



فصلنامه زمین ساخت

زمستان ۱۳۹۹، سال چهارم، شماره ۱۶

10.22077/JT.2021.4116.1106

## بررسی تاریخچه تکتونیکی تاقدیس سفیدزاخو، استان فارس

مehروش نبی<sup>۱</sup>، کوروس یزدجردی<sup>۲\*</sup>، بهمن سلیمانی<sup>۳</sup>، عبدالمجید اسدی<sup>۲</sup>

۱ دانشجوی دکترا، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، کشاورزی و فناوری های نوین، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۲ استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، کشاورزی و فناوری های نوین، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۳ استادیار پژوهشگاه صنعت نفت ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹

### چکیده

تاقدیس سفید زاخو در ناحیه ای از فارس قرار دارد که پتانسیل گازی در افق دهرم زیاد است. مقاطع بازگردانده شده در سه بخش غربی، شرقی و مرکزی این تاقدیس مطالعه شده اند. تغییر شکل در این منطقه بواسطه ترکیب تغییر شکل فشارشی و برشی ایجاد شده است و کج شدگی لایه ها در بخش انتهایی مقاطع در مرحله بدون دگرشکلی، حاکی از وجود صفحات برشی (افق های جدایشی) در بین واحدهای چینه شناسی است. بر اساس ترتیب تشکیل گسل ها در مقاطع می توان نتیجه گرفت که ابتدا راندگی های پیشرونده ایجاد و سپس با افزایش تغییر شکل، راندگیهای پشتی ایجاد شدند. تغییر شکل در این منطقه مربوط به شروع تغییر شکل زاگرس بوده و قدیمی تر از آن نیست. با توجه به لایه های رشدی مشاهده شده در عضو کربناته سازند گچساران در تاقدیس سفیدزاخو، فشارش و چین خوردگی در این ناحیه در زمان میوسن پیشین اتفاق افتاده است. بخش جنوب غربی زودتر شروع به تشکیل کرده و بصورت یه چین جدایشی با هندسه جعبه ای در بالای افق جدایش تحتانی تشکیل شده است. در دگرشکلی های بالاتر، دگرشکلی به سمت شمال شرق اتفاق افتاده است و تاقدیس بصورت یک چین جدایشی با هندسه جناغی درآمده است. هندسه چین در بخش شرقی بصورت یک چین جعبه ای است. میزان دگرشکلی در بخش شرقی کمتر از بخش مرکزی و غربی است. بطور کلی میدان سفیدزاخو و میدان های اطرافش بر اساس کنش و واکنش نیروی فشارشی منطقه و افق جدایشی شکل گرفته اند.

**کلمات کلیدی:** تاقدیس سفیدزاخو، تاریخچه تکتونیکی، طبقات رشدی، مقاطع بازگردانده شده، افق های جدایشی.



## Investigation of tectonic history of Sefid-Zakhor anticline, Fars province

Mehrvash Nabiei<sup>1</sup>, \*Kouros yazdjerdi<sup>2</sup>, Bahman Soleimany<sup>3</sup>  
and Abdolmajid Asadi<sup>2</sup>

1-Ph.D. Student, Department of Earth Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

3-Iran Oil Industry Research Institute, Tehran, Iran.

Mehrvash Nabiei: [Elham.nabiei@gmail.com](mailto:Elham.nabiei@gmail.com)

Kouros yazdjerdi\*: [kyazd@yahoo.com](mailto:kyazd@yahoo.com)

Bahman Soleimany: [b\\_soleimany@yahoo.com](mailto:b_soleimany@yahoo.com)

Abdolmajid Asadi: [asadi.abdolmajid@gmail.com](mailto:asadi.abdolmajid@gmail.com)

### Abstract

#### Abstract

The Sefid-Zakhor anticline is located in an area of Fars province where the gas potential on the Dehram horizon is high. The restored sections have been studied in three western, eastern and central parts of this anticline, deformation in this area is caused by a combination of compressive and shear deformation and tilting of layers in the end sections in the non-deformation stage, it indicates the existence of shear plates (separation horizons) between the stratigraphic units. Based on the order of formation of faults on sections, it can be concluded that first progressive thrusts and then as the deformation progresses, back thrusts are formed. The deformation in this region is related to the beginning of the Zagros deformation and is not older than that. According to the growth strata observed in the carbonate member of Gachsaran Formation in Sefid-Zakhor anticline, compression and folding in this area occurred during the Early Miocene. The southwestern part began to form earlier and formed as detachment fold with box geometry above the lower detachment horizon. In the higher deformations, the deformation occurs to the northeast, and the anticline forms detachment fold with a chevron geometry. The geometry of fold in the eastern part is a box fold. The degree of deformation in the eastern part is less than the central and west parts. Generally, Sefid-Zakhor field and its surrounding fields are formed based on the action and reaction of the compressive force of the region and the separation horizon.

**Key words:** Sefid-Zakhor anticline, tectonic history, growth strata, restored sections, detachment horizon.

## ۱- مقدمه

در دهه های گذشته مطالعات زیادی در زمینه سبک چین خوردگی و مدلسازی سه بعدی تاقدیس در کمر بند چین خورده و رانده زاگرس به منظور بررسی سیستم های هیدروکربنی جهت تعیین الویت ساختارها برای حفاری های اکتشافی انجام شده است. یکی از این تاقدیس ها، تاقدیس سفید زاخورد در مرکز بلندای فارس است دارای پتانسل گازی زیاد بویژه در افق دهرم زیاد است (احمدنیا و همکاران، ۱۳۷۴). گرچه دیگر سنگ مخزن های جوان تر از گروه دهرم در منطقه فاقد پتانسیل هیدروکربنی بوده اند، با این وجود توجه به این سنگ مخزن ها در هنگام حفاری لازم است. بخش های فوقانی سازند آسماری، قدیمی ترین رخنمون در طاقدیس سفیدزاخورد بوده که در قسمت غربی طاقدیس بیرون زدگی دارد. امکان تجمع گاز در طبقات گروه دهرم این تاقدیس وجود دارد (احمدنیا و همکاران، ۱۳۷۴). این منطقه با توجه به این که سازندهای کنگان و دالان از نظر هیدروکربنی مستعد هستند و بویژه از نظر سنگ مخزن اهمیت زیادی دارند، لذا ساختارهای تاقدیسی در این ناحیه، محلی مناسب برای به تله افتادن ذخایر هیدروکربنی نفت و گاز است. مطالعات زیادی بر روی تاقدیس انجام شده است از جمله بوسیله کارشناسا شرکت ملی نفت. یکی از دقیق ترین مطالعاتی که در سال های اخیر بر روی این تاقدیس صورت گرفته است بوسیله نجفی و همکارانش (۱۳۹۲) بوده است که ساختار سه بعدی اسن تاقدیس را از جهت تعیین هندسه افق گازی پرمتریاس مورد مطالعه قرار داده اند.

در این مقاله به بررسی ساختارهای همزمان، قبل و بعد تکتونیک در ارتباط با زمین ساخت و رسوبگذاری<sup>۱</sup> حوضه رسوبی در منطقه پرداخته شده است و هر یک از

این ساختارها با توجه به ویژگی های مورد نظر خود در میدان سفیدزاخورد مشخص شده اند. در ادامه، جهت بررسی تکامل تکتونیکی این تاقدیس، سه مقطع عرضی از سه بخش مختلف تاقدیس انتخاب شده اند. این سه مقطع موازنه شده و مرحله به مرحله تا رسیدن به حالت بدون دگرریختی به عقب برگردانده<sup>۲</sup> شده اند. محاسبه مقادیر کوتاه شدگی در بخش های مختلف این تاقدیس نیز با استفاده از سه مقطع بازگردان شده به حالت اولیه انجام شده است. جهت نشان دادن وضعیت گسل ها بر روی نقشه در حالت دو بعدی، نقشه های هم تراز زیرسطحی (UGC) تهیه شده اند.

## ۲- موقعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

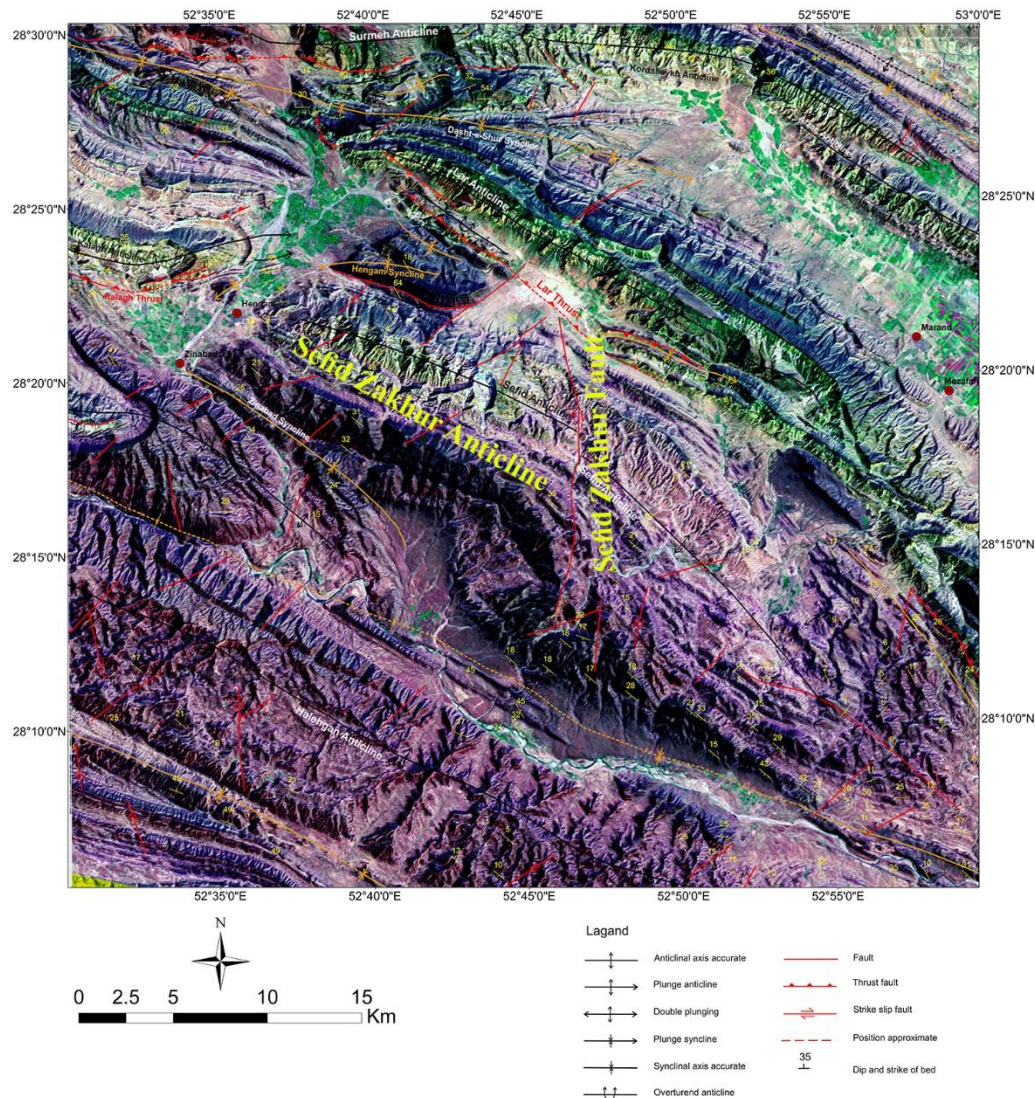
طاقدیس سفیدزاخورد در ناحیه فارس شمالی و در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شهر شیراز قرار دارد. این تاقدیس نامتقارن دارای امتداد شمالغرب-جنوب شرق بوده و شیب یال شمالی بیشتر از یال جنوبی است. ساختمان سفید زاخورد تقریباً در امتداد میداین چم نوری، هالگان، دریایی، سورمه و میدان گازی دالان قرار گرفته است. ساختمان دریایی در غرب میدان سفیدزاخورد پیچیدگی ساختمانی نداشته و قابلیت نگهداری هیدروکربور در افق دهرم را داشته و در صورتی که تاقدیس سفیدزاخورد یک ساختار نامتقارن بوده و دارای دو بخش غربی و شرقی به ترتیب با روندهای N۱۰۵ و N۱۲۵ است. این وضعیت ناشی از عملکرد یک گسل مایل با امتداد تقریباً شمال-جنوبی در بین این دو قسمت است (شکل ۱). سازندهای بختیاری، آغا جاری، میشان و گچساران در سطح زمین ساختمان سفیدزاخورد دیده می شوند و قدیمی ترین سازندی که در این تاقدیس برنزد دارد سازند آسماری

