

بررسی عملکرد تنش ها در گستره آهار و لرزه زمین ساخت اجمالی منطقه

فائزه بیگ زاده^۱ و دکتر محسن پورکرمانی^۲

چکیده

به منظور بررسی عملکرد تنش ها در گستره آهار، از گسل ها، چین ها و درزها برداشت هایی به عمل آمده است. مطالعه نمودارهای گل سرخی و بررسی وضعیت تنش ها در گستره مورد مطالعه نشان می دهد که این ساختارها در رژیم زمین ساخت فشارشی با مؤلفه راستا لغز راستگرد تشکیل شده اند. بررسی لرزه زمین ساخت گستره آهار نیز تا شعاع حدود 300 کیلومتر از منطقه به طور اجمالی صورت گرفته که در این خصوص، مهم ترین زمین لرزه هایی که گستره مطالعاتی را تحت تاثیر قرار داده، به همراه مهم ترین گسل های موجود در این منطقه و پیرامون آن معرفی شده اند.

واژه های کلیدی: آهار، لرزه زمین ساخت، رژیم زمین ساخت فشارشی، مؤلفه راستا لغز راستگرد

A study on the stresses performance in Ahar area with a glimpse on its seismotectonics

Faezeh Beigzadeh and Dr. Mohsen Pourkermani

Abstract

For study on the stresses performance in Ahar area, some samples were taken from outcrop structures including faults, folds and joints in this area. Drawing and studying rose diagrams, contour line and examining the state of the stresses in the area under study, indicates that the existing structures are formed in compressional tectonic regim with dextral strike – slip component. General seismotectonic considerations of Ahar range up to 300 km radius has performed. In this case the most important earthquakes which cover the studied region with the most important faults in this region and its environment are introduced.

Keywords: Ahar, seismotectonics, compressional tectonic regim, dextral strike – slip component

¹ - کارشناس ارشد تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.

² - گروه زمین شناسی دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.

مقدمه:

کوآترنری که در این بخش از گسل آهار دارای رخنمون هستند، می توان به پادگانه های رودخانه ای قدیمی، پادگانه های رودخانه ای جوان، واریزه ها و آبرفت های رودخانه ای اشاره کرد. در جنوب گسل آهار، تنها سازندهای مربوط به دوران سنوزوئیک دارای رخنمون هستند که از آن جمله، قسمت بسیار محدودی از بخش ماسه سنگ، شیل، کنگلومرای قرمز به همراه مارن های ژپیس دار و میان لایه های آهکی فسیل دار سازند فجن و قسمت های مختلف سازند کرج از جمله بخش شیل زیرین، توف میانی، شیل های آسارا و کندوان را می توان نام برد. علاوه بر این رسوبات کوآترنری شامل پادگانه های رودخانه ای قدیمی، واریزه ها، رسوبات یخچالی، مخروط افکنه و آبرفت های رودخانه ای وجود دارند (شکل 2). بر این اساس، در دوران سنوزوئیک، به ویژه دوره ائوسن، بخش جنوبی گسل آهار فرو افتاده بوده که در آن ضخامت قابل توجهی از ته نشست های ائوسن سازند کرج تشکیل شده است. در همین زمان بخش شمالی گسل آهار بر خاسته بوده است که احتمالاً برخی از اجزای تشکیل دهنده واحدهای بخش جنوبی، ناشی از فرسایش واحدهای قدیمی رخنمون یافته در بخش شمالی می باشد.

وقایع زمین ساختی البرز مرکزی با نگرشی بر گستره آهار

رشته کوه البرز یک کمربند فعال در جنوب دریای خزر می باشد که در بخش مرکزی سیستم آلپ - هیمالیا واقع شده است. این کمربند کوهزایی مرکب، کوتاه شدگی و بالا آمدگی زمان ترشیری (حوادث آلپی) را تحمل کرده است (Alavi, 1996).

این رشته کوه، با روند خاوری - باختری، به تبعیت از روند گسل های امتداد لغز چپ گرد و راست گرد فعال آن کشیده شده است

(Shahpasandzadeh et al., 2006).

بلوک البرز از لحاظ زمین شناسی دارای ساختاری پیچیده است. محدوده مطالعاتی نیز که در دامنه جنوبی بخش مرکزی البرز واقع شده است، از این قاعده مستثنی نمی باشد.

گسل اصلی در ناحیه مذکور، گسل مشا - میگون بوده، گسل های مهم حوالی آن گسل های شمال تهران و امامزاده داوود هستند که هر سه سازوکار فشارشی دارند. باتوجه به این که محدوده مورد مطالعه به صورت گوه مانند توسط گسل امامزاده داوود در باختر، راندگی شمال تهران در جنوب و گسل های آهار، مشا - میگون و سی چال در شمال احاطه شده است، در این مقاله سعی بر آن است، تا به سؤالاتی در رابطه با نتایج بررسی های انجام شده در خصوص لرزه زمین ساخت منطقه آهار و نوع رژیم زمین ساختی حاکم بر منطقه بر اساس نتایج تحلیل عناصر ساختاری رخنمون یافته پاسخ داده شود. به کمک این پاسخ ها، می توان چشم اندازی در ارتباط با عملکرد تنش ها در گستره آهار و وضعیت لرزه خیزی منطقه مورد مطالعه ارائه نمود.

موقعیت جغرافیایی

منطقه آهار با موقعیت $51^{\circ}18'30''$ الی $51^{\circ}28'00''$ طول خاوری و $35^{\circ}56'00''$ الی $36^{\circ}00'00''$ عرض شمالی از توابع رودبار قصران بوده، در شمال شرق تهران واقع شده است (شکل 1). این محدوده از شمال به آمل، از شرق به لواسانات، از جنوب به تهران و از غرب به کرج محدود می شود.

