

## الگوی ساختاری زمین لرزه اول تیرماه (۱۳۸۱) چنگوره – آوج

نوشته : دکتر سهیلا بوذری\*

### Structural Modelling of the Changooreh – Avaj Earthquake of the 22nd, June 2002

By : Dr. S. Bouzari\*

#### چکیده

براساس دست آوردهای حاصل از مطالعه ساختاری و لرزه زمین ساختی قطعه گسل آبگرم - آوج مشخص می‌شود. که این قطعه در لبه شمالی ایران مرکزی قرار گرفته و روند غالب ساختاری رخنمون یافته در آن شمال باختری - جنوب خاوری است، همچون پهنه گسل آبگرم (N145) در شمال و پهنه گسل آوج (N130) در جنوب. روند گسلهای مذکور در محل گسلهای پنهان شمال خاوری - جنوب باختری مانند گسل پنهان آبگرم - آوج، تغییر یافته که این فرایند با ظهور چشمه‌های آب گرم، معادن گچ و غیره همراه است. بنابراین گسلهای فوق، پهنه برشی را ایجاد نموده که با استناد بر شواهد جنبش جوان زمین ساختی و دستاوردهای حاصل از توزیع کانون دستگاهی پس لرزه‌ها نمایانگر پهنه گسل R1 و R2 است که مکمل پهنه فوق می‌باشند. تداوم گسل مسبب زمین لرزه بوئین زهرا به سمت باختر با روند N102 که براساس گزارش دستگاهی هاروارد، گسل اصلی لرزه زا در چنگوره بوده، تأیید دیگری بر الگوی برشی می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعات ماهواره‌ای بر روی جنبش صفحه‌های سنگ کره‌ای در منطقه مورد مطالعه مؤید عملکرد تنش فشاری مورب با راستای شمال، شمال خاوری است و می‌تواند موجب تحرك و پویایی منظومه گسل پهنه برشی آبگرم - آوج براساس الگوی برشی همگرا شود. در این پهنه به تدریج گسلهای R1 و R2 به سمت خاور فعال شده و تا حوالی کوه جارو ادامه یافته است.

**کلید واژه‌ها:** گسل آوج، گسل آبگرم، پهنه برشی همگرا، چنگوره، پی سنگ شکننده، ته‌نشست ضخیم نئوژن.

#### Abstract

On the basis of data from the study of structure and earthquake of Ab-e-garm – Avaj fault block, that is in the northern boundary of Central Iran zone, a dominant trend of NW – SE has been deduced. Trends of Ab-e-garm fault zone (N145) in the north and Avaj fault zone (N136) in the south are changed by hidden NE – SW faults (such as Ab-e-garm – Avaj hidden fault). This process is accompanied by the appearance of hot springs, gypsum, etc. Thus, these faults have produced shear zone and the R1 and R2 fault zones have contributed to the zone. On the basis of structural evidence and the distribution of focal instrumental data of the post – seismics, as well as instrumental Harvard data, the continuation of Boein Zahra earthquake fault to the west, with N102° direction, is the main responsible for Changooreh main earthquake, confirming the shear zone model. Remote sensing study indicates that oblique compressional stress with N – NE direction to the lithospheric plates, has caused the mobility of Ab-e-garm - Avaj shear zone faults in a convergent shear structural model. In this zone, the R1 and R2 faults have been gradually activated to the east and extended to Kuh-e-Jarou.

**Key words :** Avaj fault, Abgarm fault, Convergent shear zone, Changooreh, Brittle basement, Thick Neogene deposits.

#### مقدمه

شد. موقعیت دستگاهی کانون سطحی زمین لرزه ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول خاوری است، که با مختصات گزارش شده توسط دانشگاه هاروارد حدود ۸ کیلومتر به سمت شمال باختر تفاوت دارد (شکل ۱). زمین لرزه بدون پیش لرزه بوده، ولی صدایی همچون انفجار عظیم در روستای چنگوره شنیده شد. آمار تلفات و کشته شدگان، ۲۳۳ تن است که بیشترین تعداد مربوط به روستاهای چنگوره و

پس از حدود ۴۰ سال از رخداد زمین لرزه بوئین زهرا در جنوب استان قزوین، صبح روز شنبه اول تیرماه ۱۳۸۱، ساعت ۷ و ۲۸ دقیقه و ۱۹ ثانیه به وقت محلی، زمین لرزه نسبتاً بزرگی  $M_w = 6.5$  موجب تخریب و ویرانی بخش نسبتاً وسیعی از دهستانهای حصارولیعصر، خرقان باختری و شهیدآباد از شهرستان بوئین زهرا در استان قزوین شد. در این زمین لرزه، بیش از ۱۱۰ روستا آسیب دید که از آن بین ۹ روستا صددرصد تخریب



واحدهای سازند قم با ترکیب آهکی، مارنی و ماسه سنگی در برخاستگیهای بخش شمال خاوری حوضه رخنمون دارد.

