنین، این نتایج در اکتشاف بهتر ذخایر نفت و گاز نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۲- روش مطالعه

### ۲-۱. گردآوری داده‌ها و اطلاعات

داده‌های این مطالعه از نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی، تصویرهای ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، پایان‌نامه‌ها، گزارش‌ها و مقاله‌ها گردآوری شده است.

برای این کار داده‌هایی همچون نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قصر شیرین (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸)، نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ سرپل‌ذهاب (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۵۸)، کرد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴)، ایلام (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴) و نقشه ۱:۵۰۰۰۰ سومار (شرکت ملی نفت ایران)، تصاویر ماهواره‌ای World View، Spot، Landsat، گزارشات موجود از ناحیه مورد بررسی که توسط شرکت ملی نفت ایران تهیه شده است مانند گزارش حفاری چاه ویزنان و گزارش GR 1670 (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸ و ۱۳۵۰) و نیز پایان‌نامه‌ها و مطالعاتی که روی منطقه زاگرس کار شده، گردآوری و استفاده شده است.

### ۲-۲. مطالعه کتابخانه‌ای

این مرحله شامل مطالعه دقیق منابع در زمینه زاگرس ساده چین‌خورده، زمین‌ساخت و زمین‌شناسی ساختمانی زاگرس، بررسی مقاله‌ها در زمینه هندسه و جنبش‌شناسی چین‌ها، یادداشت‌برداری از همه این مطالب، تعیین مسیرهای پیمایش و برنامه‌ریزی برداشت‌های صحرایی است.

برای این کار نیز از مطالعات پیشین پژوهشگران استفاده شده و مواردی نیز در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر

## ۵- برش‌های ساختاری

### ۵-۱. برش ساختاری A1-A2

این برش در دماغه شمال باختر بخش جنوب خاور تاقدیس و ویژنان قرار گرفته است. (شکل ۲). طول این برش ۱۵/۵۵ کیلومتر و دارای امتداد شمال خاور- جنوب باختری و آزیموت ۰۳۷ درجه است. محور این برش روند ۱۳۱ درجه دارد. در این برش طول موج تاقدیس ۱۵/۱ کیلومتر و زاویه میان‌یالی به دست آمده ۱۵۳ درجه است. مختصات نقاط ابتدایی و پایانی برش A1-A2 بر حسب سامانه تصویر جهانی مرکاتور (UTM) و بیضوی WGS-84 به ترتیب ۳۷۷۴۷۷۳ - ۵۶۷۹۳۷ : A1 و ۳۷۸۴۲۶۲ - ۵۸۰۰۹۸ : A2 است.

همان‌گونه که در شکل ۳ (برش عرضی A1-A2) نیز مشخص است، در این برش، روی سطح، کهن‌ترین واحد امیران است که در یال شمالی واحدهای تله‌زنگ، پابده، آسماری و همچنین رسوبات کواترنری دیده می‌شوند. در این یال شیب لایه‌بندی به جز در محل ریزچین موجود در سازند پابده به‌طور معمول به سوی شمال خاور شیب دارد. در یال جنوبی نیز افزون بر واحدهای بیان شده روی سازند گچساران، سازند میشان و نیز میان‌واحدهای آسماری و پابده بخش تخریبی کلهر نیز دیده می‌شود که در یال شمالی به دلیل نازک شدن این بخش قابل نقشه‌برداری نبوده و در برش نیز اعمال نشده است. در این یال نیز شیب لایه‌بندی به دلیل وجود ریزچین‌های بسیار در یک سو نبوده است ولی به‌طور معمول به سوی جنوب باختر هستند.

در مسیر این برش ۳ چین میانه‌مقیاس نیز می‌توان دید که یال شمالی تنها یک ریزچین و یال جنوبی دو ریزچین را در خود جای داده است. در شکل‌های ۴ و ۵ ساختارهای موجود در مسیر برش A1-A2 دیده می‌شوند. شکل ۶ نیز استریوگرام تهیه شده برای برش عرضی A1-A2 را نمایش می‌دهد.

### ۵-۲. برش ساختاری B1-B2

این برش در جنوب خاور برش A1-A2 قرار گرفته است. (شکل ۲). طول این برش ۱۵/۷۲ کیلومتر و دارای امتداد شمال خاور- جنوب باختری و آزیموت ۰۳۶ درجه است. محور این برش روند ۱۲۸ درجه دارد. طول موج تاقدیس ۱۵/۶۶ کیلومتر و زاویه میان‌یالی به دست آمده ۱۱۵ درجه است. شکل ۷ استریوگرام رسم شده برای برش عرضی B1-B2 را نمایش می‌دهد.

مختصات نقاط ابتدایی و پایانی این برش بر حسب سامانه تصویر جهانی مرکاتور (UTM) و بیضوی WGS-84 به ترتیب ۳۷۶۸۶۵۷ - ۵۷۱۳۶۸ : B1 و ۳۷۷۸۰۳۸ - ۵۸۴۰۹۳ : B2 است (شکل ۶).

در این برش طول اولیه برابر با ۱۷۶۹۰ متر و طول پایانی برابر با ۱۵۶۶۴ متر است که با توجه به آن و با استفاده از معادله کوتاه‌شدگی ( $e = \frac{(l_f - l_i)}{l_i}$ ) میزان کوتاه‌شدگی برای این برش حدود ۱۲ درصد به دست آمده است.

این برش در هسته تاقدیس سازند گورپی قرار گرفته است (شکل ۸). در یال شمالی این برش سازند گورپی، بخش آهکی امام حسن، سازندهای امیران، تله‌زنگ، پابده، آسماری، گچساران و نهشته‌های کواترنری دیده می‌شود. در یال جنوبی نیز سازندهای گورپی، بخش آهکی امام حسن و نیز سازندهای امیران، تله‌زنگ، پابده، بخش ژیبسی کلهر، سازندهای آسماری، گچساران و نهشته‌های کواترنری رخنمون دارند. همانند برش A1-A2، بخش کلهر در یال شمالی به دلیل کم شدن ستبرای این بخش، رخنمون کافی برای نقشه‌برداری ندارد.

شکل‌های ۹ و ۱۰ نمایی از ساختارهای موجود در این برش را نشان می‌دهد که شامل دو چین میانه‌مقیاس و یک چین تک‌شیب و گسل خوردگی در واحد پابده است. با توجه به گسترش سازند پابده در گستره تاقدیس و ویژنان و توانایی تغییر ستبرای آن، از این واحد سنگی برای اندازه‌گیری مقدار ستبرشدگی یا نازک‌شدگی در پیش‌یال چین در سطح استفاده شده است. با توجه به گسترش سازند پابده در گستره تاقدیس و ویژنان و توانایی تغییر ستبرای آن، همچنین مشخص بودن مرز دقیق بالا

ماهوره‌ای گستره مورد مطالعه به‌ویژه تصویر ماهواره‌ای World View که کیفیت بالایی برای استفاده دارد مسیر پیمایش صحرایی مشخص و در عملیات صحرایی استفاده شده است.

## ۲-۳. عملیات صحرایی

عملیات و برداشت صحرایی در بخش جنوب خاور تاقدیس و ویژنان انجام شد. برداشت‌ها شامل برداشت‌های دقیق لایه‌بندی، چین‌های میانه و کوچک‌مقیاس، گسل‌ها، عکسبرداری و مستندسازی اطلاعات و تعیین سازوکارهای چین‌خوردگی مانند کمانش، لغزش خمشی و مانند آن است.