<sup>2</sup> Restore

<sup>1</sup> Tectonosedimentary

دریا بوده که نسبت به دشت شمال و جنوب به ترتیب ۵۵۰ و ۹۰۰ متر بلندتر است.

است که لایه های آهکی آن در دره های عمیق این ساختمان رخنمون دارند. بلندترین قله این تاقدیس در بخش غربی آن قرار داشته و ارتفاعش ۱۵۴۹ متر از سطح



شکل ۱. موقعیت گسل سفیدزاخو بر روی تصویر تلفیقی مدل ارتفاعی و تصویر ماهواره ای (لندست ۸). چرخش محور تاقدیس در راستای گسل سفیدزاخو با راستای شمالی-جنوبی کاملاً مشهود است. محور این تاقدیس در محل برخورد با گسل مذکور، از راستای WNW در غرب این گسل به NW در شرق آن تغییر مسیر داده است.

## ۲-۱- تاقدیس سفیدزاخو

است. این وضعیت ساختمانی را می توان ناشی از عملکرد گسل مایل یا امتدادی دانست که در بین این دو قسمت از تاقدیس اثر نموده است. شیب یال شمالی ۳۵-۵۵ درجه و یال جنوبی ۲۰-۴۰ و پلانژ غربی ساختمان کاملاً بسته و دارای ۱۵-۱۲ درجه شیب است، در صورتی که پلانژ

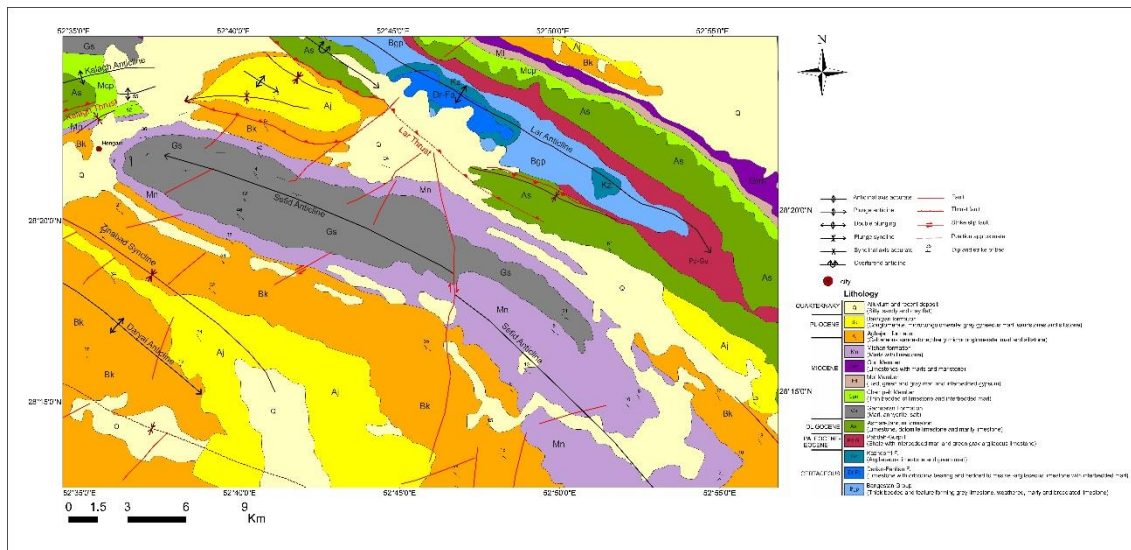
تاقدیس سفیدزاخو یک ساختمان نامتقارن و پشت نهنگی به ابعاد ۴۰ کیلومتر طول و ۸ کیلومتر عرض و دارای دو قله غربی و شرقی است. امتداد ساختمان در بخش غربی N۱۰۵ و تقریباً شرقی-غربی و در بخش شرقی امتداد N۱۲۵ و تقریباً شمال غربی-جنوب شرقی

دارای ساختمان های رسوبی رپل مارک و لایه بندی متقاطع هستند، لایه های ضخیم کنگلومرایی که دارای قطعات فراوان چرت های قرمز و سیاه رنگ بوده نیز در این سازند مشاهده می شود که نسبت به لایه های ماسه سنگی برجسته تر است و بخش لهری نیز که از لایه های سیلستون با سطح فرسایشی پایین مشخص می شوند در جنوب کوه سورمه گسترش دارند. در این ناحیه لایه آهکی قاعده سازند میشان گسترش بیشتری داشته و توسط لایه های مارنی که حدود ۷۰ الی ۸۰ متر ضخامت دارند به دو بخش تقسیم می شوند و در کوه لار این دو قسمت آهکی را جزء بخش گوری منظور نموده اند (احمدنیا و همکاران، ۱۳۷۴).

## ۲-۲- گسل سفیدزاخور

بر اساس تصویر ماهواره ای، طول کلی تاقدیس سفیدزاخور حدود ۳۷/۵ کیلومتر بوده و متوسط عرض آن در سازند میشان به شش کیلومتر می رسد (Thompson et al., 1962). این تاقدیس به وسیله گسل سفیدزاخور با روند عمومی NNW-SSE به طور مورب قطع شده است (شکل ۱). چنین روندهایی در زاگرس (به ویژه در فارس)، هم روند خطواره های قدیمی است (Najafi et al., 2014). در حوضه فارس، گسل های قدیمی مانند گسل های کوه سورمه و سیاکوه در سروستان با این روند دیده می شوند. علاوه بر گسل سفیدزاخور، گسل های کوچک مقیاس دیگری نیز در قله و یال های تاقدیس قابل ردیابی هستند (شکل ۳). گسل سفیدزاخور باعث جابجایی محور تاقدیس سفیدزاخور شده است. عملکرد گسل در جابجایی لایه ها و نیز چرخش لایه ها احتمالاً در نتیجه عملکرد انشعابات گسل به وضوح بر روی تصویر ماهواره ای (لندست ۸) در تصویر دیده می شود (شکل ۱).

جنوب شرقی آن پهن و بسته و شیب بسیار ملایمی دارد. یک پارچه نبودن محور تاقدیس سفید زاخور به علت گسل امتدادی مایلی است که در قسمت میانی وجود دارد و جابجایی گسل فوق حدود ۱۰۰ متر است و در شرق این گسل سازندها نسبت به غرب در سطح پایین تری قرار دارند. این گسل از نوع پیچشی تلقی می گردد که موجب قرار گرفتن دو واحد متفاوت در مقابل هم شده و حالت پلاستیکی ایجاد نموده و قسمت تراوا را در مقابل بخش ناتراوا قرار داده است (صادقیان، ۱۳۷۵). علاوه بر گسل فوق چند گسل عرضی بر روی محور تاقدیس سفیدزاخور وجود داشته و بصورت عادی عمل نموده و سطحی هستند و در اعماق کم محو می گردند. در قله شرقی میدان بستگی قائم و افقی به ترتیب ۷۵ متر و ۲۰ کیلومتر مربع و در قله غربی میدان بستگی قائم و افقی به ترتیب ۹۵۰ متر و ۵ کیلومتر مربع از روی نقشه خطوط منحنی های م تراز زیرزمینی بر روی افق گروه دهرم محاسبه شده است (صادقیان، ۱۳۷۵). شکل (۲) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. قدیمی ترین سازندی که در تاقدیس سفید بیرون زدگی دارد سازند آسماری است که لایه های آهکی آن در دره های عمیق این تاقدیس رخنمون دارند و سازندهای گچساران، میشان، آغاچاری و بختیاری در اطراف این تاقدیس به خوبی گسترش دارند. تاقدیس سفیدزاخور در منطقه قرار گرفته که تغییرات چینه شناسی و رخساره در تعدادی از سازندهای آن مشاهده می شود. در سازند بختیاری این محدوده علاوه بر لایه های ضخیم با قطعات مختلف آهکی و چرتی و در ابعاد ریگ و قلوه سنگ، رخساره های سیلتی نیز مشاهده می گردد. این رخساره های سیلتی در جنوب کوه سورمه در ۷ کیلومتری شمال تاقدیس سفیدزاخور مشاهده می گردند. سازند آغاچاری که در جنوب تاقدیس سفید زاخور و در تنگ کیش به خوبی گسترش دارد، علاوه بر لایه های ماسه سنگی که



شکل ۲. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.



شکل ۳. گسل فرعی در بخش شمال شرق تاقدیس سفیدزاخو. دید به سمت شمال شرق.