زمین شناسی گستره آهار

در شمال گسل آهار، رخنمون هایی از سازندهای زاگون، لالون، کوآترتیت بالایی و میلا مربوط به دوران پالئوزوئیک، سازند الیکا مربوط به دوران مزوزوئیک و سازند فجن و بخش شیل زیرین سازند کرج مربوط به دوران سنوزوئیک وجود دارند. همچنین از رسوبات

عملکرد فاز کوهزایی سیمین پیشین در آن سبب کانی زایی شده است. به طوری که وجود یک اندیس باریت در باختر سازند الیکا در منطقه می‌تواند شاهدهی بر این امر باشد. عملکرد این فاز کوهزایی سبب تشکیل گسل‌های راندگی در این بخش از گستره شده که در اثر عملکرد آن‌ها برخاستگی نیز رخ داده است. عملکرد این گسل‌ها موجب رانده شدن بخش محدودی از سازند لالون و سازند الیکا (واحدهای قدیمی) بر روی توف و ماسه سنگ‌های توفی بخش شیل زیرین سازند کرج (واحد جدید) در فاصله بین گسل مشا - میگون و راندگی سی چال شده است. وجود سازند گنگلومرایی فجن به سن پالئوسن - ائوسن (آشکوب ایپرسین) در بخش شمالی گسل آهار، مبین وجود و تأثیر فاز کوهزایی لارامید در این بخش از محدوده مورد مطالعه است که اوج عملکرد آن در پالئوسن و پس از آشکوب دانین بوده است و حاصل آن به صورت برخاستگی، چین خوردگی، ماگمازایی و دگرگونی می‌باشد. چین خوردگی‌های موجود در حد فاصل گسل آهار و راندگی سی چال را می‌توان به عملکرد این فاز کوهزایی نسبت داد. چین‌های موجود در جنوب گسل آهار در اثر عملکرد فازهای کوهزایی لارامید و پاسادین ایجاد شده‌اند و چین‌های رخنمون یافته در سازند الیکا نیز حاصل تأثیر و عملکرد فاز کوهزایی سیمین پیشین می‌باشند. فاز کششی رخداد لارامید در ائوسن میانی سبب آتشفشانی شدید ائوسن با ترکیبی آندزیتی در سازند کرج شده است (آقا نباتی، 1383)، که اثرات آن در بخش شمالی گسل آهار، در حد فاصل گسل مشا - میگون و راندگی سی چال دیده می‌شود (شکل 3). رخدادهای زمین‌ساختی جوان‌تر از پاسادین نیز در هر دو بخش از منطقه تأثیرگذار بوده، به طوری که در شمال گسل آهار سبب بریدگی رسوبات آبرفتی کواترنری توسط گسل مشا - میگون، راندگی سی چال، گسل آهار و سایر گسل‌های کوچک رخنمون یافته در این قسمت شده است. همچنین عملکرد رخدادهای مذکور در بخش جنوبی گسل آهار، سبب کج شدگی پادگانه‌های

کوه‌های البرز تمامی کوتاه شدگی‌های چپ گرد که مابین حوضه خزر جنوبی و ایران مرکزی در محدوده منطقه تصادمی پهناور عربی - اوراسیایی قرار دارند را شامل می‌شود (Shahpasandzadeh et al., 2007).

این رشته کوه حدود 1 سانتی متر در سال، کوتاه شدگی بین کویر ایران مرکزی و جنوب دریای خزر دارد (Masson et al., 2002).

شکل امروزی فلات ایران و آخرین تغییرات پوسته نمایانگر تأثیر فاز کوهزایی آلپی است. عناصر ساختاری موجود در منطقه آهار شامل چین‌ها و گسل‌ها، واحدهای مختلف را تحت تأثیر قرار داده‌اند. گسل‌های موجود در این محدوده، به صورت یک مرز، سبب تفکیک واحدهای سنگ شناسی از یکدیگر شده و یا در برخی نقاط، عملکرد راندگی‌های موجود در گستره مذکور، سبب رانده شدن بخش‌های قدیمی‌تر بر روی بخش‌های جوان‌تر شده‌اند که این واحدهای جوان به طور عمده در جنوب گسل آهار و یا در حد فاصل بین گسل مشا - میگون و راندگی سی چال در شمال گسل آهار دیده می‌شوند. واحدهای یاد شده شامل واحدهای تشکیل دهنده سازند کرج هستند. بنابراین با توجه به شواهد موجود می‌توان نتیجه گرفت که فازهای کوهزایی لارامید، پاسادین و رخدادهای زمین‌ساختی جوان‌تر از آن‌ها، نقش اصلی را در شکل دهی گستره آهار داشته‌اند که از میان فازهای کوهزایی مذکور، بیشترین اثرات در ارتباط با عملکرد فازهای پایانی کوهزایی آلپی است. از آن جا که قدیمی‌ترین واحدهای سنگ شناسی موجود در منطقه، سازندهای زاگون و لالون به سن کامبرین پیشین هستند، لذا تأثیر عملکرد فاز کوهزایی زیرگاین را می‌توان در حد فاصل این دو سازند، در شرق راندگی سی چال مشاهده نمود. همچنین عملکرد فاز کوهزایی میلانین در بین دو سازند لالون و عضو کوارتزیت بالایی در منطقه مورد مطالعه به صورت ناپیوستگی موازی در حد فاصل این دو واحد سنگ چینه‌ای خود را نشان داده است. در سرتاسر راندگی سی چال، سازند الیکا قرار دارد که

نقاط بوده و بیانگر شیب زیاد درزها در این بخش ها می باشد. بر همین اساس، راستای تنش مؤثر در تشکیل درزهای یاد شده 69/112 است (شکل 9).