### چینه‌شناسی برخاستگی بخش جنوب باختری (آوج)

قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در این بخش، سنگهای کمی دگرگون شده ژوراسیک است که بخشهای مرتفع منطقه با بیش از ۲۹۰۰ متر ارتفاع را تشکیل می‌دهد. همبری واحد مذکور با ماسه سنگ سرخ، مارن و کنگلومرای سازند سرخ بالایی در حوضه فرونشسته میانی گسل است. سنگهای آهکی و واحد اسلیتی کرتاسه به صورت ناپیوسته واحدهای ژوراسیک را دنبال کرده و در جنوب گسل آوج رخنمون دارد. همچنین واحد آهکی کرتاسه در محل خمیدگی محور تاقدیس کوه آبان بیرون زدگی داشته و به صورت برخاستگی در بخش میانی حوضه حضور دارد. واحدهای کنگلومرای و سنگ آهک نومولیتی ائوسن با مرزگسل معکوس مجاور پهنه فرونشسته میانی قرار دارد.

بر روی واحدهای سنگی ائوسن، با ناپیوستگی سنگهای اولیگو - میوسن به صورت آهکی و مارنی و ماسه سنگی قرار گرفته که در برخی قسمتها همراه با توف، بازالت و آندزیت است. سنگهای آتشفشانی همراه با واحدهای رسوبی اولیگو - میوسن در برخاستگی بخش میانی فرونشست ویژه در طول گسل آوج حضور گسترده دارد.

### چینه‌شناسی بخش فرونشسته میانی (حداصل برخاستگی آبگرم در

#### شمال خاور و آوج در جنوب باختر)

بخش فرونشسته عدسی شکل حد فاصل برخاستگیهای شمالی و جنوبی پوشیده از واحد ماسه سنگی، مارنی و کنگلومرای میوسن است که چین خورده و برخاسته می‌باشد. رخنمون واحدهای تبخیری ژیبسی، نمکی میوسن در محل تغییر روند خطواره‌های گسل و محل تقاطع آنها سبب تشکیل معادن گچ دخرجین و شوراب شده است. شایان ذکر است که اکثر قریب به اتفاق روستاهای صدمه دیده در اثر زمین‌لرزه اول تیرماه چنگوره در بخش فروافتاده میانی قرار گرفته و بر روی پستی و بلندیهای سازند سرخ بالایی بنا شده‌اند. شاید یکی از علل تخریب گسترده برخی از روستاها، مربوط به ویژگی سنگ‌شناسی زیر ساخت آن باشد که عموماً از جنس واحدهای رسوبی نئوژن است.

### تحلیل ساختاری پهنه آب گرم - آوج

پی‌سنگ پهنه متأثر از زمین لرزه چنگوره سخت و شکننده و سن آن دست کم ائوسن است، رفتار شکننده واحدهای سنگی در مقابل نیروهای وارده سبب تشکیل شکستگیهای با روند متنوع شده است. در تداوم اعمال

آبدرد است. میزان بالای تخریب و دامنه گسترده تلفات را با توجه به بزرگی زمین لرزه می‌توان به عملکرد ضعیف پوسته در مناطق لرزیده، پوشیده بودن منطقه از تنش‌های ضخیم نئوژن، به کارگیری مصالح نامرغوب و نامناسب بودن سازه‌ها نسبت داد.

عدم رخنمون سطحی گسل مسبب زمین لرزه چنگوره سبب گردید تا الگوی ساختاری کنترل کننده آن در حاله‌ای از ابهام باشد. براین اساس در این مقاله سعی گردیده تا با استناد بر موقعیت کانونی پس لرزه‌ها و داده‌های دستگاهی به بررسی و ارائه الگوی ساختاری منطقه پرداخته شود.

### زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه با روند شمال باختر - جنوب خاور از دو بخش برخاسته با بیش از ۲۵۰۰ متر ارتفاع در حاشیه شمال خاوری و حدود ۲۹۰۰ متر ارتفاع در جنوب باختری تشکیل شده که در حد فاصل آن بخش فرو افتاده‌ای با ۱۷۳۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده است.

ویژگیهای سنگ‌شناسی رخنمون یافته در برخاستگیهای حاشیه بخش فرونشسته عدسی شکل میانی نشانگر حضور دو پهنه ساختاری با تاریخچه تحولی پیچیده است، پهنه سندانج - سیرجان در جنوب باختر و ارومیه - دختر در شمال خاور. بنابراین، پی‌سنگ پهنه فرونشسته میانی از واحدهای قدیمی تشکیل شده که با پوشش ضخیمی از ته نشستهای نئوژن پوشیده شده است (شکل ۲).

### چینه‌شناسی برخاستگی بخش شمال خاوری (آبگرم)

این پهنه با جابه جایی راستا لغز چپ گرد و تغییر روند از N135 (در خاور آبگرم) به N125 (در باختر آبگرم) در ادامه پهنه ماگمایی ارومیه - دختر به سمت شمال باختر قرار گرفته است و با مرز گسل پوشیده برخاستگی حاشیه شمال خاوری حوضه را تشکیل می‌دهد.

قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در این بخش سازند کهر واقع در شمال کوه آب گرم است. دولومیت سلطانیه بر روی سازند کهر قرار گرفته و در شمال باختر دهکده کیساجین بیرون زدگی دارد. واحد مذکور با مرز گسل مجاور آبرفتیهای کوتاه‌تر رودخانه خررود قرار گرفته و به طور هم شیب توسط سازند باروت تداوم یافته است. واحدهای سنگی پالئوزوئیک با توالی همشیب واحدهای پرکامبرین را دنبال کرده و به افق بوکسیتی و آهکهای مارنی سازند سنن خاتمه یافته است. واحدهای سنگی دوران دوم رخنمون گسترده‌تری داشته، به گونه‌ای که در بخش نسبتاً وسیعی از پهنه برخاسته شمال مناطق آسیب دیده بیرون زدگی دارد. در ادامه واحدهای رسوبی و ماگمایی دوران سوم به صورت چین خورده و گسل همراه با



معادن گچ دخرچین متشکل از واحد تبخیری سازند سرخ بالایی نیز در محدوده تغییر روند گسلی باروند N150 به N115 بیرون زدگی دارد و یا معدن شوراب تقریباً در محل تلاقی دو خطواره گسل با روند N50W و N20W رخنمون دارد.

گسل مرزی گندآهو با روند N140 در طول رودخانه آوج به N120 و درختمه به N100 تغییر یافته و وارد پهنه فرونشسته چنگوره - آوج می شود. گسل آوج با امتداد N130 که از شهر آوج می گذرد، در شمال باختری روستای آرون تقریباً خاوری - باختری (N100) شده و در این راستا واحدهای سنگی دگرگون شده پهنه رزن مجاور آبرفتیهای جوان کواترنری قرار گرفته است، گسل مذکور با تغییر روند به N150 نقش مرز پهنه برخاسته رزن با بخش فرونشسته چنگوره - آوج را بر عهده دارد. افزون بر خطواره های گسلی، روند محور چینا نیز تغییر کرده به گونه ای که محور تاقدیس کوه امامزاده از N150 به N110 و محور ناودیس کوه کارخانه از N140 به N125 در باختر محور رودخانه آوج تغییر یافته است. بدین ترتیب ساختهای گسلی پهنه فرونشسته چنگوره - آوج روندهای تغییر یافته ای (N100-125) دارند، این وضعیت تداوم چندانی نداشته به گونه ای که در فاصله حدود ۸۰ الی ۱۰۰ کیلومتری به سمت شمال باختر پهنه گسلی با روند شمال خاوری - جنوب باختری (N20E) با حرکت راستگرد موجب جابه جایی برونزدهای سنگی ائوسن و اولیگومیوسن و تغییر روندهای کم و بیش افقی به N130 شده است.

در انتهای لبه شمالی ایران مرکزی خرد قطعات گسلی با ابعاد متغیرو حرکات مستقل حضور چشمگیری دارند. اعمال نیروی فشاری صفحه عربستان از جنوب باختر ضمن چین خوردگی و برخاستگی واحدهای رسوبی نئوژن موجب عملکرد معکوس و راندگی گسلهای مرزی گردیده که با تداوم اعمال نیروی فشاری، سنگهای سخت شکسته و گسلیده شده اند و به صورت برخاستگیهای گسلی رخنمون دارند، اگرچه تأثیر نیروی فشاری وارد از سوی دیگر قطعات را نیز نمی توان نادیده گرفت.

**پس:** حضور روندهای فرعی توأم با روندهای اصلی گسلی سبب تشکیل پهنه خرد و شکسته ای شده که در واکنش با راستای نیروی وارد عملکرد ترافشاری و تراکششی دارند. در محلهای ترافشاری توأم با برخاستگی، پایین افتادن سطح سفره آبهای زیرزمینی و در نتیجه کاهش آب چشمه های محلی بوده و در مناطق تراکششی همراه با افزایش آب چشمه ها، رسیدن آب شور به سطح زمین (روستای حسن آباد و شوراب) بوده است. در روستاهای حسن آباد و شوراب به دلیل جریان داشتن رودخانه خررود بستر رودخانه و بخشهای مجاور تقریباً اشباع از آب بوده و سطح آب زیرزمینی در آنجا بالاست که در پی رخداد زمین لرزه اول

نیروهای فشاری که با باز شدن دریای سرخ از شدت بیشتری برخوردار شده ساختهای گسل فعال، برخاستگیها و فرورفتگیهای گسل در راستای آنها ایجاد گردیده که از آن جمله می توان به برخاستگی دگرگونیهای رزن در جنوب، برخاستگی رسوبی - آدزین آبگرم در شمال و بخش فرونشسته میانی متشکل از روستاهای تخریب شده اشاره کرد.

مرز برخاستگیهای شمالی (گسل پوشیده با روند شمال باختری - جنوب خاوری) و جنوبی (پهنه گسل آوج) با بخش فرونشسته یانی، گسلی است و کمترین زمان لازم برای تشکیل این بخش فرونشسته، نئوژن (اوایل میوسن) پیش بینی می شود. با فرسایش برخاستگیهای اطراف حجم زیادی از رسوبات ماسه سنگی، مارنی و کنگلومرای میوسن تشکیل شده، که متعاقباً با مخروط افکنه و آبرفتیهای کواترنری پوشیده شده است. در مرز برخاستگیهای پهنه گسلی آبگرم با پهنه فرونشسته چنگوره - آوج، رودخانه خررود با روند شمال باختر - جنوب خاور (N120) جریان دارد که در مسیر آن آبرفتیهای جوان کواترنری در حال تشکیل است.