برای این کار نیز عملیات صحرایی ۱۲ روزه‌ای نیز انجام شده است که طی آن داده‌های صحرایی شامل شیب و امتداد لایه‌ها و گسل‌ها توسط کمپاس برداشت و موقعیت هر یک از این برداشت‌ها توسط GPS دستی ثبت و به وسیله دوربین عکاسی همه داده‌ها مستندسازی شده است.

## ۲-۴. تحلیل داده‌های نقشه‌ای و برداشت‌های میدانی، کشیدن نیمرخ‌های

### ساختاری و تفسیر آنها

برای این کار ابتدا نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و تکمیل آن توسط برداشت‌های صحرایی در نرم‌افزار Arc GIS آماده شد و سپس با توجه به برداشت‌های صحرایی و نیز داده‌های چاه حفاری شده روی این تاقدیس بر پایه گزارش حفاری چاه ویژنان، (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸) ۴ نیمرخ ساختاری توسط نرم‌افزار اتوکلد رسم و سپس تراژمند شد. برای هر برش ساختاری یک استریوگرام توسط نرم‌افزار استریوگرافیک جی‌آر (Estereografia - GR - CRISTALINI 2000) بر پایه داده‌های شیب لایه‌بندی رسم شده است که در ادامه به‌طور کامل بحث و بررسی می‌شود.

## ۳-۳. چینه‌شناسی گستره مورد مطالعه

در این بخش به‌طور مختصر به سازندهای موجود در تاقدیس و ویژنان پرداخته می‌شود. اطلاعات مربوط به سازندهایی که در سطح رخنمون دارند از برش چینه‌شناسی سطحی و اطلاعات مربوط به سازندهایی که در زیر سطح قرار گرفته‌اند از اطلاعات مربوط به چاه و ویژنان گرفته شده است که این اطلاعات شامل جزئیات سنگ چینه‌ای و ستبرای سازندهاست.

سازندهایی که در سطح زمین رخنمون ندارند ولی در زیر سطح زمین درون چاه و ویژنان ستون چینه‌شناسی آنها رسم شده از قدیم به جدید شامل سازندهای نیریز، موس، علن، سرگلو، گوتیا، گرو و ایلام هستند. از سازندهایی که در سطح زمین رخنمون دارند می‌توان از قدیم به جدید سازندهای گورپی، امام حسن، امیران، تله‌زنگ، پابده، آسماری، گچساران و میشان را نام برد.

## ۴-۴. بحث

به منظور تحلیل ساختاری تاقدیس و ویژنان، چهار پیمایش ساختاری انجام شد (شکل ۲). حاصل این ۴ پیمایش نیز ۴ برش ساختاری است (A1-A2, B1-B2, C1-C2 و D1-D2).

به دلیل دسترسی نداشتن به همه نقاط تاقدیس، تنها داده‌های دو برش به‌صورت کامل برداشت شد (برش‌های B و C). میزان کوتاه‌شدگی تاقدیس و ویژنان بر پایه این دو برش به دست آمد. دو برش دیگر به دلیل کمبود داده به‌صورت نمادین رسم شده‌اند (برش‌های A و D). برش‌های ساختاری رسم شده برای تحلیل تاقدیس و ویژنان بر پایه مدل Poblet & McClay (1996) استفاده شد. برش ساختاری B1-B2 برای تحلیل به روش Jamison (1987) مورد استفاده قرار گرفته است. در پایان برای اطمینان از نتایج حاصل از روش Sattarzadeh et al. (2000) استفاده شد.

## ۶- تحلیل هندسه تاقدیس ویزنان بر پایه مدل Jamison (1987)

برای تشخیص هندسه تاقدیس ویزنان از نمودارهای ارائه شده توسط Jamison (1987) استفاده شده است. به همین منظور متغیرهای هندسی لازم از برش‌های عرضی رسم و همچنین برداشت‌های صحرائی استخراج شده‌اند. این متغیرها شامل شیب پس‌یال (ab)، زاویه میان یالی (γ) و میزان نازک‌شدگی یا ستبرشدگی در یک سازند در پیش‌یال و پس‌یال است.

با توجه به گسترش سازند پایده در گستره تاقدیس ویزنان و توانایی تغییر ستبرای آن، همچنین مشخص بودن مرز دقیق بالا و پایین این واحد در دو یال تاقدیس در برش B1-B2، از این واحد سنگی برای اندازه‌گیری مقدار ستبرشدگی یا نازک‌شدگی در پیش‌یال چین در سطح استفاده شده است.

ستبرای واحد پایده در یال شمالی (پیش‌یال) حدود ۴۰۶ متر و در یال جنوبی (پس‌یال) حدود ۳۱۰ متر اندازه‌گیری شده است که نشانگر این مطلب است که پیش‌یال حدود ۹۶ متر ستبرشدگی دارد که این میزان ۳۱ درصد ستبرشدگی در پیش‌یال را نمایش می‌دهد.

در جدول ۱ متغیرهای هندسی تاقدیس ویزنان در برش‌های رسم شده روی این تاقدیس برای تحلیل هندسی به روش Jamison (1987) آمده است.

در شکل ۱۷ برش B1-B2 تاقدیس ویزنان روی نمودار ارائه شده توسط Jamison (1987) برای چین‌های خم گسلی، چین‌های فراکنشی و چین‌های پیشروی گسلی بررسی شده است.

همان‌گونه که در بالا نیز اشاره شد، پیش‌یال تاقدیس ویزنان ۳۱ درصد ستبر شده است که با توجه به این میزان ستبرشدگی و بررسی هندسه تاقدیس ویزنان به روش Jamison (1987) مشخص شد که تاقدیس ویزنان یک چین فراکنشی به شمار می‌آید. برای اطمینان از نتیجه به دست آمده، در ادامه تاقدیس ویزنان با روش‌های دیگری نیز بررسی شده است.

## ۷- تحلیل هندسه تاقدیس ویزنان بر پایه مدل Poblet & McClay (1996)

Poblet & McClay (1996) برای تحلیل هندسی چین‌های فراکنشی نمودارهایی را ارائه دادند و بیان کردند که اگر میزان شیب یال‌های چین و نسبت سینوسی آنها اندازه‌گیری و بر پایه طول پیش‌یال و پس‌یال به حالت اولیه بازگردانده شود، می‌تواند در محاسبه میزان کوتاه‌شدگی لایه پرفروم بالای لایه فراکنشی شکل‌پذیر که چین در آن گسترش یافته است، مورد استفاده قرار گیرد.

با استفاده از نمودارهای ارائه شده توسط Poblet & McClay (1996) می‌توان میزان کوتاه‌شدگی برش‌های ساختاری رسم شده برای تاقدیس مورد مطالعه را با داشتن مقادیری همچون شیب پیش‌یال، شیب پس‌یال و میزان RI به دست آورد. این کوتاه‌شدگی را می‌توان با یک رابطه ساده تبدیل به کوتاه‌شدگی حقیقی کرد. چنانچه این میزان با مقادیر کوتاه‌شدگی به دست آمده از اندازه‌گیری‌های برش ساختاری از تاقدیس همخوانی داشته باشد، بیانگر آن است که هندسه و تحول جنبشی چین مورد نظر سازگار با مدل است.

شکل ۱۸ می‌تواند راهنمای مناسبی برای چگونگی محاسبه متغیرهای هندسی مورد استفاده برای توصیف جنبشی یک چین فراکنشی باشد.

در جدول ۲ متغیرهای هندسی تاقدیس ویزنان در برش B1-B2 برای تحلیل هندسی به روش Poblet & McClay (1996) آمده است. با توجه به این متغیرها میزان کوتاه‌شدگی در نمودار شکل ۱۹ به دست آمده است.

