



## تحلیل هندسی چین خوردگی در منطقه‌ی کلوت (شمال شرق اردکان)

رامین ارفع‌نیا<sup>۱\*</sup> و علی همدانی<sup>۲</sup>

۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

۲) گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان

\* عهده‌دار مکاتبات

### چکیده

حوضه‌ی بین‌کوهستانی کلوت (شمال شرق اردکان) در طی کوهزایی اواخر کرتاسه تشکیل گردیده و در پلیوسن به شدت چین خورده است. زاویه‌ی میل چین‌های حوضه‌ی کلوت در اغلب موارد کمتر از ۳۰ درجه می‌باشد. از نظر زاویه‌ی میانبالی ناودیس‌های باز و تاقدیس‌های بسته با هسته‌ی نمک ویژگی مهم چین خوردگی‌های کلوت می‌باشند. در مناطق مرکزی حوضه اغلب توده‌های نمک، به صورت گنبد‌های سوراخ‌کننده در امتداد محور چین‌ها نفوذ کرده‌اند. در مناطق کناری حوضه، زاویه‌ی میان‌بالی تاقدیس‌ها بازتر می‌باشد و در حاشیه‌ی شرقی و غربی حوضه، چین‌های دیابیری ناپدید شده و لایه‌های کم‌ضخامت نمک در هسته‌ی تاقدیس‌های کم‌ارتفاع دیده می‌شوند. از نظر شیب سطح محوری در اغلب موارد، چین‌های حوضه‌ی کلوت از نوع ایستاده هستند. اولین فاز چین خوردگی در حوضه‌ی ترشیر کلوت در اواسط الیگوسن و شدیدترین فاز چین خوردگی در پلیوسن روی داده و اکثر حرکات رو به بالای دیابیرهای نمکی نیز در این زمان صورت گرفته است. به طوری که تاقدیس‌های دیابیری در این زمان تکامل یافته و موجب شیب‌دار شدن لایه‌های فوقانی به اندازه‌ی ۶۰-۸۵ درجه گردیده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** اردکان، چین‌های دیابیری، حوضه‌ی کلوت، کوهزایی، هندسه‌ی چین

## Geometrical analysis of folding in Kalut area (NE of Ardakan)

R. Arfania<sup>1</sup> & A. Hamedani<sup>2</sup>

1) Department of Geology, Faculty of Basic Science, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, I. R. Iran

2) Department of Geology, Isfahan University, Isfahan, I. R. Iran

### Abstract

The Kalut basin (NE of Ardakan) was formed as an intermountain depression just after Upper Cretaceous orogeny event and was severely folded in the Pliocene. The plunge of the fold axes are less than 30 degree frequently. From the viewpoint of interlimb angle, the important features of the folded Kalut basin are the open syn-

clines and the closed diapiric anticlines with salty core. In the central parts of the basin the salt bodies have intruded along the b-axis anticlines as piercement domes. In the western and eastern zones of the basin, the inter-limb angle of anticlines is "open" and in the eastern - and westernmost of the basin, the continuity of diapiric folds has ended and the thin salt beds have been deposited in the core of low amplitude folds. The axial surfaces of the folds mostly dip more than 70 degrees. The first traceable orogenic event in Tertiary beds of the basin occurred in the Middle Oligocene. The most severe folding in the kalut basin and also the greater part of the diapir upheavals were made in the Pliocene. The development of diapiric anticlines in this time has caused the upper-layer dips to about 60-85 degrees.

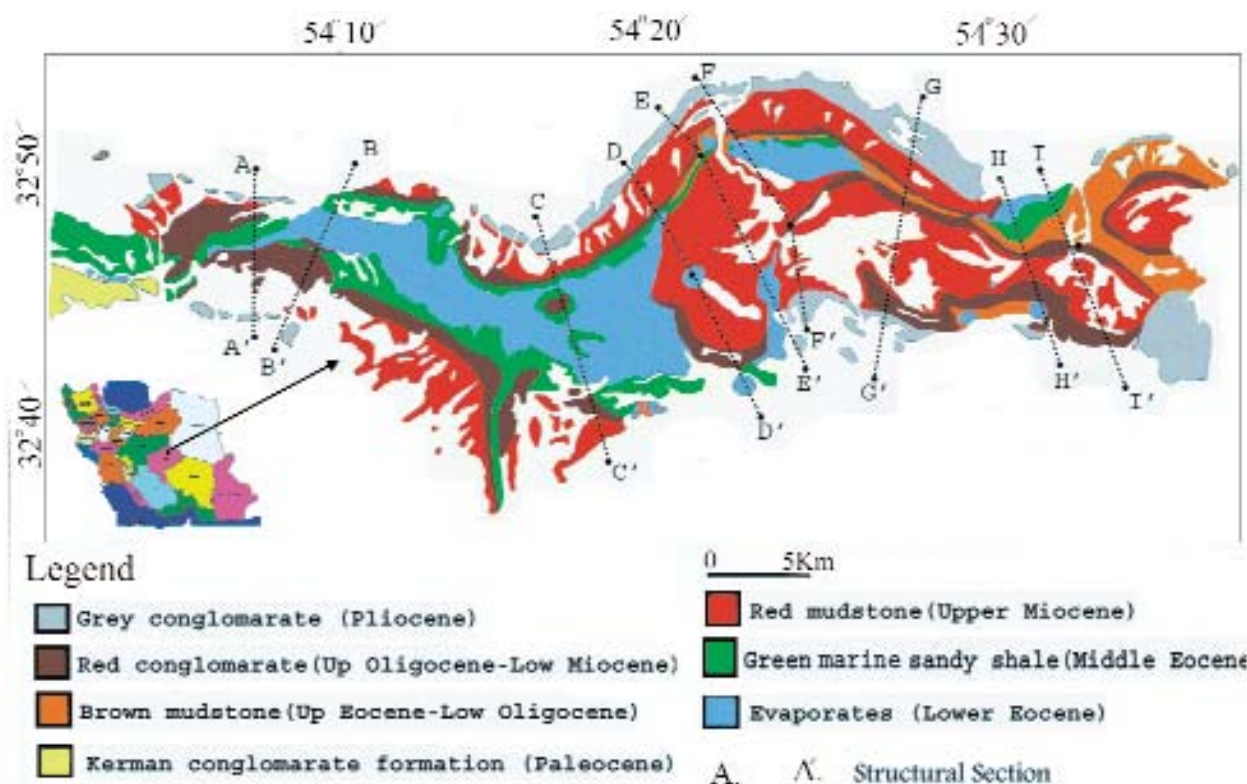
**Key words:** Ardakan, diapiric fold, fold geometry, Kalut basin, orogeny.

مداوم تشکیل گردیده است (Berberian & King 1981).