### ۳- روش کار

به منظور تهیه برش های موازنه شده از مقاطع لرزه ای استفاده شده است. تفسیر مقاطع لرزه ای در نرم افزار پترل شامل چندین مرحله است که عبارتند از: وارد کردن مقاطع لرزه ای سرعتی (TWT)، وارد کردن داده های چاه و وارد کردن سرسازندها. پس از تفسیر پروفایل های لرزه ای، نتایج وارد نرم افزار موو<sup>۱</sup> شده اند تا از حالت سرعتی به عمقی تبدیل شوند. پس از عمقی کردن برش های، بازگرداندن جهت متوازن کردن و سپس محاسبه

مقدار کوتاه شدگی انجام شده است. برش های عرضی عمقی تهیه شده و نقشه عمقی سازند آسماری با استفاده از ساخت مدل سرعتی ایجاد شدند. ساخت مدل توسط داده های چاه انجام شده است و سپس یک مدل سرعتی معقول تهیه شده و برای تبدیل زمان به عمق مورد استفاده قرار گرفته است. از این نقشه ها و مقاطع عرضی عمقی می توان برای راه اندازی نرم افزار موو و تحلیل ساختاری منطقه استفاده کرد.

<sup>1</sup> Move software

که در آن  $\Delta l$  تغییر طول است،  $l$  نهایی طول پس از تغییر شکل است و  $l$  اولیه طول قبل از تغییر شکل است (Epard and Groshong, Marshak and Mitra, 1988) (1995).

مقدار  $l$  اولیه با استفاده از یک لایه نشانگر تعیین می شود. طول لایه نشانگر از طریق لایه های تغییر شکل یافته بین چین اندازه گیری می شود. درصد کوتاه شدن ( $e$ ) توسط معادله تعیین می شود.

$$e = (l_{\text{final}} - l_{\text{initial}}) / l_{\text{initial}} \times 100 \quad (\text{معادله } 2)$$

که در آن  $e$  درصد تغییر طول است. مقدار منفی آن، نشان دهنده فشارش است، در حالی که مقدار مثبت آن نشان دهنده کشش است (Marshak and Mitra, 1988).

#### ۴- رسوبات همزمان با تکتونیک در منطقه

##### مورد مطالعه

یکی از سیمایای چینه شناسی مهم در منطقه مورد مطالعه، لایه های رشدی<sup>۴</sup> قابل مشاهده در عضوکربناته سازند گچساران است (شکل ۴). همپوشانی<sup>۵</sup> موجود در عضوکربناته سازند گچساران حاکی از آغاز چین خوردگی در زمان میوسن پیشین در منطقه مورد مطالعه است. همپوشانی لایه های با سن میوسن نشان می دهد که تاقدیس سفیدزاخور در طی رسوبگذاری این واحدهای چینه شناسی فعال بوده است. در لایه های رشدی تشکیل شده در تاقدیس سفیدزاخور (شکل ۴)، بیشترین ضخامت در حوضه مجاور با این تاقدیس دیده می شود به گونه ای که ضخامت لایه ها به سمت قله تاقدیس کاهش یافته و ساختاری بسیار مشابه با ساختارهای مخروطی<sup>۶</sup> ایجاد شده است. همچنین شیب لایه ها به سمت بخش فوقانی،

در قسمت خروجی نرم افزار مووسه برش مناسب در میدان از نظر توزیع برای تحلیل از بین تمامی برش ها انتخاب و متوازن شده و به حالت بدون دگرشکلی برگردانده شدند.

زمان یک ( $t_1$ )، وضعیت کنونی ساختار است و  $t_n$  حالت اولیه است. مرحله به مرحله گسل خوردگی و چین خوردگی حذف شده است. در هر برای از بین بردن چین در این سه مقطع از ترکیب مولفه های برش ساده<sup>۱</sup> و طول خط<sup>۲</sup> استفاده شده است.

روش برش ساده در از بین بردن اثر چین خوردگی، برای از بین بردن اثر مولفه برشی در مقاطع استفاده می شود. در اصول روش طول خط، تاکید بر ثابت ماندن طول لایه ها قبل و بعد از دگرریختی است (Fossen, 2010). برای از بین بردن جابجایی گسل برش ساده و جریان موازی گسل<sup>۳</sup> استفاده شده است.

مرحله، طول، نرخ و غیره هر افق اندازه گیری شده است و در جدول ارائه شده است. سن سازندها بر اساس جدول زمانی چینه شناسی سال ۲۰۲۰ برای سازندها است. روش برش ساده، برای از بین بردن اثر مولفه برشی گسل ها و روش جریان موازی گسل برای حذف مقدار جابجایی لایه ها در دو سمت گسل نسبت به یکدیگر استفاده می شود. برنامه 2D بر اساس داده های شیب صفحه گسل و لایه های بالایی گسل، مقطع های موازنه شده را ایجاد می کند. برای به دست آوردن مقدار کوتاه شدگی (در روش طول خط) از معادله زیر استفاده شده است:

$$\Delta l = |l_{\text{final}} - l_{\text{initial}}| \quad (\text{معادله } 1)$$

<sup>4</sup> Growth strata

<sup>5</sup> Onlap

<sup>6</sup> Fan

<sup>1</sup> Simple shear

<sup>2</sup> Line length

<sup>3</sup> Fault parallel flow

کاهش را نشان می دهد. به طور کلی، ضخامت توالی رشدی در منطقه مورد مطالعه خیلی کم است.



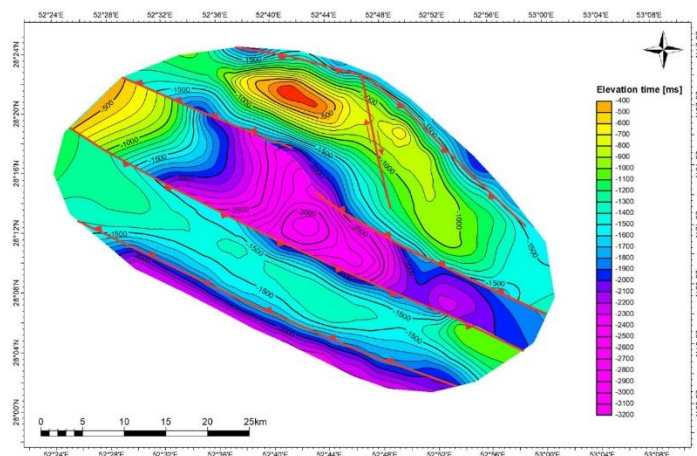
شکل ۴. لایه های رشدی در عضو کربناته گچساران در محل تاقدیس سفیدزاخو.

این نقشه ها با جابجایی زیاد (به صورت قرار دادن خطوط همتراز با عمق زیاد در کنار عمق های کمتر در دو سمت گسل) قابل ردیابی هستند (شکل های ۵ تا ۸). نکته جالب توجه در این نقشه های همتراز، عملکرد گسل امتدادلغزی است که باعث چرخش محور تاقدیس سفیدزاخو شده است. عملکرد این گسل بر روی خطوط همتراز (به ویژه بر روی نقشه همتراز افق اسماری) به خوبی دیده می شود (شکل ۵). چرخش خطوط همتراز برای افق های پایین تر (نهایتاً تا دشتک) اما با شدت کمتر نیز دیده می شود (شکل های ۶ و ۷).

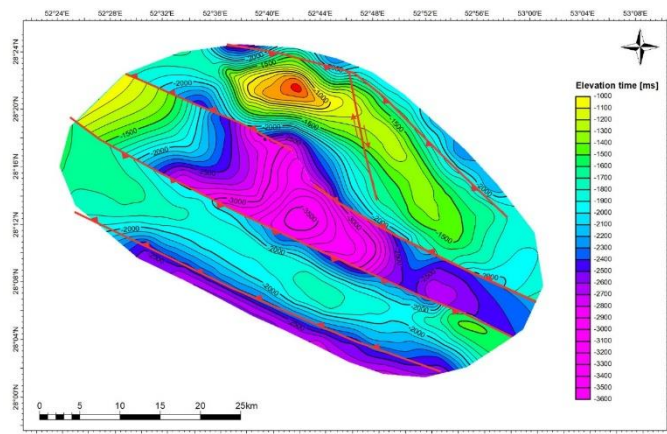
#### ۵- نقشه های همتراز زیرسطحی (UGC) از افق های تاقدیس سفیدزاخو

اغلب نقشه همتراز زیرسطحی برای افق های مخزنی تهیه می شود. در این پژوهش، این نقشه برای سازندهای آسماری، سروک، داریان و کنگان که از افق های مهم مخزنی این منطقه هستند؛ تهیه شده اند (شکل های ۵ تا ۸). این نقشه ها براساس پروفایل های لرزه ای تفسیر شده و داده های چاه موجود تهیه شده اند.

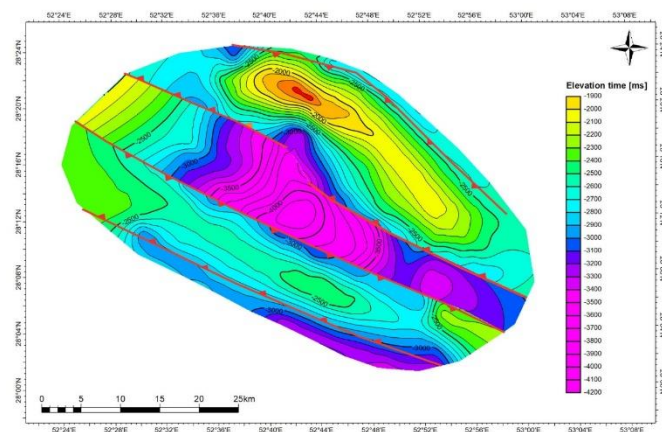
آنچه که به وضوح در این نقشه ها پیداست، گسل های منطقه هستند که باعث چرخش و جابجایی خطوط همتراز شده اند. گسل های راندگی با دو شیب مخالف که تاقدیس سفیدزاخو را در دو یال قطع کرده اند، بر روی



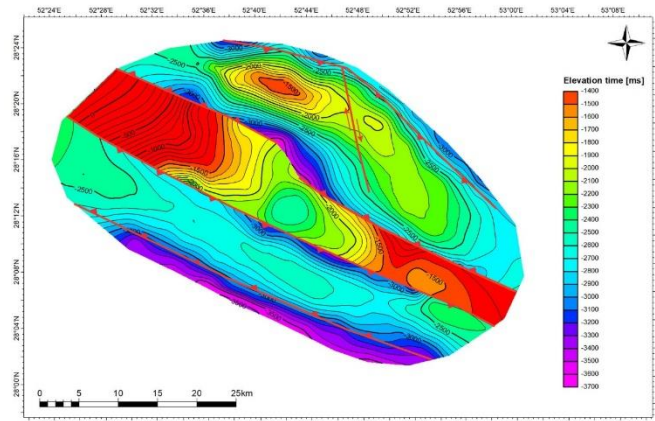
شکل ۵. نقشه همتراز زیر سطحی از افق آسماری در تاقدیس سفیدزاخور.



