Archive of SID

بررسی لرزه خیزی و ساختار سرعتی ناحیه اصفهان بر اساس امواج پیکری

زهره سادات ریاضی راد[1] و دکتر غلام جوان دولویی[2]

چکیده

قرار گرفتن ایران در یکی از مناطق زلزله خیز جهان و احتمال وقوع زلزله در تمام نقاط کشور، ضرورت تدوین برنامه های جامع برای مقابله با این پدیده طبیعی را قطعی ساخته است. اصفهان از جمله کلان شهرهای مهم ایران می باشد که ظاهراً رخداد زمینلرزه در آن کمتر گزارش شده است. سؤال اساسی این است که آیا در این شهر زلزله ای رخ می دهد؟ در این مطالعه، لرزه خیزی استان براساس زلزله هایی که از سال ۲۰۰٤ در پنج ایستگاه لرزه نگاری استان اصفهان ثبت شده است، مورد بررسی قرار می گیرد. علاوه بر آن با تدوین الگوریتم های رایانه‌ای، زمان رسید ۱۵۸۵ فاز پیکری قرائت گردید که با ترسیم منحنی های زمان عبور فازهای قرائت شده در هر ایستگاه، سرعت امواج پیکری محاسبه شده است. متوسط سرعت موج تراکمی و برشی در پوسته بالائی به ترتیب $V_{pg}=6.32\pm0.08$ (km/s) و $V_{sg}=3.58\pm0.11$ (km/s) محاسبه شده است. متوسط سرعت موج تراکمی و برشی در مرز مشترک پوسته و گوشته (ناپیوستگی موهو) $V_{pn}=8.03\pm0.04$ (km/s) و $V_{sn}=4.72\pm0.06$ (km/s) بدست آمده است. همچنین میانگین عمق ناپیوستگی موهو در این ناحیه 38 ± 2 km محاسبه گردید. بررسی ما نشان می دهد که تعداد ۱۳۰ زمینلرزه با بزرگی بیش از ٤ ریشتر در چهار سال اخیر در پهنه استان اصفهان به وقوع پیوسته است که بزرگترین آنها زمینلرزه ۱۳۸٤/٦/۱٤ شمال شرق آران و بیدگل با بزرگی ٤/٦ ریشتر می باشد. علاوه بر آن بر اساس کاتالوگ های موجود در یکصد سال گذشته وقوع بیش از ۳٦۷۰ زمین لرزه در این استان گزارش شده است. با توجه به وضعیت لرزه خیزی پهنه اصفهان در چند سال اخیر و مهاجرت زلزله ها ی بزرگتر از ۳ ریشتر از سمت زاگرس به طرف مرکز استان باعث افزایش آهنگ لرزه خیزی منطقه شده است.

کلید واژه ها : امواج پیکری، لرزه خیزی، ساختار سرعت لرزه ای، منحنی زمان عبور

Seismological and velocity characteristic of the Isfahan region based on body waves

Z.S. Riazi-Rad and Dr.G. Javan Doloei

Abstract

Iran is one of the most active seismic regions in the world, so that many earthquakes have been reported since 1900. It should be noted that comprehensive plans may leading to a good disaster management. Isfahan is an important historical and industrial city that faced with fewer earthquakes. The local events of Isfahan region has been recorded with five seismic

[1]– دانشجوی دکتری ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، مدرس دانشگاه آزاد چالوس

[2] – عضو هیأت علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

www.SID.ir

Archive of SID

stations of Isfahan network since 2004. In this study seismicity of Isfahan province have investigated based on seismological bulletins since 1900. Moreover, crustal velocity structure is determined based on travel time curves of nearly 130 local earthquakes were recorded in Isfahan seismic network. Our results showed that the average velocities are as follow: V_{pg} =6.432±0.08 km/s, V_{sg} =3.58±0.11 km/s, V_{pn}=8.03±0.04 km/s and V_{sn}=4.72±0.06 km/s, the Moho discontinue depth is calculated 38±2 km. This study shows that 130 earthquakes are happened with magnitude greater than 4 during past four years and nearly 3670 earthquakes occurred this century within Isfahan province. The biggest earthquake located in northeast of Aran va Bidgol, with magnitude of M_L=4.6 in 2005/9/22. Our investigation showed that a little migration of the seismicity can be seen from Zagros towards central part of Isfahan province.