رژیم های زمین ساختی حاکم بر البرز مرکزی با نگرشی بر گستره آهار

شرایط زمین ساخت فعلی ایران، نتیجه همگرایی شمالی - جنوبی بین صفحه های اوراسیا و عربستان با نرخی در حدود 3 سانتی متر در سال است (Masson et al., 2002). مطالعات قبلی با استفاده از یک شبکه که کل کشور را پوشش می داد، نشان از این داشت که بخش مرکزی البرز به تنهایی مقدار 8 میلی متر در سال از 21 میلی متر در سال از کل همگرایی شمالی - جنوبی میان سپر عربستان - اوراسیا را به خود اختصاص داده است (Vernant et al., 2003).

کوتاه شدگی حدوداً 17 کیلومتر در سرتاسر البرز توسط جنبش های نسبی به سوی غرب یک گوه پوخته ای که توسط سیستم های گسلی امتداد لغز چپ گرد و مزدوج راست گرد احاطه شده، صورت گرفته است. پهنه های گسلی نوشا، بریر و تنگ گلو، با امتداد غرب - شمال غرب، به پهلوی شمالی این گوه فشار وارد کرده است که از 5 میلیون سال پیش تا به حال، مجموعاً 25 کیلومتر لغزش راست گرد در آن انباشته شده است. پهلوی جنوبی نیز توسط گسل طالقان و گسل مشا احاطه شده است که با ترکیب کردن آن ها با شمال غرب تهران، میزان لغزش نهایی بین 30 الی 35 کیلومتر برآورد شده است. در سرتاسر رشته کوه البرز، حداقل 36 ± 2 کیلومتر چین و راندگی و یک نرخ کوتاه شدگی عادی گزارش شده است. مقطع عرضی گوه، یک کوتاه شدگی کلی به مقدار 15 الی 18 کیلومتر و یک نرخ کوتاه شدگی بلند مدت به اندازه 1/25 الی 1/5 میلی متر در سال، به طور ثابت پس از 12 میلیون سال به دست می دهد. در آخر یک خمش طویل به طول 60 کیلومتر به سمت راست در سیستم گسلی مشا - طالقان، یک کوتاه شدگی با مؤلفه راستگرد را در جنوب

رودخانه ای قدیمی در حوالی روستای شهرستانک شده است.

بررسی عملکرد تنش ها در گستره آهار بر اساس تحلیل ساختارهای موجود در آن

به منظور بررسی عملکرد تنش ها در منطقه، برداشت از شواهد سطحی رخنمون یافته در محدوده مطالعاتی ضروری می باشد. همچنین برای تعیین جهت نیروهای عمل کننده بر منطقه، اقدام به اندازه گیری شیب و جهت شیب درزها شده است. پس از برداشت عناصر ساختمانی مورد نیاز، ترسیم نمودارهای خطوط تراز و گل سرخی از داده ها صورت گرفته است. مرحله بعدی در تعیین جهت نیروهای حاکم بر منطقه، مطالعه ای براساس محور چین های رخنمون یافته در گستره بوده است. با توجه بر این اصل که چین خوردگی، ناشی از فشارش بوده و جهت نیروی فشارشی به طور معمول عمود بر محور چین می باشد، لذا جهت نیروی فشارشی حاکم بر شمال گسل آهار، شمال غرب - جنوب شرق به دست آمده که از N080 تا N140 در تغییر می باشد (شکل 4).

بررسی محور چین های برداشت شده از بخش جنوبی گسل آهار نیز جهت نیروهای فشارشی حاکم بر این بخش از گسل را شمال شرق - جنوب غرب نشان داده که از N20E تا N50E متغیر است (شکل 5). بررسی بردارهای لغزش مربوط به گسل های برداشت شده از گستره آهار نشان می دهد که راستای غالب بردارهای مذکور از N20E تا N40E در تغییر هستند (شکل 6). این امر با تداوم همگرایی بین صفحات ایران و عربستان در ارتباط است. با بررسی مجموع درزهای برداشت شده از منطقه مطالعاتی روند غالب این شکستگی ها شمال شرق - جنوب غرب برآورد شده است (شکل 7). درزهای مذکور در اثر اعمال تنش برشی با مؤلفه های فشارشی ایجاد شده اند (شکل 8). مطالعه نمودارهای قطب درزها و خطوط تراز مربوط به آن ها نشان داده که تمرکز قطب ها در شمال غرب و مرکز استریونت بیشتر از سایر

کوه البرز که امکان دارد به طور نسبی در حدود 3 الی 4 میلی متر در سال باشد، صورت می‌گیرد (Vernant et al., 2003).

در همان سال، برای درک بهتر میدان واتنش در دامنه جنوبی البرز مرکزی، یک شبکه G.P.S در 18 نقطه به طور مرتب از بلوک ایران مرکزی در جنوب، به بخش مرکزی کوه‌های البرز در شمال نصب شد. نتیجه بررسی‌ها و تجزیه داده‌های پردازش شده در سال‌های 2000، 2001 و 2002، جنبش افقی حدود 20 میلی متر در سال در جهت شمال شرق منطقه را نشان داد (Djamour et al., 2003).

همچنین، در البرز مرکزی جا به جا شدگی‌های چپ گرد نیز شناخته شد. بیشترین جنبش‌های امتداد لغز بر روی گسل مشا اتفاق می‌افتد که راستایی به سوی شرق دارد و نتایج G.P.S نیز یک نرخ لغزش چپ گرد، حدود 4 میلی متر در سال بین نقاط شمال و جنوب گسل نشان داده است (Vernant et al., 2003).