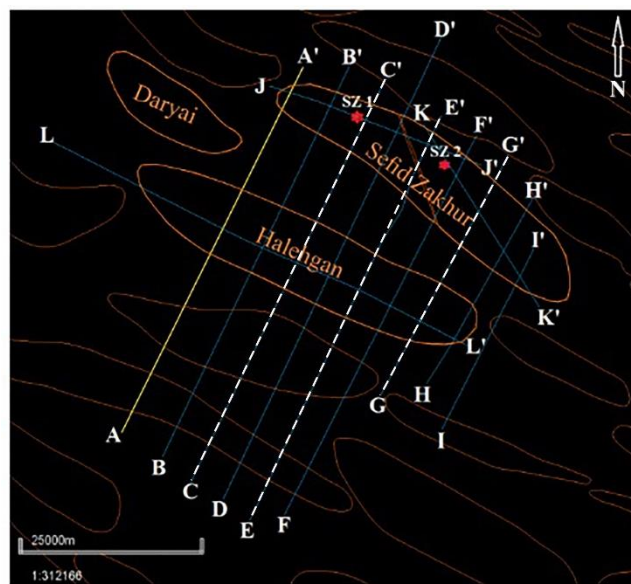
شکل ۶. نقشه همتراز زیر سطحی از افق دالان در تاقدیس سفیدزاخور.



شکل ۷. نقشه همتراز زیر سطحی از افق کنگان در تاقدیس سفیدزاخور.



شکل ۸. نقشه همتراز زیرسطحی از افق سروک در تاقدیس سفیدزاخو.



شکل ۹. موقعیت برش های عرضی CC', EE' و GG' بر روی تاقدیس سفیدزاخو.

## ۶- بررسی تاریخیچه تکتونیکی تاقدیس سفیدزاخو

### ۶-۱- تکامل تاقدیس سفیدزاخو در بخش شرقی (مقطع CC')

همانگونه که از شکل (۱۰) برداشت می شود، تاقدیس هلگان (شکل ۲) در بخش جنوب غربی تاقدیس سفیدزاخو زودتر شروع به تشکیل و رشد کرده است. پس از اعمال فشارش به لایه ها در حالت افقی (بدون دگرشکلی)، ابتدا تاقدیس هلگان به صورت یک چین

جهت نشان دادن تاریخیچه تکتونیکی تاقدیس سفیدزاخو و محاسبه مقدار کوتاه شدگی، سه برش عرضی CC', EE' و GG'، به ترتیب از بخش های غربی، مرکزی و شرقی تاقدیس سفیدزاخو (شکل ۹)، به حالت اولیه (قبل از دگرشکلی) برگردانده شده اند. برگشت به حالت قبل از دگرشکلی، مرحله به مرحله در این سه برش انجام شده است که در ادامه به تفصیل توضیح داده شده است.

است. در بخش غربی تاقدیس ضخامت نهشته تبخیری تریاس (سازند دشتک) تا دو برابر افزایش می یابد که سبب تشکیل یک افق جدایش موثر در میانه پوشش رسوبی شده است. این جدایش باعث جابجایی محل راس تاقدیس در سازندهای سنوزوئیک و مزوزوئیک نسبت به پالئوزوئیک شده است (نجنفی و همکاران، ۱۳۹۲).

## ۲-۶- تکامل تاقدیس سفیدزاخور در بخش

### مرکزی (مقطع EE')

در مقطع EE' نیز تکامل تاقدیس تا حد زیادی مشابه با برش CC' است (شکل ۱۱). در این مقطع نیز ابتدا تاقدیس هلگان بصورت یک چین جدایشی در بخش بالایی افق جدایشی تحتانی (نمک هرمز) ایجاد شده و سپس در طی دگرشکلی پیشرونده، یال جلویی آن گسل خورده و تبدیل به چین های نوع رشدی شده است. تاقدیس سفیدزاخور نیز با روند رشد مشابه با تاقدیس هلگان، در طی افزایش کوتاه شدگی در بخش جلویی تاقدیس هلگان در طی فرآیند دگرشکلی پیشرونده تکامل یافته است. در این مقطع، طول یال پستی تاقدیس سفیدزاخور طول بیشتری نسبت به یال پستی آن در مقاطع دیگر دارد. این امر خود منجر به ایجاد دگرشکلی بیشتر و گسلش های فرعی (نوع راندگی پستی) در این یال شده است (شکل ۱۱). در مرحله نهایی دگرشکلی تاقدیس سفیدزاخور در این مقطع، شیب یال پستی تاقدیس سفیدزاخور بیشتر از یال جلویی آن است. قابل به ذکر است که در این مقطع نیز گسلش های نوع معکوس با شیب مخالف (راندگی های پستی) در مراحل نهایی تکامل ایجاد شده شده اند. به طور کلی، از ساختارهای

جدایشی<sup>۱</sup> با هندسه جعبه ای در بالای افق جدایشی تحتانی (نمک هرمز) تشکیل شده است. در طی دگرشکلی پیشرونده و با کوتاه شدگی بیشتر لایه ها، یال جلویی هلگان دچار گسل خوردگی شده است (به صورت گسل راندگی با شیب زیاد) و تاقدیس هلگان به صورت چین های نوع رشدی<sup>۲</sup> در آمده است. در کوتاه شدگی های بالاتر، انتشار دگرشکلی به سمت شمال شرق اتفاق افتاده است و تاقدیس سفیدزاخور نیز به صورت یک چین جدایشی با هندسه چین های جناغی در بخش شمال شرقی تاقدیس هلگان تشکیل شده است. در طی دگرشکلی پیشرونده، یال جلویی تاقدیس سفیدزاخور نیز دچار گسلش معکوس شده است (نوع چین های رشدی). ادامه یافتن دگرشکلی با افزایش مقدار فشارش و کوتاه شدگی منجر به ایجاد گسل های با شیب مخالف (راندگی های پستی)<sup>۲</sup> در منطقه شده است. ناودیس ایجاد شده بین دو تاقدیس مذکور، نیز در طی این دگرشکلی پیشرونده، دچار دگرشکلی شده و در نهایت توسط یک گسل پستی قطع شده است (شکل ۱۱).

اطلاعات مورد نیاز جهت بازگردان مقطع CC' و همچنین اطلاعات حاصله برای مرحله نهایی دگرشکلی (مرحله الف در شکل ۱۰) و مرحله بدون دگرشکلی (مرحله ی در شکل ۱۰) در جدول های (۱) و (۲) نمایش داده شده است. مقدار کوتاه شدگی بدست آمده برای این برش، براساس طول افق کلیدی آسماری، ۲۰۰۲۷ متر است. درصد کوتاه شدگی این افق در این مقطع، ۴۰ درصد محاسبه شده است. بیشترین مقدار کوتاه شدگی در بخش غربی تاقدیس است. میزان کوتاه شدگی با میزان جابجایی گسل رابطه مستقیم دارد. هرچقدر میزان جابجایی گسل بیشتر باشد مقدار کوتاه شدگی بیشتر

<sup>3</sup> Back thrust

<sup>1</sup> Detachment fold

<sup>2</sup> Fault propagation fold

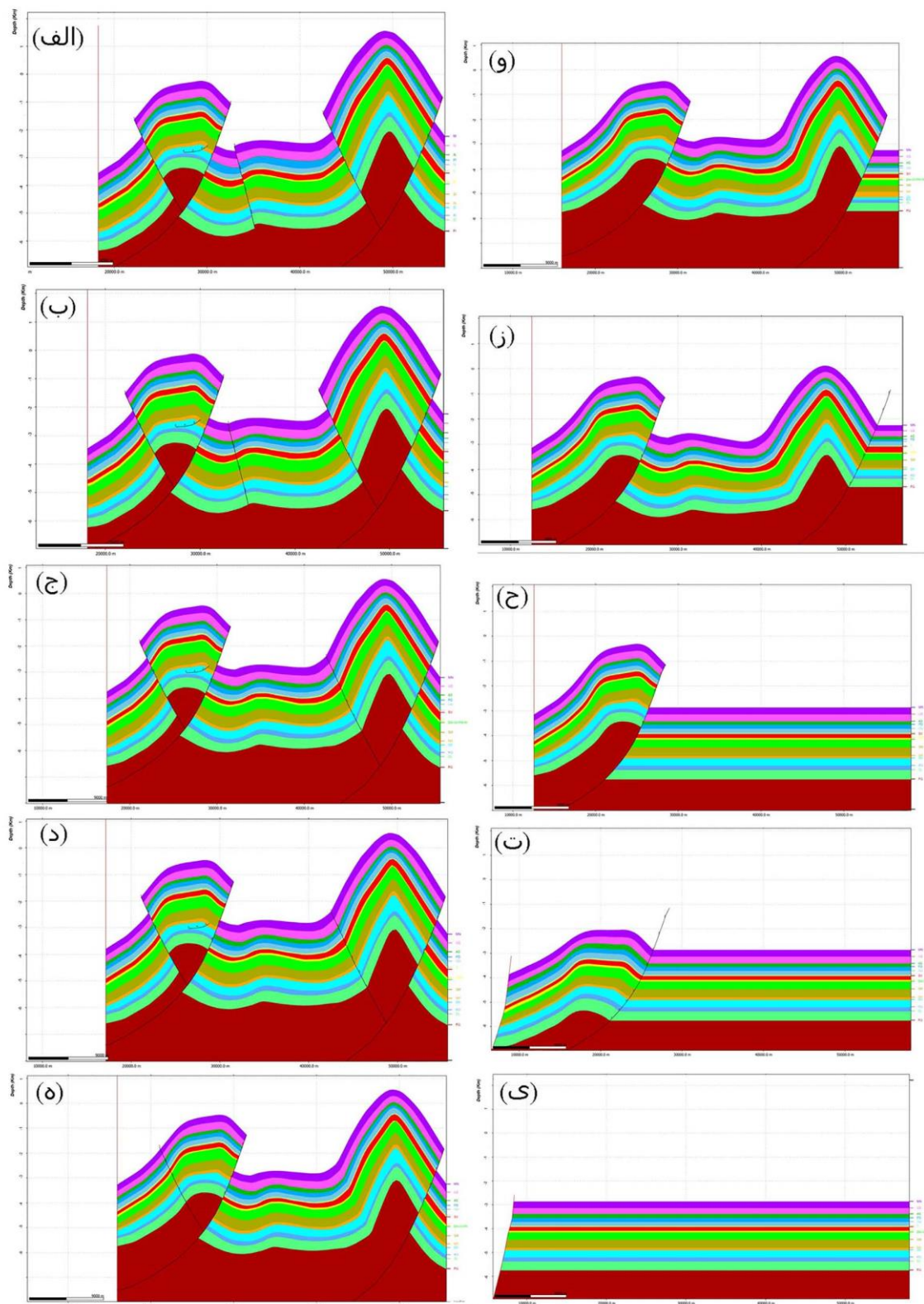


غالب در منطقه در این برش، علاوه بر گسل پرشیب، می‌توان راندگی‌های پیشرونده، راندگی‌های پستی و ساختار دم‌ماهی<sup>۱</sup> را نام برد. در مرحله بدون دگرشکلی یعنی زمانی که لایه‌ها به صورت افقی بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند، افزایش طول لایه‌ها از سطح به عمق دیده می‌شود. کج‌شدگی لایه‌ها در بخش انتهایی مقطع در مرحله بدون دگرشکلی، حاکی از وجود صفحات برشی (یا همان افق‌های جدایشی) در مابین افق‌ها است. اطلاعات مورد نیاز جهت بازگردان مقطع CC' و همچنین

اطلاعات حاصله برای مرحله نهایی دگرشکلی (مرحله الف در شکل ۱۰) و مرحله بدون دگرشکلی (مرحله ی در شکل ۱۰) در جدول‌های (۳) و (۴) نمایش داده شده است. مقدار کوتاه‌شدگی بدست آمده برای این برش، بر اساس طول افق کلیدی آسماری، ۴۸۲۱ متر است. درصد کوتاه‌شدگی در این افق، ۱۰ درصد محاسبه شده است.