روند رودخانه خررود در خاور، شمال خاور - جنوب باختر (N050) است که در محل روستای آبگرم به N120 و سپس (N145) با عنوان رودخانه کنتجین تغییر مسیر داده است. از جمله نکات قابل توجه در رفتار متنوع واحدهای سنگی شکل پذیر نئوژن، توجه به پی سنگ شکننده واقع در قاعده آن است به گونه ای که همراه با واحدهای مذکور سنگهای قدیمی نیز بیرون زدگی یافته اند. واحدهای رسوبی میوسن در واکنش به نیروهای فشاری وارده چین خورده شده و در محل محور تاقدیس و ناودیسهای متعدد با روند شمال باختری - جنوب خاوری رخنمون یافته است.

تداوم نیروی فشاری وارده در این بخش، منجر به تشکیل ساختار گسلی معکوس باروند شمال باختری - جنوب خاوری (N110-120) شده و با توجه به رفتار شکننده پی سنگ قاعده واحدهای رسوبی نئوژن که گاه رخنمونهایی از آنها مشاهده می شود، انتظار حضور گسلهای بیشتری می رود که به دلیل حجم انبوه رسوبات ته نشین شده رخنمون ندارند.

خمیدگی ساختار خطی و محور چینها در محل عبور رودخانه آوج یا جاده ارتباطی آبگرم - آوج، نمایانگر مسیر گسل پوشیده (؟) است، همین عامل سبب گردیده تا در محل تغییر روند گسل (رودخانه) کنتجین از N135 به N110 چشمه های آبگرم متعددی رخنمون یابد. جنس واحدهای سنگی واقع در مسیر آبهای جاری آهکی بوده که با عبور از مسیر گسل نسبتاً عمیق گرم شده و در راه رسیدن به سطح زمین با تغییر شرایط ترمودینامیکی مقداری آهک را در دیواره شکاف ته نشین کرده لذا در مجموع آب زلال، شفاف و گرمی را در معرض دید قرار داده است.

از آن فعال و عملکرد آن زمین لرزه اول تیرماه چنگوره را به دنبال داشته است؟

برای دستیابی به الگوی ساختاری زمین لرزه چنگوره، اگر به توزیع پس لرزه‌ها طی چهار ماه پس از رخداد زمین لرزه اصلی توجه شود، مشخص می‌گردد که ظاهراً زمین لرزه چنگوره تحت کنترل ساختارهای دیگری نیز هست که به دلیل پوشیده بودن پهنه با ته نشستهای نوژن، رخنمون سطحی ندارد. در پهنه‌ای که زمین لرزه اصلی، بزرگی  $M_w = 6.5$  دارد، در همان روز دو پس لرزه به بزرگی 5.2 و 5.3 رخ داده است (شکل ۳). براساس داده‌های مؤسسه ژئوفیزیک، بیشتر پس لرزه‌ها با فاصله زمانی ۴ ماه پس از زمین لرزه اصلی خاور چنگوره توزیع شده‌اند. در نخستین ماه (تیرماه) کانون پس لرزه‌ها تا حوالی تاجستان نیز گسترش داشت و بیشترین تمرکز آن در حد فاصل پهنه گسل آبگرم در شمال و آوج در جنوب، به ویژه در راستای گسلهای پنهان باروند شمال خاوری - جنوب باختری (N035) است (شکل ۴). در ماه دوم نیز توزیع کانون پس لرزه‌ها کم و بیش شبیه ماه اول بوده با این تفاوت که تا حوالی روستای شال و نهاوند گسترش یافته و بیشتر تمایل به سمت پهنه شمالی دارد، کانون بیشتر پس لرزه‌ها در راستای N035 یا در طول جاده آبگرم - آوج قرار دارد (شکل ۵).

در سومین ماه، کانون پس لرزه‌ها بیشتر به سمت خاور و حتی خاور راه ارتباطی آبگرم به آوج تمایل یافته و بیشتر در راستای شمالی - جنوبی آرایش یافته است (شکل ۶). این کانونها را می‌توان در شمال باختر استان قزوین در گستره سنگهای آتشفشانی ائوسن نیز یافت. این گسترش خطی با روند تقریباً شمالی - جنوبی کانون پس لرزه‌ها به‌ویژه در باختر استان قزوین تأییدی بر روند گسل شمالی - جنوبی پیشنهادی نوگل (۱۹۸۱) و ادامه مسیر احتمالی آن به سمت جنوب (بوذری ۱۳۷۹) است. این روند خطی مرز باختری خرد قطعه گسل قزوین است که چرخش خرد قطعه در خلاف جهت ساعت گرد موجب کشیده شدن واحدهای آتشفشانی به سمت جنوب شده است.

در چهارمین ماه اگر چه از تعداد پس لرزه‌ها کاسته شده اما بیشتر آنها به سمت خاور تا حوالی کوه جار و تمایل یافته و در راستای N050 گسترش یافته‌اند (شکل ۷).