گسل راندگی شمال تهران از لشکرک تا کرج با روند شرقی - غربی و طول حدود 75 کیلومتر کشیده شده است. در زیر تهران، کوتاه شدگی توسط گسل‌های راندگی فعال و فراوانی نظیر گسل‌های کهریزک، آراد، جنوب ری و پارچین صورت می‌گیرد (Djamour et al., 2002).

ناحیه بین البرز مرکزی و مرتفع و البرز جنوبی متحمل کوتاه شدگی نوع نازک پوسته‌ای که فقط در ائوسن و بخش‌های جوان‌تر می‌باشد، شده است. بدین ترتیب، گسترش و رشد ساختارهای تاقدیس گون بزرگ در البرز جنوبی در پاسخ به زیرراندگی پوسته ایران مرکزی به سمت شمال است (Guest et al., 2002).

در البرز مرکزی، گسل‌های راندگی با حرکت‌هایی در هر دو جهت شمالی و جنوبی وجود دارد. این راندگی‌های اصلی، شاخص گسل‌های محصور کننده حوضه هستند که همراه با پس راندگی‌ها، روی فرادیواره قرار دارند. این پس راندگی‌ها در پاسخ به عملکرد راندگی اصلی به سبب رانده شدن سنگ‌های قدیمی‌تر در یک

گسل می‌گسترانند. مرز جنوبی دو بخش است که شامل سیستم فعال راندگی‌های شمال تهران و کرج - فرحزاد است (Guest et al., 2006).

تقریباً همه کوتاه شدگی این کمربند متأثر از جنبش‌های معکوس است که در هر دو جهت شمالی - جنوبی در طول گسل‌های راندگی اصلی بوده است (Yassaghi, 2005).

در میان آن‌ها، گسل‌های مشا و شمال تهران، با استناد بر سوابق لرزه خیزی تاریخی و دیرینه لرزه شناختی فعال‌ترین این گسل‌ها هستند (Djamour et al., 2003).

فاریک‌های S-C گسلی و زون برشی با شیارهای گسلی توسعه یافته، بیانگر گسلش معکوس راست گرد، با یک جنبش امتداد لغز چپ گرد در طول زون گسلی فعال می‌باشد. سازوکار کانون زمین لرزه‌ها، گسلش معکوس با مؤلفه امتداد لغز چپ گرد، یا جنبش‌های عادی را بر روی سیستم گسل مشا نشان می‌دهد. رژیم امتداد لغز کششی منطقه‌ای با روند شمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق در منطقه البرز مرکزی نیز آشکار می‌شود (Shahpasandzadeh et al., 2007).

ساختارهای اصلی زمین ساختی در دامنه جنوبی البرز مرکزی معمولاً در امتداد رشته گسل‌های راندگی موازی با شیب به سوی شمال، نظیر گسل‌های مشا و شمال تهران می‌باشند. زمین ساخت فشارشی در رشته کوه البرز به طور حتم، به وسیله جنبش‌های عمودی بزرگ در امتداد گسل‌های اصلی صورت می‌گیرد. برای مطالعه میزان جنبش‌های افقی و عمودی، یک شبکه G.P.S در 14 نقطه کار گذاشته شد که یکی از این نقاط در نزدیکی گسل مشا (آبعلی) بود. نتایج حاصل از این تحقیق در طول یک سال (Sep2000-Sep2001)، نشان داد برخاستگی زمین ساختی در البرز، که در حدود 10 میلی متر در سال است، حاصل عملکرد دگرشکلی قائمی است که به مرز جنوبی البرز فشار وارد می‌آورد (Masson et al., 2002).

همچنین نتیجه گرفته شد که بیشترین میزان کوتاه شدگی، توسط بخش‌های جبهه‌ای شمالی و جنوبی رشته

- دسته اول خانه های قدیمی هستند که قدمت آن ها به 35 سال قبل و حتی بیشتر از آن باز می گردند و از مصالح نا مرغوبی نظیر چوب، سنگ، خشت و گل تشکیل شده، در برابر زمین لرزه ها نیز فاقد استحکام و مقاومت می باشند. به طوری که بر اساس مقیاس MS در رده A قرار می گیرند (شکل 10).

- دسته دوم شامل خانه هایی هستند که قدمت آن ها از 25 سال قبل تا به حال است و تعدادشان نیز به مراتب کمتر از دسته اول می باشند. این خانه ها از مصالح به نسبت مرغوب نظیر آهن، آجر، سنگ و سیمان ساخته شده اند. این گروه در رده B قرار می گیرند (شکل های 11 و 12).

از آن جا که احداث ساختمان در زمین های ناپایدار، لغزنده و یا در مجاورت گسل ها ممنوع می باشد، لذا برآورد پارامترهایی نظیر حداکثر شتاب ثقل افقی و مقدار تغییر مکان افقی مربوط به گسل های اطراف سازه، جهت احداث سازه های بزرگ برای مهندسی طراح حائز اهمیت می باشد. در منطقه مطالعاتی، بر مبنای مطالعه گسل ها و زمین لرزه های مهم تا شعاع حدود 300 کیلومتری پیرامون آهار، حداکثر شدتی که در این محدوده ایجاد خواهد شد، در ارتباط با فعالیت گسل های مشا - میگون، البرز، شمال البرز و برابر با X درجه مرکالی خواهد بود. پس از آن بیشترین تاثیر در ارتباط با گسل های کندوان، شمال تهران، ایپک، کهریزک، پارچین، آراد، طالقان و امامزاده داوود که در فواصل بین 6 الی 106 کیلومتری از روستای آهار واقع شده اند، برآورد شده است (جدول 1).