## ۱- مقدمه

رسوب گذاری در این حوضه با نهشته شدن رسوبات کنگلومرای متعلق به پالئوسن آغاز شده که قسمت‌های فوقانی نهشته‌های کنگلومرای به سمت مرکز حوضه به صورت بین‌انگشتی به رسوبات تبخیری نمکی تبدیل شده است. بنابراین رسوبات نمکی در مرکز حوضه‌ی کلوت واجد حداکثر ضخامت می‌باشند. لایه‌های نمک در یک محیط کولابی با ارتباط محدود با دریای کم عمق و در حال پیشروی تشکیل گردیده‌اند. در اواخر ائوسن زیرین پیشروی دریا موجب تشکیل رسوبات ژیبسی بر روی نهشته‌های نمکی گردیده است. با پیشروی بیشتر دریا، در ابتدای ائوسن میانی (لوتسین) تشکیل رسوبات تبخیری خاتمه یافته و تشکیل رسوبات کم عمق دریایی (ماسه‌سنگ، شیل و مارن‌های فسیل‌دار همراه با خاکسترهای آتشفشانی سبز رنگ) آغاز می‌گردد و به این ترتیب سازند سبز ائوسن میانی بر روی نهشته‌های

حوضه‌ی سنوزوئیک کلوت که در شمال شرق اردکان در ایران مرکزی واقع گردیده است، دارای مختصات طول جغرافیایی  $54^{\circ} 00' 00''$  شرقی تا  $54^{\circ} 20' 38''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $32^{\circ} 29' 42''$  شمالی تا  $32^{\circ} 00' 50''$  شمالی می‌باشد (تصویر ۱). ارتفاع قسمت‌های مختلف این حوضه از ۸۰۴ متر تا ۱۳۳۳ متر از سطح دریا متغیر است. حوضه‌ی کلوت واجد ضخامت زیادی از رسوبات تبخیری و تخریبی قاره‌ای می‌باشد. ضخامت رسوبات تبخیری نمک و ژیبس به طور متوسط به ۲۱۰ متر و ضخامت رسوبات تخریبی قاره‌ای که بر روی رسوبات تبخیری قرار می‌گیرند به ۳۳۰۰ متر می‌رسد (Huber 1955). این حوضه در ابتدای پالئوسن و پس از عملکرد فاز کوهزایی لارامید به صورت یک حوضه‌ی محصور در بین ارتفاعات با فرونشست



تصویر ۱- نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌ی ترشیر کلوت (ارفع نیا ۱۳۸۴)

جهت سهولت کار انجام گرفته است که به ترتیب از غرب به شرق عبارت اند از: منطقه ی چین خورده ی کلوت غربی ۱ (W.F.K: Western Folded Kalut)، بالآمدگی کلوت مرکزی (C.U.K: Central Uplifted Kalut)، فروزمین ناودیسی کلوت مرکزی ۳ (Syncline of Central Kalut-G.S.C.K: Graben)، تاقدیس دیاپیری کلوت شمالی ۴ (D.A.N.K: Diapiric Anticline of Northern Kalut) و منطقه ی چین خورده ی کلوت شرقی ۵ (E.F.K: Eastern Folded Kalut) (تصویر ۲). این منطقه بندی براساس تشابه ساختاری انجام گرفته و مرز میان مناطق ذکر شده تدریجی است. همچنین برای تفسیر و بررسی چین خوردگی های منطقه از یک سیستم نام گذاری مرکب، بر اساس زاویه ی میل محور، زاویه ی شیب سطح محوری، زاویه ی میان یالی، وضعیت تقارن و جهت جوان شدگی در لایه های چین خورده استفاده گردید. جدول ۱ کلیات

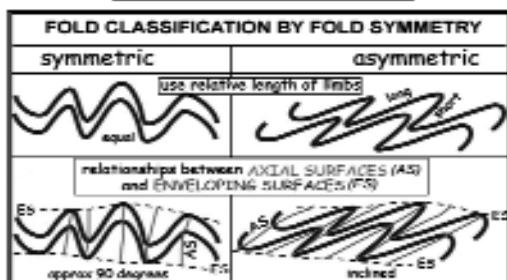


تصویر ۲- منطقه بندی حوضه ی کلوت براساس شباهت های ساختاری (اصلاح شده از ارفع نیا ۱۳۷۷)

جدول ۱- تقسیم بندی توصیفی چین ها براساس زاویه ی میل، زاویه ی میان یالی، سطح محوری و وضعیت تقارن (Van Der Pluijm & Marshak 2004)

FOLD CLASSIFICATION BY PLUNGE OF HINGE LINE		FOLD CLASSIFICATION BY INTERLIMB ANGLE	
Plunge of Hinge Line	Type	Interlimb Angle	Type
0° - 10°	Horizontal	0°	Isoclinal
10° - 30°	Shallow	0° - 40°	Tight
30° - 60°	Intermediate	40° - 90°	Close
60° - 80°	Steep	90° - 135°	Open
80° - 90°	Vertical	135° - 180°	Gentle

FOLD CLASSIFICATION BY DIP OF AXIAL SURFACE	
Dip of Axial Surface	Type
0° - 10°	Recumbent
10° - 70°	Inclined
70° - 90°	Upright



تبخیری ائوسن زیرین قرار می گیرد. در ائوسن بالایی بر اثر عملکرد یک رخداد خشکی زایی و در پی آن عقب نشینی دریا، ابتدا رسوبات ضخیم ژیبسی و سپس لایه های قهوه ای رنگ مادستون، سیلستون به همراه میان لایه های ژیبسی تا الیگوسن زیرین تشکیل می گردند. در اواسط الیگوسن با رخداد یک دوره ی کوهزایی یک فاز فرسایشی در حوضه حاکم و کنگلومرای قرمز الیگوسن بالایی- میوسن زیرین در آبرفت رودخانه ها تشکیل می گردد. قاعده ی این رسوبات کنگلومرای قرمز رنگ نسبت به رسوبات دانه ریز قدیمی تر، یک دگرشیبی ۱۰ تا ۲۷ درجه نشان می دهد. با ادامه یافتن فاز فرسایشی، پس از فرسوده شدن ارتفاعات ناشی از فاز کوهزایی اواسط الیگوسن، شرایط تخریبی پایان پذیرفته و رسوبات دانه ریز به همراه کانی های تبخیری، که از لایه های فرسوده شده ی قدیمی تر تأمین می شده است، در یک محیط دریاچه ای بسیار کم عمق درون قاره ای (پلایا) نهشته و سازند مادستونی قرمز میوسن را تشکیل داده اند. با توجه به تدریجی بودن گسترش این پلایا، قسمت بالایی سازند کنگلومرای الیگومیوسن به صورت بین انگشتی به سازند مادستونی قرمز میوسن، تبدیل می گردد. در ابتدای پلیوسن بر اثر رخداد یک فاز کوهزایی شدید، سازند کنگلومرای خاکستری رنگ به صورت دگرشیب روی سازند مادستونی قرمز را می پوشاند. این رسوبات به صورت مخروط افکنه و با ضخامت زیادی در حاشیه ی حوضه تشکیل شده اند و با نهشته شدن آن ها رسوب گذاری ترشیری در این حوضه پایان می پذیرد.

## ۲- چین خوردگی در حوضه ی کلوت

دو عامل مهم در ایجاد خمیدگی های ساختاری در لایه های سنوزوئیک منطقه ی کلوت دخالت داشته اند که عبارتند از فشارهای جانبی متأثر از تکتونیک ناحیه ای و تغییر شکل های ناشی از حرکت رو به بالای نمک. دیاپیرسم در منطقه ی کلوت اغلب خمیدگی هایی را در لایه های پوششی سازند نمکی (سازندهای جدیدتر از ائوسن زیرین) ایجاد کرده است. به عبارت دیگر عامل نهانی خمیدگی های موجود در تمامی سازندها به غیر از سازند کنگلومرای پالئوسن (کرمان) حرکت روبه بالای دیاپیرهای نمکی تشخیص داده شده است. البته روند کلی این خمیدگی ها، از برجستگی های اولیه که بر اثر عملکرد نیروهای تکتونیک ناحیه ای ایجاد شده اند، تبعیت می نمایند. به علت گستردگی منطقه ی مورد مطالعه تقسیم بندی هایی

An3: هسته ی این تاقدیس را توده ی دیپیری نمک تشکیل داده است (تصویر ۳، مقاطع AA', BB'). در قسمت غربی، محور این چین واجد موقعیت NV۰-EV۴ و زاویه ی میل ۹-۱۲ درجه است (تصویر ۶). زاویه ی میان یالی در این قسمت ۴۱-۴۵ درجه و سطح محوری آن نیز به تقریب قائم است. در قسمت شرقی، محور این چین واجد موقعیت ۱۶-۱۸ و S۳۰-E۳۴ می باشد (تصویر ۶). زاویه ی میان یالی در این قسمت ۵۰-۶۰ درجه و سطح محوری آن نیز به تقریب قائم است.

