

# الگوی ساختاری فرونشست قم - آران

نوشته: دکتر سهیلا بوذری\*، دکتر محمدهاشم امامی\*\*

## Structural Modelling of Qom-Aran Depression

By: Dr. S. Bouzari\* & Dr. M. H. Emami\*\*

### چکیده

بر پایه تقسیم بندیهای ساختاری موجود، حوضه فرونشست درون قاره ای قم - آران در پهنه ایران مرکزی جای دارد و از شرایط زمین ساختی حاکم بر این پهنه تبعیت می کند. نوار فرونشسته ای متشکل از حوضه های قم - آران، اردستان - یزد و رفسنجان - زرنند در حد فاصل دو پهنه فرعی برخاسته از سنگهای ایران مرکزی (مثلت میانی در شمال خاور و نوار ماگمایی ارومیه - دختر در جنوب باختر) قرار گرفته است و راستای گسترش آنها با پیروی از روند حاکم شمال باختری - جنوب خاوری می باشد. با فاصله گرفتن از پهنه فرعی ماگمایی ارومیه - دختر به سمت بخش های میانی ایران مرکزی ریخت ساختاری متنوع و روندهای فرعی آشکار گردیده اند. احتمالاً رفتار شکننده بی سنگ متبلور ایران مرکزی در واکنش به نیروهای وارده ضمن ایجاد قطعات گسله با شکل و ابعاد مختلف سبب جابه جایی و حرکت چرخشی آنها نیز شده است که تاثیر نوام این حرکات، ریخت ساختاری درهمی را به وجود آورده است، به گونه ای که در حوضه فرونشست قم - آران سه روند ساختاری شمال باختری - جنوب خاوری (گسل دوازده امام - نره خر کوه)، شمال شمال باختری - جنوب جنوب خاوری (گسل قم - راوند - زفره)، شمال خاوری - جنوب باختری (گسل مرنجاب) رخنمون دارد. طی نتوژن بازشدگی دریای فرمز و حرکت ورقه عربی به سمت شمال موجب اعمال تنش های فشارشی بر فلات ایران گردیده است، در همین رابطه حرکت راستالغز قطعات گسله ایران مرکزی موجب برخی از کششهای محلی از جمله در محل خمیدگی گسل قم - راوند - زفره گردیده که توام با کشیدگی و بازشدگی بوده است. در روند تکاملی حوضه کشیده - جدا شده یاد شده انباشته های رسوبی سازند فرمز بالایی با رخساره محیط قاره ای و متشکل از عضوهای M1, M2, M3 شده است. فرسایش بر خاستگیهای اطراف، خاستگاه واحدهای مذکور بوده، و در حال حاضر به طور عمده با مرز گسله معکوس به صورت بخش برخاسته در حاشیه حوضه فرونشست قم - آران قرار گرفته اند.

تداوم بازشدگی دریای فرمز و اعمال نیروی فشاری در اواخر نتوژن به سمت شمال سبب حرکت چرخشی در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت قطعه گسله قم - آران گردیده است. متناسب با این تحول ساختاری روندهایی همچون شمال خاوری - جنوب باختری (گسل مرنجاب) فعال شده اند، به طوری که این گسل با زاویه حدود ۷۵ درجه نسبت به گسل قم - راوند - زفره قرار گرفته است. مجموعه شرایط ساختاری و رسوبی موجود معرف حوضه کشیده - جدا شده قم - آران است که با پدیده کششی در محل های خمیدگی گسل راستالغز شمال باختری - جنوب خاوری مانند گسل قم - راوند - زفره تشکیل شده است. از سوی دیگر چین خوردگی سازند فرمز بالایی با روند محوری شمال باختری - جنوب خاوری (تاقدیس البرز و سراج) و خاوری - باختری (تاقدیس قلعه سردار) در بخش حاشیه پهنه فرونشست قم - آران نشانگر محدود شدن ابعاد حوضه ناشی از همگرایی مایل خردقطعه جنوبی و ایجاد دالان تنگ در خاور حوضه فرونشست و محدوده قلعه سردار است. حرکات چرخشی یاد شده با خردلرزه های ثبت شده و شواهد ژئوفیزیکی گزارش شده مورد تایید قرار می گیرد که نتیجه آن تقسیم یک پهنه ساختاری به مجموعه قطعات فعال (مرنجاب)، غیر فعال (یخاب)، گرفتار (دراچه نمک) و جدا مانده (دراچه حوض سلطان) شده است.

\*گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

\*\*سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

واژه های کلیدی: فرونشست، راستالغز، کشیده - جدا شده، چرخشی، تراکشی، ترانششی

## Abstract

The intracotinental Qom- Aran depression basin is located in the central Iran zone and correlated with its tectonic environment. Some of the depression basins such as Qom- Aran, Aredstan- Yazd and Rafsanjan- Zarand basins show NW- SE trend and are located between two subordinate uplifted subzones of the central Iran zone (mid triangle subzone in the north and Urumiyeh-Dokhtar volcanic belt in the south). From Urumiyeh- Dokhtar magmatic subzone toward middle parts of the central Iran zone, There are various subordinate trends and morphostructures, Probably due to the affected stress and the reflection of brittle behaviour of the central Iranian crystalline basement, that have produced faulted and rotated blocks with different forms and dimensions as well as the complexity of the morphostructures. Therefore, In the Qom-Aran depression basin, there are three structural trends, NW-SE, SW (Davazdah Emam-Narreh khar kuh fault) NNW- SSE(Qom-Raband - Zefreh - fault) and NE-SW (Maranjab fault) .

During the Neogene, spreading of the Red Sea and movement of Arabian Plate to the north produced compressional stress in the Iranian platform. Strike- slip movements of Central Iranian blocks caused some local extensional movements, such as a long the bended part of Qom- Zefreh fault, and as a result the Qom- Aran pull - a part basin was formed. In the later phases a huge amount of continental facies sediments of the Upper Red Formation and related M1, M2 and M3 members deposited in this basin. The above mentioned deposits are originated by erosion of surrounding uplifted areas. The latter form reliefs which bounded mainly with reverse fault are located in the margin of

the Qom-Aran depression basin. In the late Neogene the continuation of the Red Sea spreading and related compressional stress to the north, caused an anticlock rotational movement of the Qom-Aran block. According to this structural evolution some NE-SW trends (Maranjab Fault) are activated so that, the trend of Maranjab Fault shows 75 degree divergence to the Qom-Ravand - Zefreh faults trend. All structural evidences indicate an extensional movement along the bended parts of the Qom-Ravand - Zefreh strike - slip fault and consequently the formation of the Qom-Aran pull- apart basin. On the other hand, the folding of Upper Red Formation deposits with axial NW-SE (Alborz and Sarajeh anticline) and E-W trends (Qaleh Sardar Anticline) in the border of Qom- Aran depression indicate the limitation of basin dimension due to the oblique convergence of southern sub- block in eastern part of the depression which has produced a narrow folded area in the Qaleh Sardar area. The above mentioned rotational movements are in agreement with geophysical and microseismic data, and resulted the structural subdivisions of the area into active (Maranjab), Passive (Yakhab), captured (Daryacheh- ye - Namak) and isolated (daryacheh-ye - Hozsoltan) blocks.

**Keywords:** Depression, strike- slip, Rotational, transtention, transpression.

## ۱- مقدمه

فلات ایران همچون فلات آنا تولی به دلیل موقعیت ساختاری آن (واقع در لبه شمالی گندوانا و جنوب اوراسیا) دارای پیشینه زمین شناسی پیچیده ای است به گونه ای که در آن ساختهای متنوعی همچون حوضه های فرونشسته زمین ساختی ایجاد شده است و بخش وسیعی را دربر می گیرد. با توجه به نقشه زمین ساخت خاورمیانه با مقیاس ۱:۵۰۰/۰۰۰ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور پیکره های فرونشسته زمین ساختی فلات ایران در مقایسه با دیگر فلاتهای خاورمیانه از تعداد بیشتری برخوردار است که علت آن را باید در پی سنگ منبلور شکستیده و مجاورت قطعات گسله با ویژگیهای سنگ شناسی و ساختاری متنوع جستجو کرد. شکل و ابعاد حوضه های زمین ساختی متغیر است و علاوه بر شرایط زمین ساختی از روند گسله های حاکم بر آن پهنه تبعیت می کند. سبب این زیاد بودن نشسته های نوژن (سازند قرمز بالایی) در این حوضه ها نشانگر بر تکاپو بودن فرآیندهای زمین ساختی و بالا بودن نرخ برخاستگی، فرسایش و فرونشینی در نوژن است، که از نشانه های مهم حوضه رسوبی کشیده - جدا شده درون قاره ای است. برآیند نیروی فشاری وارده سبب جابجایی قطعات گسله بازوند شمال باختری -

جنوب خاوری از جمله در راستای گسل راستالغز راست بر قم - راوند - زفره شده است که توام با بازشدگی در محل خمیدگی گسل مذکور حوضه کشیده - جدا شده قم - آران با مرز گسله را ایجاد کرده که محل مناسبی برای تجمع ته نشسته های آبرفتی محیط کم ژرف قاره ای همچون سازند قرمز بالایی بوده است. با ادامه تنشهای فشاری در اواخر نوژن همراه با فعالیت قطعات گسله، سبب همگرایی و تنگ شدن حوضه گردیده به گونه ای که تکامل آن از الگوی ساختاری مربوطه تبعیت کرده است.

بدین ترتیب از کدام الگوی ساختاری جهت توجه روند تشکیل و تکامل حوضه فرونشست قم - آران می توان بهره گرفت؟ و اصولاً آیا با یک الگو قابل تفسیر است؟ یا باید از تلفیق چند الگو استفاده کرد؟ که گاهی منحصر به شرایط ساختاری حاکم بر پهنه فرونشست قم - آران است؟

از این رو مقاله حاضر ضمن معرفی ویژگی های حوضه فرونشست قم - آران با توجه به داده ها و امکانات موجود سعی در ارائه الگوی ساختاری آن از بدو تشکیل تا شکل امروزی دارد.

## ۲- زمین شناسی عمومی پهنه فرونشست قم - آران

پهنه فرونشست ساختاری قم - آران با بیش از ۱۷۵۰۰ کیلومتر مربع وسعت بخش گود و فروافتاده ای را با بیشینه فرازای ۷۰۰ متر از سطح دریا تشکیل می دهد که توسط برخاستگیهای دوازده امام - نره خرکوه در شمال ، سیاه کوه در خاور، مرنجاب - سفید آب در جنوب و پهنه ماگمایی ارومیه - دختر با بیش از ۲۰۰۰ متر فرازا در باختر احاطه شده است.