Keywords: Body waves, Seismological, Velocity structure, Travel time curve

مقدمه:

یکی از عوامل مهم برای تعیین محل وقوع زلزله، اطلاع از ساختار پوسته زمین می باشد. شناخت و تعیین سرعت امواج در پوسته می تواند موقعیت کانون های زلزله را حتی بعد از بازخوانی مجدد زمان های رسید اصلاح کند. با توجه به اینکه استان اصفهان بعنوان یکی از گسترده ترین استان های کشور در بخش مرکزی فلات ایران قرار دارد، ضروری به نظر می رسد که لرزه خیزی این منطقه مورد بازنگری قرار گیرد. بر اساس آخرین گزارش سازمان زمین شناسی کشور، استان اصفهان با مساحت ۱۰۵۹۳۷ کیلومتر مربع، حدود ٦/۲۵ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان بین ۳۰ درجه و ٤۲ دقیقه تا ۳٤ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ٤۹ درجه و ۳٦ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی در ایران مرکزی قرار دارد و از شمال به استان های مرکزی و سمنان، از جنوب به استان های فارس و کهکیلویه و بویراحمد از مشرق با استان های یزد و خراسان جنوبی و از مغرب به استان های خوزستان و چهارمحال و بختیاری و لرستان محدود می‌شود.

ازدیدگاه ساختاری، استان اصفهان گسترده ای است که از خاور به باختر مشتمل بر پهنه های ساختاری ایران مرکزی، ارومیه – دختر، سنندج – سیرجان و بخش هایی از بلندی های زاگرس است. استان اصفهان از سمت غرب به شرق دارای زون های مختلف بوده که همین محدوده ها دارای پتانسیل های متفاوت خطرزایی هستند. در غرب استان زون زاگرس مرتفع قرار گرفته است. این قسمت از ایران حاصل عملکرد حرکت صفحه ی عربی به طرف ایران مرکزی بوده و به همین دلیل ضخامت این قسمت از پوسته زمین از بقیه نقاط بیشتر و از مجموعه ای از گسل های مختلف تشکیل شده است که از نظر سنی تفاوت های زیادی با هم دارند. ناحیه میانی استان اصفهان، از نظر ساختار زمین شناسی از دو زون تشکیل یافته که زون بلافاصله بعد از زاگرس، زون سنندج – سیرجان بوده و یک کمربند و یا محور دگرگونی محسوب می شود. در استان، دو ناحیه از رانش زمین وجود دارد، یکی از این دو، که از دیدگاه زمین شناسی جوان بوده، در بلندی های پشتکوه و پیشکوه، شهرستان فریدون شهر قرار دارد و ناحیه ی دیگر در شهرستان سمیرم ، به ویژه در ناحیه ی پادانا و پیرامون رود ماربُر قرار دارد. زمین لرزه در استان به ندرت رخ می دهد، لیکن در گستره شمال، شمال شرقی و شرق استان به دلیل وجود گسل های بی شمار زمین لرزه هایی در گذشته روی داده است، که گاه شدید گزارش شده است. بارزترین این گسل ها را می توان گسل کاشان، فین، یخاب و گسل های خور وبیابانک برشمرد. گستره ی پیرامون زاگرس را نیز، می توان زلزله خیز برشمرد. این گستره، با توجه به ویژگی های زمین ساختی زاگرس، گاه زلزله هایی با بزرگی ٤ تا ۵ ریشتر را شاهد بوده است. برای بررسی لرزه خیزی این استان، با استفاده از داده های پنج شبکه لرزه نگاری اصفهان، وابسته به مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه

www.SID.ir

Archive of SID

تهران و پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، منحنی های زمان عبور برای فازهای پیکری قرائت شده رسم و سرعت امواج پیکری در این منطقه به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده، تعداد فازهای پوسته ای ثبت شده در شبکه اصفهان در طی این چهار سال بیش از ۱۰۰ داده می باشد که این خود نشان دهنده مهاجرت زلزله ها از زاگرس به طرف اصفهان می باشد.