An4: بزرگترین چین در منطقه ی کلوت غربی می باشد (تصویر ۸). هسته ی این تاقدیس از توده ی دیپیری نمک ائوسن زیرین تشکیل شده است (تصویر ۳، مقاطع AA', BB'). در منتهی علیه غربی، موقعیت محور این چین ۲-۳ و N۴۵-E۴۹ می باشد. همچنین زاویه ی میان یالی ۷۵-۸۰ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۸۳-۸۷ درجه به سمت جنوب شرق است (تصویر ۶).

An5: در هسته ی این تاقدیس نفوذ توده ی نمکی در لایه های فوقانی به وضوح قابل مشاهده است و سرتاسر حاشیه ی هسته ی این تاقدیس، گسلی می باشد (تصویر ۸). روند محور این تاقدیس براساس رخنمون دیپایر نمکی در هسته ی آن شمال شرق- جنوب غرب می باشد.

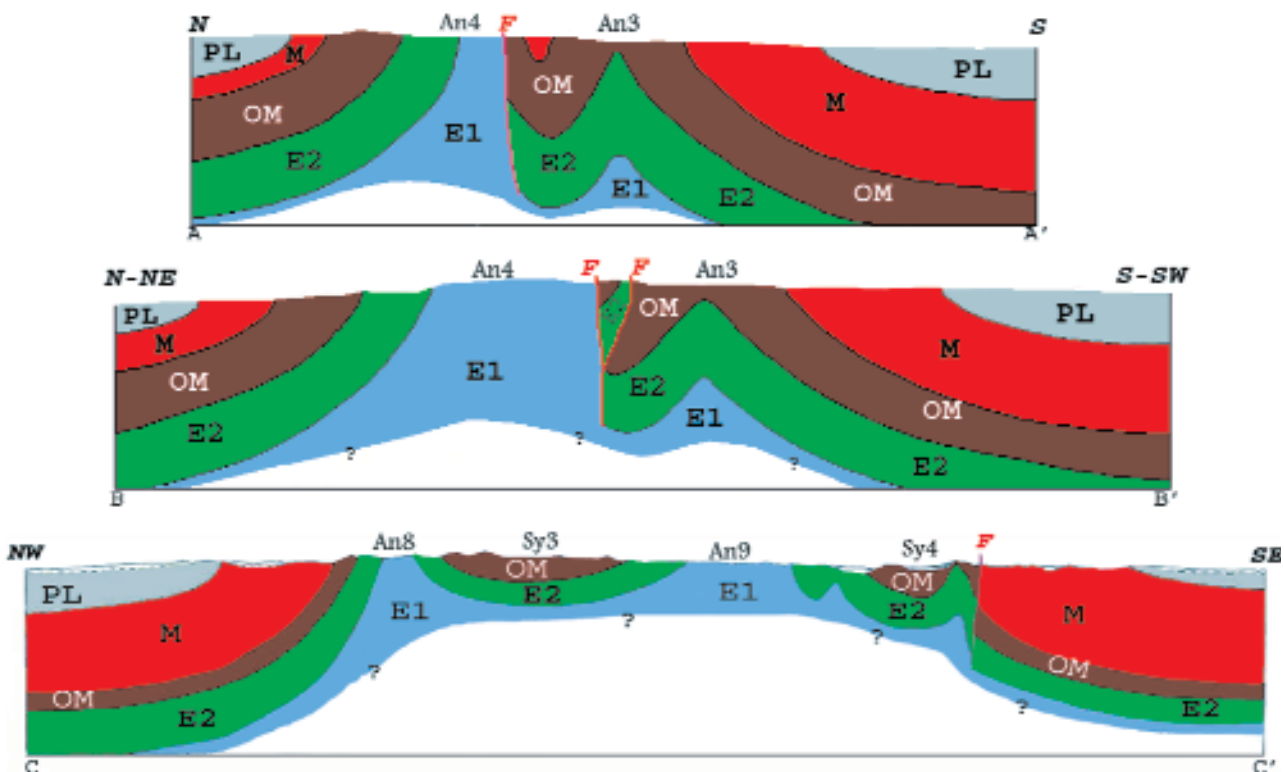
نام گذاری براساس این مشخصه ها را نشان می دهد.

### ۱-۲- منطقه ی چین فورده ی کلوت غربی

این منطقه در انتهای غربی حوضه ی کلوت واقع شده و ضخامت نمک در این منطقه اندک است. بنابراین ساختارهای دیپیری تکامل یافته کمی در آن قابل مشاهده می باشد.

An1: هسته ی این تاقدیس را نهشته های کنگلومرای قاعده ای پائوسن تشکیل داده است (تصویرهای ۱ و ۸). با توجه به تصویر استریوگرافیک ترسیم شده برای این چین (تصویر ۶)، موقعیت محور N۸۰-EV۰ و زاویه ی میل آن ۸-۱۲ درجه می باشد. همچنین زاویه ی میان یالی و سطح محوری آن به تقریب قائم است.

An2: هسته ی این تاقدیس را نهشته های کنگلومرای قاعده ای پائوسن تشکیل داده است (تصویرهای ۱ و ۸). با توجه به تصویر استریوگرافیک ترسیم شده (تصویر ۶) محور چین در قسمت شرقی واجد روند N۶۴-E۶۸ و زاویه ی میل آن ۵-۸ درجه است. زاویه ی میان یالی ۱۱۵-۱۲۵ درجه و شیب سطح محوری آن ۴۴-۵۵ درجه به سمت جنوب شرق می باشد. در قسمت غربی با توجه به تصویر استریوگرافیک ترسیم شده (تصویر ۶)، موقعیت محور چین S۴۸-E۵۰، زاویه ی میل ۹-۱۰ درجه، زاویه ی میان یالی ۹۵-۱۰۰ و شیب سطح محوری آن ۷۵-۸۰ درجه به سمت جنوب غرب می باشد.



تصویر ۳- مقاطع ساختاری مورد مطالعه در حوضه ی کلوت (A-A') تا C'-C' موقعیت این مقاطع بر روی نقشه ی زمین شناسی حوضه)

است. موقعیت محور این چین در قسمت جنوبی ۰-۲ و ۱۰-E NV است (تصویر ۶). زاویه‌ی میان‌یالی در این قسمت از چین ۶۰-۷۰ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۸۷-۹۰ درجه می‌باشد. در قسمت‌های شمالی‌تر محور تاقدیس ابتدا به طور کامل شمالی- جنوبی و سپس اندکی به سمت شرق متمایل می‌گردد. با توجه به روند کلی چین خوردگی‌ها در منطقه‌ی کلوت، چگونگی ایجاد این تاقدیس مورد سؤال است، ولی وجود یک گسل پی سنگی در زیر آن قابل انتظار می‌باشد.

**An11:** هسته‌ی این تاقدیس از توده‌ی دیپیری نمک ائوسن زیرین تشکیل شده است (تصویر ۴، مقاطع EE, DD). موقعیت محور این چین ۰-۵ و ۳۲-E N28 و زاویه‌ی میان‌یالی آن ۳۸-۴۵ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۸۸-۹۰ درجه تعیین شد (تصویر ۶).