توزیع کانون پس لرزه‌ها غالباً روند خطی داشته و در دو راستای شمال خاوری - جنوب باختری و شمال باختری - جنوب خاوری گسترش یافته‌اند، در تأیید چگونگی توزیع پس لرزه‌ها تخریب دیوار منازل روستای چنگوره در دو راستای N100 و N010 است، آنجا که محل تقاطع این دو روند است بر تراکم پس لرزه‌ها افزوده می‌شود. با توجه به موارد فوق یا مجموعه داده‌های زیر سطحی و شواهد سطحی مانند تغییر

تیرماه چنگوره، مقداری آب شور و ماسه آبی به سطح زمین راه یافته‌اند. روند فرعی N100 که در پی تغییر روند گسلهای اصلی باروند N135 به وجود آمده است، راستای مناسبی برای آزادسازی نیروهای فشاری وارده از سمت جنوب باختر در زمین لرزه چنگوره بوده و در تداوم پهنه گسلی بوئین زهرا به سمت باختر قرار گرفته است. بدین ترتیب، بازتاب اعمال نیروی فشاری بر پی سنگ آتشفشانی و آهکی قم در حوضه نوژن چنگوره - آوج، ناهمگن بوده زیرا به صورت رفتارهای تراکششی و ترافشاری در امتداد ساختارهای گسلی آشکار شده است.

پهنه گسلی آوج - چنگوره قطعه گسل فروافتاده‌ای است که از شمال خاور توسط پهنه گسل آبگرم و از جنوب باختر با پهنه گسل رزن احاطه شده است. گستره فرونشسته میانی (چنگوره - آوج) چین خورده (به صورت تاقدیس و ناودیس با روند محوری شمال باختری - جنوب خاوری) و زیرساخت پیچیده‌ای دارد. در قاعده ته نشستهای رسوبی شبکه‌ای از شکستگیهای انشعابی با موقعیت هندسی پیچیده و روند غالب شمال باختر - جنوب خاور وجود دارد که روندهای تقریباً خاوری - باختری (N100)، شمالی - جنوبی (N170) مجموعه فوق را همراهی می‌کنند. بنابراین با توجه به پی سنگ گسلی، انتظار هرگونه رویداد پیچیده‌ای را باید داشت.

آنچه در این پهنه حائز اهمیت است، پوشیده بودن پهنه گسل پی سنگی توسط انباشته‌های ضخیمی از ته نشستهای رسوبی نوژن و عدم رخنمون و عدم رخنمون سطحی خطواره‌های گسلی است.

### تحلیل توزیع پس لرزه‌ها

از جمله نکات مهم و قابل توجه در زمین لرزه چنگوره، الگوی ساختاری کنترل کننده زمین لرزه است. عدم رخنمون سطحی گسل، دستیابی به الگو را کمی دشوار می‌کند و در این رابطه لازم است تا به دریافتهای دستگاهی و پس لرزه‌ها توجه بیشتری شود.

با استناد به داده‌های دستگاهی کانون زمین لرزه اصلی با بزرگی  $M_w = 6.5$  در حد فاصل گسل آوج (در جنوب) و پهنه گسل آبگرم (در شمال) قرار گرفته است.

اگرچه روند غالب گسلهای این پهنه شمال باختر - جنوب خاور (N140) است، اما داده‌های دستگاهی روند N102 را عامل وقوع زمین لرزه معرفی کرده که مشابه روند گسل مسبب زمین لرزه بوئین زهرا با بزرگی  $M_w = 7.00$  و  $M_s = 7.2$  است. حال سؤال اینجاست آیا پهنه گسلی پنهان با روند (102 - N100) واقع در لبه شمالی قطعه گسل ایران مرکزی در جنوب و پهنه انتقالی (جلوی چین خوردگی) در شمال که در زمین لرزه بوئین زهرا تحت عنوان گسل ایک فعال گردیده، بخش دیگری

گسل اصلی که در زمین لرزه اول تیرماه چنگوره فعال شده است، گسل پنهان با روند N102 است که عملکرد ترفاشاری داشته و در ادامه گسل ایپک به سمت باختر قرار دارد، این گسل، راستا لغز فشاری (ترفاشاری) است و در پس لرزه‌ها دیگر روندهای پهنه گسلی برشی مانند R1 و R2 فعال شده‌اند که مهاجرت رو به خاور داشته‌اند، آنجا که روندهای گسلی با یکدیگر تقاطع داشته، بیشترین تخریب به وقوع پیوسته که از آن جمله می‌توان به موقعیت روستای چنگوره اشاره کرد (شکل ۸).

پس لرزه‌ها در پهنه فرونشسته چنگوره و بر روی واحدهای شکل پذیر نوژن توزیع شده‌اند. تأثیر آزاد سازی تنش بر پوش سنگ شکل پذیر (سازند نوژن) که روستاهای چنگوره و غیره بر روی آن قرار گرفته، رفتار مبهمی است که در مقابل انتشار امواج لرزه‌ای از خود بروز داده و تخریب نزدیک ۱۰۰ درصد مناطق بوده، در ضمن وضعیت زمین شناسی، ژئوتکنیک، ریخت شناسی زمین و نوع مصالح در تخریب خانه‌های خشت و گلی و نیز پایداری بعضی سازه‌ها مؤثر بوده است.