---

<sup>1</sup> Fishtile structure



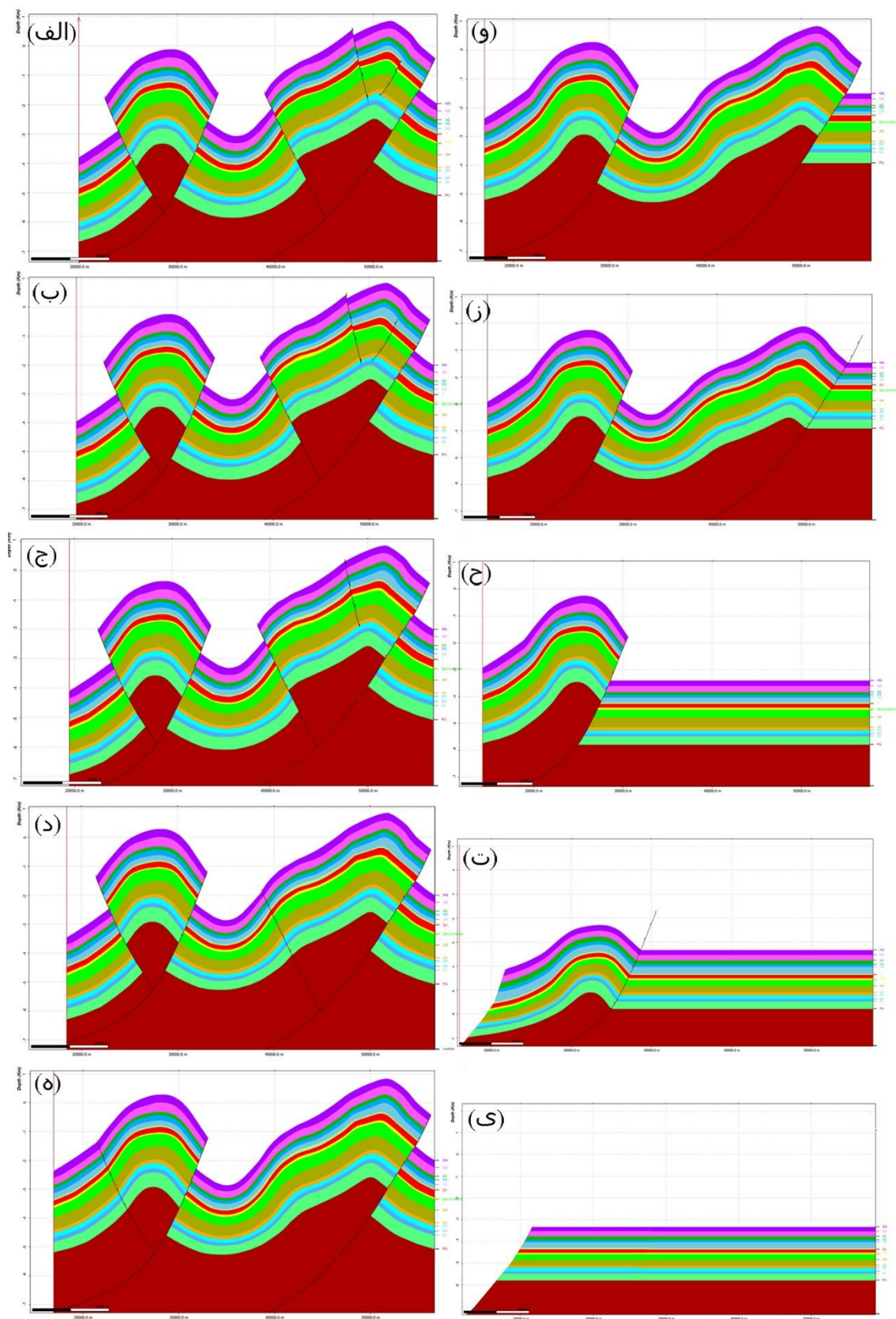
شکل ۱۰. برگردان برش عرضی CC' به حالت اولیه (بدون دگرشکلی). شکل ها به ترتیب از حالت نهایی دگرشکلی یا حالت امروزی (الف) تا حالت بدون دگرشکلی (ی) مرتب شده است.

جدول ۱. داده های مرحله T<sub>1</sub> یا مرحله نهایی دگرشکلی در برش CC' (مرحله الف در شکل ۱۰).

| نام                                            | سن<br>میلیون سال | میانگین ضخامت قائم<br>متر | مساحت<br>متر مربع | طول<br>متر | نرخ رسوبگذاری<br>متر در میلیون سال |
|------------------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| (میشان) MN                                     | 9                | 6475/324                  | 13726693          | 43823.604  | 46.378226                          |
| (گچساران) GS                                   | 16               | 325.388655                | 13817337          | 43885.079  | 29.580787                          |
| (آسماری) AS                                    | 27               | 142.285345                | 4018155.1         | 29934.182  | 6.186319                           |
| (پابده) PD                                     | 50               | 179.403431                | 7562079.3         | 43961.429  | 17.940343                          |
| (گورپی) GU                                     | 60               | 213.338798                | 9009166.3         | 44012.288  | 21.33388                           |
| (ایلام) IL                                     | 70               | 64.440019                 | 2718464.4         | 44022.288  | 4.027501                           |
| (سروک) SV                                      | 86               | 239.942516                | 10197096          | 44116.104  | 11.425834                          |
| (کژدمی) KZH                                    | 107              | 66.998854                 | 2836845           | 44263.229  | 5.583238                           |
| (داریان، گدون،<br>فهلپان، هیث) DA-GV-<br>FA-HI | 119              | 593.958591                | 25750850          | 44314.683  | 9.737026                           |
| (سورمه) SM                                     | 180              | 429.768829                | 11156353          | 27861.905  | 21.488441                          |
| (نیریز) NR                                     | 200              | 134.006759                | 5811915           | 44846.755  | 5.36027                            |
| (دشتک) DK                                      | 225              | 351.472595                | 15163021          | 45099.676  | 14.058904                          |
| (کنگان) KG                                     | 250              | 148.82464                 | 6410738           | 44603.578  | 14.882464                          |
| (دالان) DL                                     | 260              | 455.917695                | 20019996          | 44688.595  | 18.236708                          |
| (فراقون) FG                                    | 285              | 1504.873756               | 75182971          | 45056.416  | -                                  |

جدول ۲. داده های مرحله T<sub>10</sub> یا مرحله بدون دگرشکلی در برش CC' (مرحله ی در شکل ۱۰).

| نام                                            | سن<br>میلیون سال | میانگین ضخامت قائم<br>متر | مساحت<br>متر مربع | طول<br>متر | نرخ رسوبگذاری<br>متر در میلیون سال |
|------------------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| (میشان) MN                                     | 9                | 274.96916                 | 13740857          | 49821.61   | 39.28131                           |
| (گچساران) GS                                   | 16               | 247.84075                 | 12411701          | 49895.01   | 22.53098                           |
| (آسماری) AS                                    | 27               | 166.18456                 | 8322413.1         | 49961.17   | 7.225416                           |
| (پابده) PD                                     | 50               | 166.271                   | 8345939.7         | 50005.52   | 16.6271                            |
| (گورپی) GU                                     | 60               | 164.5024                  | 8272446.8         | 50136.79   | 16.45024                           |
| (ایلام) IL                                     | 70               | 47.183053                 | 2381799.4         | 50266.66   | 2.948941                           |
| (سروک) SV                                      | 86               | 158.93518                 | 8023043.8         | 50303.91   | 7.568342                           |
| (کژدمی) KZH                                    | 107              | 65.822115                 | 3327667.6         | 50429.38   | 5.485176                           |
| (داریان، گدون،<br>فهلپان، هیث) DA-GV-<br>FA-HI | 119              | 312.07838                 | 15824748          | 50481.35   | 5.116039                           |
| (سورمه) SM                                     | 180              | 341.80246                 | 17395845          | 50685.71   | 17.09012                           |
| (نیریز) NR                                     | 200              | 100.39973                 | 5128511.4         | 50875.5    | 4.015989                           |
| (دشتک) DK                                      | 225              | 297.16635                 | 15197386          | 50931.25   | 11.88665                           |
| (کنگان) KG                                     | 250              | 173.7911                  | 8912223.9         | 51124.64   | 17.37911                           |
| (دالان) DL                                     | 260              | 376.16958                 | 19373231          | 51245.4    | 15.04678                           |
| (فراقون) FG                                    | 285              | 1258.4382                 | 65555336          | 51506.77   | -                                  |



شکل ۱۱. برگردان برش عرضی EE' به حالت اولیه (بدون دگرشکلی). شکل ها به ترتیب از حالت نهایی دگرشکلی یا حالت امروزی (الف) تا حالت بدون دگرشکلی (ی) مرتب شده است.