**Sy2:** این ناودیس به وضوح یک ناودیس حاشیه‌ای است که بر اثر مهاجرت نمک به سمت بالا آمدگی کلوت مرکزی تشکیل و توسط تاقدیس **An10** به دو قسمت شرقی و غربی تقسیم می‌گردد (تصویر ۸). با توجه به انحنایافتگی لایه‌ها که بر روی نقشه نیز به وضوح مشخص است، می‌توان دریافت که روند محور این ناودیس در قسمت شرقی ۵۸-W 50-N و در قسمت غربی ۶۴-E N60 می‌باشد. همچنین جهت میل محور این ناودیس در قسمت غربی، به سمت جنوب غرب و در قسمت شرقی، به سمت جنوب شرق است.

**Sy3:** هسته‌ی این ناودیس را سازند کنگلومرای الیگوسن تشکیل می‌دهد (تصویر ۳، مقاطع AA', BB', CC'). موقعیت محور این ناودیس در محل اندازه‌گیری ۴-۱ و ۶۴-E N60، زاویه‌ی میان‌یالی آن ۱۱۰-۱۱۵ درجه و شیب سطح محوری آن ۷۷-۸۰ به سمت شمال شرق است (تصویر ۷).

**Sy4:** موقعیت این چین در قسمت‌های شرقی و غربی متفاوت است. در قسمت غربی (تصویر ۳، مقطع CC') موقعیت محور این ناودیس ۷-۳ و ۵۵-W N52، زاویه‌ی میان‌یالی ۵۰-۶۵ و شیب سطح محوری آن ۸۶-۸۸ درجه می‌باشد. در قسمت شرقی محور این چین با یک خمیدگی به طرف شمال شرق واجد موقعیت ۷-۴ و ۶۶-W S، زاویه‌ی میان‌یالی ۴۵-۵۵ درجه و شیب سطح محوری ۸۵-۸۸ می‌گردد (تصویر ۷).

## ۲-۳- گرابن ناودیس کلوت مرکزی

**An6:** یک تاقدیس دیپیری متقارن با توالی عادی و بدون گسیختگی از هسته به سمت یال‌ها می‌باشد (تصویر ۸). روند محور این چین براساس رخنمون دیپیر نمکی در هسته‌ی آن در حدود ۲۰-E N10 می‌باشد. همچنین زاویه‌ی میان‌یالی براساس اندازه‌گیری‌های صحرائی ۵۰-۶۰ درجه تخمین زده می‌شود.

**An7:** هسته‌ی این تاقدیس را توده‌ی دیپیری نمک ائوسن زیرین تشکیل داده است. با توجه به تصویر استریوگرافیک ترسیم شده (تصویر ۶) محور این چین دارای موقعیت ۲۰-۱۸ و ۶۰-E N58 می‌باشد. همچنین زاویه‌ی میان‌یالی ۷۰-۸۰ درجه و شیب محوری آن نیز دارای شیب ۷۳-۷۷ درجه به سمت جنوب شرق است.

**Sy1:** هسته‌ی این ناودیس را سازند سبز ائوسن میانی تشکیل می‌دهد (تصویر ۸). موقعیت محور این چین در محل اندازه‌گیری ۲۲-۲۰ و ۴۱-E S41، زاویه‌ی میان‌یالی آن ۱۰۰-۱۰۵ درجه و شیب سطح محوری آن ۷۸-۸۶ درجه به سمت شمال غرب تعیین شده است (تصویر ۷).

## ۲-۲- بالا آمدگی کلوت مرکزی

تاقدیس دیپیری **An4** به سمت شرق به سه شاخه‌ی مجزا منشعب می‌گردد. این سه شاخه به طور مجموع بالا آمدگی کلوت مرکزی را تشکیل می‌دهند (تصویر ۸):

۱- شاخه‌ی ۱: تاقدیس **An8** و ادامه‌ی شرقی آن یعنی تاقدیس **An11**.

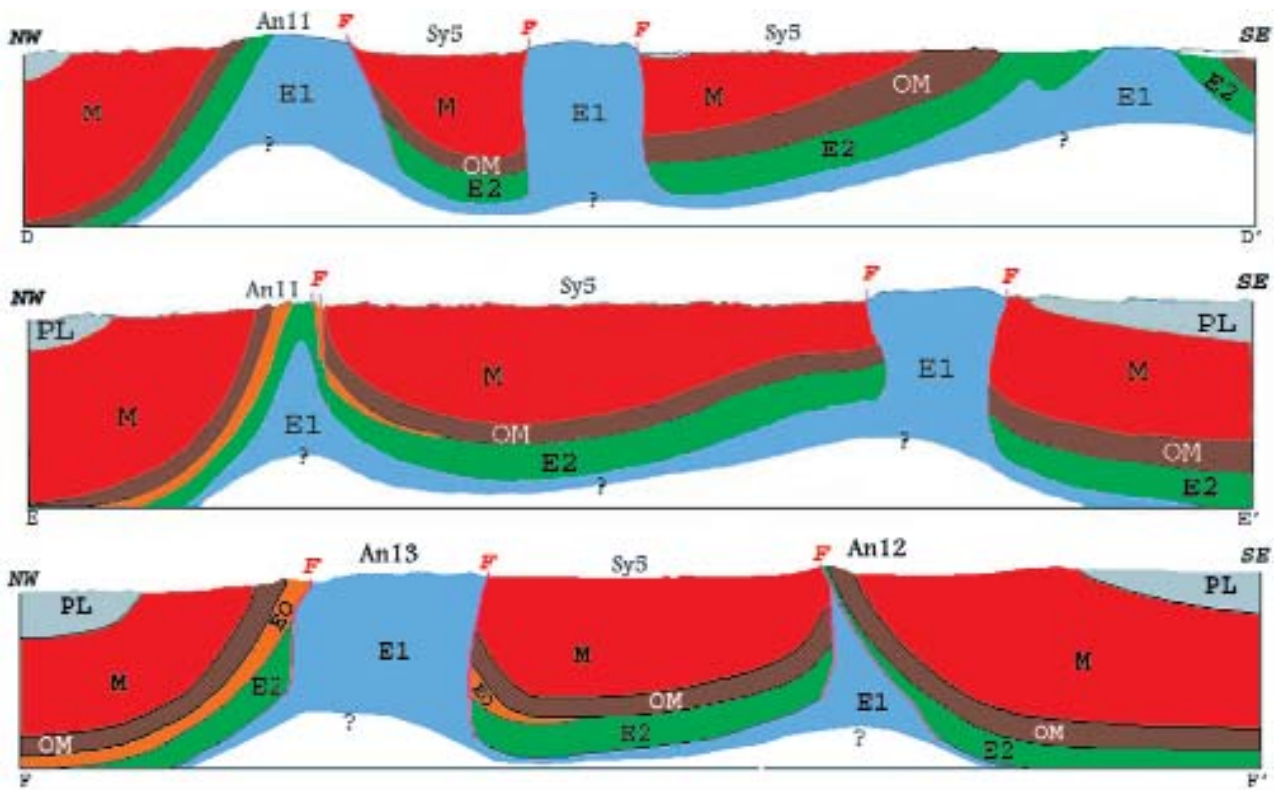
۲- شاخه‌ی ۲: تاقدیس **An9**.

۳- شاخه‌ی ۳: تاقدیس **An10**.

**An8:** هسته‌ی این تاقدیس را توده‌ی دیپیری نمک تشکیل می‌دهد (تصویر ۳، مقطع CC'). موقعیت محور این تاقدیس ۲۴-۲۰ و ۸۳-W S74 (تصویر ۶)، زاویه‌ی میان‌یالی این چین ۴۱-۴۵ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۷۸-۸۲ درجه به سمت جنوب شرق تعیین شد.