#### تشکر و قدردانی

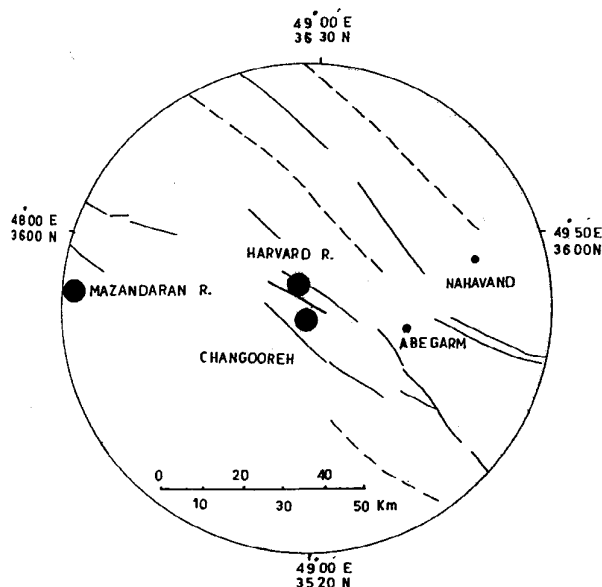
از جناب آقایان دکتر عکاشه که ضمن راهنمایی های لازم اطلاعات مورد نیاز را در اختیار قرار دادند، دکتر محمد هاشم امامی که با نهایت سخاوت همفکری نمودند و دکتر قرشی به منظور ارائه نظرات و پیشنهادات ارزنده نهایت سپاس و قدردانی به عمل می‌آید.

میزان آبدهی چشمه‌ها مثلاً پایین افتادن سطح آب قنات در روستای کرد جین، افزایش آبدهی چشمه‌ها در روستای حسن آباد و موقعیت روستاها نسبت به گسل‌های اصلی و فرعی در حد فاصل پهنه گسل آبگرم - آوج می‌توان الگوی ساختاری زمین لرزه چنگوره - آوج را جستجو کرد.

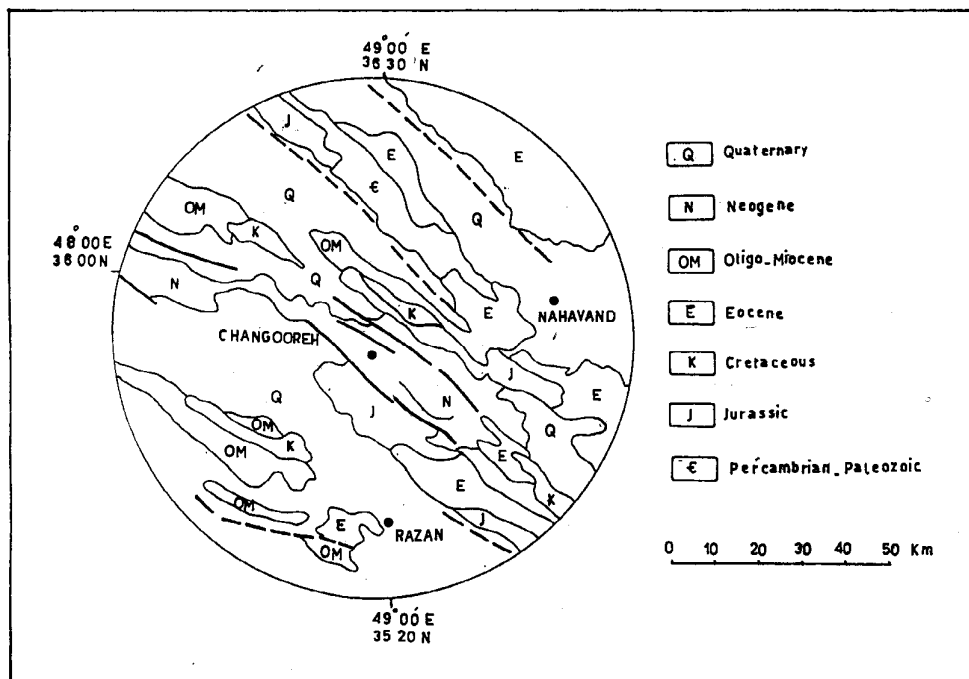
#### الگوی پیشنهادی

با توجه به کلیه شواهد رخنمون یافته ظاهراً پهنه گسل فرعی با روند N102 که در الگوی پهنه برشی گسل D نامیده می‌شود، در زمین لرزه چنگوره - آوج کارساز بوده و سازوکار آن راندگی با مؤلفه کوچک راستالغز است. توزیع پس لرزه‌ها به سمت خاور بوده و علاوه بر گسل اصلی لرزه زا، پهنه‌های گسلی R1 و R2 از الگوی برشی نیز فعال شده و در محل تلاقی روندهای گسلی محل تجمع کانون بیشترین پس لرزه‌ها است. عملکرد ترفاشاری و تراکششی گسل‌های R1 و R2 برخاستگیها و باز شدگیها کاهش آب برخی از چشمه‌ها و یا افزایش آب برخی دیگر را به دنبال داشته است.