ساختار بالاجسته¹ به وجود آمده اند. به طور حتم، پس راندگی های مذکور در رژیم زمین ساخت فشارشی توسعه داده شده اند. علاوه بر این، گسل های هم آغوش² (افزایشی)، و در نتیجه راندگی های فرودیواره سبب چرخش غیرفعال چین های مرتبط با راندگی شدند. این پیچیدگی های ساختاری تفسیر کننده نتیجه بر هم کنش بین گستره البرز و حوضه خزر در ترشیری پسین هستند.

حرکت به سمت غرب بخش جنوبی حوضه خزر در طول حوادث کوهزایی آپی پسین، از زمان میوسن پسین، اساس زمین ساخت فشارشی در کوه های غربی البرز مرکزی را تشکیل داده است. مقادیر بسیار ناچیز اندازه گیری شده واتنش، بر روی نمونه های سرتاسر گستره، احتمال می دهد که این رژیم زمین ساختی یک دگرشکلی نازک پوسته ای باشد که به طور عمده توسط جا به جایی در طول گسل ها صورت گرفته است (Yassaghi, 2005).

یساقی در سال 1379، ضمن مطالعاتی که در بخشی از دامنه جنوبی البرز مرکزی انجام داده، این مسئله را مطرح کرده است که ساختارهای موجود در منطقه می-توانند نشانگر حاکمیت زمین ساخت فشارشی در ناحیه باشند. اکنون با علم به این که محدوده مطالعاتی در دامنه جنوبی البرز مرکزی واقع شده، همچنین با بررسی عملکرد تنش ها و نتایج حاصل از تحلیل ساختارهای رخنمون یافته در منطقه و وجود گسل مشا - میگون به عنوان گسل اصلی ناحیه و تأثیرگذار بر روند ساختارها، می توان اظهار داشت که عناصر ساختاری موجود در این بخش، تحت حاکمیت رژیم زمین ساخت فشارشی شکل گرفته اند. در بخش جنوبی گسل آهار ساختارها از رژیم زمین ساخت نازک پوسته ای تبعیت می کنند.

لرزه زمین ساخت گستره آهار

در گستره مطالعاتی، اماکن مسکونی از نظر نوع مصالح ساختمانی به کار رفته، به دو دسته تقسیم می شوند :

¹ - Pop-up.

² - Leading Imbricate fans.

جدول 1: برآورد شدت نسبی، شتاب ثقل افقی و جا به جا شدگی افقی گسل های اصلی در محدوده منطقه مورد مطالعه و پیرامون آن، باتوجه به طول و فاصله آن ها تا روستای آهار.

ردیف	نام گسل	طول گسل (km)	حداکثر شتاب ثقل افقی	شدت نسبی	شتاب افقی (A_h) cm/sec^2	جا به جا شدگی افقی (D_h) Cm	شعاع (km)
1	البرز	600	$>0/6$	X	642	26	82
2	شمال البرز	300	$>0/6$	X	559	23	66
3	مشا - میگون	200	$>0/6$	X	476	20	2
4	کندوان	102	0/5-0/55	IX	384	17	41
5	شمال تهران	90	0/5-0/55	IX	370	17	6
6	ایپک	85	0/5-0/55	IX	363	17	106
7	طالقان	64	0/5-0/55	IX	335	16	28
8	کهریزک	41	0/5-0/55	IX	282	14	52
9	آراد	36	0/25-0/3	VIII	271	13	60
10	پارچین	27	0/25-0/3	VIII	243	12	37
11	امامزاده داوود	27	0/25-0/3	VIII	243	12	14

شده، تعداد کمی از آن ها نیز تا درجه سوم (جدی) آسیب دیده اند. خسارات وارد شده به خانه های جدیدتر از نوع درجه اول (سبک) بوده است. این گروه در برابر تکان های ناشی از زمین لرزه فیروز آباد - کجور مقاومت بهتری را از خود نشان داده بودند. همچنین تکان های ناشی از این زمین لرزه ها سبب پرتاب شدن ظروف از قفسه ها و شکستن آن ها شده بود. این دو زمین لرزه به ترتیب، شدیدترین زمین لرزه های سده بیستم میلادی و سده حاضر هستند که گستره مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده اند. شدت و شتاب ثقل افقی ایجاد شده توسط این دو زمین لرزه به ترتیب برابر با VIII درجه مرکالی و VI و 0/15g و VI درجه مرکالی و 0/07g بوده است. بنابراین در طراحی و احداث هر سازه در این ناحیه باید حداقل شتاب ثقل افقی معادل 0/07g و میزان جا به جا شدگی افقی معادل 12cm را در نظر گرفت.

با مطالعه تاریخی زمین لرزه های تاریخی مربوط به گستره های ری، طالقان، تهران، شمیرانات، دماوند، قزوین، بوئین زهرا، مازندران، آمل، قم و ساوه مشاهده شده بزرگ ترین زمین لرزه هایی که در سال های پیش از 1900 میلادی رخ داده مربوط به گستره های تهران، ری و طالقان بودند. این زلزله ها ویرانگر بوده، به طوری که در اثر وقوع آن ها خسارات جانی و مالی بسیاری به این مناطق وارد آمده است. براساس گفتگوی شفاهی که با اهالی روستای آهار انجام شد و همچنین مشاهدات صورت گرفته از منطقه، در اثر زمین لرزه اول سپتامبر 1962 میلادی بوئین زهرا ($MS=7/2$) و زمین لرزه بیست و نهم می 2004 میلادی فیروزآباد - کجور ($MS=6/3$) خساراتی به خانه ها وارد آمد. به طوری که ترک های نسبتاً عمیقی در دیوارهای خانه های قدیمی ایجاد شده بود. این گروه از خانه ها اغلب متحمل خسارات درجه دوم (متوسط)