در جدول ۳ متغیرهای هندسی تاقدیس ویزنان در برش C1-C2 برای تحلیل هندسی به روش Poblet & McClay (1996) آمده است. با توجه به این متغیرها میزان کوتاه‌شدگی در نمودار شکل ۲۰ به دست آمده است.

همان‌گونه که در شکل ۱۹ دیده می‌شود این نمودار با نمودار برش B1-B2

و پایین این واحد در دو یال تاقدیس در برش B1-B2 از این واحد سنگی برای اندازه‌گیری مقدار ستبرشدگی یا نازک‌شدگی در پیش‌یال چین در سطح استفاده شده است. درصد ستبرشدگی در پیش‌یال ۳۱ درصد به دست آمده و ستبرای واحد پایده در یال شمالی (پیش‌یال) حدود ۴۰۶ متر و در یال جنوبی (پس‌یال) حدود ۳۱۰ متر اندازه‌گیری شده که نشانگر این مطلب است که پیش‌یال حدود ۹۶ متر ستبرشدگی دارد که این میزان ۳۱ درصد ستبرشدگی در پیش‌یال را نمایش می‌دهد.

## ۵-۳. برش ساختاری C1-C2

این برش در جنوب خاور برش B1-B2 قرار گرفته است. طول این برش ۱۲/۰۹ کیلومتر و دارای امتداد شمال خاور- جنوب باختری و آزیموت ۰۴۰ درجه است. محور این برش روند ۱۰۶ درجه دارد. در این برش طول موج تاقدیس ۱۲/۰۶ و زاویه میان‌یالی به دست آمده ۱۰۶ درجه است.

مختصات نقاط ابتدایی و پایانی این برش بر حسب سامانه تصویر جهانی مرکاتور (UTM) و بیضوی WGS-84 به ترتیب ۳۷۶۵۳۴۰ - ۵۷۷۷۹۲ C1 و ۳۷۷۳۱۸۴ - ۵۸۷۰۱۴ C2 است.

در این برش طول اولیه برابر با ۱۳۴۳۸ متر و طول پایانی برابر با ۱۲۰۸۸ متر است که با توجه به آن و با استفاده از معادله کوتاه‌شدگی، میزان کوتاه‌شدگی برای این برش نیز حدود ۱۰ درصد به دست آمده است.

همان‌گونه که در شکل ۱۱ دیده می‌شود، این برش در هسته تاقدیس سازند گورپی قرار گرفته که کهن‌ترین واحد رخنمون یافته در محل برش است. در یال شمالی این برش، سازند گورپی، بخش آهکی امام حسن، سازندهای امیران، تله‌زنگ، پایده، آسماری، گچساران و نهشته‌های کواترنر دیده می‌شود. شیب لایه‌بندی در این یال به‌طور معمول به سوی شمال خاور است. در یال جنوبی نیز، سازنده گورپی، بخش آهکی امام حسن، و نیز سازندهای امیران، تله‌زنگ، پایده، بخش ژیبسی کلهر، سازند آسماری و نهشته‌های کواترنری رخنمون دارند. همانند برش‌های پیشین، بخش کلهر در یال شمالی به دلیل کم شدن ستبرایش، رخنمون کافی برای نقشه‌برداری ندارد. شیب لایه‌بندی در این یال به‌طور چیره به سوی جنوب باختر است. در برخی نقاط به‌صورت محلی (در محل ریزچین‌های موجود در این یال) شیب لایه‌بندی تغییر کرده و به سوی شمال خاور نیز شیب پیدا می‌کند. شکل ۱۲ نمای از یک چین میانه‌مقیاس موجود در این برش را نشان می‌دهد.

## ۵-۴. برش D1-D2

شکل ۱۴ استریوگرام تهیه شده برای برش عرضی D1-D2 را نمایش می‌دهد. این برش در دماغه جنوب خاوری تاقدیس ویزنان قرار گرفته است. طول این برش ۶/۳۳ کیلومتر و دارای امتداد شمال خاور- جنوب باختری و آزیموت ۰۳۶ درجه است. محور این برش روند ۱۴۴ درجه دارد. در این برش طول موج تاقدیس ۶/۲ کیلومتر و زاویه میان‌یالی به دست آمده ۱۳۵ درجه است.

مختصات نقاط ابتدایی و پایانی این برش بر حسب سامانه تصویر جهانی مرکاتور (UTM) و بیضوی WGS-84 به ترتیب ۳۷۶۵۲۳۶ - ۵۹۴۱۵۴ D1 و ۳۷۶۸۴۶۸ - ۵۸۹۰۱۸ D2 است.

این برش همان‌گونه که در شکل ۱۵ دیده می‌شود در هسته تاقدیس سازند امیران که کهن‌ترین واحد رخنمون یافته در محل برش است قرار دارد. در یال شمالی این برش سازندهای امیران، تله‌زنگ، پایده، آسماری، گچساران دیده می‌شوند. شیب لایه‌بندی در این یال به سوی شمال خاور است. در یال جنوبی نیز سازندهای امیران، تله‌زنگ و پایده رخنمون دارند. شیب لایه‌بندی در این یال به‌طور چیره به سوی جنوب باختر است.

در این برش به دلیل اینکه در دماغه تاقدیس قرار گرفته است، واحد گچساران و بخش ژیبسی کلهر به دلیل فرسایش رخنمون ندارند. شکل ۱۶ نمای از چین کوچک مقیاس موجود در این برش را در یال جنوبی تاقدیس نشان می‌دهد.

این چین‌ها در رابطه با سطوح فراکنش تحت عنوان چین‌های خرگوشی قابل توجیه هستند. این ساختارها هنگام حرکت گسل‌های ایجاد شده در امتداد سطوح جدایش تشکیل می‌شوند. در شکل ۲۱ مدل ارائه شده توسط (Dahlstrom 1990) و چگونگی ایجاد چین‌های خرگوشی در رابطه با چین‌های فراکنشی آمده است. نتایج به دست آمده در این بخش نیز بیانگر آن است که هندسه تاقدیس و ویژنان با هندسه چین‌های فراکنشی ارائه شده به وسیله (Dahlstrom 1990) یکسان است.

#### ۱۰- نتیجه‌گیری

میزان نرخ کوتاه‌شدگی حاصل از رسم و ترازمندی دو برش B1-B2 و C1-C2 به ترتیب ۱۲ و ۱۰ درصد به دست آمد که به‌طور میانگین ۱۱ درصد است. این نرخ در زاگرس از ۱۶ تا ۳۰ درصد متغیر است (Alavi, 2007). علت این اختلاف درصد کوتاه‌شدگی بدین دلیل است که کوتاه‌شدگی در این گستره به‌صورت محلی است. بررسی‌های صورت گرفته توسط علوی و دیگر پژوهشگران روی کل گستره زاگرس است. در این پژوهش‌ها ژرفای در نظر گرفته شده با ژرفای این پژوهش یکسان نیست.

با توجه به نمودارهای ارائه شده توسط (Jamison 1987) تاقدیس و ویژنان از دید هندسی یک چین فراکنشی به شمار می‌آید.

بر پایه نمودارهای ارائه شده توسط (Pablet & McClay 1996) نیز هندسه تاقدیس و ویژنان همانند چین‌های فراکنشی است.

بر پایه تقسیم‌بندی (Sattarzadeh et al. 2000) تاقدیس و ویژنان بر پایه میزان Aspect Ratio در گروه چین‌های کمانشی و در پایان در رده چین‌های فراکنشی قرار می‌گیرد.

ریزچین‌ها و چین‌های میانه‌مقیاس موجود در گستره مورد مطالعه از نوع چین‌های گوش خرگوشی هستند. بر این اساس، هندسه تاقدیس و ویژنان با هندسه چین‌های فراکنشی ارائه شده به وسیله (Dahlstrom 1990) یکسان است.