**An9:** هسته‌ی این تاقدیس را توده‌ی دیپیری نمک ائوسن زیرین تشکیل داده است (تصویر ۳، مقطع CC'). موقعیت محور این چین ۱۱-۹ و ۶۲-E S75 (تصویر ۶)، زاویه‌ی میان‌یالی ۷۵-۸۵ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۶۹-۷۳ درجه به سمت شمال غرب می‌باشد.

**An10:** هسته‌ی این تاقدیس را توده‌ی دیپیری نمک تشکیل داده



تصویر ۴- ادامه ی مقاطع ساختاری مورد مطالعه در حوضه ی کلوت (D-D' تا F-F': موقعیت این مقاطع بر روی نقشه ی زمین شناسی حوضه)

با توجه به گستردگی این ساختار (تصویر ۸) و ناهنجاری های ایجاد شده در آن، تاقدیس دیپیری کلوت شمالی در دو قسمت مورد مطالعه قرار می گیرد که شامل تاقدیس های An13 و An14 می باشد. An13: این تاقدیس در دو قسمت مورد بررسی قرار گرفته است. قسمت غربی که با رخنمون نمک در سطح همراه است و قسمت شرقی که بدون رخنمون نمک در سطح مشخص می گردد (تصویر های ۱ و ۸). در قسمت غربی نفوذ دیپیر در لایه های فوقانی موجب حذف لایه های سبز ائوسن میانی و سازند مادستونی ائوسن بالایی - الیگوسن زیرین و سازند کنگلومرای الیگوسن بالایی در یال جنوبی تاقدیس گردیده است (تصویر ۴، مقطع FF'). در یال شمالی نیز به غیر از سازند کنگلومرای الیگوسن بالایی دیگر سازندهای قدیمی تر به صورت نامنظم و گسیخته مشاهده می گردند. روند محور این قسمت از تاقدیس بر اساس رخنمون لایه ها (تصویر ۸) در حدود ۵۹۰-E ۷۰-SV می باشد. در قسمت شرقی این تاقدیس، گسیختگی ناشی از نفوذ نمک پایان می یابد (تصویر ۵، مقطع GG') و با توجه به اندازه گیری های انجام شده (تصویر های ۶ و ۷) موقعیت محور چین در این قسمت از ۲۸-۲۲ و ۵۸-E ۵۳-S، با زاویه ی میان یالی ۲۰-۲۵ در غرب تا ۱۲-۱۰ و ۸۳-E ۸۱-S با زاویه ی میان یالی ۱۰-۱۵ در شرق متغیر

این منطقه از شرق و غرب به گسیختگی های آشکار قسمت های مرکزی حوضه ی کلوت محدود می گردد (تصویر ۸). از خصوصیات مهم این منطقه وجود رسوبات ضخیم الیگومیوسن با ضخامت بیش از ۱۵۰۰ متر است که بر اثر فعالیت گسل های محدود کننده، انباشته شده است.

An12: هسته ی این تاقدیس را توده ی دیپیری نمک متعلق به ائوسن زیرین تشکیل داده است (تصویر ۴، مقطع FF'). موقعیت محور این تاقدیس بر اساس موقعیت رخنمون لایه ها (تصویر ۸) در حدود ۴۵-E ۳۵-N و زاویه ی میل آن به سمت شمال شرق می باشد. این تاقدیس موجب خمیدگی قابل توجه در لایه های میوسن شده است. Sy5: ناودیسی است گسترده و نامتقارن (تصویر های ۴ و ۳، مقاطع FF', EE', DD'). روند محور این ناودیس بر اساس رخنمون لایه ها (تصویر ۸) در حدود ۵۱-E ۳۳-N و زاویه ی میل آن به سمت شمال شرق می باشد. همچنین زاویه ی میان یالی، بر اساس اندازه گیری های صحرائی، در حدود ۱۵۰-۱۳۰ درجه تخمین زده می شود.

#### ۴-۲- تاقدیس دیپیری کلوت شمالی

درجه و شیب سطح محوری ۸۳-۸۶ درجه به سمت جنوب غرب می‌گردد (تصویر ۷). در قسمت شرقی موقعیت محور این چین به ۴۶-۴۴ و ۶۲ W-۶۰ N، زاویه‌ی میان‌یالی آن به ۶۰-۷۰ و شیب سطح محوری آن به ۷۸-۸۰ درجه و سمت شمال شرق تغییر می‌یابد (تصویر ۵، مقطع GG').

Sy7: موقعیت این چین در قسمت‌های شرقی و غربی متفاوت است. به این ترتیب که در قسمت غربی موقعیت محور این ناودیس ۷-۸ و NV۵-W۷۸ و زاویه‌ی میان‌یالی آن ۱۰۰-۱۱۰ و شیب سطح محوری آن ۷۳-۷۸ درجه به سمت جنوب غرب تعیین شد (تصویر ۷). در قسمت شرقی محور این چین با یک خمیدگی دارای موقعیت ۱۴-۱۱ و E۸۲-S۷۹، زاویه‌ی میان‌یالی ۷۰-۸۰ درجه و شیب سطح محوری ۷۶-۷۹ درجه به سمت شمال شرق می‌گردد (تصویر ۷).

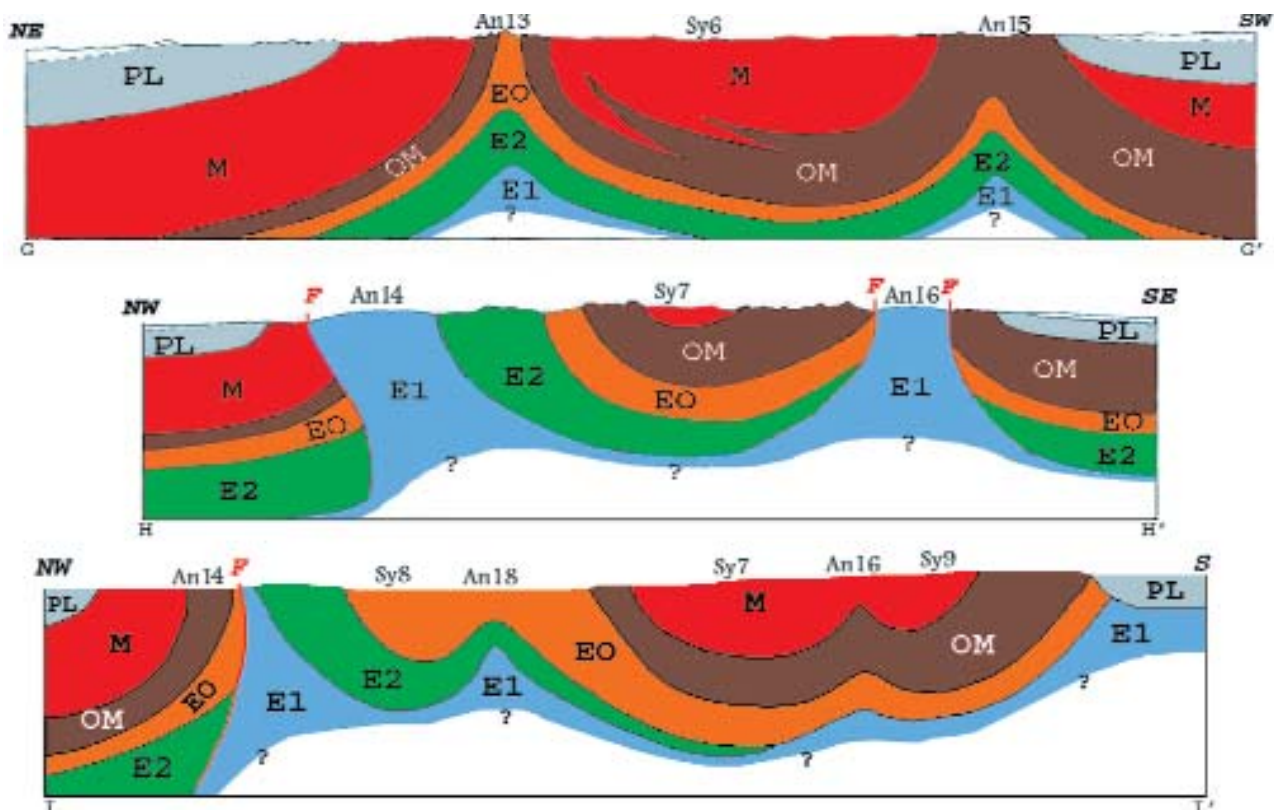
Sy8: هسته‌ی این ناودیس را سازند مادستونی میوسن بالایی تشکیل داده است (تصویر ۵، مقطع II). موقعیت محور این چین با استفاده از رخنمون لایه‌ها (تصویر ۸)، از N۸۵-E۹۰ در قسمت‌های غربی و مرکزی تا E۷۵-S۶۶ در قسمت شرقی متغیر است. همچنین با توجه به رخنمون لایه‌ها به نظر می‌رسد زاویه‌ی میل این ناودیس اندک و میل آن به سمت شرق و همچنین سطح محوری آن نزدیک به