نتیجه گیری

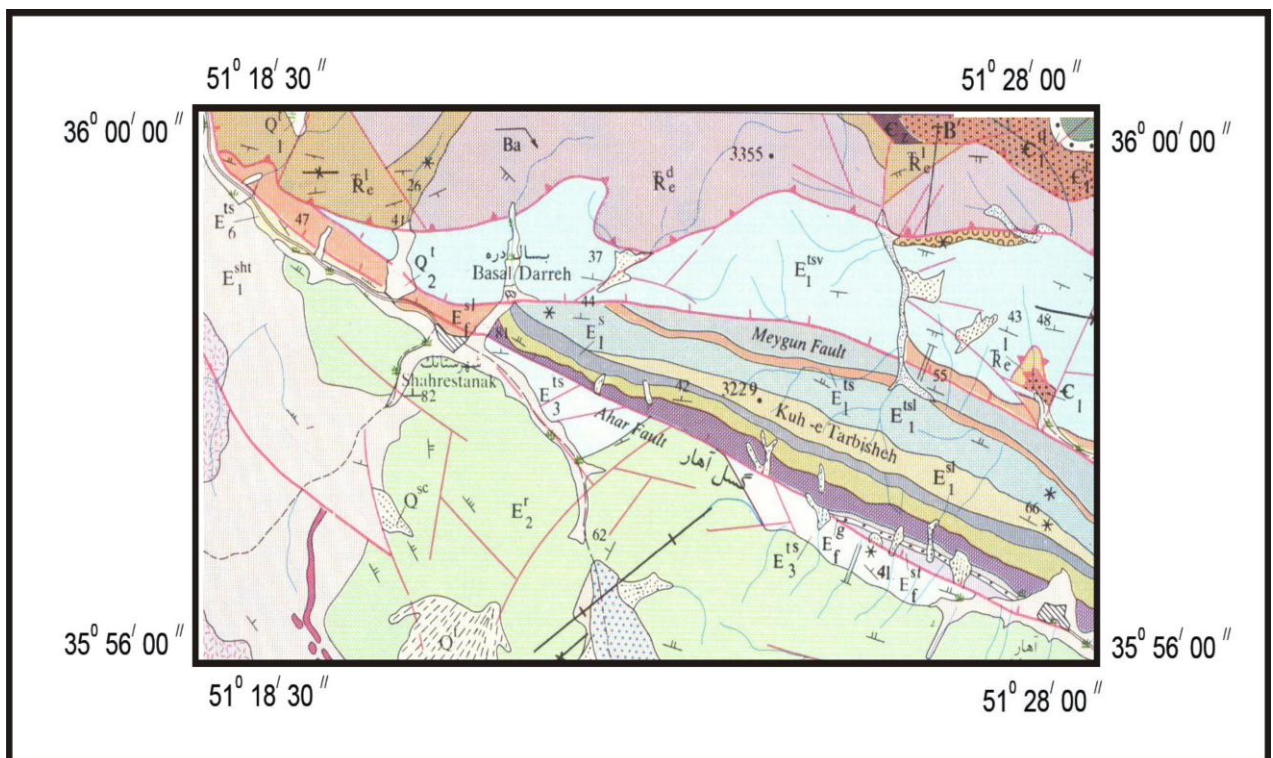
- 1- چین های مرتبط با راندگی که در بخش جنوبی گسل آهار رخنمون یافتند، تحت تأثیر رژیم زمین ساخت نازک پوسته ای و زمین ساخت فشارشی به وجود آمده اند. رژیم زمین ساخت فشارشی به وسیله جنبش های عمودی بزرگ در امتداد گسل مشا - میگون (گسل اصلی منطقه) صورت می گیرد. برخاستگی واحدهای سنگی در این بخش از گسل آهار نیز به علت دگرشکلی قائمی می باشد که به مرز جنوبی البرز فشار وارد آورده است.
- 2- بخش جنوبی گسل آهار، متحمل کوتاه شدگی از نوع نازک پوسته ای شده است. بنابراین چین های تاقدیسی در این بخش نیز در پاسخ به زیرراندگی پوسته ایران مرکزی به سمت شمال، ایجاد شده اند.
- 3- در بخش شمالی گسل آهار، پس راندگی هایی مشاهده شده است که در پاسخ به عملکرد راندگی مشا - میگون، و در رژیم زمین ساخت معکوس به وجود آمده اند. این پس راندگی ها در حد فاصل گسل مشا - میگون و راندگی سی چال وجود دارند. بر اثر عملکرد راندگی مشا - میگون و پس راندگی های حاصل از آن، نرخ برپایی در این قسمت افزایش یافته و ساختارهای بالاجسته نیز تشکیل شده اند.
- 4- با بررسی کلیه درزهای برداشت شده از بخش های شمالی و جنوبی گسل آهار، راستای تنش موثر در ایجاد این شکستگی ها، 69/112 برآورد شده است که با روند گسل آهار کاملاً همخوانی داشته، حاکمیت رژیم زمین ساخت فشارشی با مؤلفه راستا لغز راستگرد را در این منطقه به اثبات می رساند.