تجزیه و تحلیل برش‌ها و شواهد صحرایی، وجود دست کم سه افق فراکنشی درگیر در دگرریختی را برای تاقدیس و ویژنان مشخص می‌کنند. که مهم‌ترین این سطح جدایش سازندگرو است که چین‌های میانه‌مقیاس گستره مورد مطالعه از این سطح منشأ گرفته‌اند. سازند پابده دیگر سطح جدایش گستره مورد بررسی است. چین‌های ریزمقیاس از این واحد منشأ گرفته‌اند. سطح فراکنش دیگری که در گستره مورد بررسی مطرح است سازند گچساران است که به عنوان سطح فراکنش بالایی است. این سطح فراکنش سبب ایجاد چین‌های فرانهاد و لغزشی در گستره مورد بررسی شده‌اند.

هیچ‌گونه تفاوتی ندارد. با این تفاسیر میزان کوتاه‌شدگی در این برش تقریباً متناسب با میزان کوتاه‌شدگی به دست آمده از اندازه‌گیری‌های برش ساختاری تاقدیس است که نشان از این دارد که هندسه تاقدیس و ویژنان در این برش نیز همانند هندسه چینه‌ای فراکنشی ارائه شده به وسیله دالستروم است. پس می‌توان گفت هندسه چین فراکنشی و فرگشت جنبشی آن بر پایه مدل (Poblet & McClay 1996) برای تاقدیس و ویژنان معتبر است.

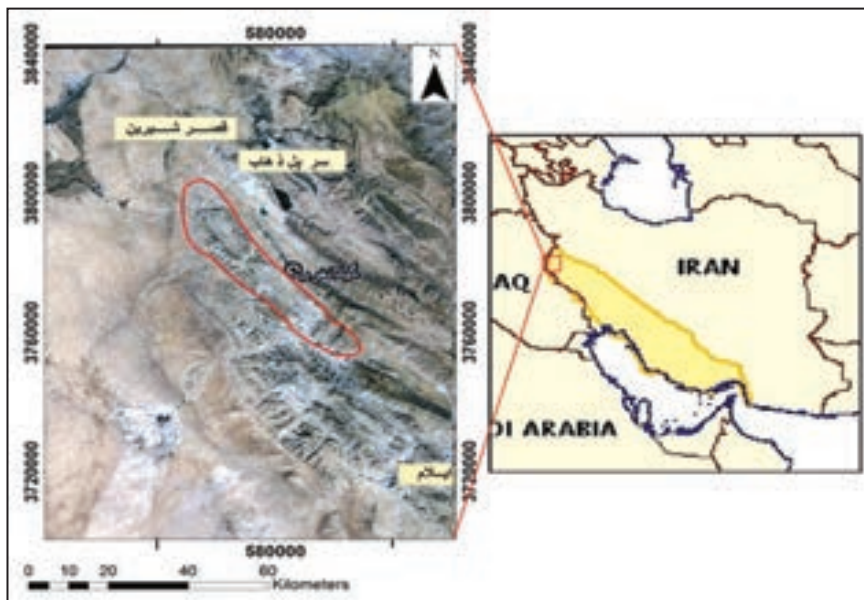
#### ۸- تفسیر هندسه تاقدیس و ویژنان با استفاده از روش Aspect Ratio ارائه شده توسط (Sattarzadeh et al. 2000)

برای استفاده از نمودارهای ارائه شده توسط (Jamison 1987) نیاز به شناخت جامع متغیرهایی است که این متغیرها برای این برش‌ها به‌طور دقیق قابل محاسبه نیستند و در پایان نیز نتایج حاصل با احتمال همراه است؛ به همین دلیل از روش‌های دیگری نیز برای اطمینان از نتایج به دست آمده استفاده می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش Aspect ratio اشاره کرد. این روش توسط (Sattarzadeh et al. 2000) ارائه شده است که بر پایه نسبت طول محور چین به نصف طول موج آن تقسیم‌بندی می‌شود. این پژوهشگران با استفاده از این روش چین‌های زاگرس را در دو گروه چین‌های کمانشی (Buckle Fold) و چین‌های واداشته (Forced Folds) تقسیم‌بندی کرده‌اند. در چین‌های کمانشی میزان نسبت اندازه Aspect ratio برای چین‌ها در همه مقیاس‌ها کمتر از ۱۰ است. این نوع چین‌ها در رده چین‌های فراکنشی قرار دارند. در چین‌های واداشته میزان نسبت اندازه Aspect ratio برای چین‌ها در همه مقیاس‌ها بیشتر از ۱۰ است.

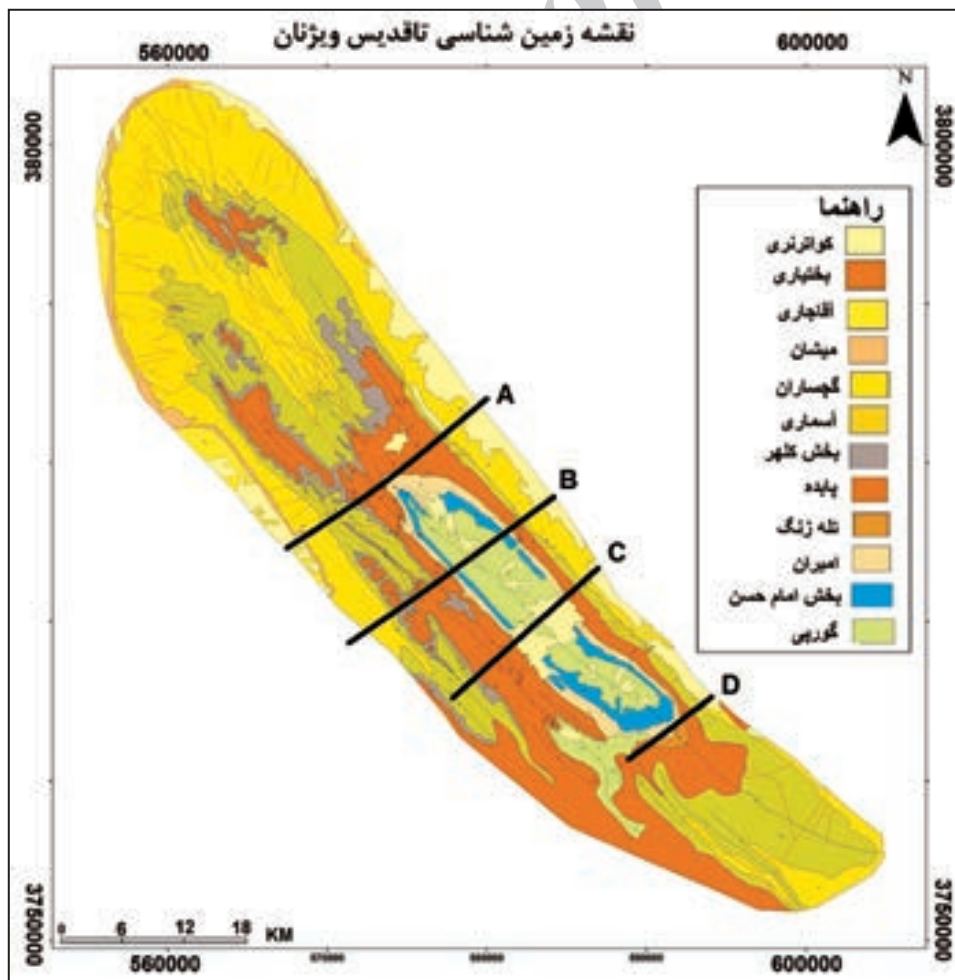
برای مقایسه تاقدیس و ویژنان با روش ارائه شده توسط (Sattarzadeh et al. 2000) طول محور این چین روی نقشه زمین‌شناسی و نصف طول موج این چین از برش‌های رسم شده روی آن اندازه‌گیری شده است. بر این اساس، طول محور تاقدیس و ویژنان ۶۰ کیلومتر و نصف طول موج آن ۷/۱ کیلومتر برآورد شده است. بنابراین مقدار Aspect Ratio این تاقدیس ۸/۴۵ است. با توجه به این مقدار، مشخص می‌شود که بر پایه تقسیم‌بندی (Sattarzadeh et al. 2000) تاقدیس و ویژنان در گروه چین‌های کمانشی و در پایان در رده چین‌های فراکنشی قرار می‌گیرد.