زمین شناسی منطقه

از نظر زمین شناسی، در استان اصفهان توالی های گسترده از نهشته های رسوبی، سنگ های دگرگونی و آذرین به سن های گوناگون رخنمون دارد. سنگ های دگرگونی منسوب به پرکامبرین – پالئوزوئیک عمدتاً درنواحی خاوری و نهشته های مزوزوئیک و سنوزئیک در دیگر بخش های استان برونزد دارند. نوار ماگمائی ارومیه – دختر در یک روند شمال غرب جنوب شرق از بخش میانی استان عبور می کند. ازدیدگاه ساختاری، استان اصفهان گسترده ای است که از خاور به باختر مشتمل بر پهنه های ساختاری ایرانمرکزی، ارومیه – دختر ، سنندج – سیرجان و بخش هایی از بلندی های زاگرس است و از این رو، در سیر تحول و تکوین استان اصفهان پارینه حوضه هایی از انواع میان قاره ای، کمان ماگمایی تا گودال های اقیانوسی قابل شناسایی است. ویژگی های ساختاری و تکتونیکی– رسوبی گفته شده به سبب شکل گیری و تفکیک قلمروهای متالوژنیک و کانسارهای گوناگون گردیده و به همین رو وجود کانسارهای همزادی و دگرزادی در انواع گوناگون، ناشی ازفعالیت های ماگمایی و گرمایی متأثر از آن از ویژگی های استان اصفهان است (شکل ۱). وجود اندیس ها، نشانه ها و کانسارهایی از انواع طلا، سرب، تنگستن، مس، نقره، گارنت، دولومیت و ... به همراه طیف وسیع سنگ‌های تزئینی از جمله توانمندی های معدنی – اقتصادی استان اصفهان می باشد، (بربریان و همکاران،۲۰۰۱).

وضعیت زمین ساختی منطقه

دگر شکلی هایی که در رسوبات کواترنر صورت می‌گیرد به شکل فعالیت مجدد گسل های پوسته ایران یا ایجاد گسله‌های جدید همراه با وقوع زمین لرزه است. از دیدگاه زمین ساخت، یک زمینلرزه، لحظه‌ای از یک فاز کوهزایی است. مطالعه زمینلرزه‌ها، ارتباط زمینلرزه‌ها و عناصر ساختاری بر روی پوسته، لرزه زمین ساخت گفته می‌شود. از آنجائی که رفتار سنگ ها در برابر دگرشکلی متفاوت است شکستگی ها ممکن است بصورت شکننده و یا شکل پذیر دیده شود. دگرشکلی های شکل پذیر مربوط به بخش بالایی پوسته قاره‌ای است که دارای عمقی بین ۸ تا ۱۲ کیلومتر است. برای بررسی پدیده نئوتکتونیک ارتباط بین زمینلرزه‌ها با دگرشکلی‌ها و گسل ها را مورد بررسی قرار می دهند. مطالعات مختلفی برای دسته‌بندی لرزه زمین ساختی پوسته ایران صورت گرفته که در هر یک از آنها تعدادی ویژگی‌های خاص زمین شناسی و لرزه‌ای بعنوان معیار قرار داده شده است. در هر یک از این دسته بندی ها پوسته ایران به تعدادی ایالت زمین ساختاری یا لرزه زمین ساختی تقسیم شده است، (بربریان، ۱۹۷۶b).

زون ایران مرکزی یکی از واحدهای اصلی و عمده‌ای است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار دارد و جزء بزرگ ترین و پیچیده ترین واحد زمین شناسی به شمار می رود. در این واحد، قدیمی ترین واحد دگرگون شده تا آتشفشان فعال و نیمه فعال امروزی وجود دارد. حد شمالی این زون ارتفاعات البرز می باشد و در سمت غرب توسط یک منطقه فرو رفته، به زون دگرگونی سنندج ـ سیرجان که در واقع جزئی از ایران مرکزی است، محدود می شود. حد شرقی این زون، بلوک لوت است. در بعضی از ناحیه های ایران مرکزی، نظیر نائین، تا پایان سده بیستم، هیچ زمین لرزه ای گزارش نشده است. این موضوع علاوه بر احتمال مرتبط بودن با دوره بازگشت طولانی مورد نیاز و یا آزاد شدن انرژی به صورت بی لرزه (به صورت خزش) از دیدگاه نبودهای

www.SID.ir

Archive of SID

لرزه ای نیز باید مورد توجه واقع شود. چرا که در جنوب نائین گسل کواترنری بافران عبور می نماید. لذا گزارش نشدن زمین لرزه ها در چنین ناحیه هایی در ایران مرکزی با دیدی محافظه کارانه، بیشتر باید به عنوان یک نبود لرزه ای و با احتمال رویداد یک زلزله مهم، نظیر زلزله طبس در این ناحیه تلقی گردد.