قدیمی ترین سنگهای رخنمون یافته در این پهنه سنگهای ماگمایی ائوسن است که در حال حاضر با مرز گسله معکوس به صورت بخش برخاسته در حاشیه فرونشست بیرون زدگی دارد . کهن ترین سنگهای ائوسن در برخاستگیهای باختر و جنوب باختر حوضه فرونشست قم - آران تشکیل شده است و با سنگهای آتشفشانی و آذرآواری تداوم یافته است . بر روی این سنگها ته نشستهای سازند قرمز زیرین با رخساره دریایی کم ژرف و رودخانه ای همراه با آهک سازند قم قرار گرفته است .

امروزه به غیر از برخاستگی سیاه کوه واقع در خاور حوضه که آنجا واحدهای آتشفشانی ائوسن ، سازند قرمز زیرین و آهک سازند قم رخنمون دارد در سایر قسمتها قدیمی ترین واحد را سنگهای آتشفشانی ائوسن تشکیل می دهد ، که برای ، نبود سایر موارد دو احتمال فرسایش و یا عدم تشکیل پیش بینی می شود .

نکته قابل توجه تجمع ته نشستهای رسوبی سازند قرمز بالایی با سه عضو M3 , M2 , M1 است که تنها در بخش داخلی حوضه فرونشست قم - آران تمرکز یافته است . ستبرای سازند قرمز بالایی در سرتاسر گستره پهنه فرونشست یکسان نبوده و با استناد بر داده چاه حفاری خاورسیاه کوه و رخنمونهای سطحی بیشترین ستبرای آن مربوط به خاور حوضه است . در طول فازهای کوه زایی آلیی سازند قرمز بالایی چین خورده و با توجه به ویژگی سنگ شناسی آن همچون سنگ پوشش شرایط مناسبی را برای تجمع ذخایر هیدروکربوری فراهم آورده است که از این نمونه می توان به ناقدیس البرز ، سراج و قلعه سردار اشاره کرد . حوضه گود و فرونشسته دریاچه نمک همچون زهکنی مناسب محل تجمع آبهای جاری سطحی است که با عبور از سازندهای یاد شده به ویژه سازند قرمز بالایی حاوی املاح و مواد محلول فراوان می باشد . شرایط آب و هوای کویری حاکم بر این پهنه سبب گردیده است تا متعاقب فرآیند تبخیر حجم زیادی از کلرور سدیم به همراه سایر کلریدها و گاهی سولفات سدیم در دریاچه نمک تجمع یافته که این ویژگی حوضه را علاوه بر مسایل زمین شناسی و زمین ساختی از دیدگاه اقتصادی نیز با ارزش می نماید .

## ۳- نمای ساختاری فرونشست قم - آران

با توجه به آنچه گذشت فرونشست ساختاری قم - آران توسط برخاستگیهای با مرز گسله احاطه شده است به گونه ای که تشکیل و تغییر شکل ته نشستهای نوژن نشانگر حضور گسلهای مرزی است که تا اواخر میوسن عملکرد تراکشی داشته و از آن زمان به بعد ترفاشاری شده اند، این گسلها عبارتند از :

**پهنه گسله معکوس نره خر کوه - دوازده امام :** این گسل با روند خاوری - باختری تا شمال باختری - جنوب خاوری در شمال پهنه فرونشست قم - آران واقع شده و سبب همبری واحدهای آتشفشانی ائوسن (در دوازده امام)، سازند قرمز زیرین و آهکهای قم (در نره خر کوه) با ته نشستهای سازند قرمز بالایی شده است . عملکرد شاخه های فرعی گسل معکوس نره خرکوه - دوازده امام در میان واحدهای آتشفشانی ائوسن موجب دگرسانی آنها به واحدهای رسی گردیده است . پهنه برخاسته نره خر کوه - دوازده امام همچون مرزی در حد فاصل پهنه فرونشسته قم - آران در جنوب و پهنه فرونشسته گرمسار در شمال قرار دارد .

**پهنه گسله معکوس سیاه کوه :** پهنه این گسله با روند خاوری - باختری تا شمال باختری - جنوب خاوری بوده و ضمن قطع یال جنوبی ناقدیس سیاه کوه موجب همبری آهکهای قم و سنگهای آتشفشانی ائوسن با سازند قرمز بالایی شده است . رخنمون بودینهایی از جنس آهک قم در طول گسل معکوس سیاه کوه به سمت خاور نشان از تغییر عملکرد گسل از تراکشی به ترفاشاری در اواخر میوسن - اوایل پلیوسن (نوژن) دارد . اگرچه گسل سیاه کوه در ادامه گسل دوازده امام - نره خر کوه به سمت خاور - جنوب خاور قرار دارد اما این تداوم با حدود ۱۸ کیلومتر جابجایی راستالغزراست بر همراه است .

**پهنه گسله معکوس مرنجاب - سفید آب :** روند غالب پهنه گسله مرنجاب - سفید آب شمال خاوری - جنوب باختری است که حد جنوبی پهنه فرونشست قم - آران را تشکیل می دهد . شواهدی همچون رویش خطی پوشش گیاهی در طول حاشیه جنوبی دریاچه نمک ، برخاستگی خطی تپه های ماسه ای مرتفع و حضور پهنه های دگرسان شده سیلپسی نشانگر محل عبور گسل مرنجاب و عملکرد معکوس با شیب زیاد آن است . آخرین عملکرد این گسله بسیار جوان بوده بطوریکه موجب کنترل گستره تلماسه ها و همبری خطی آنها با آبرفتهای جوان کواترنری شده است . در ادامه این گسل به سمت خاور سنگهای آتشفشانی ائوسن با حدود ۹۵۰ متر فرازا رخنمون دارد که در سفیدابه ضمن تشکیل برخاستگی گسله (بیش از



خاوری - باختری جنوب باختری در جزیره سرگردان اشاره کرد که بر اساس شواهد روی زمین و مطالعات زیر سطحی یک رخنمون گسله بوده و بخش برخاسته ای با حدود ۷۰ متر فرازا را نسبت به پهنه نمکی بخش میانی پهنه فرونشسته دریاچه نمک سبب گردیده است.

عملکرد نیروی فشاری در اواخر نئوژن ضمن کاهش وسعت حوضه موجب چین خوردگی سازند قرمز بالایی نیز شده است به گونه ای که سبب رخنمون تاقدیسه‌های سراج و البرز با روند محوری شمال باختری - جنوب خاوری در باختر و تاقدیس قلعہ سردار در خاور حوضه شده است. یال جنوبی تاقدیسه‌های سراج و البرز تحت تاثیر عملکرد گسله معکوس قرار گرفته و سازند قرمز بالایی در راستای گسله‌های یادشده با ته نشستهای جوان کواترنری همسبب دارد. همچنین ساختمانهای چین خورده مذکور در معرض عملکرد دیگر گسله‌ها نیز واقع شده و در محل دماغه تاقدیس سراج فرونشست فرعی چدیراسب تشکیل و یال شمالی تاقدیس سراج حدود ۱۰۰ متر پایین افتاده است.

بدین ترتیب می توان دریافت که پهنه فرونشست قم - آران از مجموعه ساختمانهای چین خورده و گسله تشکیل شده، عملکرد امروزی گسله معکوس بوده و همروند بودن محور چین ها با روند گسله‌ها نشان از عامل ایجاد کننده با راستای مشابه دارد. از سوی دیگر ظهور روندهای متنوع با ساختمانهای گوناگون در پهنه ای با وسعت محدود نشانگر تاثیر عوامل متعدد ساختاری است.

#### ۴- داده های ژئوفیزیکی پهنه فرونشست قم - آران

از آنجاییکه داده های ژئوفیزیکی پیرامون نحوه عملکرد و گسترش ساختمانهای زمین شناسی بسیار اندک می باشد لذا صرفاً با استناد به اطلاعات سطحی الگوی ارائه شده پیرامون تکوین، تکامل و تحول ساختمانهای زمین شناسی بسیار سطحی، خام و جای بحث فراوان خواهد داشت. از این رو جهت دسترسی به الگوی مناسب سعی به ارائه اندک اطلاعات موجود براساس کارهای انجام گرفته توسط (Dehghani and Makris 1981) شده است

ستبرای پوسته در محدوده حوضه تبخیری دریاچه نمک و دریاچه حوض سلطان با روند شمال باختری - جنوب خاوری کاهش یافته (بر اساس منحنیهای ثقلی بوگه)، همچنین از ستبرای پوسته به سمت جنوب خاوری دریاچه نمک کاسته و نزدیک ۳۹ کیلومتر می باشد که بانزدیکی به برخاستگیهای آتشفشانی ارومیه - دختر میزان آن افزوده و به بیش از ۴۴ کیلومتری رسد و این در صورتی است که پوسته در برخاستگیهای سیاه

۱۴۰۰ متر فرازا) با پرتگاه گسله همسبب با پهنه فرونشسته دارد. وجود پهنه های دگرسان شده سیلیسی، اکسیدی در سنگهای آذرین و حضور سنگهای کربناته از جنس تراورتن همراه با چشمه دارای املاح گوناگون در منطقه سفید آب ردپایی از حضور فعال این پهنه گسله می باشد در طول پهنه گسله مرنجاب - سفید آب یادزندهای آبرفتی حضور چند باره دارند و به سمت حوضه در شمال جریان دارند. از مجموعه شواهد موجود چنین برمی آید که بخش خاوری حوضه دریاچه نمک تمایل گسترش به سمت باختر را دارد.

**پهنه گسله معکوس قم - راوند:** راستای پهنه گسله قم - راوند متغیر اما در کل با روند شمال باختری - جنوب خاوری در بخش باختری حوضه قرار دارد. در طول گسل خمیده مذکور ساختمانهای زمین ساختی متعددی ایجاد و رخنمون یافته است.