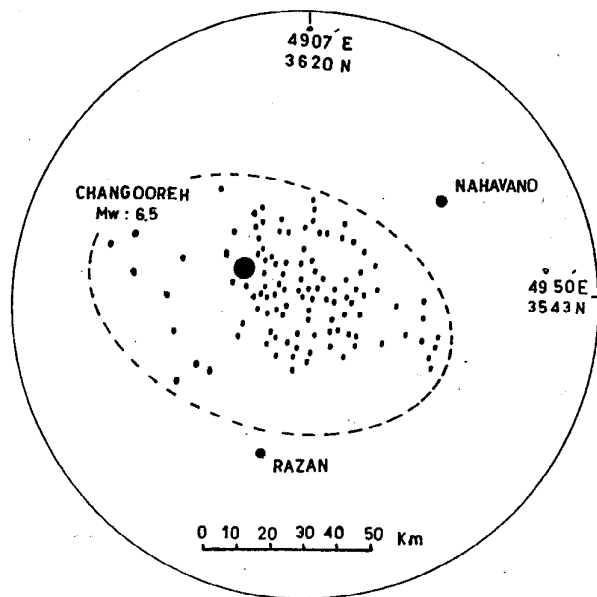
بدین ترتیب، ارائه الگوی ساختاری برای پهنه‌ای که پوشیده از تهنشستهای نوژن است و حتی در پی رخداد زمین لرزه نیز رخنمون سطحی بسیار بسیار ناچیزی دارد، شاید استاندارد به پس لرزه‌ها و توزیع آنها بهترین روش جهت دستیابی به الگوی ساختاری زمین لرزه باشد.



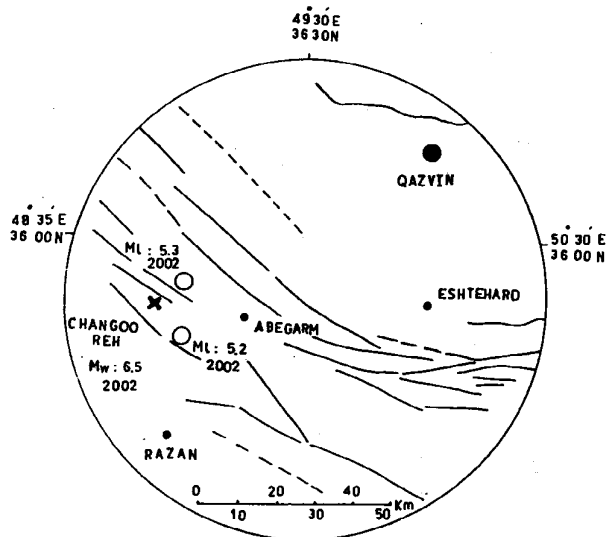
شکل ۱- نمایی از محل کانون زمین لرزه اول تیرماه (۱۳۸۱) چنگوره - آوج بر اساس گزارش موسسه ژئوفیزیک، مرکز مازندران و دانشگاه هاروارد.



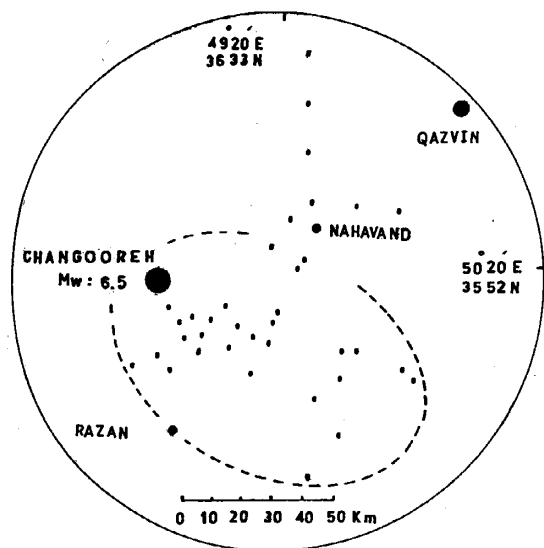
شکل ۲- نقشه زمین شناسی ساده شده پهنه چنگوره - آوج، اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰.



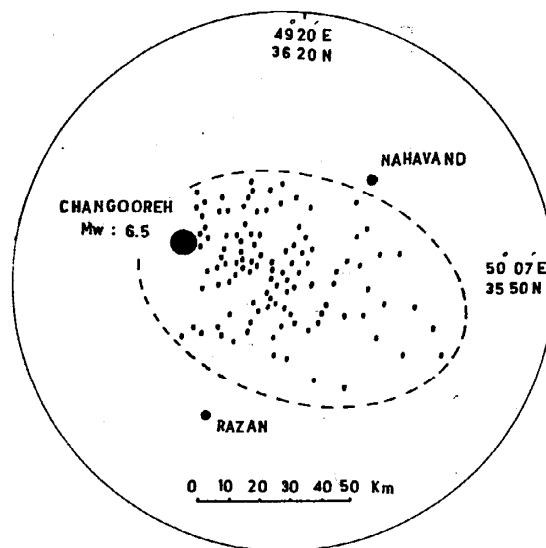
شکل ۴- نمایی از توزیع کانون پس لرزه ها در تیرماه ۱۳۸۱.



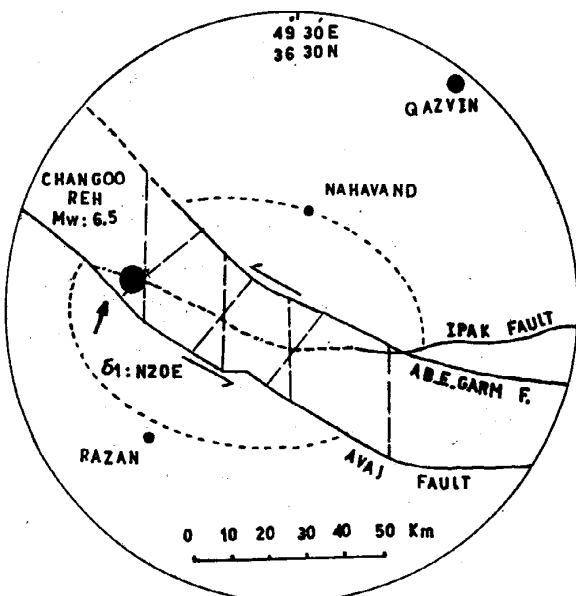
شکل ۳- نمایی از کانون پس لرزه ها با بزرگی ۵/۲ و ۵/۳ پس از زمین لرزه اول تیرماه (۱۳۸۱) چنگوره - آوج.