استان اصفهان جزء ایران مرکزی محسوب می شود که از سمت غرب به شرق دارای زون های مختلف بوده که همین محدوده ها دارای پتانسیل های متفاوت خطرزایی هستند. در غرب استان زون زاگرس مرتفع قرار گرفته است. این قسمت از ایران حاصل عملکرد حرکت صفحه ی عربی به طرف ایران مرکزی بوده و به همین دلیل این قسمت از پوسته زمین ضخامت آن از بقیه نقاط بیشتر و از مجموعه ای از گسل های مختلف تشکیل شده است که از نظر سنی تفاوت های زیادی با هم دارند. قدیمی ترین گسل معروف به تراست اصلی زاگرس، که بیشتر حالت روراندگی دارد و از یک دسته گسل بزرگ و کوچک که نسبت به همدیگر جابجایی زیادی دارند و اصطلاحاً دارای هورست و گرابن نامیده می شود. گسل دوم زاگرس که به نام گسل جوان زاگرس معروف است به موازات گسل اصلی قرار گرفته دارای همان طول و روند می باشد و بسیار فعال بوده و در طول سال، تعداد زلزله های زیادی در امتداد آن رخ می دهد. علاوه بر گسل های ذکر شده گسل های متعدد دیگری وجود دارد که دارای توان لرزه زایی بالایی بوده و اثرات آن در سکونتگاه ها مؤثر است. از جمله گسل های سفیدکوه در جنوب فریدونشهر، داران در شمال شهر داران، رخ در جنوب شهر چرمهین و دنا در دامنه های شمالی کوه دنا در جنوب شهرستان سمیرم که از توان لرزه زایی بالایی برخوردار می باشد. زون سنندج – سیرجان نیز دارای گسل های متعددی بوده که دارای روند شمال غرب – جنوب شرق داشته و در گذشته زلزله های مختلف را از خود بروز داده است. از جمله گسل های این قسمت گسل های رخ و گسل ایران کوه را می توان نام برد. ناحیه میانی استان اصفهان، از نظر ساختار زمین شناسی از دو زون تشکیل یافته که زون بلافاصله بعد از زاگرس، زون سنندج – سیرجان بوده و یک کمربند و یا محور دگرگونی محسوب می شود. این فاصله، از نظر تاریخ زمین شناسی فازهای کوهزایی متعددی را پشت سر گذاشته است که حداقل سه فاز آن در کنار پل نوغان در شهرستان فریدن است و این فعالیت های کوهزایی، در سطح زمین رخنمون دارد. بیشتر بیرون زدگی های سنگی این محدوده قسمت هایی از شهرستان های گلپایگان، خوانسار، فریدن، تیران و کرون، لنجان، مبارکه و شهرضا را در بر می گیرد. در قسمت شرق و شمال شرق استان، گسل کاشان از جنوب فین در راستای شمال باختری – جنوب خاوری کشیده شده است. نقشه زمینلرزه های گستره استان اصفهان نشان می دهد که تمرکز زلزله‌ها با بزرگی زیاد در بخش‌های شمال با جنوب این استان (درپهنه‌های گسل‌های بنیادی کاشان، قم، زفره و گسل رانده اصلی زاگرس) واقع شده‌است (شکل۲).

گسل های اصلی منطقه

گسل زاگرس

این گسل شامل راندگی اصلی زاگرس (Main Zagros Thrust)، گسل دورود،گسل نهاوند، گسل گارون، گسل صحنه، گسل مروارید، گسل پیرانشهر، گسل کازرون، گسل دنا (دینار)، گسل میناب (گسل زندان)، گسل اردَل، گسل زردکوه، گسل آغاجاری و گسل مارون تشکیل یافته است. در غرب استان اصفهان، زون زاگرس مرتفع قرار گرفته است. این قسمت از ایران حاصل عملکرد حرکت صفحه ی عربی به طرف ایران مرکزی بوده و به همین دلیل این قسمت از پوسته زمین در ایران، ضخامت بیشتری نسبت به مناطق دیگر دارد و از مجموعه ای از گسل های مختلف تشکیل شده که از نظر سنی تفاوت های زیادی با هم دارند. قدیمی ترین گسل معروف به تراست اصلی زاگرس که بیشتر حالت روراندگی دارد و از یک دسته گسل بزرگ و کوچک که