است و سطح محوری آن نیز به تقریب قائم می‌باشد. An14: هسته‌ی این تاقدیس را توده‌ی نمک ائوسن زیرین تشکیل داده است (تصویر ۵، مقاطع II', HH'). توالی کاملی از لایه‌های ائوسن تا الیگوسن زیرین را می‌توان در یال جنوبی این تاقدیس مشاهده کرد. موقعیت محور این چین با استفاده از رخنمون لایه‌ها (تصویر ۸)، از E۸۴-N۸۰ در جنوب غرب تا E۴۶-N۴۰ در شمال شرق متغیر است.

## ۲-۵- منطقه‌ی چین‌خورده‌ی ساده‌ی شرق کلوت

خصوصیت ویژه‌ی این قسمت از حوضه‌ی کلوت عدم نفوذ دیپیرهای نمک در محور تاقدیس‌ها و در نتیجه انتظام مطلوب لایه‌ها و افزایش زاویه‌ی میان‌یالی چین‌هاست.

Sy6: موقعیت این چین در قسمت‌های شرقی، میانی و غربی متفاوت است. به این ترتیب که در قسمت غربی موقعیت محور این ناودیس ۱۲-۱۸ و E۱۰-S۸ می‌باشد. همچنین زاویه‌ی میان‌یالی آن ۱۴۰-۱۶۰ درجه و شیب سطح محوری آن ۸۲-۸۵ به سمت شرق اندازه‌گیری شده است. در قسمت میانی محور این چین با یک خمیدگی واجد موقعیت ۶-۴ و E۵۰-S۴۷، زاویه‌ی میان‌یالی ۱۱۰-۱۲۰



تصویر ۵- ادامه‌ی مقاطع ساختاری مورد مطالعه در حوضه‌ی کلوت (I-I' تا G-G' موقعیت این مقاطع بر روی نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه)

زاویه‌ی میان‌یالی در این قسمت از چین ۶۷-۷۳ و شیب سطح محوری آن نیز ۸۴-۸۷ درجه به سمت شمال اندازه‌گیری شد. در قسمت شرقی محور تاقدیس واجد موقعیت ۳-۵ و SV۹-E۸۲ می‌باشد. زاویه‌ی میان‌یالی در این قسمت از چین ۷۰-۸۰ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۸۸-۹۰ درجه تعیین شد (تصویر ۵، مقطع II').

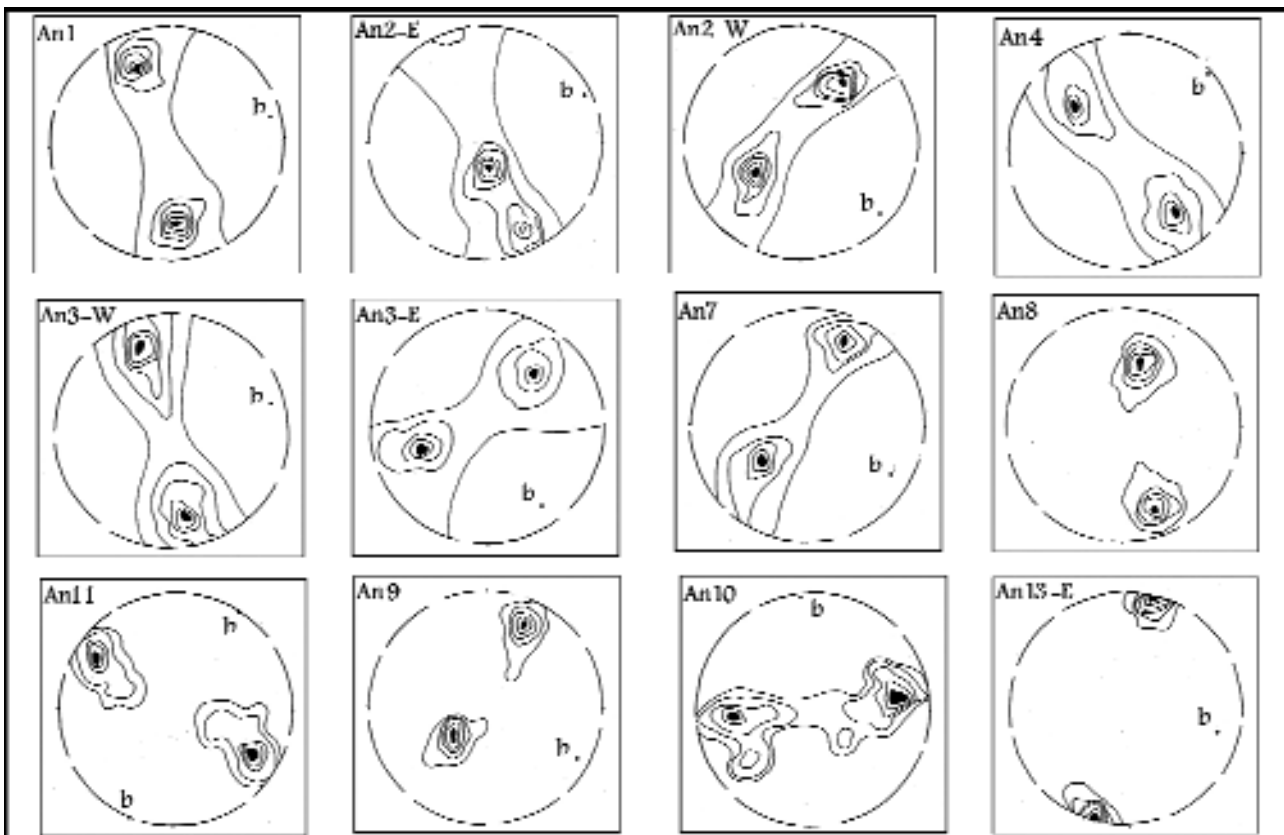
An17: این تاقدیس در رسوبات متعلق به پلیوسن تشخیص داده شده است (تصویر ۸). بر اساس برداشت‌های پیمایش خطی (جهت ترسیم مقاطع ساختاری) روند محور آن تقریباً شرقی-غربی و زاویه‌ی میل آن بسیار اندک می‌باشد.