منابع

- آقناباتی، س.ع، 1383، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ص 487 تا 519.
- آمبرسیز، ن.ن، ملویل، ج.پ، 1982، تاریخ زمین لرزه های ایران، ترجمه رده، ا، 1370، انتشارات آگاه، ص 128 تا 184.
- پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، گزارش زمین لرزه فیروزآباد کجور (زمین لرزه بلده)، حقی پور، ن، سلامتی، ر، طالبیان، م، قاسمی، م.ز، قرشی، م، نظری، ح، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، میرزایی، ن.ب، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ص 1 تا 2.
- پورکرمانی، م، آرین، م، 1376، سائزموکتونیک، شرکت مهندسی مشاور دزآب، تهران، 270 ص.
- پورکرمانی، م، آرین، م، 1377، لرزه خیزی ایران، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران، چاپ اول، ص 61.
- نبوی، م.ح، 1355، دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ص 57.
- نقشه توپوگرافی شهرستانک، مقیاس 1:25000، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، 1380.
- نقشه توپوگرافی فشم، مقیاس 1:25000، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، 1381.
- نقشه توپوگرافی میگون، مقیاس 1:25000، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، 1380.
- نقشه زمین شناسی تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 1993.
- یساقی، ع، 1379، تحلیل هندسی و جنبش برگ- های راندگی در البرز مرکزی، نوزدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

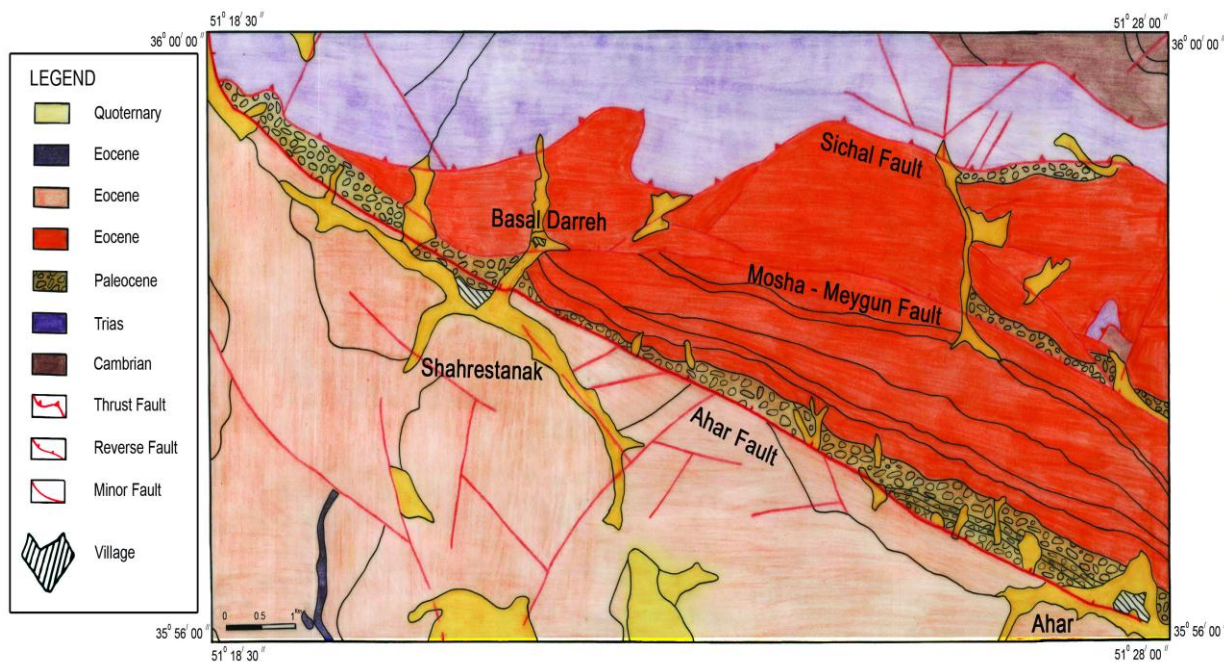
- Alavi, M., (1996):
Tectonostratigraphic synthesis and

- Shahpasandzadeh, M. and Djamour, Y.,(2006) - The long – term and short – term slip rates of the Mosha fault, Central Alborz, Iran: a major active strike – slip fault system. Geophys. Vol. 8, 00302.
- Shahpasandzadeh, M. and Jamalian, N.,(2007) - Slip sense inversion on the active Mosha strike – slip fault system, Central Alborz, Iran. Geophys. Vol. 9, 00950.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Bayer, R., Sedighi, M., Chery, Y., Tavakoli, F. and Masson, F.,(2003) - Present day crustal deformation in Central Alborz (Iran) inferred from GPS measurements. EGS – AGU Joint Assembly, Abstracts #11081.
- Yassaghi, A.,(2005) - The effect of deep – seated transverse faults on structural evolution of West – Central Alborz Mountains, Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 00504.
- structural style of the Alborz Mountain system in northern Iran. J. Geodynamics, V. 21, 1-33.
- Djamour, Y., Bayer, R., Tavakkoli, F. and Vernant, P., (2003) - GPS Network Monitoring the Tectonic Deformation on the Tehran Area (Iran) between 2000 and 2002. EGS – AGU- EUG Joint Assembly, Abstracts # 6503.
- Guest, B., Axen, G.J., Lam, P.S. and Hassanzadeh, J.,(2006) - Late Cenozoic shortening in the West Central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike – slip and thin – skinned deformation. Geological Society of America (GSA); V. 2; No. 1; p. 35-52.
- Guest, B., Axen, G.J., Stöcklin, D., Hassanzadeh, J., Lam, P.S. and Grove, M.,(2002) - A new tectonic model describing the Late Tertiary and Quaternary structural evolution of the Central Alborz Mountains, Northern Iran. Paper No. 149-7.