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به همدیگر جابجایی زیادی دارند و اصطلاحاً دارای هورست و گرابن نامیده می شود. زمان به وجود آمدن این گسل به دوران اول زمین شناسی نسبت داده می شود. تراست اصلی زاگرس به دلیل ادامه روند حرکت صفحه ای و طولانی بودن طول گسل که از داخل کشور ترکیه شروع وحداقل تا خلیج فارس ادامه دارد از پتانسیل لرزه زایی بالایی برخوردار است ودائماً در حال لرزش بوده و روزانه تعداد زیادی زلزله های خفیف در طول این گسل رخ می دهد. گسل دوم زاگرس که به نام گسل جوان زاگرس معروف است به موازات گسل اصلی قرار گرفته، دارای همان طول و روند می باشد و بسیار فعال بوده و در طول سال تعداد زلزله های زیادی در امتداد آن رخ می دهد، (شکل ۵). در تاریخ ۱۹٥٤/۱۰/۲۳ زمینلرزه ای در نزدیکی زرین شهر به رومرکز ٥۱/٤۱ درجه شمالی و ۳۲/٤ درجه شرقی به وقوع پیوست. گسل مسبب این زمینلرزه را به زاگرس اصلی نسبت دادند. به گزارش سازمان زمین شناسی آمریکا، در تاریخ ۱۹٥٥/۱۱/۲۹ زمنیلرزه ای در شمال زرین شهر و جنوب اصفهان اتفاق افتاد و گسل زاگرس اصلی را مسبب این رخداد می دانند.شبکه لرزه نگاری پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله در تاریخ ۱۹٥۹/۰۳/۲٥ زمنیلرزه ای در فریدونشهر گزارش داد و گسل زاگرس اصلی را مسبب این رخداد دانست. همچنین در ساعت ۹:٤٤:۱۷ در تاریخ ۱۹۷٤/۱۱/۲۲ به کانون مرکزی ٥۰/۰۹ درجه شمالی و ۳۲/۷ درجه شرقی به بزرگی ٤/٦ در مقیاس امواج حجمی در جنوب غربی فریدونشهر اتفاق افتاده است. همچنین در ساعت ۱٤:۳۰:۳۲,۳ در تاریخ ۱۹۸۷/۰۳/۲۷ به کانون مرکزی ٥۱/۳۱٥ درجه شمالی و ۳۲/٤۲۹ درجه شرقی به عمق کانونی ۳۳ حوالی زرین شهر به بزرگی ٤/٤ در مقیاس امواج حجمی اتفاق افتاده است.

سحرگاه جمعه در تاریخ ۲۰۰٤/۰۱/۱۸ زمینلرزه ای به بزرگای M_L=4 در ساعت ۳:٥۳:٤۳ به وقت محلی به رومرکز ٥۱/٥۰ و ۳۲/۰٥ درجه شمالی و شرقی در غرب شهرضا رخداد. حدود ۱۰ روز بعد نیز در ساعت ٥:۱۲:۲۱,۲ بامداد زمینلرزه ای با M_L=3.7 در شرق شهرضا به وقوع پیوست. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی، گسل مسبب هر دو روخداد را گسل اصلی زاگرس عنوان کرد. هردو زمینلرزه خسارات جانی و مالی نداشتند ولی مردم را وحشت زده کردند.