#### ۹- ریزچین‌های گستره مورد بررسی

در گستره مورد بررسی در یال شمالی و جنوبی تاقدیس و ویژنان ریزچین‌هایی را می‌توان دید. این ریزچین‌ها را می‌توان در برش‌های عرضی رسم شده در یال جنوبی تاقدیس و ویژنان و نیز ریزچین ایجاد شده در یال شمالی تاقدیس روی برش A1-A2 و نیز شکل ۵، شکل‌های ۱۰ و ۱۲ دید.

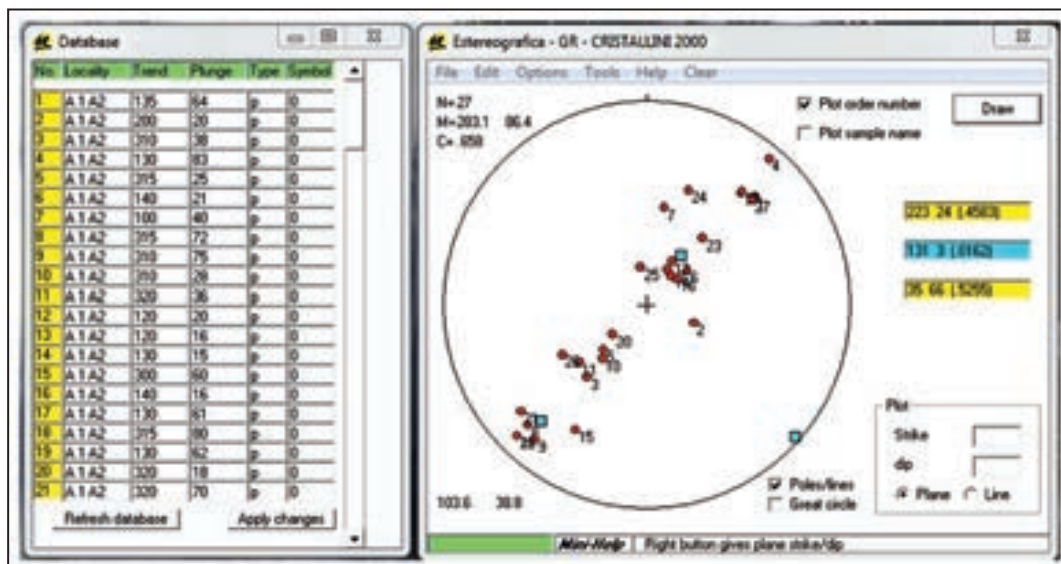


شکل ۱- موقعیت تاقدیس و یزان در گستره زاگرس، نسبت به شهر گیلان غرب و شهرهای پیرامون.

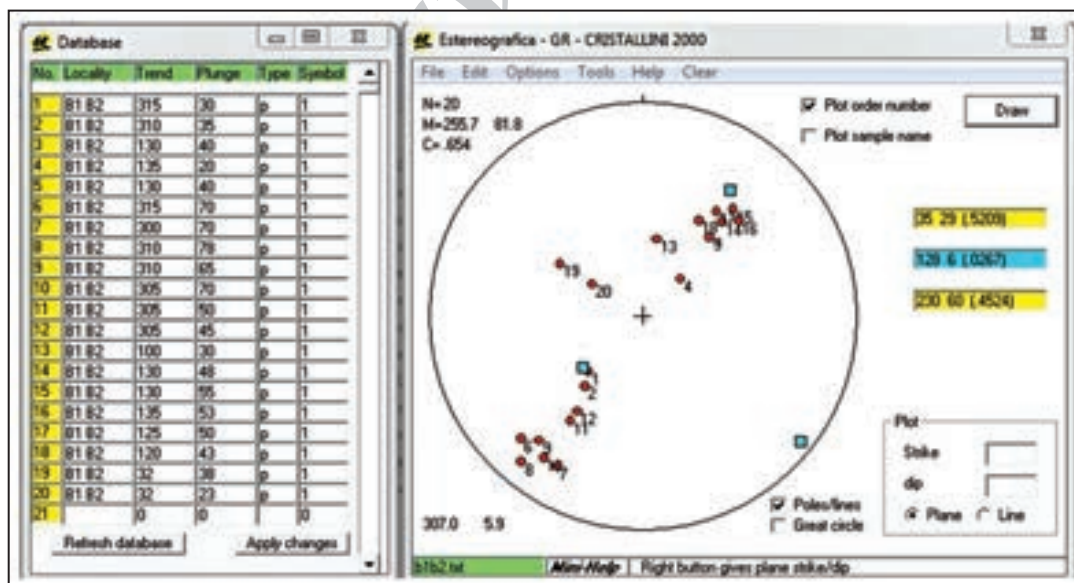


شکل ۲- موقعیت برش‌های ساختاری رسم شده روی نقشه زمین شناسی تاقدیس و یزان.





شکل ۶- استریوگرام تهیه شده برای برش عرضی A1 - A2 در محیط نرم افزار استریوگرافیک جی آر؛ نرم افزار سه محور چین را محاسبه می کند و محور اصلی چین را با رنگ آبی نمایش می دهد.