حوالی شوراب با تغییر روند از N135 به N150 - 160 پهنه کم فشاری را به وجود آورده که محل خروج گنبدهای نمکی و به هم ریختگی واحدهای سنگی است. این گسل با عبور از یال خاوری و بخش محوری مایل تاقدیس واقع در این بخش که قدیمی ترین واحد سنگی تشکیل دهنده آن سنگهای آتشفشانی اتوسن است موجب جابه جایی افقی، ایجاد اختلاف فرازا، حذف و گاهی تغییر شیب یال خاوری گردیده است. این گسل حوالی معدن متروکه گنج در شمال خاورده نار عملکرد رانندگی داشته و موجب رانندگی آهکهای سازند قم بر روی سازند قرمز زیرین شده است. برخاستگی واحدهای آتشفشانی اتوسن در طول گسل راوند و مجاورت آن با پهنه فرونشست قم - آران نشانگر عملکرد معکوس و حرکت شاغولی قطعات گسله به سمت بالا است، به گونه ای که بخش برخاسته ای با بیش از ۲۷۰۰ متر فرازا را تشکیل داده است. کشیدگی و بودینه شدن آهک قم در طول گسل قم - راوند در حوالی راوند نشانگر تفاوت عملکرد گسل از تراکشی در میوسن به ترا فشاری در اواخر میوسن - اوایل پلیوسن است. شواهدی از عملکرد گسل طی دوره کواترنری به ثبت رسیده به گونه ای که ظهور چشمه های تراورتن ساز در حوالی پادگان بافرالعلوم و روستای خزاق نشانگر این فرآیند است. همچنین مجاورت کنگلومرا پلیو - پلیستوسن با آبرفتیهای کواترنری در سن سن نشان از معکوس و پر شیب بودن گسل است. یادزندهای آبرفتی در این بخش بسیار فعال و پر شیب می باشند.

در پی رفتار شکنده سنگهای آتشفشانی اتوسن پهنه های گسله تشکیل و با فعالیت مجدد برخی از گسلهای پسی سنگی را سبب گردیده که در این رابطه می توان به رخنمون سنگهای آتشفشانی اتوسن با روند خاوری شمال

در بخش میانی پهنه فرونشست قم - آران به ویژه در گستره دریاچه نمک و حوض سلطان پهنه ای نسبتاً پایدار با خردلرزه های اندک رخنمون دارد که بزرگی آنها کم و بیشتر بین ۱ تا ۳ بوده و مربوط به ژرفای ۲۰ تا بیش از ۲۵ کیلومتر هستند. نکته جالب توجه در این بخش توزیع خردلرزه ها و ارتباط آنها با پهنه های گسلی و انطباق راستای گسترش خردلرزه ها با روند ساختاری گسلی حاکم بر پهنه فرونشست قم - آران است. همانگونه که در نقشه مشاهده می شود پهنه های با فعالیت لرزه خیزی شدید در مجاورت پهنه های نسبتاً آرام و بدون فعالیت لرزه ای مثل دریاچه نمک و حوض سلطان و یخآب قرار گرفته است.

#### ۶ - دلایل انتخاب الگو

با توجه به آنچه گذشت سوالهای زیر مطرح می باشد که در راستای پاسخگویی به آنها الگوی مربوطه ارائه می گردد:

۱) پهنه رخنمون یافته یخآب با روند N120 نسبت به بخشهای بیرون زده از همان جنس در شمال نائین با روند N130 حدود ۱۰ درجه جابجایی و اگر در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت یافته است. خطواره های گسلی پهنه یخآب نیز با نزدیکی به پهنه برخاسته گسل مرنجاب - سفید آب تغییر روند تدریجی داشته به گونه ای که از N120 به N110، N100، N080، N070 تغییر می یابد. این تغییر تدریجی روند به سمت شمال را با چه الگویی می توان توجیه کرد؟

۲) چنانچه سنگهای ماگمایی رخنمون یافته در پهنه یخآب، مرنجاب - سفید آب مربوط به ابر قطعه ماگمایی ارومیه - دختر باشد و از طریق دایکهای تغذیه کننده در یک سازوکار کششی رشد و گسترش یافته باشد در اینصورت دایکهای پهنه برخاسته مرنجاب، سفید آب باید همچون دیگر دایکهای ابر قطعه ماگمایی ارومیه - دختر روند شمال باختری - جنوب خاوری داشته باشند و این در صورتی است که دایکهای رخنمون یافته در پهنه سفید آب روند شمال خاوری - جنوب باختری دارند، چرا؟

۳) آنجا که پهنه گسلی مرنجاب - سفید آب در نزدیکترین فاصله نسبت به پهنه برخاسته و گسلی سیاه کوه قرار دارد، سازند قرمز بالایی به شدت چین خورده و به هم ریختگیهای ساختاری همراه خمیدگی در محور چینها از شدت بیشتری برخوردار است. این تنگ شدگی، چین خوردگی و بهم ریختگی ساختاری در منتهی الیه جنوب خاوری حوضه تخییری دریاچه نمک یا خاور حوضه فرونشست راباچه الگویی می توان توجیه کرد؟

۴- اگر چه اطلاعات لرزه ای به ثبت رسیده (طی صد سال اخیر) و خردلرزه های چهار سال اخیر صد درصد قابل اعتماد نبوده و محل رو مرکز آنها دارای خطا است اما در حالت کلی نشانگر فراوانی زلزله در بخشهایی

کوه، نره خر کوه، دوازده امام حدود ۴۳ کیلومتر می باشد. کاهش مستبرای پوسته از برخاستگیهای پهنه ماگمایی ارومیه - دختر به سمت شمال خاور را می توان نتیجه جنس زیر ساخت پهنه یعنی سنگهای ماگمایی ائوسن دانست (بر اساس اطلاعات نقلی ناحیه ای بوگه) اما پهنه فرونشست قم - آران فعال بوده و تاکنون بخش خاوری - جنوب خاوری آن به تعادل نرسیده است (داده های ناهنجاری ایزوستازی).

#### ۵- داده های لرزه ای پهنه فرونشست قم - آران

با داشتن داده های لرزه ای و به ویژه خردلرزه های مربوط به یک پهنه میتوان از نکاپو و یا عدم تکاپوی آن مطلع شد، ضمناً همبندی بخشها و قطعات گسله را در کنار یکدیگر توجیه نمود و همچنین روند تکامل، تحول و ژرفای تحولات منطقه را پیش بینی کرد.

بر اساس داده های لرزه ای استخراج شده توسط شبکه جهانی USCGS و ISC طی سالهای ۱۹۰۰ لغایت ۱۹۹۷ پهنه گسله نره خر کوه - دوازده امام، پهنه گسله سیاه کوه، منطقه قلعه سردار، پهنه گسل قم - راوند فعال بوده و این در صورتی است که در بخش میانی فرونشست یا محدوده دریاچه نمک - حوض سلطان تقریباً زمین لرزه ای ثبت نشده است (شکل ۱).

خردلرزه های ثبت شده توسط شبکه جدید التاسیس رقومی زلزله نگار البرز مرکزی طی سالهای ۱۹۹۶ لغایت ۲۰۰۱ نشانگر این واقعیت است که بیش از نیمی از خردلرزه ها مربوط به ژرفای بین ۱۵ تا ۲۵ کیلومتر و حدود ۱۰ درصد آنها برخاسته از بخشهای ژرف ترین ۲۵ تا ۳۰ کیلومتر هستند (شکل ۲). با توجه به مستبرای نه نشستهای رسوبی واقع بر روی سنگهای ماگمایی ائوسن به گمان بیشتر خردلرزه های کم ژرف به ثبت رسیده در محدوده سنگهای ماگمایی ائوسن باشند.

بیشتر خردلرزه ها بزرگی بین ۱ تا ۳ داشته درصد کمی بزرگی بین ۳ و ۴ دارند (شکل ۳). در شمال دریاچه نمک واقع در طول پهنه گسله دوازده امام - نره خر کوه و شمال گسل سیاه کوه بزرگی خردلرزه های رویداده بین ۲ تا ۳ بوده و ژرفای چیره آنها بین ۱۵ تا ۲۵ کیلومتر است. جنوب دریاچه نمک خردلرزه های به ثبت رسیده ضمن بزرگی کم اغلب مربوط به ژرفای ۱۵ تا ۲۵ کیلومتر هستند. این خردلرزه ها آنجا که پهنه گسله مرنجاب - سفید آب با پهنه گسله سیاه کوه واقع در خاور حوضه ارتباط گوه ای دارد بیشترین تمرکز را دارند. خردلرزه های ثبت شده در خاور و جنوب خاور دریاچه نمک مربوط به ژرفای متوسط تا به نسبت زیاد بوده و بزرگی آنها کم است. جنوب پهنه گسلی مرنجاب - سفید آب (پهنه برخاسته یخآب) از تعداد خردلرزه ها کاسته شده به طوری که تقریباً فاقد خردلرزه است.



از پهنه فرونشست قم - آران است. مثلاً چرا سرتاسر پهنه گسلی مرنجاب - سفیدآب فقط آنجا که به گسل سیاه کوه نزدیک می شود فعالیت لرزه ای از فراوانی بیشتری برخوردار می گردد و در دیگر بخشهای این گسل وضع نسبتاً عادی است؟ در این صورت این توزیع ناهمگون راباچه الگویی می توان توجیه کرد؟ و اصولاً چرا مناطق بافعالیت لرزه ای کم در مجاورت پهنه های فعال قرار گرفته اند؟

از سوی دیگر وجود ویژگیهایی چون:

- ۱- قدمت بیش از ده میلیون سال این قبیل حوضه ها (۲۳ میلیون سال در مورد حوضه فرونشست نئوژن قم - آران)
- ۲- تکامل حوضه به گونه ای که بخشهای قدیمی تر در محل تماس قطعات جوانتر قرار دارد (مجاورت قطعه یخآب با حوضه های جوانتر در طول گسل ترافشارشی موجود). در چنین مناطقی حرکت قطعات گسلی نسبت به پهنه گسل اصلی واگراست مانند واگرایی گسل مرنجاب - سفیدآب و پهنه گسلی یخآب نسبت به گسل اصلی پی سنگی قم - راوند - زفره.
- ۳- تشکیل و تکوین حوضه در طول گسلهای راستالغز خمیده انجام می گیرد، مانند وقایع کشیدگی و فشردگی در طول گسل خمیده قم - راوند - زفره.
- ۴- فعالیت لرزه خیزی قابل توجه که اغلب در پیرامون حوضه به ثبت رسیده است، همچون فراوانی لرزه های به ثبت رسیده در طول حاشیه های حوضه فرونشست قم - آران.
- ۵- کمبود یافتن رسوبات اقیانوسی در توالی چینه های رخنمون یافته داخل و حاشیه حوضه، از زمان نئوژن توالی چینه ای پهنه فرونشست قم - آران شامل رسوبات رودخانه ای، سازند قرمز بالایی با توالی متغیر از چند صد متر در باختر تا چند هزار متر در خاور است، البته پیش از این نیز هیچیک از واحدهای سنگی اتوسن، سازند قرمز زیرین و سازند قم در محیطهای اقیانوسی تشکیل نشده اند و شواهد مربوط به رخساره سنگی آنها نشانگر حداکثر حاکمیت محیط دریای کم ژرفا در منطقه است.
- ۶- ستبرای بسیار زیاد رسوبات که نشانگر سرعت بالای ته نشینی است، مانند ستبرای بیش از چند هزار متر سازند قرمز بالایی.
- ۷- قرار گیری برخاستگیها به صورت راندگی در پیرامون حوضه، همچون برخاستگیهای دوازده امام، نره خرکوه، سیاه کوه، سفیدآب و سنگهای ماگمایی اتوسن ارومیه - دختر با مرز گسل معکوس در مجاورت پهنه فرونشست قم - آران.
- ۸- تشکیل ساختهای گسلی با جابجایی چرخشی نسبت به امتداد گسل اصلی، مانند پهنه گسلی یخآب که نسبت به روند گسل قم - راوند ۴۰ درجه

خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت چرخیده و حرکت واگرا دارد و با یک تغییر تدریجی در نهایت پهنه گسلی مرنجاب - سفیدآب نیز نسبت به پهنه گسلی یخآب بازویه واگرایی ۳۵ درجه خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت قرار گرفته است. بدین ترتیب قطعات گسلی نسبت به ابر گسل خمیده قم - راوند با حرکت واگرا که بر مقدار واگرایی در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت افزوده می گردد، قرار گرفته اند.

- ۹- تشکیل چینه های زمین ساختی که موازی و یا به شکلهای نردبانی کنار یکدیگر واقع شده اند، مانند چینه های البرز و سراج در باختر و چینه های قلعه سردار در خاور حوضه فرونشست قم - آران که در هر دو مورد چین خوردگی در سازند قرمز بالایی به وقوع پیوسته است.
  - ۱۰- بردگی نامتقارن حوضه در مقطع عرضی و طولی که ناشی از عملکرد گسلهای حاشیه حوضه است، مانند تغییر ستبرای سازند قرمز بالایی در باختر (بر اساس اطلاعات حاصل از چاه حفاری سراج در باختر حدود ۲۴۵۰ متر) و خاور حوضه فرونشست - قم - آران (ستبرای رخنمونهای سطحی سازند قرمز بالایی در خاور و شمال خاور بیش از ۶۰۰۰ متر است).
  - ۱۱- فقدان یا حضور مختصر فرآیند دگرگونی، در حواشی و بخش میانی پهنه فرونشست قم - آران شواهدی از فرآیند دگرگونی رخنمون نافته است.
  - ۱۲- با عملکرد ترافشارشی گسلهای حاشیه حوضه نواحی مرتفع به صورت بخشهای برخاسته باقی مانده و همچون منبعی در تامین ته نشستهای رسوبی بخش گود میانی نقش دارند. عملکرد ترافشارشی امروزی گسلهای قم - راوند، مرنجاب - سفیدآب، دوازده امام - نره خرکوه و سیاه کوه در برخاستگی ارتفاعات مجاور و تغذیه حوضه فرونشست قم - آران حداقل از نئوژن تاکنون مؤثر بوده است.
- ویژگیهای یادشده از مشخصات حوضه های کشیده - جدا شده می باشد و همگی قابل انطباق بر پهنه فرونشست قم - آران است.
- به طور کلی حوضه های کشیده - جدا شده از جمله ساختهای وابسته به گسلهای راستالغزی سنگی هستند که توسعه و گسترش آنها نتیجه جابجایی این گسلها است. در طول گسلهای راستالغز حوضه های مرتبطی به وجود آمده که در نتیجه حرکات مستقل و چرخش قطعات گسلی نسبت به پهنه گسلی اصلی حوضه های کشیده - جدا شده شکل می گیرند. (Ramsay & Huber (1987) حواشی حوضه های حاصله رامحل تمرکز ساختهای فشاری و خصوصاً گسلهای راندگی معرفی کرده اند. (McClay & Dooley (1995) عامل اصلی تشکیل حوضه های کشیده - جدا شده رابه حرکات آهسته پهنه های گسل راستالغز

ارومیه - دختر عملکرده است ، زیرا قسمتهایی از ابر قطعه ماگمایی ارومیه - دختر فاقد سازندهای تشکیل شده طی دوره الیگوسن و الیگو - میوسن است. علاوه بر نبود برخی از واحدها ، ستبرای سازندهای قرمز زیرین و سازند قم نیز در برخاستگیهای اطراف فرونشست قم - آران متغیر است .

تحولات زمین شناسی در پهنه ایران مرکزی از پیچیدگی ویژه ای برخوردار است زیرا در طول مرحله قبل از کافت حوضه بارها دستخوش نیروهای فشاری و کششی قرار گرفته اما توالی رسوبی تقریباً هیچگاه قطع نشده است. از سوی دیگر در لبه قطعات آنجا که یکی به دیگری تبدیل می شود و پهنه های گسلی خمیده هستند ، انتظار تحولات ساختاری می رود . در عبور از پهنه ماگمایی ارومیه - دختر به بخش مثلث میانی ایران مرکزی که علاوه بر سنگهای ماگمایی اتوسن محل تجمع ته نشستهای رسوبی قاره ای سازند قرمز زیرین و سازند دریایی قم است شرایط مساعد برای تشکیل حوضه فرونشست قم - آران فراهم بوده است ( شکل ۴ ) .

۲-۲- مرحله همزمان کافت ( Syn - rift ) : شروع حرکات کششی ، تراکشی گسل خمیده قم - راوند در محل خمیدگی یا رهایی گسل بازشدگی را سبب گردیده که محل تشکیل حوضه کشیده - جدا شده قم - آران است ( شکل ۵ ) . البته در طول گسترش گسل خمیده راستالغز قم - راوند - زفره با روند متنوع انتظار تشکیل ساختهای کشیده - جدا شده دیگری نیز می رود . مجموعه سازوکارهای کششی محلی که در طول گسل پی سنگی قم - راوند - زفره به وقوع پیوسته سبب گردید تا حوضه فرونشسته قم - آران با پی سنگ متشکل از سنگهای ماگمایی اتوسن توسط برخاستگیهای از سنگهای اتوسن ، الیگوسن و الیگو میوسن بامرز گسلی احاطه گردد .

با توجه به رخساره سنگی ته نشستهای رسوبی همزمان کافت یا سازند قرمز بالایی ، حوضه مذکور دچار تحولاتی شده است ، که مختصری از آن به شرح زیر می باشد :

الف ) مرحله تشکیل حوضه کشیده - جدا شده قم - آران: در ابتدا امر به دلیل حرکت شاغولی گسلهای راستالغز کنترل کننده حاشیه حوضه ، برخاستگی در طول گسلهای مذکور ندوم یافته و تحت تاثیر فرآیند موثر در فرسایش موجب تغذیه حوضه فرونشست قم - آران از مواد حاصله توسط رودخانه های جاری به شکل بادبزنیهای آبرفتی شده است . به علاوه این گسله علاوه بر حرکت شاغولی ، جابه جایی راستالغز راست بر نیز داشته به گونه ای که سبب تشکیل بودینهای آهکی سازند قم در طول گسلهای راوند و سیاه کوه شده است . تحت چنین شرایطی واحد رسوبی همزمان با تشکیل

پی سنگی و رها سازی تدریجی انرژی نسبت داده اند . تشکیل حوضه های کشیده - جدا شده نشانگر سازوکار تراکشی ، با راستای مایل و توسعه شکستگیها بر روی گسلهای راستالغز است که تمایل به برقراری تعادل الاستیک بین ترکهای نردبانی وجود دارد . بنابراین حوضه های مذکور در طول و پایش میانی پهنه های گسلی راستالغز و یا بین قطعات گسلی شکل می گیرند و مکانی مناسب برای تجمع ذخایر هیدروکربوری هستند ، همچنین در این محلها فعالیت لرزه خیزی قابل توجهی به ثبت رسیده است. شکل حوضه های مربوطه به زاویه بین گسلهای کنترل کننده حاشیه حوضه بستگی دارد که مقدار آن بین ۳۰ تا ۱۵۰ درجه متغیر است .

جهت بررسی ساختهای زمین شناسی در طول زمان آگاهی از شرایط حاکم بر تشکیل و تکامل آنها مهم و قابل توجه است . برای مثال در ایجاد شکل نهایی حوضه فرونشست قم - آران علاوه بر نحوه ارتباط گسلهای کنترل کننده حاشیه حوضه باید از عملکرد تنشهای فشاری ، حرکت قطعات گسلی و فعال شدن ساختهای فرعی آگاه شد تا شاید به نحو مطلوب تری چگونگی تکوین و تکامل ساختار مورد نظر طراحی گردد .

## ۷- مراحل شکل گیری حوضه فرونشسته قم - آران

۱-۲- مرحله قبل از کافت ( Pre - rift ) : زمان نوژن همراه با تشدید حرکات کششی در دریای قرمز و همگرایی بیشتر فلات عربی به سوی فلات ایران بوده است که سبب واکنش گسترده قطعات گسله در ایران مرکزی شده است . اعمال نیروی فشاری بر ایران مرکزی ، عکس العمل میدان تنش مؤثر بر ابر قطعه ماگمایی ارومیه - دختر و حرکات نسبی قطعات در امتداد گسلها متناسب با جهت تنش و انحنای در مسیر گسلهاست . این وضعیت مقدمه ای برای شروع و تشکیل هسته اولیه حوضه کشیده - جدا شده قم - آران در قسمتهای خمیده گسل قم - راوند - زفره شده است .