گسل قم- زفره

گسل قم – زفره روند شمال باختری – جنوب خاوری دارد. یک گسل مرکب با دو روند متفاوت است. بخش شمالی تـقریباً به موازات زاگرس (N130) و بخش جنوبی (از قم تا زفره) تـقریباً دارای روند N165 است . این گسل در واقع نوار نطنز - بزمان را قطع کرده است و دارای سازوکار راستگرد بوده و موجب جابجایی پلکانی یا En- Echelon در نوار نطنز - بزمان شده است. در منطقهٔ قم پیچش گسل به سمت غرب موجب برپایی ارتفاعات قم بر روی حوضهٔ فروافتادهٔ قم شده است. سازو کار گسلهٔ قم بیشتر راستالغز راستگرد ولی با مؤلفهٔ معکوس است. نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، گسل زفره را ادامه گسل تبریز نشان می‌دهند که از دو کیلومتری باختر شهرستان نطنز گذشته و تا جنوب زفره ادامه می‌یابد، ولی تصور می‌شودکه تا باتلاق گاوخونی ادامه داشته باشد، (شکل ۵). این گسل راستگرد قائم تا نزدیک به قائم است که به طرف خاور خوابیدگی دارد و در ناحیه نطنز، سنگ‌های کرتاسه را به میزان دو کیلومتر جابه‌جا کرده است (نبوی، ۱۹۷۸). به باور گروهی از زمین‌شناسان، این گسل و گسل‌های موازی آن (گسل کاشان، گسل غرب اردستان، گسل ساوه) در پیدایش سنگ‌های آتشفشانی نوار ارومیه – بزمان نقش مؤثری داشته‌اند. بزرگترین گسل اصلی که تاکنون در سده‌های گذشته در منطقه کاشان و آران و بیدگل موجب زلزله در این منطقه شده گسل قم، زفره به طول ۸٥ کیلومتر است که از اردستان تا قم را زیر پوشش دارد. این گسل ازمرکز نطنز و درفاصله ۱٦کیلومتری شهر کاشان و

www.SID.ir

Archive of SID

حدود ۱۰ کیلومتری شهر آران و بیدگل می‌گذرد. در این گسل چندین بار زمینلرزه با بزرگی ۷/٦ریشتر موجب شده تا چندین هزار نفر بر اثر این لرزه خیزی کشته شوند.

از دیگر شاخه های گسل قم-زفره می توان به گسله جزه، جنوب سراجه، شرق مرنجاب، ده نار، راوند، سفیدآب، فین، قم، مشکان، نواب و یخاب اشاره کرد. توان لرزه خیزی این گسل ها به ترتیب قم با هفت ریشتر و شرق آران و بیدگل ٤/٥ ریشتر است. سه زمین لرزه به ترتیب در ١٦٠، ٢٢٨ و ٢٤٩ سال پیش را ثبت کرده که در زمین لرزه ویرانگر اول بابزرگی ۷ ریشتر علاوه بر ویرانی سه هزار خانه حدود یکهزار و۲۰۰ نفر کشته شدند. درزمین لرزه دوم که سپیده دم صبح روز سه شنبه ۲۵ آذر سال ۱۱۵۷ هجری شمسی به بزرگی ٦/٢ ریشتر به وقوع پیوست، هشت هزار نفر از اهالی کاشان و آران و بیدگل در زیر آوار جان خود را از دست دادند و تقریباً اکثر خانه‌ها و برج و باروها و استحکامات منطقه بکلی ویران شد. سومین زمین لرزه عصر روز ۲۳ اردیبهشت سال ۱۲۲۳ هجری شمسی با بزرگی ٤/٦ ریشتردرمناطق جوشقان و قهرود کاشان روی داد که علاوه بر ویرانی کامل منطقه بیش از یکهزار و ٦٠٠ نفر از ساکنان این منطقه کشته شدند. زمینلرزه ای در نزدیکی گسل زفره حوالی نطنز در تاریخ ۱۹۵۳/٤/۲ مطابق با ۱۳۳۲/۱/۱۳ به وقوع پیوست. به گزارش سازمان زمین شناسی آمریکا، کانون این زمینلرزه در ۵۱/۵ درجه شمالی و ۳۳/۵۹ درجه شرقی می باشد. این زمینلرزه خساراتی را به چوگان رساند. در۲۱ دسامبر۱۹٦۳ زلزله‌ای به رو مرکز ۵۱/٥٤ درجه شمالی و ۳۳/۵۹ درجه شرقی در قهرود نزدیکی شهر نطنز در ساعت ٤:٥٠:٣٧ به وقت بین المللی به وقوع پیوست که این زمینلرزه را به گسل زفره نسبت داده اند و به شهر قهرود آسیب هایی را وارد آورد و چندین نفر را مجروح کرد. آخرین زمین لرزه در این منطقه ساعت ۹/۳۰ روز ١٤ شهریور سال ٨٤ به بزرگی ٤/٨ ریشتر در مقیاس درونی در شرق و شمال شرق کاشان حوالی شهر ابوزیدآباد ازتوابع آران و بیدگل به وقوع پیوست که خسارت زیادی نداشت.