شکل 1: نمایی از موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه واقع در بخش رودبار قصران ، اقتباس از نقشه زمین شناسی تهران با مقیاس

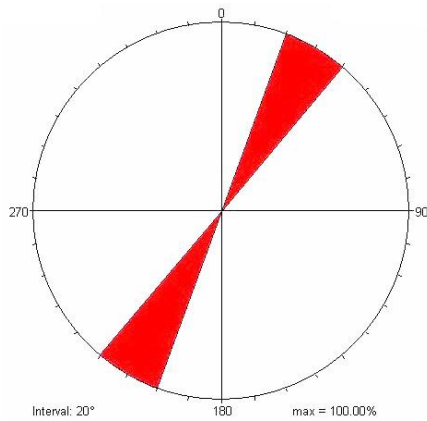
. 1:100000



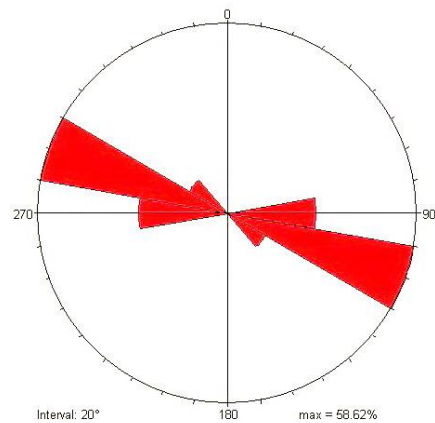
شکل 2: نمایی از واحدهای سنگ شناسی رخنمون یافته در بخش های شمالی و جنوبی گسل آهار، اقتباس از نقشه زمین شناسی تهران با مقیاس 1:100000. قدیمی ترین واحدها در شمال گسل آهار وجود دارند که به سمت جنوب جوان تر می شوند. در بخش شمالی گسل مذکور برخی از واحدهای مربوط به دوران های پالئوزوئیک، مزوزوئیک، سنوزوئیک و رسوبات کواترنری و در بخش جنوبی گسل نیز تنها برخی از واحدهای دوران سنوزوئیک و رسوبات کواترنری دیده می شوند. بیشترین رخنمون متعلق به دوره انوسن میانی و مربوط به سازند کرج است.



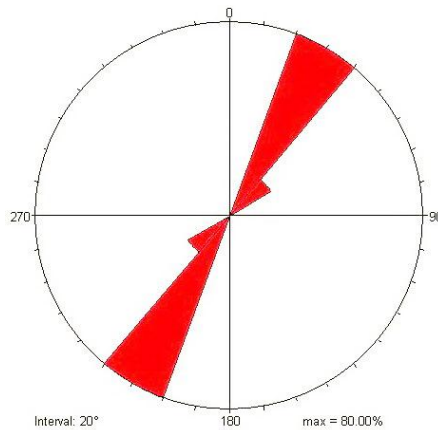
شکل 3: نمایی از واحدهای ریوداسیتی (به رنگ روشن) و آندزیت بازالت (به رنگ تیره) که همبندی عادی داشته و در بخش شمالی گسل آهار رخنمون دارند، دید به سمت شمال باختر.



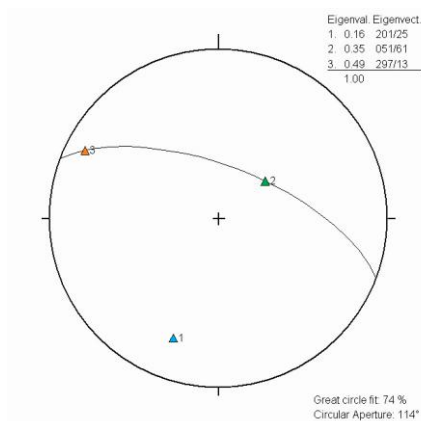
شکل 5: جهت نیروهای حاکم بر بخش جنوبی گسل آهار از ائوسن میانی تا کواترنری (N20E-N50E) بر اساس محور چین های برداشت شده از این قسمت.



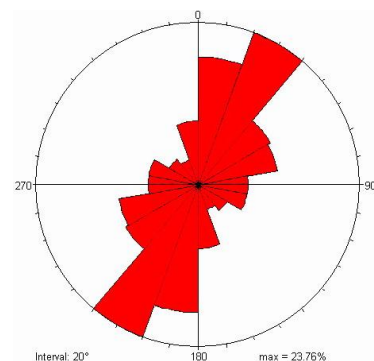
شکل 4: جهت نیروهای حاکم بر بخش شمالی گسل آهار از تریاس زیرین تا ائوسن میانی (N80E-N140) بر اساس محور چین های برداشت شده از این قسمت



شکل 6: راستای غالب بردارهای لغزش مربوط به گسل های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه که از N20E تا N40E متغیر بوده، در ارتباط با تداوم همگرایی بین صفحات ایران و عربستان است.



شکل 8: نمایش وضعیت تنش های اعمال شده بر منطقه مورد مطالعه در زمان تشکیل درزها.



شکل 7: نمودار گل سرخی درزهای برداشت شده از منطقه مورد مطالعه با روند غالب شمال شرق - جنوب غرب.



شکل 9: نمایش قطب درزها و خطوط تراز به قطب های سطوح درزهای بردشت شده از منطقه مورد مطالعه.



شکل 10: نمایی از یک خانه قدیمی با مصالح نامرغوب ساختمانی در روستای آهار که بر اساس مقیاس MSK در رده A قرار دارد.



شکل 11: نمایی از یک خانه جدید که با توجه به نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در ساختن آن، بر اساس مقیاس MSK در رده B قرار گرفته است. در این تصویر آثار تخریبی زمین لرزه فیروز آباد - کجور به نمایش در آمده است.



شکل 12: نمایی از آثار تخریبی زمین لرزه فیروز آباد - کجور در روستای آهار.