قدمت واحدهای تشکیل دهنده برخاستگیهای اطراف فرونشست قم - آران به سازندهای ماگمایی اتوسن بازمی گردد . این سنگها در نتیجه اعمال نیروهای کششی حاکم بر ابر قطعه ماگمایی ارومیه - دختر طی دوره اتوسن تشکیل شده و از طریق دایکهای تغذیه کننده حوضه باروند شمال باختری - جنوب خاوری تغذیه شده اند . سنگهای ماگمایی اتوسن در برخی قسمتها توسط سازندهای رسوبی محیط کم زرف و رودخانه ای ( سازند قرمز زیرین ) و سپس دریایی ( سازند قم ) دنبال شده است . به گمان از همان زمان گسل قم - راوند - زفره به عنوان مرز جدا کننده بین بخشهایی از ایران مرکزی همچون بخش میانی ایران مرکزی در خاور و ابر قطعه ماگمایی

گسلی موجب چین خوردگی واحدهای رسوبی همزمان کافت و تشکیل ته نشستهای کنگلومرایی پلیوسن یا پلیو - کواترنری معادل هزاردره به صورت دگرشیب بر روی سازند قرمز بالایی شده است. معمولاً این مرحله دگرشیبی را که با تغییر رژیم رسوبی همراه است مرحله بعد از کافت و رسوبات حاصله را ته نشستهای بعد از کافت می نامند. از جمله ساختنهای زمین ساختی رخنمون یافته در این مرحله ایجاد گسلهای جدید و یا فعال شدن گسلهای قدیمی پی سنگی است به طوری که ضمن قطع سازند قرمز بالایی، در برخی قسمتها حوضه های فرعی با پی سنگی قطعات آتشفشانی ائوسن را تشکیل داده که در آن بخشها سازند قرمز بالایی چین خورده شده است، مانند چین های قلمه سردار در خاور، تاقدیس قم و سراج به باختر حوضه.

همگرایی یا بسته شدن حوضه کشیده - جداشده قم - آران تنها یک همگرایی ساده و متأثر از تنش برشی محض نبوده بلکه عکس العمل قطعات یخآب و سفیدآب به صورت انحرافهای انشعابی از پهنه ماگمایی ارومیه - دختر موجب تشکیل حوضه های فرعی گردیده به گونه ای که در جنوب و جنوب خاور حوضه فرونشست قم - آران روند اصلی سنگهای آتشفشانی قطعه برخاسته یخآب و مرنجآب با چرخش در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت نسبت به روند اصلی ابرقطعه ماگمایی ارومیه - دختر قرار گرفته است (شکل ۸).

(Mann & Hempton 1983) نیز به چنین ساختهای واگرا که منجر به تشکیل حوضه های فرعی در یک پهنه کشیده - جداشده بزرگ و اصلی می شود اشاره کرده اند. حرکت چرخشی قطعه برخاسته یخآب - سفیدآب در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت موجب همگرایی بیشتر قطعات گسلی به سمت شمال، چین خوردگی و سخت شدگی سازند قرمز بالایی در قلمه سردار و ایجاد پهنه گسلی ترافشارشی سیاه کوه یا شیب به سمت شمال - شمال خاور شده است (شکل ۹). این در حالی است که باختر حوضه انحراف گسلها و محور چینها در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت (به سمت جنوب) و حتی گسلش و معکوس شدگی آنها به سمت جنوب است، مانند گسلهای معکوس با شیب به سمت جنوب حواشی شمالی تاقدیس البرز، سراج و انحنای گسل قم - راوند در شمال باختر شوراب (شکل ۱۰).

تفاوت در چگونگی تشکیل گسلهای معکوس خاور و باختر حوضه فرونشست قم - آران، تفاوت میزان همگرایی روندها در خاور و باختر حوضه، تمایل گسلهای جنوب حوض سلطان به سمت جنوب و غیره تنها محصول عملکرد برش محض در حوضه نبوده، بلکه متأثر از چرخش قطعات

کافت (واحد M1 از سازند قرمز بالایی) که از نقطه نظر چینه شناسی و اطلاعات حاصل از چاه حفاری سراج شامل ته نشستهای دانه ریز سیلتسئون و گاهی تنابویی از شیل با پیش از ۸۷۰ متر ستبرا (در تاقدیس سراج) است متناسب با توسعه تدریجی حوضه کشیده - جداشده قم - آران تشکیل شده است (شکل ۵). در این مرحله برخاستگی یخآب و سفیدآب رخنمون مختصری دارد.

ب) مرحله توسعه حوضه کشیده - جداشده قم - آران: گسترش حوضه فرونشست قم - آران تحت کنترل سازوکارهای زمین ساختی کششی محلی بوده و علاوه بر محل مکانی مناسب جهت تجمع و انباشتگی واحد M2 از ته نشستهای رسوبی سازند قرمز بالایی بوده است. واحد M2 از نظر چینه شناسی شامل پیش از ۱۱۶۰ متر شیل و تنابویی از واحدهای مارتی، تیخیری و رسوبات دانه ریز در تاقدیس سراج است که نشانگر ژرف شدن نسبی حوضه رسوبی می باشد (شکل ۶).

ج) مرحله توقف نسبی در توسعه حوضه کشیده - جداشده قم - آران: جهت گذر از مرحله همزمان باکافت و رسیدن به مرحله بعد از کافت، مرحله سکون یا توقف نسبی در گسترش حوضه کشیده - جداشده روی داده که توام با تشکیل واحد M3 از سازند قرمز بالایی می باشد (شکل ۷). این مرحله با بالآمدگی تدریجی کف حوضه و برخاستگی پیرامون آن همراه بوده که سبب تشکیل ته نشستهای تخریبی نسبتاً دانه درشت به صورت ماسه سنگ با حدود ۷۶۰ متر ستبرا (در تاقدیس سراج)، کنگلومراو دیگر رسوبات تخریبی از واحد M3 مربوط به سازند قرمز بالایی شده است. به دنبال توقف نسبی در کشیدگی، توسعه حوضه پایان یافته و برخاستگی حاشیه های شمالی و جنوبی آن از شدت بیشتری برخوردار شده است. در واقع تجمع وزنی رسوبات (واحدهای M1 + M2) در حوضه میانی همراه با تعادل و برخاستگی برجستگیهای حاشیه حوضه بوده است (تعادل ایزوستازی). این تشدید برخاستگی مترادف با تشکیل ته نشستهای تخریبی گاهی دانه درشت تر (کنگلومرایی) M3 بر روی واحدهای M1 و M2 گناه همراه با ناپیوستگی کم زاویه شده است. همچنین فرسایش برخاستگیهای یخآب و سفیدآب در تغذیه بخش میانی حوضه مؤثر بوده و گسلهایی که تاکنون با عملکرد تراکشی سبب بسط و توسعه حوضه فرونشست قم - آران گردیده اند، از این پس وارد مرحله جدیدی از فعالیت ساختاری به صورت ترافشارشی شده اند که در برخاستگی بیشتر حواشی حوضه تاثیر به سزایی داشته اند.

۳-۲ - مرحله بعد از کافت (Post - rift): همگرایی بیشتر قطعات

۲- نحوه جمع شدگی و چین خوردن سازند قرمز بالایی در باختر و خاور حوضه باهم یکسان نبوده از این رو در خاور و جنوب خاور حوضه به دلیل چرخش خردقطعه مرنجآب - سفیدآب و همگرایی پهنه گسل مرنجآب - سفیدآب به سمت شمال، سازند قرمز بالایی به شدت چین خورده، سخت شده و به اصطلاح چینهای نردبانی به هم ریخته را در قلعہ سردار سبب گردیده است و در باختر حوضه به علت فقدان نسبی فشار مضاعف قطعه چرخشی مرنجآب - سفیدآب، چین های این بخش مانند قم و سراجہ کم و بیش به موازات هم قرار گرفته و سازند قرمز بالایی سخت شدگی کمتری دارد. شاید بتوان در این مرحله قطب محور چرخش قطعات واقع در خاور ابر قطعه ماگمایی ارومیه را تعیین کرد که در شمال و شمال باختر حوض سلطان قرار گرفته است.

۳- ابعاد گستره پهنه فرونشست قم - آران در شمال باختر حوض سلطان تنگ و بافاصله گرفتن به سمت خاور، حوالی فرونشست کویر بزرگ بروست آن افزوده می گردد. همچنین حضور روندهای فرعی گسلی مانند مرنجآب - سفیدآب سبب تشکیل حوضه های فرعی در این پهنه گسترده شده است که نتیجه آن نامنظم شدن حاشیه باختری پهنه فرونشست کویر بزرگ است. البته فعالیت خرد قطعه کویر بزرگ در خاور فرونشست قم - آران نیز در ایجاد بی نظمی های حاشیه خاوری آن مؤثر بوده است.

۴- اطلاعات لرزه ای صد سال اخیر نیز در نایبید حرکت چرخشی پهنه گسلی مرنجآب - سفیدآب به سمت شمال است.

۵- قطعات گسلی احاطه کننده فرونشست قم - آران که فعالیت آنها تحت کنترل عملکرد گسلهای مرزی بوده و ضمن برخاستگی در تغذیه حوضه نقش مؤثر داشته اند، پهنه های فرعی فعال (Active sub zone) ویراساس ساز و کنار زمین ساختی حاکم بر آنها پهنه های فرعی فشاری (Compressional sub zone) نامگذاری شده اند. دریاچه نمک بخش منفعل و به تله افتاده ای است که در بین قطعات فعال به دام افتاده از این رو حوضه گرفتار (Captured basin) نامیده شده است. جنوب قطعه فعال مرنجآب - سفیدآب که شامل قطعه یخآب است، تقریباً فاقد به هم ریختگی ساختاری است و طی صد سال اخیر فعالیت لرزه ای مهمی در آن به ثبت نرسیده است لذا این قطعه را قطعه غیر فعال (passive sub zone) و از آنجاکه تحت تاثیر فشار غیر عادی از سوی قطعات جاستی نیست، آن را پهنه فرعی رها باراحت (Relax sub zone) نامیده ایم (شکل ۱۲). قطعه گسله گرفتار فرونشست قم - آران تحت تاثیر نیرو و فشارهای وارد بر آن به بخشهای فرعی تفکیک شده است. برای مثال حاشیه جنوبی آن برخاسته، حاشیه خاور و جنوب خاوری آن در حال فشردگی و بخشهای باختر و شمال

گسلی در این محدوده می باشد که در مرحله بعد از کافت عملکرد داشته است. مشابه چنین ساختاری در فلات آناطولی و آفریقا نیز گزارش شده است. در واقع عکس العمل قطعات به تنشهای وارده و فرار آنها از فشردگی حاکم به اشکال گوناگونی تظاهر می یابد که از آن جمله حرکات چرخشی و حتی در مواردی حرکات توام برشی و چرخشی است.