گسل دهشیر (نایین – بافت)

این گسل ۳۵۰ کیلومتری (به احتمال ۵۰۰ کیلومتری)، روند شمال، شمال باختری – جنوب، جنوب خاوری و شیب نزدیک به قائم دارد که از جنوب باختری شهرستان نایین شروع و تا نزدیک سیرجان ادامه می‌یابد، (شکل ۵). از دهشیر تا شهربابک، قسمتی از آمیزه‌های افیولیتی ایران مرکزی در بخش باختری آن و در طول بیش از ۲۰۰ کیلومتر رخنمون دارد که ممکن است نشانگر مرز جنوب باختری ریزقاره ایران مرکزی باشد. از دهشیر به طرف شمال، این گسل تغییر جهت داده و تا نایین ادامه می‌یابد (نبوی، ۱۹۷۸). اسامی متعدد آن ده شیر یا نائین – بافت است . روند آن شمال غرب – جنوب شرق و تقریباً به موازات گسل اصلی زاگرس است. در طول این گسل قطعاتی از افیولیت ملانژ ناحیهٔ ده شیر – نایین یافت می‌شود که نشان‌دهندهٔ فعالیت‌های متعدد گسل با سازوکارهای متفاوت در طی دوران فعالیت گسله است به طوری که در اوایل دوران دوم عملکرد گسله بصورت نرمال یا کششی بوده درحالی که در اواخر دوران دوم فعالیت آن بصورت فشاری و در طول سنوزوئیک فشاری برشی معکوس و راستالغز راستگرد بوده است. شاخه های متعدد این گسل در طی کواترنر فعالیت‌های چشمگیری از خود نشان داده است.

تغییر جهت گسل دهشیر، مدیون گسل دیگری به نام ندوشن – مروست است که در کفه ابرقو – سیرجان، سبب جابه‌جایی گسل دهشیر شده است. ادامه جنوبی این گسل روشن نیست ولی ممکن است تا فروافتادگی جازموریان و حتی مرز پاکستان ادامه داشته باشد. بریده شدن رسوبات کواترنری به وسیله این گسل، گویای حرکات کواترنری آن است. اگر چه شیب گسل نزدیک به قائم دانسته شده ولی این گسل با یک حرکت راستگرد، سبب جابه‌جایی رسوبات کرتاسه بالا به میزان ۵۰ کیلومتر

www.SID.ir

Archive of SID

شده است (عکاشه، ۱۹۷۵). هیچ کانون زمین‌لرزه‌ای بر روی این گسل گزارش نشده، ولی رخداد زمین‌لرزه بسیار محتمل است (بربریان، b ۱۹۷٦).

گسل دورونه

گسل دورونه (بربریان و همکاران، ۲۰۰۱) یا گسل کویر بزرگ (اشتوکلین، ۱۹۷۳)، حدود ۷۰۰ کیلومتر طول دارد که از نایین، در یک راستای شمال خاوری – جنوب باختری تا ناحیه دورونه در جنوب باختری کاشمر ادامه دارد و از دورونه، با یک روند خاوری – باختری، با خمیدگی به سمت جنوب، تا مرز افغانستان ادامه می‌یابد. برخی از زمین‌شناسان، گسل نایین – بافت را دنباله گسل درونه دانسته و بر این باورند که این گسل، در حقیقت یک گسل کاتانگایی با روند شمالی – جنوبی است که بعدها در اثر حرکت کوهزایی کالدونی تغییر جهت داده است که این نظر نیاز به بازنگری دارد. روند این گسل، شمال غرب - جنوب شرق و تقریباً به موازات گسل اصلی زاگرس است . در طول این گسل قطعاتی از افیولیت ملانژ ناحیهٔ ده شیر- نایین یافت می‌شود که نشان‌دهندهٔ فعالیت‌های متعدد گسل با سازوکارهای متفاوت در طی دوران فعالیت گسله است. به‌طوری‌که در اوایل دوران دوم عملکرد گسله به‌صورت نرمال یا کششی بوده درحالی‌که در اواخر دوران دوم فعالیت آن به‌صورت فشاری و در طول سنوزوئیک فشاری برشی معکوس و راستالغز راستگرد بوده است. هیچ کانون زمین‌لرزه‌ای بر روی این گسل گزارش نشده، ولی رخداد زمین‌لرزه بسیار محتمل است (بربریان، b ۱۹۷٦).