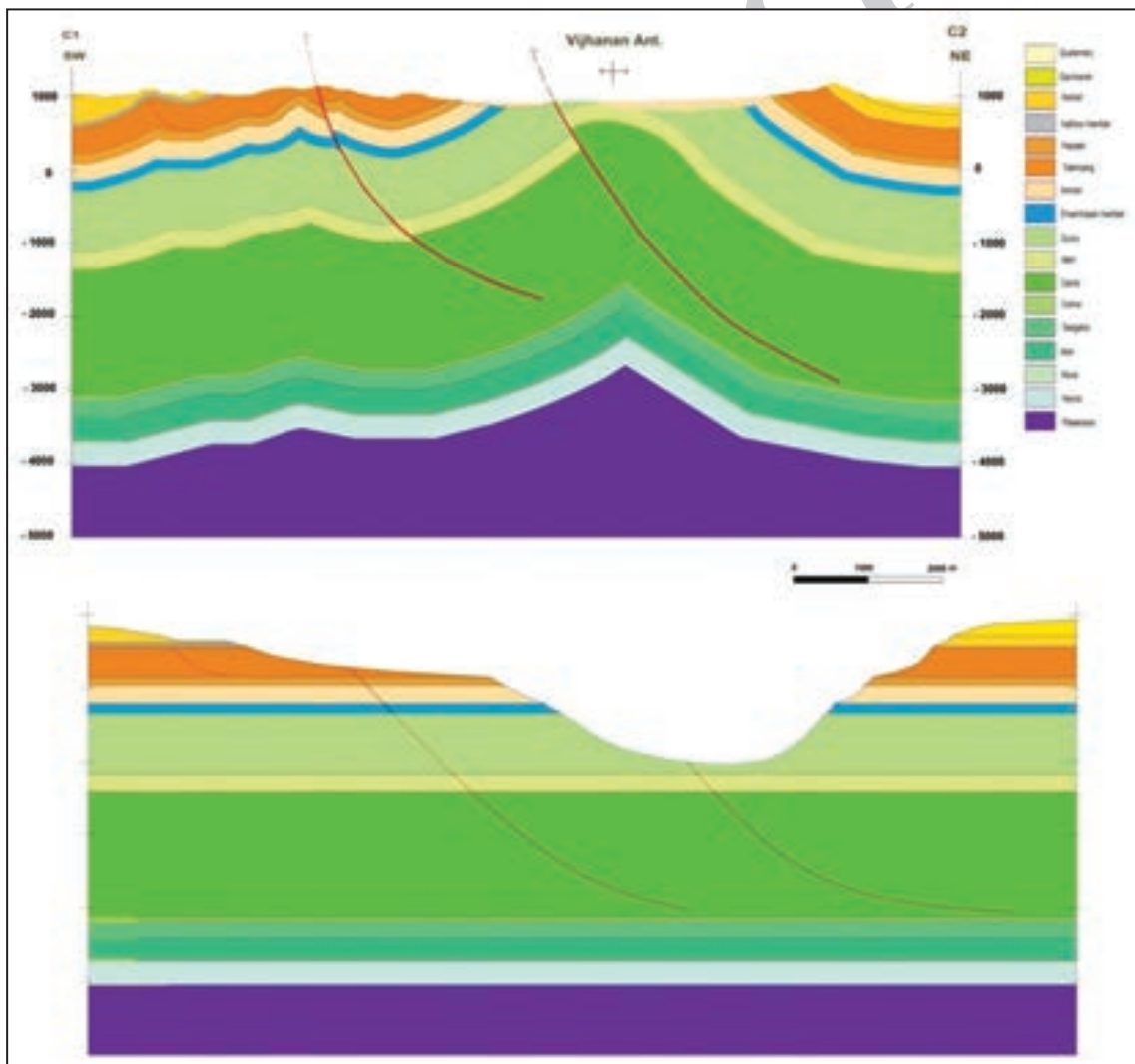
شکل ۷- استریوگرام تهیه شده برای برش B1-B2 توسط نرم افزار جی آر.







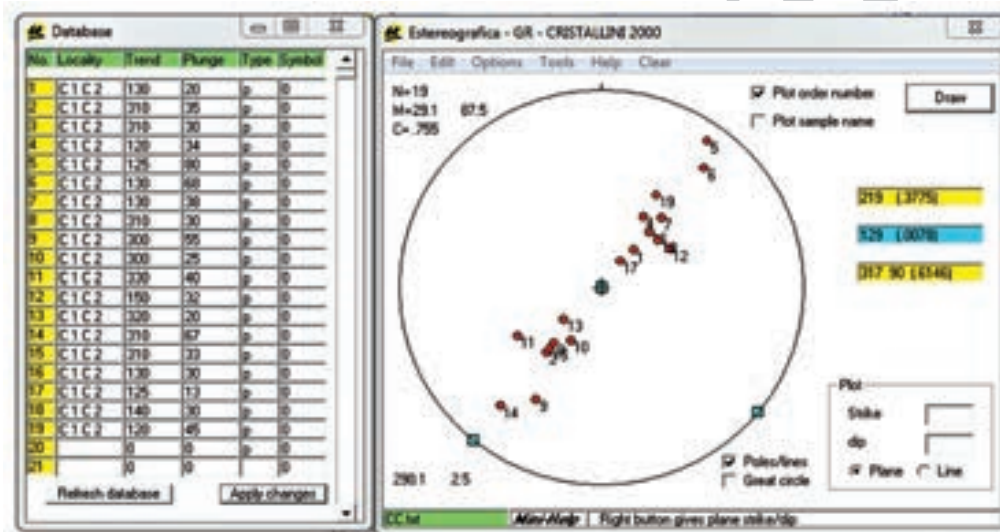
شکل ۱۰- نمایی از چین میانه مقیاس ایجاد شده در سازند پابده. یال جنوبی تاقدیس ویزنان در برش B1- B2 (دید به سوی جنوب خاور).



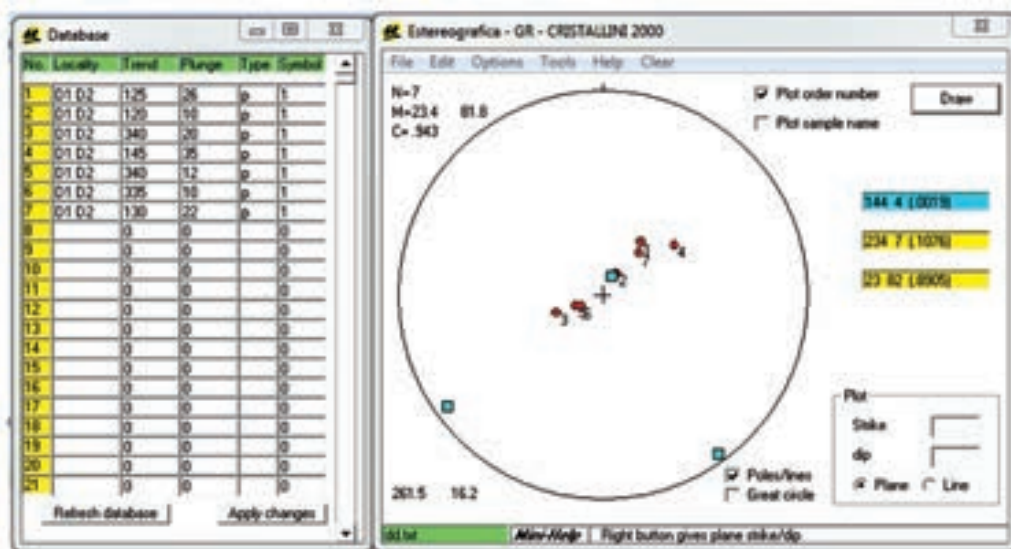
شکل ۱۱- برش عرضی ساختاری C1-C2 (بالا) به همراه برش ساختاری بازسازی شده به حالت پیش از دگرریختی.



شکل ۱۲- نمایی از چین میانه مقیاس ایجاد شده در یال جنوبی تاقدیس ویزنان روی برش C1-C2.