در پهنه فرونشست قم - آران اگر حرکات چرخشی در طرفین حوضه عملکرد یکسان داشته باشد در این صورت انتظار انحراف یکسان در حرکت خرد بلوکها می رود (شکل ۱۱)، لیکن چون حرکت قطعه یخآب - سفیدآب به سمت شمال در خاور حوضه، فشردگی قسمتهای شمالی آن و عکس العمل قطعات در باختر حوضه به سمت جنوب با جابجایی نسبی متفاوتی نسبت به هم می باشد پس در این صورت حوضه فرونشست چرخیده شده و شکل اولیه خود را حفظ نکرده است که این امر ممکن است منجر به تغییر شکل حوضه به چند ضلعی نامنظم شود، همان گونه که در حوضه فرونشست قم - آران مشاهده می شود.

قطعات واقع در بین ابر قطعات بزرگ مانند سندج - سیرجان و ارومیه - دختر نسبت به خرد قطعات واقع در پهنه ایران مرکزی شکلهای نسبتاً منظم تری دارند (مثلاً به شکل متوازی الاضلاع). کشیدگی آنها به موازات طول گسله است و کم و بیش شکل اولیه را تا مرحله بعد از کافت حفظ کرده اند. اما در پهنه ایران مرکزی به سبب دوری از این ابر قطعه ها، خرد شدگی بی سنگ و حضور پهنه های گسله متناسب با برآیند نیروهای وارده قطعه ها از خود حرکتی را بروز داده که موجب تشکیل شکلهای متنوعی شده اند. با این توصیف به هم ریختگی شکل پهنه فرونشست قم - آران قابل انتظار است، به ویژه آنکه قطعه های میانی ایران مرکزی در مجاورت بخش خاوری آن قرار گرفته و پهنه فرونشست مورد مطالعه در محل تغییر روندهای شمال خاوری - جنوب باختری به شمال باختری - جنوب خاوری واقع شده است (شکل ۱۱).

### نتیجه گیری

با توجه به آنچه گذشت می توان نتیجه گرفت که:

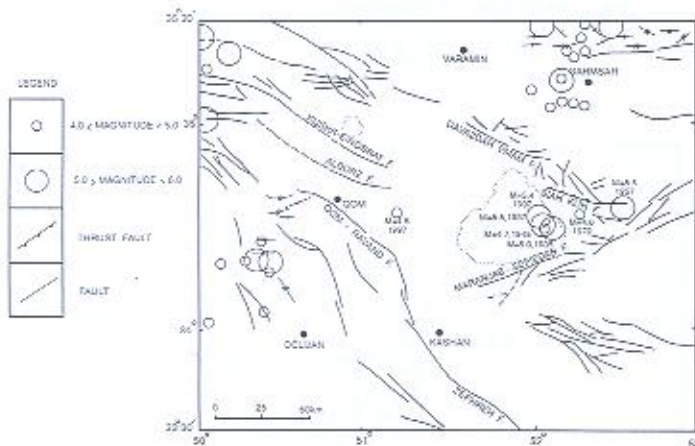
- ۱- باز شدگی دریای سرخ پیوسته نبوده بلکه نرخ باز شدگی آن در دوره های مختلف زمین شناسی گوناگون بوده و از این رو کم و بیش کلیه ساختهای کششی که در یک ساز و کار فشاری اوایل نئوژن در طول گسلهای راستالغزو پهنه های گسلی به وجود آمده بودند (مانند پهنه فرونشست قم - آران) در اواخر نئوژن با افزایش نیروی فشاری کم ژرف، برخاسته و چین خورده شده اند.

شده و تحت تاثیر حرکات چرخشی ناشی از سازوکار فشاری حاکم در اواخر نئوژن تکامل یافته است  
۶- از آنجائیکه در حوضه های کشیده - جداشده احتمال حضور شکستگیها و گسلهای فرعی به موازات و یا با زاویه حاده نسبت به گسل اصلی وجود دارد لذا حضور این روندها در بخش میانی حوضه نبخیری دریاچه نمک سبب گردیده تا تحت تاثیر شرایط زمین ساختی حاکم بر حوضه سنگهای آتشفشانی انوسن به صورت برخاستگی گسلی جزیره سرگردان در بخش جنوبی دریاچه نمک رخنمون یابند .

### سپاسگزاری

از راهنماییهای ارزنده استادان بزرگوار جناب آقایان دکتر محسن پورکرمانی و دکتر ابراهیم امین سبحانی که در تهیه این مقاله ارائه نمودند صمیمانه سپاسگزاری می شود .

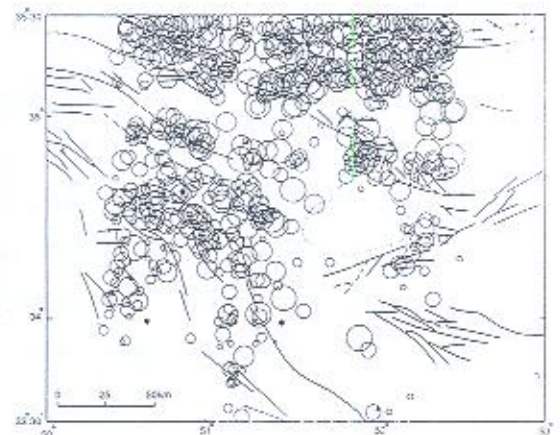
باختری دریاچه نمک گود و پایین افتاده شده که مورد اخیر سبب زهکشی و جریان یافتن رودهای دائمی و فصلی جاجرود ، قره چای و غیره داخل حوضه می گردد . تحت تاثیر سازوکار فشاری حاکم بر پوسته به گمان در دوره کواترنری یا بعد از نئوژن با ایجاد برخاستگی ملایم در حد فاصل حوضه نبخیری دریاچه نمک و دریاچه حوض سلطان ارتباط بین این دو حوضه بسیار ضعیف شده و کم و بیش به صورت دو بخش مستقل ، حوضه جدا شده منزوی (Isolated basin) حوض سلطان و حوضه گرفتار (Captured basin) دریاچه نمک حضور دارند . شاید این برخاستگی میانی تحت کنترل خطواره گسلی باشد که کم و بیش در راستای شمال خاوری - جنوب باختری گسترش یافته است . بدین ترتیب پهنه فرونشست قم - آران حوضه کشیده - جداشده در طول گسل راستالغز خمیده قم - راوند - زفره و دیگر مجموعه گسلهای پی سنگی منطقه بوده است ( شکل ۱۳ ) که در سازوکار کششی محلی حاکم بر پوسته طی زمان نئوژن ایجاد

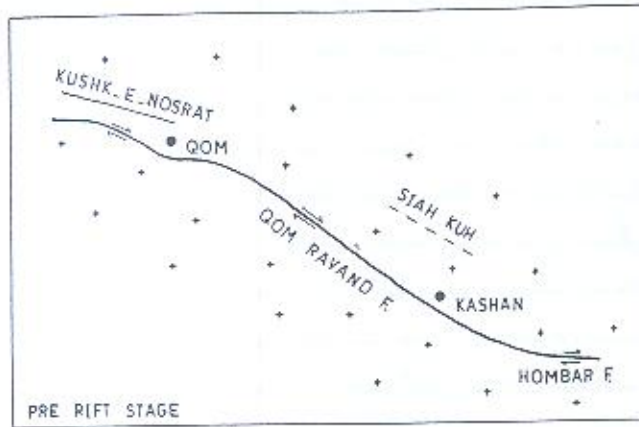


شکل (۱) : نقشه لرزه زمین ساخت گستره قم - آران بر اساس داده های مؤسسه ژئوفیزیک طی سالهای ۱۹۰۰ الی ۱۹۹۷.

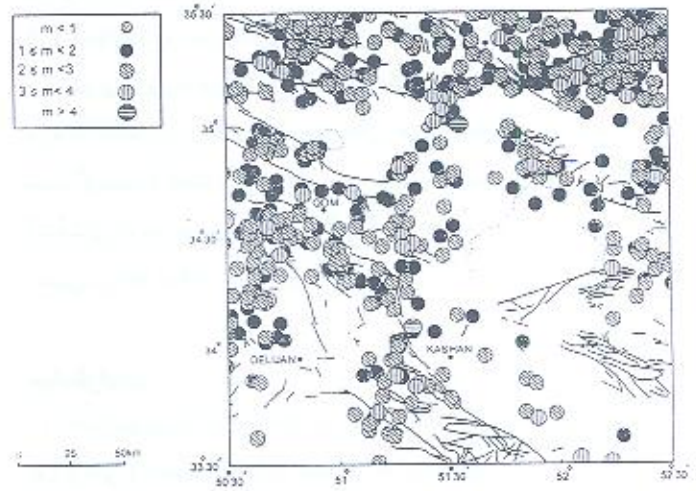
شکل (۲) : نقشه لرزه زمین ساخت گستره قم - آران و توزیع خرد لرزه ها نسبت به عمق ، بر اساس داده های شبکه جدید التأسيس رقمی لرزه نگاری البرز مرکزی.

$d < 5 \text{ km}$	+
$5 \leq d < 10 \text{ km}$	o
$10 \leq d < 15 \text{ km}$	○
$15 \leq d < 20 \text{ km}$	○
$20 \leq d < 25 \text{ km}$	○
$d \geq 25 \text{ km}$	○

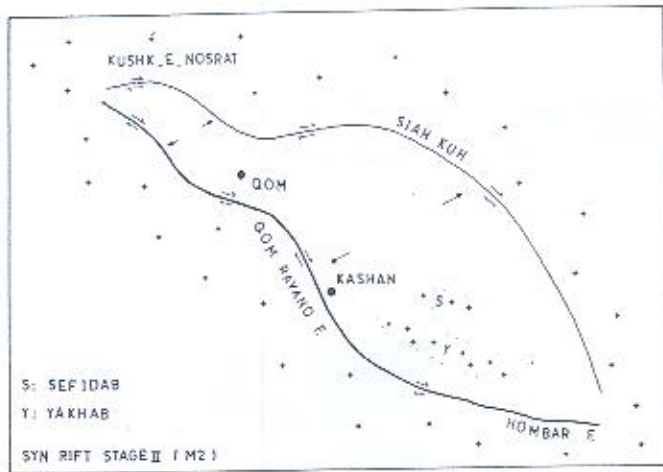




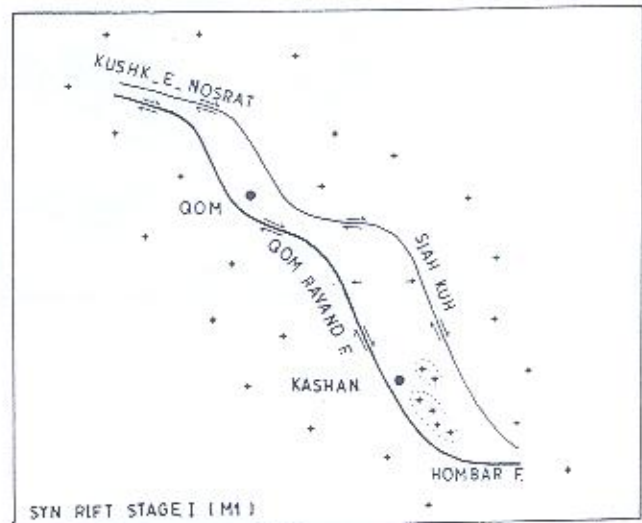
شکل (۴): نمایانگر مرحله قبل از بازشدگی (کافت) حوضه قم - آران است.