An18: با استفاده از رخنمون لایه‌ها (تصویر ۸)، روند محور این تاقدیس در قسمت غربی، تقریباً شمال غربی-جنوب شرقی با میل به جنوب شرق است. در قسمت میانی، روند محور شرقی-غربی با میل به سمت شرق و در قسمت شرقی نیز شمال غرب-جنوب شرق با میل به سمت جنوب شرق می‌باشد (تصویر ۵، مقطع II').

قائم باشد. زاویه‌ی میان‌یالی براساس برداشت‌های صحرایی خطی (جهت ترسیم مقاطع ساختاری) ۱۳۰-۱۵۰ درجه تخمین زده می‌شود. Sy9: محور این چین تقریباً شرقی-غربی است که در قسمت‌های انتهایی به علت تأثیر گنبد نمکی نفوذی این منطقه به سمت جنوب منحرف می‌گردد. زاویه‌ی میان‌یالی بر اساس برداشت‌های صحرایی خطی (جهت ترسیم مقاطع ساختاری) ۶۸-۷۵ درجه تخمین زده می‌شود (تصویر ۵، مقطع II').

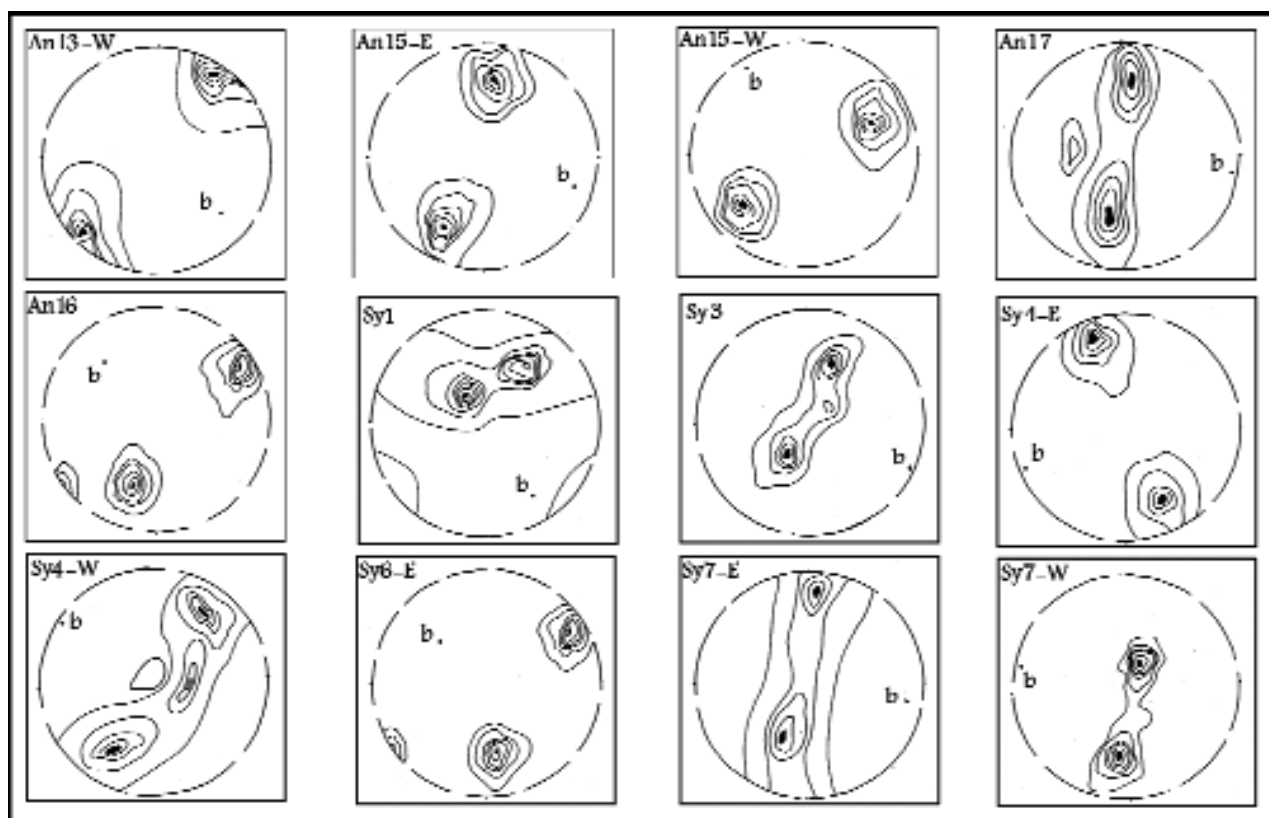
An15: موقعیت محور این چین در قسمت شمال غربی ۹-۱۱ و N۳۲-W۳۶ تعیین گردید (تصویر ۷). زاویه‌ی میان‌یالی این قسمت از چین ۶۰-۷۰ و شیب سطح محوری آن ۸۶-۹۰ درجه اندازه‌گیری شد (تصویر ۵، مقطع GG'). در قسمت جنوب شرقی موقعیت محور این چین ۱۰-۱۳ و SV۵-E۷۸، زاویه‌ی میان‌یالی آن ۷۰-۸۰ و شیب سطح محوری آن ۸۸-۸۶ درجه تعیین شد (تصویر ۷).

An16: موقعیت محور این چین در قسمت شمال غربی ۴۰-۳۰ و W۵۲-N۴۹ زاویه‌ی میان‌یالی در این قسمت از چین ۵۰-۶۰ درجه و شیب سطح محوری آن نیز ۷۸-۸۰ درجه به سمت شمال شرق می‌باشد (تصویر ۷). در قسمت میانی که در میان دو گنبد نمکی نفوذی قرار گرفته است، موقعیت محور چین ۴-۱ و N۸۸-E۹۱ (تصویر ۷).

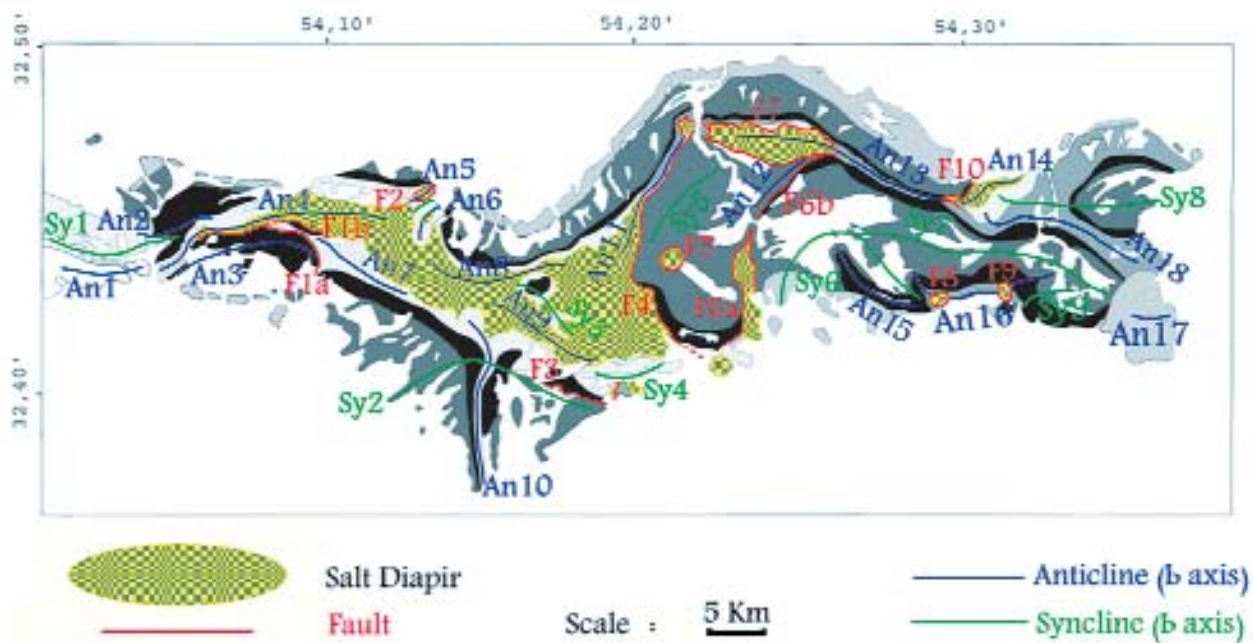


تصویر ۶- تصاویر استریوگرافیک و منحنی‌های هم‌ارز برای چین‌های حوضه‌ی کلوت





تصویر ۷- ادامه ی تصاویر استریوگرافیک و منحنی های هم ارز برای چین های حوضه ی کلوت



تصویر ۸- نقشه ی ساختاری حوضه ی سنوزوئیک کلوت (ارفع نیا ۱۳۸۴)