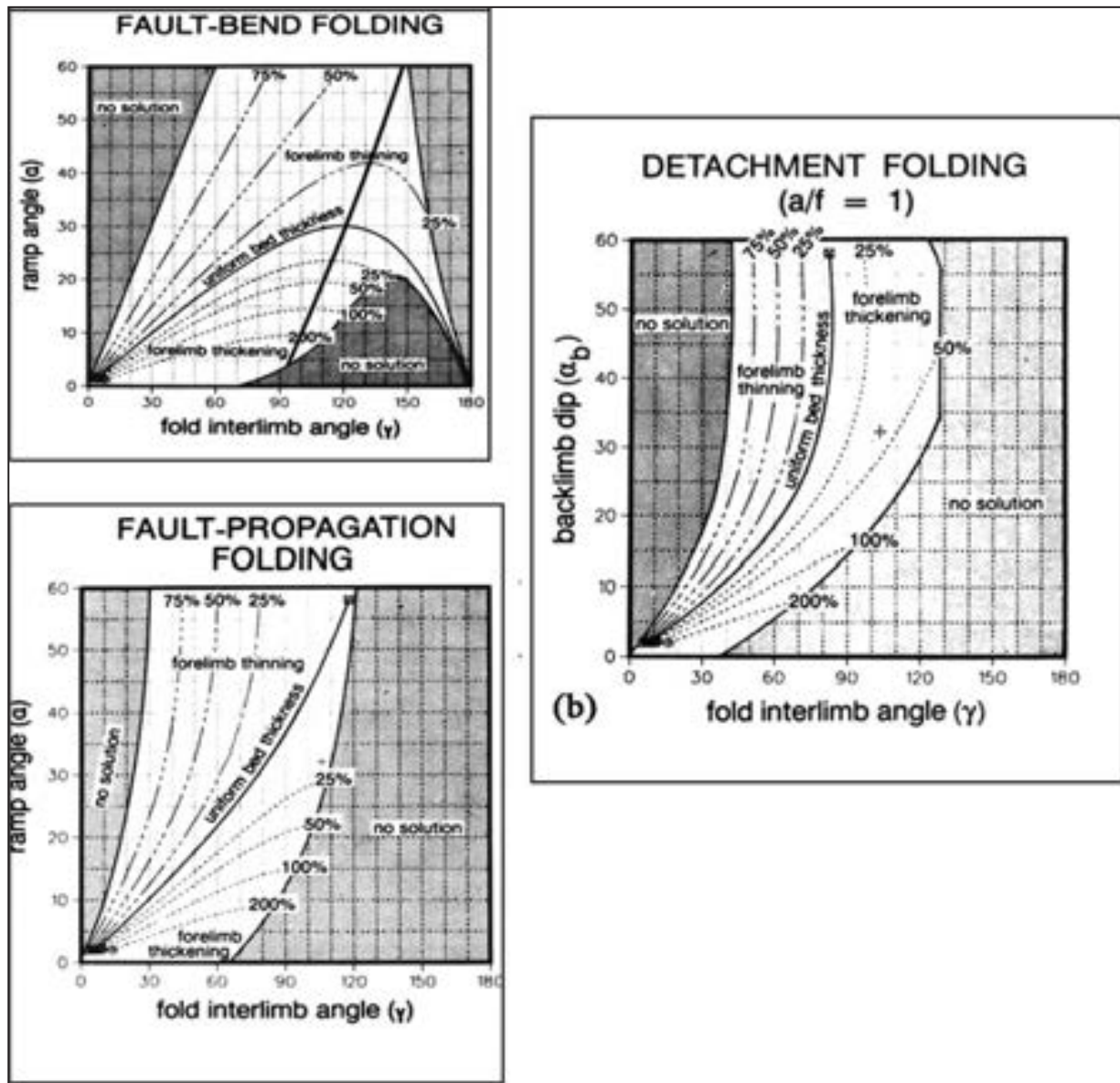


شکل ۱۳- استریوگرام تهیه شده برای برش C1-C2 توسط نرم‌افزار جی آر.

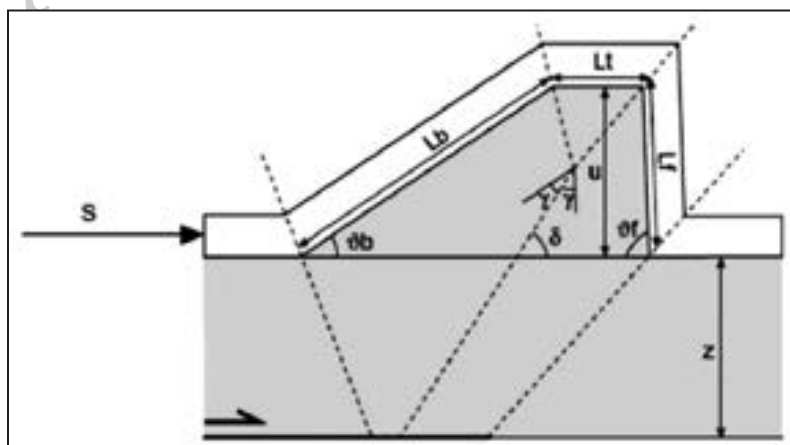


شکل ۱۴- استریوگرام تهیه شده برای برش D1-D2 توسط نرم‌افزار جی آر.

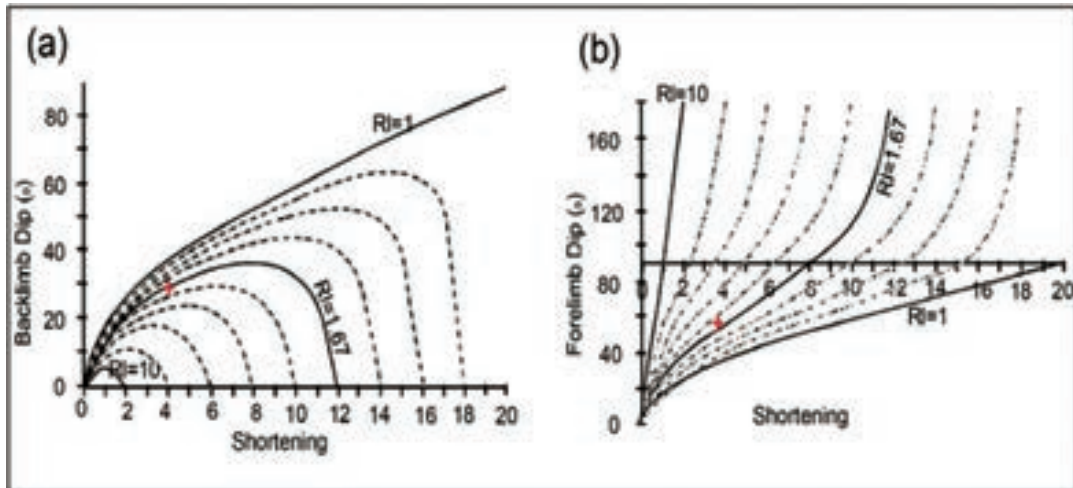




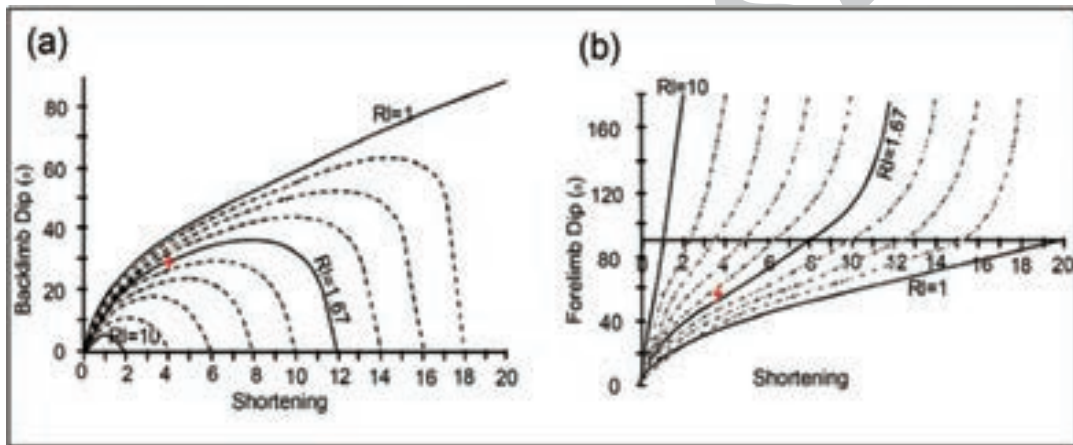
شکل ۱۷- موقعیت برش ساختاری B1-B2 تاق‌دیس ویزنان روی نمودار ارائه شده توسط Jamison (1987) برای چین‌های فراکنشی، خم گسلی و پیشروی گسلی.