جدول ۳. داده‌های مرحله T<sub>1</sub> یا مرحله نهایی دگرشکلی در برش EE' (مرحله الف در شکل ۱۱).

| نام                                              | سن<br>میلیون سال | میانگین ضخامت قائم<br>متر | مساحت<br>متر مربع | طول<br>متر | نرخ رسوبگذاری<br>متر در میلیون سال |
|--------------------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| MN (میشان)                                       | 9                | 283.81996                 | 11874412          | 42931.17   | 40.54571                           |
| GS (گچساران)                                     | 16               | 306.71756                 | 12871135          | 43083.7    | 27.88342                           |
| AS (آسماری)                                      | 27               | 136.98385                 | 5787195.8         | 43204.02   | 5.955819                           |
| PD (پابده)                                       | 50               | 166.00833                 | 6989759.4         | 43254.2    | 16.60083                           |
| GU (گورپی)                                       | 60               | 175.68706                 | 7431197.3         | 43272.97   | 17.56871                           |
| IL (ایلام)                                       | 70               | 61.794442                 | 2622367           | 43430.61   | 3.862153                           |
| SV (سروک)                                        | 86               | 212.04856                 | 9065262.1         | 43488.61   | 10.09755                           |
| KZH (کزدی)                                       | 107              | 64.319885                 | 2742052.8         | 43650.9    | 5.35999                            |
| (داریان، گدون،<br>فهلپان، هیث) - DA-GV-<br>FA-HI | 119              | 450.19519                 | 19428619          | 43756.59   | 7.380249                           |
| SM (سورمه)                                       | 180              | 476.88924                 | 20809498          | 44000.95   | 23.84446                           |
| NR (نیریز)                                       | 200              | 128.37463                 | 5536883.3         | 43992.9    | 5.134985                           |
| DK (دشتک)                                        | 225              | 209.36423                 | 9062579.8         | 43992.58   | 8.374569                           |
| KG (کنگان)                                       | 250              | 145.40982                 | 6284627.6         | 43911.98   | 14.54098                           |
| DL (دالان)                                       | 260              | 486.89785                 | 21183657          | 43938.19   | 19.47591                           |
| FG (فراقون)                                      | 285              | 2017.5818                 | 96021398          | 44037.73   | -                                  |

جدول ۴. داده‌های مرحله T<sub>10</sub> یا مرحله بدون دگرشکلی در برش EE' (مرحله ی در شکل ۱۱).

| نام                                               | سن<br>میلیون سال | میانگین ضخامت قائم<br>متر | مساحت<br>متر مربع | طول<br>متر | نرخ رسوبگذاری<br>متر در میلیون سال |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| MN (میشان)                                        | 9                | 201.70827                 | 9618993.3         | 47362.97   | 28.81547                           |
| GS (گچساران)                                      | 16               | 233.5976                  | 11221792          | 47647.73   | 21.23615                           |
| AS (آسماری)                                       | 27               | 169.16614                 | 8183544           | 48024.77   | 7.35505                            |
| PD (پابده)                                        | 50               | 102.02144                 | 4956960.9         | 48300.68   | 10.20214                           |
| GU (گورپی)                                        | 60               | 269.2196                  | 13163695          | 48482.55   | 26.92196                           |
| IL (ایلام)                                        | 70               | 59.849213                 | 2944526.8         | 48933.22   | 3.740576                           |
| SV (سروک)                                         | 86               | 148.66067                 | 7348742.2         | 49071.93   | 7.079079                           |
| KZH (کزدی)                                        | 107              | 72.675304                 | 3607143.4         | 49370.72   | 6.056275                           |
| (داریان، گدون،<br>فهلپان، هیث) - DA -<br>GV-FA-HI | 119              | 256.03435                 | 12787756          | 49503.65   | 4.197284                           |
| SM (سورمه)                                        | 180              | 265.17475                 | 13382213          | 49990.01   | 13.25874                           |
| NR (نیریز)                                        | 200              | 102.82404                 | 5229078.7         | 50566.88   | 4.112962                           |
| DK (دشتک)                                         | 225              | 173.75081                 | 8900314.3         | 50780.33   | 6.950032                           |
| KG (کنگان)                                        | 250              | 96.353653                 | 4971624           | 51246.79   | 9.635365                           |
| DL (دالان)                                        | 260              | 312.72011                 | 16289206          | 51508.29   | 12.5088                            |
| FG (فراقون)                                       | 285              | 1574.3517                 | 85853348          | 52281.2    | -                                  |

## ۷- بحث

در فارس مرکزی، گروه کربناته پرمو-تریاس دهرم، مخزن گازی مهمی است که در زیر تبخیری های دشتک قرار گرفته است. سازند دشتک (تریاس) یک افق جدایشی موثر در این منطقه است که توالی پس از تریاس را از سنگ های مخزنی پرمو-تریاس جدا می کند (Sherkati et al., 2006; Sepehr et al., 2006; Motamedi et al., 2012). جدایش ساختاری در طول افق جدایشی میانی (دشتک) باعث ایجاد پیچیدگی در تعیین محل حفر چاه های جدید در گروه دهرام شده است.

سازند دشتک در تاقدیس سفیدزاخو به عنوان افق جدایشی میانی عمل کرده است. هندسه این تاقدیس در راستای افقی و قائم و از بخشی به بخش دیگر متفاوت است. در بخش غربی این تاقدیس، تمایل به سمت شمال بوده و هندسه آن در این بخش، چین جناغی بسته است. این هندسه احتمالاً به دلیل وجود توالی مقاوم و غیرمقاوم ایجاد شده است (Ramsay, 1974; Najafi et al., 2014). لایه های نامقاوم (سازند دشتک)، فضاهای ایجاد شده در ناحیه لولای چین را به صورت ضخیم شدن قله ای در بخش غربی پر کرده است (Ramsay, 1974; Ramsay and Huber, 1987; Najafi et al., 2014). در بخش شرقی، این تاقدیس هندسه چین جعبه ای<sup>۳</sup> را نشان می دهد.

درصد کوتاه شدگی در بخش شرقی تاقدیس سفیدزاخو (۱۱ درصد) کمتر از بخش غربی آن (۴۰ درصد) است. اختلاف میزان کوتاه شدگی در بخش غربی و شرقی تاقدیس در حدود ۱۵۷۱۴ متر است. همچنین ضخیم شدگی قله ای افق جدایشی دشتک نیز در پی این مقدار زیاد کوتاه شدگی، بیشتر در بخش غربی

## ۶-۳- تکامل تاقدیس سفیدزاخو در بخش

### شرقی (مقطع GG')

تاریخچه تکامل تکتونیکی تاقدیس سفیدزاخو در مقطع GG' در بخش شرقی تاقدیس سفیدزاخو مشابه با مقطع CC' در بخش غربی آن است. با این تفاوت که تاقدیس سفیدزاخو در این مقطع، به صورت یک چین جعبه ای تشکیل و رشد یافته است. همچنین، ناودیس تشکیل شده بین دو تاقدیس هلگان و سفیدزاخو در این مقطع، چین نامتقارن با هندسه فشرده با زاویه بین یالی کمتر را نشان می دهد (شکل ۱۲). مقدار کوتاه شدگی جهت ایجاد چین هندسه تشکیل شده در بخش شرقی بسیار کمتر از دو بخش مرکزی و غربی تاقدیس سفیدزاخو است (شکل ۱۲). هندسه تاقدیس سفیدزاخو پس از بریده شدن یال جلویی به وسیله گسل معکوس، به صورت چین های خمش گسلی<sup>۱</sup> باقی مانده است. در این مقطع نیز گسلش های نوع معکوس با شیب مخالف (راندگی های پشتی) در مراحل نهایی تکامل ایجاد شده شده اند.

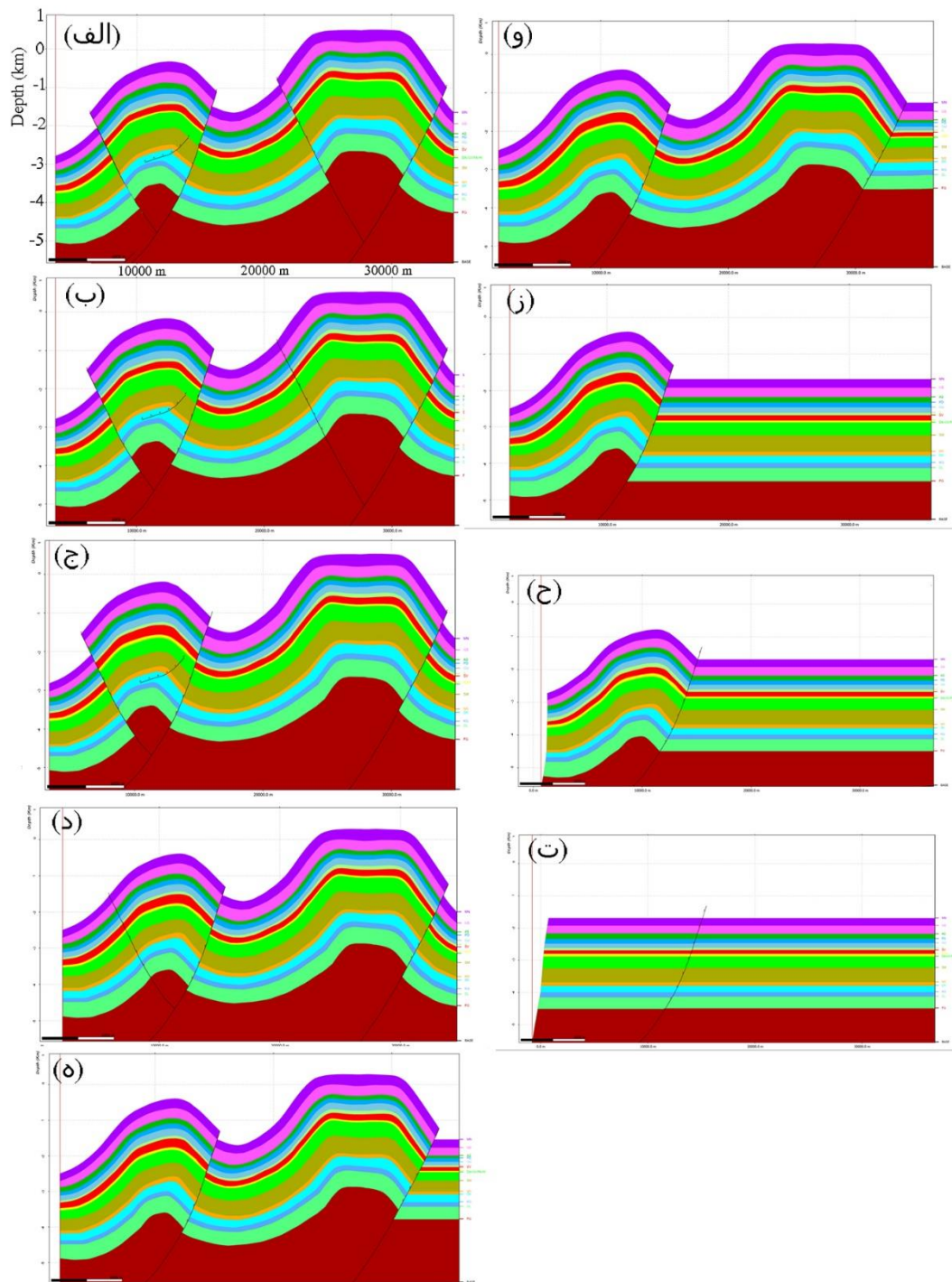
از ساختارهای غالب در این برش، علاوه بر گسل پرشیب، می توان راندگی های پیشرونده، راندگی های پشتی و ساختارهای دم ماهی نام برد. اطلاعات مورد نیاز جهت بازگردان مقطع GG' و همچنین اطلاعات حاصله برای مرحله نهایی دگرشکلی (مرحله الف در شکل ۱۲) و مرحله بدون دگرشکلی (مرحله ت در شکل ۱۲) در جدول های (۵) و (۶) نمایش داده شده است. مقدار کوتاه شدگی بدست آمده برای این برش، بر اساس طول افق کلیدی آسماری، ۴۳۱۳ متر است. درصد کوتاه شدگی در این افق، ۱۱ درصد محاسبه شده است.