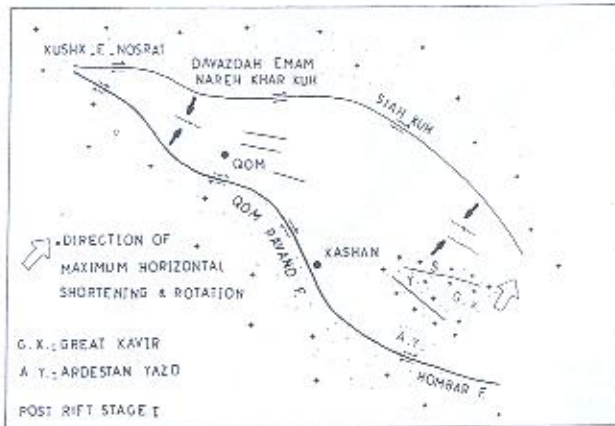
شکل (۳): نقشه لرزه زمین ساخت گستره قم - آران و توزیع خرد لرزه ها نسبت به بزرگی، بر اساس داده های شبکه جدید التأسيس رقمی زلزله نگاری البرز مرکزی.



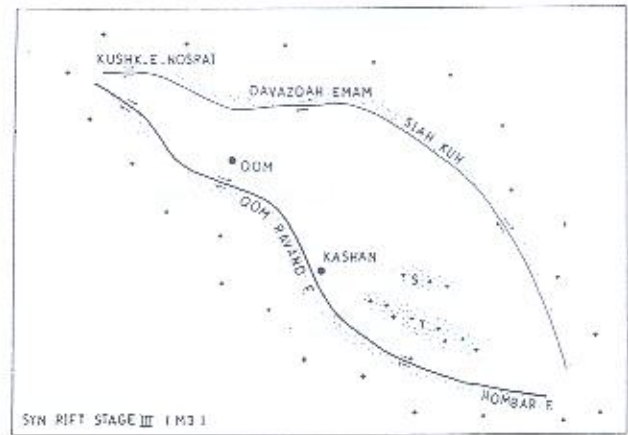
شکل (۶): نمایانگر مرحله تداوم باز شدگی حوضه کشیده - جدا شده نئوزن (قم - آران) است که نوأم با تشکیل واحد M2 از سازند قرمز بالایی و رخنمون واحدهای تشکیل دهنده برخاستگی های یخاب و سفیدآب واقع در محدوده حوضه می باشد.



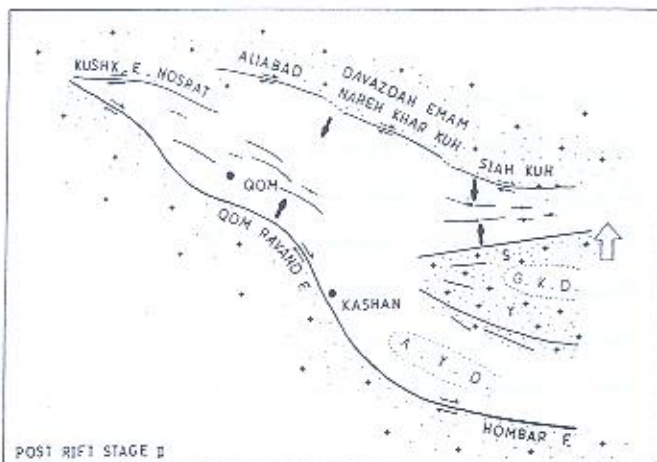
شکل (۵): نمایانگر مرحله آغاز باز شدگی (کافت شدگی) و تشکیل حوضه کشیده - جدا شده نئوزن (قم - آران) است که همزمان با تشکیل واحد M1 از سازند قرمز بالایی می باشد.



شکل (۸): نمایانگر مرحله شروع بسته شدن حوضه کشیده - جدا شده نئوژن (قم - آران) یا مرحله بعد از کافت است. در پی اعمال نیروهای فشاری از سوی قطعه ماگمایی ارومیه - دختر شکستگیها در حوضه نئوژن قم - آران توسعه و رخنمون یافته اند. همچنین برخاستگی حوضی حوضه سبب تشکیل کنگلومرای پلیوسن بر روی سازند نئوژن شده است. در این مرحله حرکت قطعه گسلی یخآب - سفیدآب به سمت شمال - شمال شرق آغاز و ضمن تنگ شدگی حوضه در بخش شرقی موجب چین خوردگی نه نشستهای سازند قرمز بالایی و پیشروی زبانه هایی از حوضه فرونشست اردستان - یزد در حفاصل بین برخاستگی یخآب و سنگهای ماگمایی قم - راوند و پهنه فرونشست کویر بزرگ در حد فاصل برخاستگی یخآب و سفیدآب گردیده است.

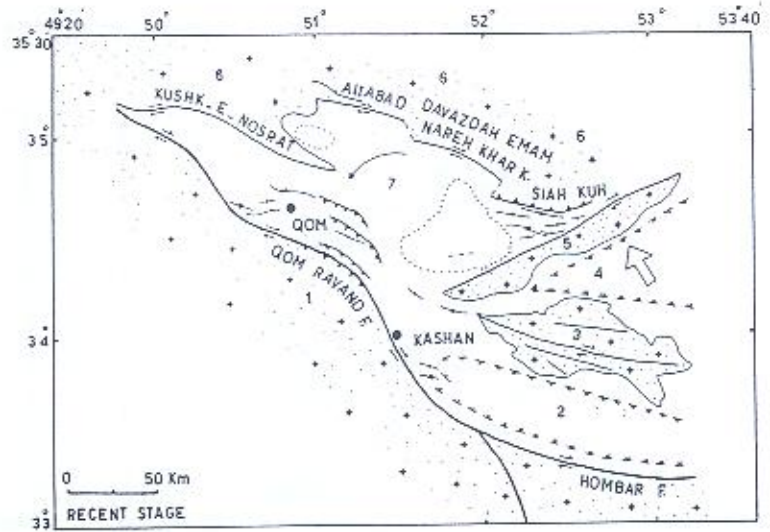


شکل (۷): نمایانگر مرحله توقف در بازشدگی حوضه نئوژن (قم - آران) و تشکیل واحد M3 از سازند قرمز بالایی است. این مرحله توأم با حرکات خشکی زایی و بالا آمدگی قطعات گسله است بی آنکه حرکات قطعات گسله نسبت به هم همگرا باشد زیرا دگرشیبی قابل ملاحظه ای بین واحدهای M2 و M3 مشاهده نمی شود. تغییر رخساره ودانه درشت شدن ته نشستهای تخریبی واحد M3 (کنگلومرا و ماسه سنگ) نشانگر اهمیت فرسایش در این مرحله است، تشکیل رسوبات نسبتاً دانه درشت تخریبی با حجم زیاد نشانگر فرونشست فعال و کاری است که موجب به هم خوردگی تعادل قطعات گسله و برقراری شرایط جدید تعادل ایزوستازی به شکل فرونشست مهم حوضه میانی و برخاستگی چشمگیر حوضی حوضه است.

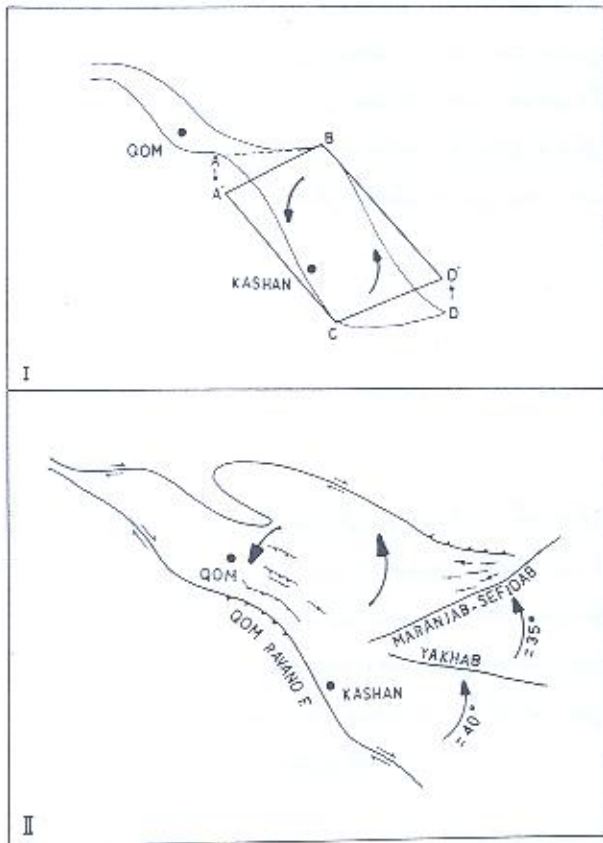


شکل (۹): نمایانگر مرحله چین خوردگی، برخاستگی و تنگ شدگی حوضه کشیده - جدا شده نئوژن قم - آران یا مرحله بعد از کافت است. در پی حرکت قطعه گسله یخآب - سفیدآب به سمت شمال موجب چین خوردگی بیشتر سازند قرمز بالایی در محدوده قلعه سردار شده است. در این مرحله همچنین پهنه فرونشست اردستان - یزد و کویر بزرگ کم و بیش گسترش بیشتری یافته اند.