جدول ۲- طبقه‌بندی انواع چین در منطقه‌ی کلوت بر اساس متغیرهای اصلی چین

نوع چین		بر اساس زاویه‌ی میل محور											بر اساس شیب سطح محوری			بر اساس تقارن	
شماره‌ی چین	Horizontal	Shallow	Intermediate	Steep	Vertical	Isoclinal	Tight	Close (40-90)	Open (90-135)	Gentle	Recumbent	Inclined	Upright	Symmetric	Asymmetric		
An1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An2-East	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An2-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An3-East	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An3-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An4-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
An16-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy6-East	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy6-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy7-East	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy7-West	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sy8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

در اغلب موارد، چین‌های حوضه‌ی کلوت از نوع ایستاده با

زاویه‌ی شیب سطح محوری بیشتر از ۷۰ درجه می‌باشند. چین‌های دارای شیب سطح محوری کمتر تنها در قسمت غربی حوضه‌ی چین خورده‌ی کلوت قابل مشاهده هستند.

به طور کلی ویژگی‌های مهم حوضه‌ی چین خورده‌ی کلوت، وجود ناودیس‌های باز با هسته‌ی سازند مادستونی قرمز و تاقدیس‌های دیاپیری بسته با هسته‌ی نمک می‌باشد. در مناطق مرکزی حوضه اغلب توده‌های نمک، به صورت دیاپیرهای نفوذی در لایه‌های جوان تر ظاهر شده‌اند و توالی عادی رسوبی را نشان نمی‌دهند. در مناطق کناری حوضه زاویه‌ی میان‌یالی تاقدیس‌ها کمی بازرتر می‌باشد و در منتهی‌علیه شرقی و غربی حوضه درجایی که ضخامت لایه‌های نمکی به حداقل می‌رسد تداوم ساختارهای دیاپیری نمک نیز پایان می‌پذیرد و توده‌های کم ضخامت و برجای

### ۳- نتیجه‌گیری

با توجه به جدول ۲، ویژگی هندسی چین خوردگی‌های کلوت به شرح زیر است:

زاویه‌ی میل چین‌های حوضه‌ی کلوت در اغلب موارد کمتر از ۳۰ درجه می‌باشد و فقط در قسمت شرقی کلوت چین‌هایی با زاویه‌ی میل بیشتر قابل مشاهده است.

زاویه‌ی میان‌یالی در چین خوردگی‌های منطقه‌ی کلوت از تنوع زیادی برخوردار است، به طوری که از چین‌های فشرده تا چین‌های ملایم را در بر می‌گیرد. در این خصوص باید این نکته‌ی مهم را مورد توجه قرار داد که تاقدیس‌ها اغلب به صورت چین‌های فشرده و بسته مشاهده می‌شوند و چین‌های باز و ملایم بیشتر ناودیس‌های این منطقه را تشکیل داده‌اند.

*Sci.*, Vol. 18 (2): 210-265.

**Huber, H., 1955**, "Geological report on the Ardakan-Kalut, Central Iran", *Iranian Oil Company*.

**Jackson, M. P. A. & Talbot, C. J., 1986**, "External shapes strain rate and dynamics of salt structures", *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 97: 305-323.

**Jackson, M. P. A. & Talbot, C. J., 1994**, "Advances in salt tectonics", In: (Ed.: P. L. Hancock), Chapter 8, *Continental deformation: Oxford, United Kingdom, Pergamon Press / International Union of Geological Sciences: 159-179*.

**van der Pluijm, B. A. & Marshak, S., 2004**, "Earth structure-An Introduction to Structural Geology and Tectonics", 2<sup>nd</sup> Ed., W. W. Norton, New York, 656p.

نمک در هسته ی چین خوردگی ها شرکت نموده اند. با توجه به هم جهت بودن روند ساختارهای فوق باروند دیپیرها در این حوضه، می توان به ارتباط نزدیک میان این دو پی برد. این ساختارها بر اثر عملکرد اوکین فاز کوه زایی قابل شناسایی در لایه های ترشیری این حوضه که در الیگوسن میانی روی داده است، شکل گرفته اند و در آن زمان، در مرکز حوضه جایی که ضخامت اوکیه ی لایه ی نمک زیاد است واجد برجستگی بیشتر و در حواشی شرقی و غربی حوضه دارای برجستگی کمتری بوده اند. از آنجا که پتانسیل خیزش توده ی نمک با میزان برجستگی در توده ی نمک ارتباط مستقیم دارد (Jackson & Talbot 1994 1986)، شکل گیری ساختارهای دیپیری نمک در مرکز حوضه با سهولت و سرعت بیشتری انجام گرفته و به طرف حاشیه ی حوضه، به تدریج شرایط برای تشکیل دیپیرها دشوارتر گردیده است. به این ترتیب به نظر می رسد که شرایط برای خیزش توده های دیپیری نمک از ابتدای پلیوسن مهیا گردیده است، به طوری که تاقدیس های دیپیری در این زمان تشکیل و موجب شیب دار شدن لایه های فوقانی به اندازه ی ۶۰-۸۵ درجه گردیده اند. تجمع ضخامت زیادی از رسوبات پلیوسن در حواشی حوضه، نشان دهنده ی مرتفع شدن حوضه در امتداد محور میانی بر اثر خیزش توده های نمک و تشکیل حوضه های حاشیه ای فرافتاده در این زمان می باشد. وجود کویرها و پهنه های نمکی فرافتاده در اطراف این گونه حوضه ها نشانه ای بر ادامه یافتن فرونشست حوضه های حاشیه ای بر اثر مهاجرت نمک به سمت دیپیرهای در حال خیزش می باشد. خیزش توده های نمک نه تنها موجب خمیدگی روبه بالای لایه های فوقانی شده است، بلکه حرکات جانبی توده نمک نیز موجب ایجاد فشارهای جانبی و چین خوردگی های فشرده و کم وسعت در مجاور دیپیرهای بزرگ شده است (Arfania 2006).

## مراجع

ارفع نیا، ر.، ۱۳۷۷، تحلیل دیپیریسم در منطقه ی اردکان، رساله ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.

ارفع نیا، ر.، ۱۳۸۴، دیپیریسم نمک در حوضه ی کلوت (شمال خاور اردکان)، فصلنامه ی علوم زمین، سازمان زمین شناسی ایران، شماره ی ۱۶: ۵۶-۲۵.

**Arfania, R., 2006**, "Salt diapirism in Kalut basin (Central Iran)", *The 6Th International Conference on the Geology of Middle East, Al-Ain, UAE, Abstracts, 98p*.

**Berberian, M. & King, G. C. P., 1981**, "Toward a paleo-geography and tectonic evolution of Iran", *Can. J. Earth*