<sup>3</sup> Box fold

<sup>1</sup> Fault bend fold

<sup>2</sup> Vergence

مشاهده شده است. این ضخیم شدگی در افق دشتک در چاه شماره یک که تا عمق ۱۹۳۰ متری در قله تاقدیس سفیدزاخو حفر شده است، قابل مشاهده است.



شکل ۱۲. برگردان برش عرضی GG' به حالت اولیه (بدون دگرشکلی). شکل ها به ترتیب از حالت نهایی دگرشکلی یا حالت امروزی (الف) تا حالت بدون دگرشکلی (ت) مرتب شده است.

جدول ۵. داده های مرحله T<sub>1</sub> یا مرحله نهایی دگرشکلی در برش GG' (مرحله الف در شکل ۱۲).

| نام                                              | سن<br>میلیون سال | میانگین ضخامت قائم<br>متر | مساحت<br>متر مربع | طول<br>متر | نرخ رسوبگذاری<br>متر در میلیون سال |
|--------------------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| MN (میشان)                                       | 9                | 295.75385                 | 9798201.8         | 34041.55   | 42.25055                           |
| GS (گچساران)                                     | 16               | 295.23406                 | 9768207.1         | 33919.08   | 26.83946                           |
| AS (آسماری)                                      | 27               | 143.92653                 | 4755791.2         | 33862.46   | 6.257675                           |
| PD (پابده)                                       | 50               | 149.61854                 | 4305461.2         | 29822.21   | 14.96185                           |
| GU (گورپی)                                       | 60               | 184.14491                 | 6047420.2         | 33725.8    | 18.41449                           |
| IL (ایلام)                                       | 70               | 79.504143                 | 2614727           | 33717.37   | 4.969009                           |
| SV (سروک)                                        | 86               | 180.8114                  | 5971328.7         | 33683.72   | 8.610067                           |
| KZH (کژدمی)                                      | 107              | 54.670329                 | 1800305.5         | 33750.43   | 4.555861                           |
| (داریان، گدون،<br>فهلپان، هیث) - DA-GV-<br>FA-HI | 119              | 409.86876                 | 13612987          | 33762.16   | 6.71916                            |
| SM (سورمه)                                       | 180              | 468.84344                 | 15484967          | 33708.89   | 23.44217                           |
| NR (نیریز)                                       | 200              | 111.39476                 | 3716753.4         | 33884.62   | 4.455791                           |
| DK (دشتک)                                        | 225              | 255.33212                 | 8618522           | 33940.77   | 10.21329                           |
| KG (کنگان)                                       | 250              | 149.34352                 | 4966785.4         | 33592.16   | 14.93435                           |
| DL (دالان)                                       | 260              | 462.4831                  | 15544783          | 33602.51   | 18.49932                           |
| FG (فراقون)                                      | 285              | 1171.4616                 | 48158888          | 33701.24   | -                                  |

جدول ۶. داده های مرحله T<sub>9</sub> یا مرحله بدون دگرشکلی در برش GG' (مرحله ت در شکل ۱۲).

| نام                                              | سن<br>میلیون سال | میانگین ضخامت قائم<br>متر | مساحت<br>متر مربع | طول<br>متر | نرخ رسوبگذاری<br>متر در میلیون سال |
|--------------------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| MN (میشان)                                       | 9                | 233.46603                 | 9006493           | 38175.47   | 33.35229                           |
| GS (گچساران)                                     | 16               | 260.33066                 | 10042858          | 38175.47   | 23.66642                           |
| AS (آسماری)                                      | 27               | 145.87325                 | 5627398.3         | 38175.47   | 6.342315                           |
| PD (پابده)                                       | 50               | 136.95179                 | 5283232.5         | 38175.47   | 13.69518                           |
| GU (گورپی)                                       | 60               | 145.87994                 | 5627656.6         | 38175.47   | 14.58799                           |
| IL (ایلام)                                       | 70               | 71.027021                 | 2740031.8         | 38175.47   | 4.439189                           |
| SV (سروک)                                        | 86               | 143.32468                 | 5529081.5         | 38175.47   | 6.824985                           |
| KZH (کژدمی)                                      | 107              | 53.86187                  | 2077846.4         | 38175.47   | 4.488489                           |
| (داریان، گدون،<br>فهلپان، هیث) - DA-GV-<br>FA-HI | 119              | 352.9428                  | 13615586          | 38175.47   | 5.785948                           |
| SM (سورمه)                                       | 180              | 451.46177                 | 17416183          | 38175.47   | 22.57309                           |
| NR (نیریز)                                       | 200              | 109.62652                 | 4229096.9         | 38175.47   | 4.385061                           |
| DK (دشتک)                                        | 225              | 194.79441                 | 7514645.6         | 38175.47   | 7.791777                           |
| KG (کنگان)                                       | 250              | 143.92791                 | 5552352.6         | 38175.47   | 14.39279                           |
| DL (دالان)                                       | 260              | 365.52161                 | 14100843          | 38175.47   | 14.62086                           |
| FG (فراقون)                                      | 285              | 1112.5256                 | 42918252          | 38175.47   | -                                  |



تاقدیس سفیدزاخو، در بخش شرقی خود، یک چین موازی است (Nabiei et al., 2021) و در این بخش، هندسه آن از سطح به عمق تغییری نیافته است. در حالی که در بخش غربی وضعیت به گونه ای دیگر است و جابجایی قله تاقدیس در افق های زیر سازند دشتک دیده می شود. بنابراین، مهمترین فاکتورهای کنترل کننده سبک ساختاری در تاقدیس سفیدزاخو، وجود افق های جدایشی میانی چندگانه (سازند هرمرز بعنوان افق جدایشی قاعده ای اصلی، سازند دشتک به عنوان افق جدایشی اصلی و همچنین سازند شیلی گورپی-پابده به عنوان افق جدایشی فرعی) و مقدار کوتاه شدگی است. هندسه جعبه ای در بخش شرقی این تاقدیس در مقدار کوتاه شدگی کم ایجاد شده است در حالی که در طی فرآیند پیشرونده دگرشکلی با مقدار کوتاه شدگی بیشتر، هندسه این چین به حالت جناغی در بخش غربی آن درآمده است. این نتیجه در تاقدیس های زیادی در زاگرس گزارش شده است (Najafi et al., 2014; Sarkarinejad et al., 2017). ضخیم شدگی قله ای در بخش غربی به دنبال مقدار کوتاه شدگی بیشتر و جهت ایجاد تعادل در دگرشکلی داخلی در افق جدایشی دشتک اتفاق افتاده است.

جدایش در اثر عملکرد افق تبخیری دشتک باعث تغییر مکان و جابجایی قله تاقدیس در کرناتهای پرمو-تریاس گروه دهرام، از مخازن نفتی مهم، نسبت به افق های بالای سطح جدایشی شده است. لذا، بررسی افق های جدایشی در مدیریت این مخازن امری بسیار حیاتی است. همانگونه که از مشاهده مرحله اولیه و نهایی دگرشکلی در سه مقطع بازگردان شده مشاهده شد (شکل های ۱۰، ۱۱ و ۱۲)، در هر سه مقطع به طور کامل شواهد تغییر شکل فشارش و برش وجود دارد. کج شدگی لایه ها در بخش انتهایی مقاطع در مرحله بدون دگرشکلی،

حاکمی از وجود صفحات برشی (یا همان افق های جدایشی) در بین افق ها است. به عبارتی دیگر، منطقه مورد مطالعه بواسطه ترکیب تغییر شکل فشارشی و برشی ایجاد شده است. با نگاه کردن به تصاویر بازگردان شده و در نظر گرفتن ترتیب تشکیل گسل ها (بر اساس سن مرتب شده در مقاطع تفسیر شده در پروفایل های لرزه ای تفسیر شده) می توان برداشت کرد که ابتدا راندگی های پیشرونده ایجاد و سپس با افزایش تغییر شکل راندگی های پستی ایجاد شدند. تغییر شکل منطقه مورد نظر مربوط به شروع تغییر شکل زاگرس بوده و قدیمی تر نیست.

دوری یا نزدیکی نسبت به گسل اصلی برای میزان دگرشکلی در این سه مقطع تاثیر گذار بوده است به گونه ای که میزان دگرشکلی در برش های EE' و CC' بیشتر از برش GG' است.

لایه های رشدی که رسوبات همزمان با تکتونیک را نشان می دهند در افق های مختلفی در بسیاری از تاقدیس های زاگرس گزارش شده اند (Hessami et al., 2001; Sherkati et al., 2005; Mouthereau et al., 2007). لایه های رشدی، زمان دگرشکلی فشارشی را در توالی چینه شناسی نشان می دهند (Mouthereau et al., 2012). در اغلب مطالعات پیشین، سازند گچساران به عنوان لایه قبل از تکتونیک<sup>۱</sup> در نظر گرفته می شود (Homke et al., 2004; Emami et al., 2010; Mouthereau et al., 2012) در صورتی که سازندهای آغاجاری و بختیاری از زمان های میوسن میانی تا پلیوسن به عنوان لایه رشدی در نظر گرفته شده اند (McQuarrie, 2004; Mouthereau et al., 2007, 2012; Agard et al., 2011; Khadivi et al., 2010; Homke et al., 2004; Emami et al., 2010). در تاقدیس سفیدزاخو، لایه های رشدی در عضو کرناته سازند گچساران دیده شد. بنابراین، فشارش و چین خوردگی در این ناحیه در زمان میوسن پیشین

<sup>1</sup> Pre-tectonic



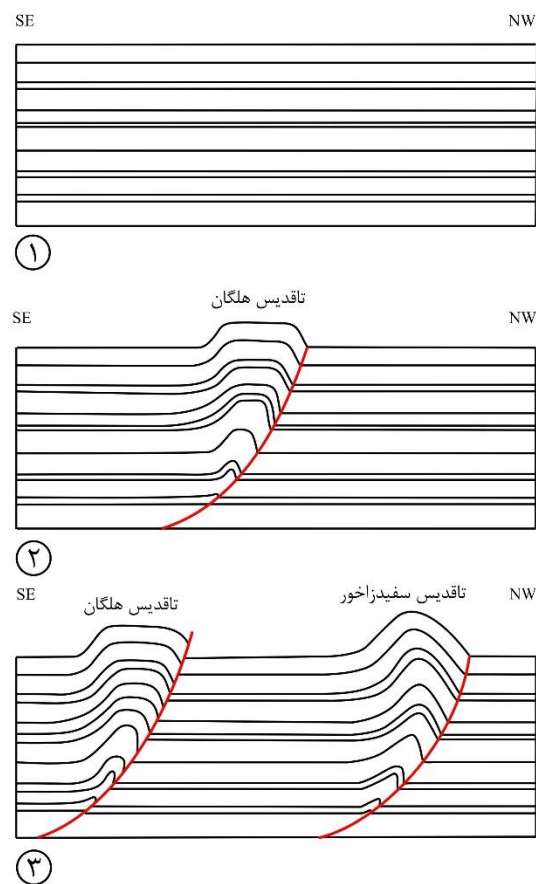
اتفاق افتاده است. در تمامی تصاویر تفسیر شده، افق مهم جدایشی شامل پابده- گورپی، دشتک و نهایتا سازند هرمز است. این سازندها بسیار در تغییر شکل ساختاری میدان سفیدزاخور موثر بوده است. در واقع میدان سفیدزاخور و میدان های اطرافش بر اساس کنش و واکنش نیروی فشارشی منطقه و افق جدایشی شکل گرفته اند.