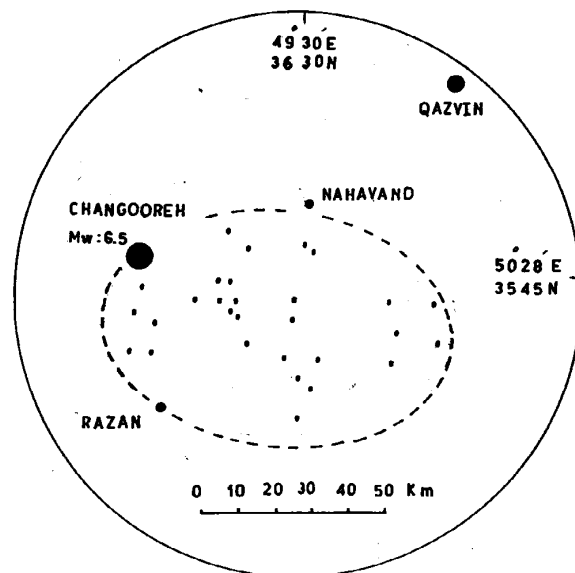
شکل ۶- نمایی از توزیع کانون پس لرزه‌ها در شهریورماه ۱۳۸۱.



شکل ۵- نمایی از توزیع کانون پس لرزه‌ها در مرداد ماه ۱۳۸۱.



شکل ۸- الگوی ساختاری پیشنهادی برای زمین لرزه اول تیرماه (۱۳۸۱) چنگوره - آوج با استناد بر محل کانون پس لرزه‌ها.



شکل ۷- نمایی از توزیع کانون پس لرزه‌ها در مهرماه ۱۳۸۱.

**کتابنگاری**

- استاندارد قزوین، ۱۳۸۱ - گزارش فوری مقدماتی زمین لرزه چنگوره - آوج (اول تیرماه ۱۳۸۱).
- توفیق ریحانی، ح.، ۱۳۸۱ - پیامدهای زمین شناختی زلزله چنگوره - آوج، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- تهرانی زاده، م.، ۱۳۸۲ - بررسی حداکثر حرکات زمین، مدت تناوب حرکات شدید و محتوای فرکانسی زلزله چنگوره - آوج، مجله مهندسی ساختمان و علوم مسکن، شماره اول، دوره اول.
- جوان دولویی، غ.، ۱۳۸۲ - بررسی ویژگی های زلزله شناختی زمین لرزه اول تیرماه ۱۳۸۱ چنگوره آوج و پس لرزه های آن براساس اطلاعات شبکه محلی لرزه نگاری نصب شده در منطقه زلزله زده، یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران.
- حاج اسماعیلی، م.، ۱۳۸۱ - بررسی عملکرد ساختمانهای استانهای قزوین و همدان در برابر زلزله چنگوره - آوج، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- رزاقی آذر، ن.، ۱۳۸۱ - اثرات زلزله اول تیر ۱۳۸۱ چنگوره - آوج بر ساختمانهای بنایی و مختلط، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳ - نقشه زمین شناسی کیودرآهنگ، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- سازمان جغرافیایی ارتش، ۱۳۵۰ - نقشه توپوگرافی کیودرآهنگ، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۷۸ - نقشه زمین شناسی ایران، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰.
- علیجانی مقدم، ح.، ۱۳۸۲ - عملکرد ساختمانهای بنایی متعارف در زلزله چنگوره - آوج و بررسی روش تقویت لرزه ای آنها، مجله مهندسی ساختمان و علوم مسکن، شماره اول، دوره اول.
- علیجانی مقدم، ح.، ۱۳۸۱ - بررسی علل ناپایداری ساختمانهای روستایی در برابر زلزله و ارائه راهکار، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- فرزانگان، ا.، ۱۳۸۱ - بررسی داده های جنبش قوی زمین در زلزله چنگوره - آوج، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- قالیبافان، م.، ۱۳۸۱ - اصالت و انتظام طرح حلقه واسطه بین طرح، محاسبه و اجرا، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ماجدی اردکانی، م.ح.، ۱۳۸۱ - بررسی مشکلات مصالح به کاررفته در ساخت و سازهای منطقه زلزله چنگوره - آوج، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- مجید زمانی، س.، ۱۳۸۱ - اثرات زلزله اول تیر ۱۳۸۱ چنگوره - آوج بر ساختمانهای تمام اسکلت فولادی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۱ - گزارش فوری مقدماتی زمین لرزه چنگوره - آوج (اول تیرماه ۱۳۸۱).
- معین فر، ع.ا.، ۱۳۸۱ - زلزله چنگوره - آوج و سیر تحولی ۴۰ ساله آئین نامه زلزله ایران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.