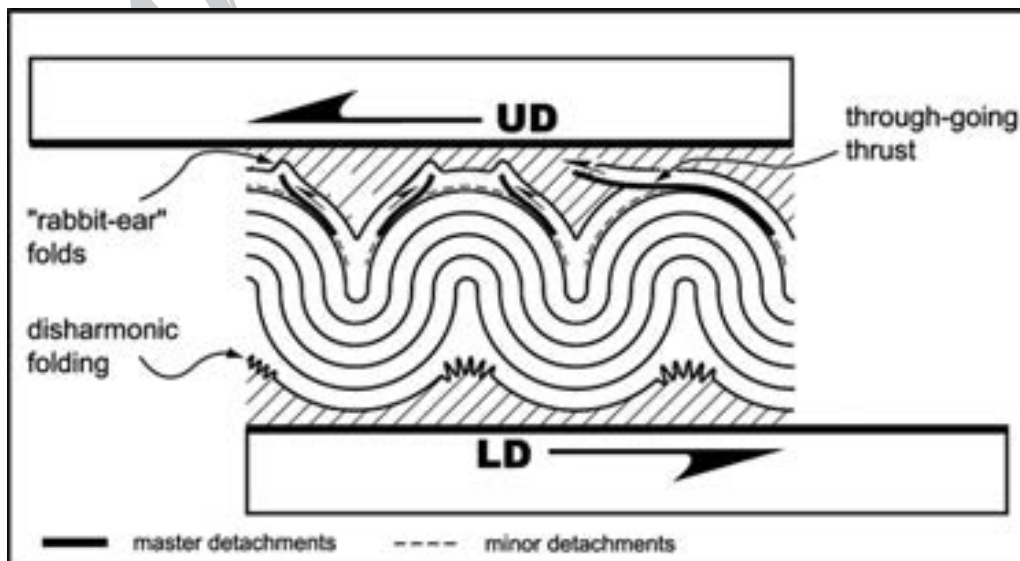
شکل ۱۸- متغیرهای هندسی مورد استفاده برای توصیف جنبشی یک چین فراکنشی (برگرفته از Poblet & McClay (1996)).



شکل ۱۹- نمودار ارائه شده توسط Poblet & McClay (1996) برای تعیین متغیرهای هندسی چین‌های فراکنشی برای برش B1-B2.



شکل ۲۰- نمودار ارائه شده توسط Poblet & McClay (1996) برای تعیین متغیرهای هندسی چین‌های فراکنشی برای برش C1-C2.



شکل ۲۱- مدل ارائه شده توسط Dahlstrom (1990) و چگونگی ایجاد چین‌های خرگوشی در رابطه با سطوح فراکنش و چین‌های فراکنشی

www.SID.ir (برگرفته از (Sherkati et al. (2005).

جدول ۱- متغیرهای هندسی تاقدیس ویزنان در برش‌های رسم شده روی این تاقدیس برای تحلیل هندسی به روش (Jamison 1987).

نام برش	زاویه میان یالی (درجه)	شیب کز گسل یا پس یال (درجه)	درصد سبزشدگی پیش یال
A1 - A2	۱۵۳	۲۸	-
B1 - B2	۱۰۵	۳۲	۳۱
C1 - C2	۱۲۹	۲۶	-
D1 - D2	۱۳۵	۳۴	-

جدول ۲- متغیرهای هندسی تاقدیس ویزنان در برش B1-B2 برای تحلیل هندسی به روش (Poblet & McClay 1996).

شیب پیش یال	شیب پس یال	$RI = \frac{\sin(Vf)}{\sin(Vb)}$
۶۰	۳۲	۱/۷

جدول ۳- متغیرهای هندسی تاقدیس ویزنان در برش C1-C2 برای تحلیل هندسی به روش (Poblet & McClay 1996).

شیب پیش یال	شیب پس یال	$RI = \frac{\sin(Vf)}{\sin(Vb)}$
۴۵	۲۶	۱/۶۵

## کتابنگاری

- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کرند.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ایلام.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۵۸- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سرپل ذهاب، مدیریت اکتشاف.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸- گزارش حفاری چاه ویزنان، اداره زمین‌شناسی تحت‌الارضی.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۵۰- گزارش شماره ۱۶۷۰ GR.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ قصر شیرین، مدیریت اکتشاف.
- قاسمی، م. ر.، ۱۳۸۷- پایه‌های زمین‌شناسی ساختمانی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۲۰ ص.

## References

- Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros Fold-Thrust Belt in Iran, American Journal of Science, Vol. 307, November, pp. 1064-1095.
- Dahlstrom, C. D. A., 1990- "Geometric constraints derived from the law of conservation of volume and applied to evolutionary models for detachment folding". AAPG, Bulletin, V. 74, No. 3, 336-344.
- Jamison, W. R., 1987- Geometric analysis of fold development in overthrust terranes, Journal of Structural Geology, V. 9, 207-219. Kazmin et al, 1986;
- Mitra, S., 1990- Fault-propagation folds: Geometry, kinematic evolution, and hydrocarbon traps, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 74, 921-945.
- Poblet, J. A. & McClay, K. R., 1996- Geometry and kinematics of single layer detachment folds, AAPG Bulletin, 80, 1085-1109.
- Sattarzadeh, Y., Cosgrove, J. W. & Vita-Finzi, C., 2000- "The interplay of faulting and folding during the evolution of the Zagros deformation belt". In: Cosgrove, J. W., Ameen, M. S. (Eds.), Forced Folds and Fractures Special Publication no. 169. Geological Society, London, 187-196.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D. & Letouzey, J., 2005- Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold belt (Iran), Journal of structural Geology, 27, 1680- 1696.
- Suppe, J., 1985- Principles of structural geology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 537p.
- Tavernelli, E., 1996- Tethyan heritage in the development of the Neogene Umbria-March fold-and-thrust belt, Italy: a 3D approach: Terra Nova, v,8, p.470-478.
- Thorbjornsen, K. L. & Dunne, W. M., 1997- Origin of a thrust-related fold : Geometric vs. kinematics tests. Journal of Structural Geology, 19,303-319.

## Geometrical and Kinematic Analysis of the Vijen Anticline – South of Gilan-e-Gharb

A. Malaekheh <sup>1\*</sup>, M. R. Ghasemi <sup>2</sup>, S. Hakimi <sup>3</sup> & A. Bahroudi <sup>4</sup>

<sup>1</sup> M. Sc. Student, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Islamic Azad University of Lahijan, Lahijan, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Mining, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2015 February 03

Accepted: 2015 June 17

### Abstract

The Vijeňnan anticline is located to the south of the Gilan-e-Gharb, in the simply folded belt of the Zagros. For analyzing the geometry and kinematics of the anticline, we first produced a geological map using a variety of satellite imagery, published geological maps and field studies. Four structural cross sections (A1-A2, B1-B2, C1-C2, D1-D2) perpendicular to the fold axes are produced in AutoCAD software. To analyze the geometry and kinematics of this fold, the horizontal shortening has been calculated for two cross sections. The average shortening of these cross sections is 11 percent. Kinematics analysis of the Vijeňnan anticline based on the Publet & McClay model (1996) indicated that the geometry of the anticline is of detachment fold type. This result is also confirmed by the scheme which was introduced by Jameson (1987). To ensure the accuracy of the results, aspect ratio of the fold have been used which is presented by Sattarzadeh et al. (2000). The calculation of this factor indicates that the Vijeňnan anticline classified as detachment fold.

**Keywords:** Structural analysis, Vijeňnan anticline, Gilane Gharb, Fold and thrust belt Zagros, Detachment folds.

For Persian Version see pages 347 to 360

\*Corresponding author: A. Malaekheh; E-mail: E-mail: m.alimalaekheh@gmail.com

Archive of SQU