1. QOM RAVAND BLOCK
2. ARDESTAN YAZD DEPRESSION
3. KUHAYE YAKHAB BLOCK
4. GREAT KAVIR DEPRESSION
5. MARANJAB SEFIDAB BLOCK
6. KUSHK. E. NOSRAT BLOCK - DAVAZDAH EMAM, SIAH KUH BLOCK
7. DARYACHEH. E. HOWZ SOITAN, DARYACHEH. E. NAMAK BASIN



شکل (۱۰): نمایانگر شکل امروزی پهنه فرونشست قم - آران است. در این مرحله به دلیل حرکت قطعه گسله مرنجاب - سفیدآب به سمت شمال غرب جاماندن قطعه یخآب پهنه فرونشست کویر بزرگ از گسترش بیشتری برخوردار شده، ضمناً به دلیل چرخش پهنه فرونشست نئوزن قم - آران سمت شیب (برگشتگی) گسلهای شمال شرق (سیاه کوه) و جنوب غرب (قم - راوند) با هم متفاوت است.



شکل (۱۱): نمای ساده شده از تحول حوضه فرونشست نئوزن قم - آران است. مرحله I: چنانچه حوضه متوازی الاضلاع ABCD که نوعی حوضه کشیده - جداشده است حرکت چرخشی یکسان و یکنواختی بر کل آن حاکم باشد، بعد از چرخش حوضه متقارن A BCD ایجاد می شود. مرحله II: شکل فعلی حوضه فرونشست قم - آران است که نشانگر پیچیدگی و چرخش متنوع حاکم بر کل آن است. در این شکل چون مقدار چرخش قطعات با یکدیگر برابر نیست پس شکل‌های پیچیده‌ای را ایجاد کرده اند.



## کتابنگاری

- افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۹ - تفکیک بخش های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲ امامی، م. ه. م. ۱۳۷۰ - شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش قم با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، شماره E.6، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امیدی، پ.، ۱۳۶۹ - تحلیل خمیدگی ساختاری ناقدیس البرز (شمال قم)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- باغبانی، د.، ۱۳۷۵ - بررسی حوضه رسوبی قم و ارزیابی توان هیدروکربوری آن (ایران مرکزی)، گزارش زمین شناسی شماره ۱۸۳۸، شرکت ملی نفت ایران.
- بوذری، س.، ۱۳۷۹ - تحلیل ساختاری تکنونیکي - رسوبی فرونشستهای ایران با نگرشی ویژه بر فرونشست قم (منطقه قم - کاشان، ایران مرکزی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، رساله دکتری (Ph.D.)، ۶۵۵ صفحه.
- داداشی آرانی، ح.، ۱۳۷۱ - مطالعه زمین شناسی و رسوب شناسی جنوب دریاچه نمک و اطراف آن (شمال کاشان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- زاهدی، م.، ۱۳۷۰ - شرح چهارگوش کاشان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، شماره F-7، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۰ - نقشه زمین شناسی چهارگوش آران با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۰ - نقشه زمین شناسی چهارگوش قم با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۰ - نقشه زمین شناسی چهارگوش کوه گوگرد با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- طباطبایی، ه.، ۱۳۶۷ - تعبیر و تفسیر داده های آیرومغناطیس ناحیه کاشان، گزارش تکنیکی شماره ۲۴۵، شرکت ملی نفت ایران مدیریت اکتشاف اداره کل ژئوفیزیک.
- نوی، م. ح.، ۱۳۵۵ - دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## Receferanc

- Allen, Ph.A. & Allen, J.R., 1993 - Basin analysis principles and applications, P: 120- 302.
- Barr,D.,1991- Subsidence and sedimentation in semi straved half graben : a model based on North SEA data, Geol. Soc. No. 56, P:17-28.
- Bartley, J.M., & Glazner, A.F., 1991- En- echelon Miocene rifting in the Southwestern United State and model for vertical axis rotation in continental extension, Geology, No.19, P:1165-1168.
- Berberian, M., & King, G.C.P., 1981- Towards a palogeography and tectonic evolution of Iran, Canadian Jou. Earth Sci., Vol. 18, No.2, P: 210-265.
- Bishop, D.G., & Norris, R.J., 1986- Rift and thrust tectonics associated with a translational block slid, Geology, No.123, P:13-25.
- Bohannon,P.G., 1986- Tectonic configuration of the western Arabian continental margin South Red Sea, Tectonic, Vol. 5, P: 477 - 499.
- Buck, W.R., 1988- Flexural rotation of Normal faults , Tectonics, Vol.7, No. 5, P: 959- 973.
- Burchfiel, B.C., Zhang, P., Chen, S., & Deng, Q., 1989- Extension of Pull- apart basins, Geology, Vol.17, P: 814- 817.
- Chekunov, A.V, Pustovitenko, B.G. and Kul Chiskiy, V.E. 1994 - Seismicity and deep tectonics of the black sea depression and its margins , Geotectonics, Vol.28, No .3, P:221-225.
- Chenet ,P.Y, Colletta,A.B, Letouzey,G,Oussset,E, and Zaghloul,E.A, 1987- Structures associated with extensional tectonics in the sucz rift, Oxford, P: 551-559.
- Christie blick ,N. and Biddle,K.T, 1985- Deformation and basin formation along strike - slip faults, Soc. Of Economic paleontologists and mineralogists, No . 37, P:1-35 .
- Clayton,L,1966- Teconic depression along the hope fault , a Transcurrent fault In northcanterbury , Newzland Jou.of Geophysical research, Vol.9, P: 94-104.
- Condie,K.C,1989- Plate tectonics & Crustal evolution,P: 337-373.
- Coward, M.P,Dewey,J.F, and Hancock,P.I,1987- Continental extensional tectonics, Oxford.
- Dauteuil,O.and Brun,J,1993-Oblique rifting in a slow - spreading ridge, Nature N.361, P: 145-148.
- Dehghani,G.A, Makris,J,1983- The Gravity field and crustal structure of Iran in geodynamic project ( geotverse) in Iran , Geol Surv.of Iran. No.51, P:51-68.
- Dunne,W.M,and Ferrill,D.A,1988-Blind thrust systems,Geology, No. 16,P:33-36.
- Frei,c,1951-Tectonical interpretation of Qum area and of Alborz well , n.1,noic.g.r,No.75.

- Furrer, M.A. and Soder, P.A., 1955- The oligo - miocene marine formation in the Qum region ( central Iran ) .Proc. 4<sup>th</sup> world petrol. Congr. Rome. Sect. i/a/5, paper 1, P:267-277.
- Gibbs, A.D., 1984 - Structural evolution of extensional basin margin , Jou. Geol. Soc. London, No. 141, P:609-620.
- Hendric, D., Kusznir, N.J., Morley, C and Ebinger, C ,1994 -A Quantitative model of cenozoic rief basin development in northern kenya , Tectonophysics , Vol. 10 ,P:1000-1010.
- Huber, H., 1955 - Geological report on the Kuh-e-Namak Salt plug, Northwest of Qum, Nioc, G.R. No. 135.
- Krinsley, D.B., 1970- A Geomorphological and Palaeoclimatological study of the playas of Iran, Parts I & II, Washington , united states Department of the interior, P:486.
- Mandel, G., 1987- Tectonic deformation by rotating parallel faults: the bookshelf mechanism, tectonophysics, No. 141 P:227-316.
- Mann, P., Hempton, P.R., Bradly, D.C. and Burke, K., 1983- Development of pull-apart basin, Jou. of, Vol. 91, P:529-554.
- Mcclay, K.R., 1990- Deformation mechanics in analogue model of extensional fault systems, Geol. Soc. of London, No. 54, P:445-454.
- Mcclay, K.R., 1990- Extensional fault systems in sedimentary basin: a review of analogue model studies, marine and petroleum geology, No. 7, P:206-233.
- Mcclay, K.R. and Dooley, T., 1994- 3-D strike-slip pull-apart basin: geometries determined from scaled analogue models, American association of petroleum, Vol. 3, P:210.
- Mcclay, K.R. and Dooley, T., 1995- Analogue model of pull-apart basin, Geol. Vol. 23, P: 711-714.
- Mcclay, K.R. and With, M.J., 1995- Analogue modeling of orthogonal and oblique rifting, Marine and petroleum Geology, Vol. 12, No. 2, P:137-151.
- Mitchell, A.H.G. and Reading, H.G., 1986- Sedimentation and Tectonics, sedimentary Environments and Facies, P:471-518.
- Moore, E.M. and Twiss, R.J., 1995- Tectonics, P:7-351.
- Motamed, A., 1994- Geology and Climatic evolution of central Iran, Proc. 29<sup>th</sup> int. geol. Congr. part A, P:201-220.
- Price, N.J. and Cosgrove, J.W., 1990- Analysis of geological structures, P:14-144.
- Ramsay, J.G. and Huber, M., 1987- The techniques of modern structural geology, p:513-531.
- Reading, G., 1986- Sedimentary environments and facies, P:480-515.
- Roberts, A. and Yielding, G., 1994- Continental extensional tectonics, P:223-250.
- Sengor, A.M.C., 1987- Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting example from western Turkey, Oxford, P:575-593.
- Stewart, I.S. and Hancock, P.L., 1990- What is a fault scarp?, Episodes Vol. 13, No. 4, P:256-263.
- Stewart, I.S. and Hancock, P.L., 1994- Neotectonics, continental deformation, P:370-490.
- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: A review, The American association of petroleum geologists bull, Vol. 52, No. 7, P:1229-1258.
- Sylvester, A.G., 1988- Strike-slip faults, Geol. Soc. of Amer. bull, Vol. 100, P:1666-1703.
- Wallace, R.E., 1977- Profiles and ages of young fault scarps, north-central Nevada, Geol. Soc. of Amer. bull. Vol. 88, P:1267-1281.
- Walsh, J.J., Watterson, J., & Yielding, G., 1991- The importance of small scale faulting in regional extension, Nature, No. 351, P:391-393.
- White, N.J., & Yielding, G., 1991- Calculating normal fault geometries at depth, Geo. Soc. No. 56, P:251-260.
- White, N.J., & Latin, D.M., 1993- Subsidence analyses from the North Sea triple junction, Jou. of the Geol. Soc. No. 150, P: 473 - 488.
- White, N.J., 1999- The geometries and kinematics of extensional fault systems, P:1-90.
- Wilson, T.H., 1989- Late cenozoic basin of northern California, Tectonics, Vol. 8, No. 6, P:1137-1158.
- Zak, I., & Freund, R., 1966- Recent strike-slip movements along the Dead Sea rift, Jou. Of Earth Sci., No. 15, P: 33-37.

\* گروه زمین شناسی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

\*\* سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

\* Department of Geology , Islamic Azad University of North Tehran Branch

\*\* Geological Survey of Iran