### ۸- نتیجه گیری

در بخش غربی، تاقدیس هلگان در بخش جنوب غربی تاقدیس سفیدزاخور زودتر شروع به تشکیل و رشد کرده و به صورت یک چین جدایشی<sup>۱</sup> با هندسه جعبه ای در بالای افق جدایشی تحتانی (نمک هرمز) تشکیل شده است (شکل ۱۳). در طی دگرشکلی پیشرونده و با کوتاه شدگی بیشتر لایه ها، یال جلویی هلگان به صورت یک گسل راندگی با شیب زیاد بریده شده است و تاقدیس هلگان به صورت چین های نوع رشدی در آمده است.

در کوتاه شدگی های بالاتر، انتشار دگرشکلی به سمت شمال شرق اتفاق افتاده است و تاقدیس سفیدزاخور نیز به صورت یک چین جدایشی با هندسه چین های جناغی در بخش شمال شرقی تاقدیس هلگان تشکیل شده است. در طی دگرشکلی پیشرونده، یال جلویی تاقدیس سفیدزاخور نیز دچار گسلش معکوس شده است (نوع چین های رشدی). ادامه یافتن دگرشکلی با افزایش مقدار فشارش و کوتاه شدگی منجر به ایجاد گسل های با شیب مخالف (گسل های پستی) در منطقه شده است. ناودیس ایجاد شده بین دو تاقدیس مذکور، نیز در طی این دگرشکلی پیشرونده، دچار دگرشکلی شده و در نهایت توسط یک گسل پستی قطع شده است. از ساختارهای غالب در بخش مرکزی، علاوه بر گسل پرشیب، می توان راندگی های پیشرونده، راندگی های پستی و ساختار دم ماهی را نام برد.

<sup>1</sup> Detachment fold



شکل ۱۳. مدل گرافیکی که مراحل دگرشکلی و تشکیل تاقدیس های هلگان و سفیدزاخور را نشان می دهد.



سفیدزاخور و میدان های اطرافش بر اساس کنش و واکنش نیروی فشارشی منطقه و افق جدایشی شکل گرفته اند.

### قدردانی

نویسندگان این مقاله از از شرکت ملی نفت ایران به دلیل ارائه داده های چاه ها و مشخصات لرزه ای برای این مطالعه تشکر و قدردانی می کنند.

### منابع

- احمدنیا، ع. ح. احسانی، م. اشرف زاده، ا.، معینی، ع.، فرمانی، م.، ۱۳۷۴. گزارش زمین شناسی شماره ۱۸۱۵ تاقدیس سفید زاخور، شرکت ملی نفت ایران، اداره زمین شناسی تحت الارضی.
- صادقیان، ع.ا.، ۱۳۷۵. گزارش پیش بینی چاه اکتشافی سفیدزاخور، شرکت ملی نفت ایران، اداره زمین شناسی تحت الارضی.
- نجفی، م.، یساقی، ع.، ورجس، ج.، بحرودی، ع.، شرکتی، ش.، ۱۳۹۲. تحلیل ساختاری سه بعدی از تاقدیس سفیدزاخور در پهنه فارس، به منظور تعیین هندسه افق مخزن گازی پرموتریاس، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۰.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monié, P., Meyer, B. and Wortel, R., 2011. Zagros orogeny: a subduction-dominated process. Geological Magazine, 148(5-6), pp.692-725.
- Epard, J.L. and Groshong Jr, R.H., 1995. Kinematic model of detachment folding including limb rotation, fixed hinges and

بخش شرقی همانند دو بخش دیگر است با این تفاوت که تاقدیس سفیدزاخور در این مقطع، به صورت یک چین جعبه ای تشکیل و رشد یافته است. همچنین، ناودیس تشکیل شده بین دو تاقدیس هلکان و سفیدزاخور در این مقطع، چین نامتقارن با هندسه فشرده با زاویه بین یالی کمتر را نشان می دهد. مقدار کوتاه شدگی جهت ایجاد چنین هندسه تشکیل شده در بخش شرقی بسیار کمتر از دو بخش مرکزی و غربی تاقدیس سفیدزاخور بوده و هندسه تاقدیس سفیدزاخور پس از بریده شدن یال جلویی به وسیله گسل معکوس، به صورت چین های خمش گسلی<sup>۱</sup> باقی مانده است. در این مقطع نیز گسلش های نوع معکوس با شیب مخالف (راندگی های پستی) در مراحل نهایی تکامل ایجاد شده اند.

بر اساس مقاطع بازگردانده شده در امتداد سه مقطع، منطقه مورد مطالعه بواسطه ترکیب تغییر شکل فشارشی و برشی ایجاد شده است و کج شدگی لایه ها در بخش انتهایی مقاطع در مرحله بدون دگرشکلی، حاکی از وجود صفحات برشی (افق های جدایشی) در مابین واحدهای چینه شناسی است. بر اساس ترتیب تشکیل گسل ها بر اساس مقاطع می توان نتیجه گرفت که ابتدا راندگی های پیشرونده ایجاد و سپس با افزایش تغییر شکل راندگی های پستی ایجاد شدند. تغییر شکل در این منطقه مربوط به شروع تغییر شکل زاگرس بوده و قدیمی تر از آن نیست. با توجه به لایه های رشدی مشاهده شده در عضو کربناته سازند گچساران در تاقدیس سفیدزاخور، فشارش و چین خوردگی در این ناحیه در زمان میوسن پیشین اتفاق افتاده است. وجود افق های جدایشی مهمی همچون پابده-گورپی، دشتک و نهایتا سازند هرمز نشان دهنده آن است که در واقع میدان

<sup>1</sup> Fault bend fold



- detachment horizon on anticline geometry in the Central Frontal Fars, SE Zagros fold belt, Iran. *Mar and pet geol.* 54: 23-36.
- Ramsay, J. G., 1974. Development of chevron folds, Geological Society of America Bulletin, 85(11), pp.1741-1754.
  - Ramsay, J.G. and Huber, M.I., 1987. Modern structural geology. Folds and Fractures, 2, pp.309-700.
  - Sarkarinejad, K., Keshavarz, S., Faghih, A. and Samani, B., 2017. Kinematic analysis of rock flow and deformation temperature of the Sirjan thrust sheet, Zagros Orogen, Iran. *Geological Magazine*, 154(1), pp.147-165.
  - Sepehr, M., Cosgrove, J., Moieni, M., 2006. The impact of cover rock rheology on the style of folding in the Zagros fold-thrust belt. *Tectonophysics* 427(1-4): 265-281.
  - Sherkati, S., Molinaro, M., de Lamotte, D.F. and Letouzey, J., 2005. Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control. *Journal of Structural Geology*, 27(9), pp.1680-1696.
  - Sherkati, S., Letouzey, J. and Frizon de Lamotte, D. 2006. Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation, and sandbox modeling. *Tectonics*, 25(4). <https://doi.org/10.1029/2004TC001766>.
  - Thompson, J. H., McQuillan, V., Roualx, S. J., Ghashghaie, M., 1962. Sub-coastal Fars geological survey, Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division, Tehran
  - layer-parallel strain. *Tectonophysics*, 247 (1-4), pp.85-103.
  - Fossen, H., 2010. *Structural Geology*. Cambridge University. Press, pp. 463.
  - Hessami, K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H., Shabanian, E., 2001. Progressive unconformities within an evolving foreland fold-thrust belt, Zagros Mountains. *J of the Geol Soci.* 158(6): 969-981.
  - Homke, S., Vergés, J., Garcés, M., Emami, H., Karpuz, R., 2004. Magnetostratigraphy of Miocene-Pliocene Zagros foreland deposits in the front of the Push-e Kush arc (Lurestan Province, Iran). *Earth and Planetary Sci. Letters*, 225(3-4): 397-410.
  - Khadivi, S., Mouthereau, F., Larrasoana, J. C., Vergés, J., Lacombe, O., Khademi, E., Beamud, E., Melinte-Dobrinescu, M., Suc, J. P., 2010, Magnetostratigraphy of synorogenic Miocene foreland sediments in the Fars arc of the Zagros Folded Belt (SW Iran). *Basin Research* 22(6): 918-932.
  - Mitra, G. and Marshak, S., 1988. Basic methods of structural geology. New Jersey: Prentice Hall. McQuarrie, N., 2004. Crustal scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran. *J of Struc Geol.* 26(3): 519-535.
  - Mouthereau, F., Tensi, J., Bellahsen, N., Lacombe, O., De Boisgrollier, T., Kargar, S., 2007. Tertiary sequence of deformation in a thin-skinned/thick-skinned collision belt: The Zagros Folded Belt (Fars, Iran). *Tectonics* 26(5).
  - Mouthereau, F., Lacombe, O., Vergés, J., 2012. Building the Zagros collisional orogen: timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence. *Tectonophysics* 532: 27-60.
  - Motamedi, H., Sherkati, S., Sepehr, M., 2012. Structural style variation and its impact on hydrocarbon traps in central Fars, southern Zagros folded belt, Iran. *Journal of Structural Geology* 37: 124-133.
  - Nabiei, M., Yazdjerdi, K., Soleimany, B. and Asadi, A., 2021. Role of Multiple Décollement Horizons in the Structural Style of the Sefid-Zakhr Anticline in the Fars Province, Zagros Belt. *Geotectonics*, pp.1-15
  - Najafi, M., Yassaghi, A., Bahroudi, A., Vergés, J., Sherkati, S., 2014. Impact of the Late Triassic Dashtak intermediate