گسل کاشان

گسل کاشان از جنوب فین در راستای شمال باختری – جنوب خاوری کشیده شده است. بربریان این گسل را گسل فین نامیده و معتقد است که در امتداد آن رسوبات کواترنر دشت کاشان به طرف شمال رورانده شده اند. این گسل سازوکار راندگی داشته و در امتداد آن آهک های سازند قم بر روی رسوبات کنگلومرای پلیوسی رانده شده اند. پهنه برشی نسبتاً وسیعی در امتداد این گسل وجود دارد که حرکت فرادیواره به سمت شمال خاور را روی فرو دیواره مشخص می سازد. این گسل حرکت راندگی با اندکی مؤلفه امتدادی چپگرد دارد. در کاشان در طول تاریخ به علت قرار گرفتن بر روی خط گسل زمین لرزه‌های فراوانی رخ داده است که به زلزله‌های هفتم ژوئیه ۱۷۵۵ با بزرگی ۵/۹ در مقیاس امواج سطحی، پانزدهم دسامبر ۱۷۷۸ با بزرگی ٦/۲ در مقیاس امواج سطحی، هفتم فوریه ۱۸۹۰ با بزرگی ۵/۳ در مقیاس امواج سطحی و ۱۸۹۵ با بزرگی ۵/۳ در مقیاس امواج سطحی و زمینلرزه آران و بیدگل در پنجم سپتامبر ۲۰۰۵ با بزرگی ٤/۸ در مقیاس محلی اشاره کرد. گسل راوند، گسل کاشان (غرب فین)، گسل کاشان در گستره تتماج، گسل کاشان در گستره شمال غرب هنجن و گسل کاشان در جنوب شرقی گبرآباد را می توان به عنوان مهم‌ترین گسل‌های فعال کاشان یاد کرد که گسل کاشان (غرب فین) حدود ۹۰ کیلومتر طول دارد. آخرین زمینلرزه ثبت شده در ساعت ۱:٤۱:۰۷ به وقت بین المللی در تاریخ ۲۰۰٦/۰۷/۲۲ به بزرگای M_L=4.3 بین گلپایگان و نطنز رخ داد. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی کانون آن را ۵۰/۹٦ درجه شمالی و ۳۳/٤۷ درجه شرقی در عمق ۱٤ کیلومتری نزدیکی گسل کاشان به ثبت رساند.

گسل بافران

گسل کواترنری بافران یک گسیختگی کواترنری است که تا جای کرون، نهشته های آبرفتی و حتی تغییر سطح مشخص در جاده ترانزیت تهران- بندرعباس در جنوب نایین (نزدیکی روستای بافران) همراه می باشد. لذا گزارش نشدن زمین لرزه ها در چنین ناحیه هایی در ایران مرکزی با دیدی محافظه کارانه، بیشتر باید به عنوان یک نبود لرزه ای و با احتمال رویداد یک زلزله مهم نظیر زلزله طبس در این ناحیه تلقی گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

گسل ایران کوه

زون سنندج – سیرجان دارای گسل های متعدد بوده که دارای روند شمال غرب – جنوب شرق داشته و در گذشته زلزله های زیادی در این ناحیه رخ داده است. از جمله گسل های این ناحیه، گسل های رخ و گسل ایران کوه را می توان نام برد. در سال های اخیر تعداد زیادی از زلزله های حاصل لرزش این گسل ها به ثبت رسیده است که بیشترین لرزه ها مربوط به گسل ایران کوه بوده است.

بیشینه لرزه خیزی منطقه

اولین زمینلرزه اصفهان را آمبرسز در سال ۷٤٥ قمری عنوان کرده است که شماری از خانه ها را ویران کرد و حدود ۲۰ نفر را کشت. علاوه بر آن زمینلرزه مخربی در ۱۵ دسامبر ۱۷۷۸ میلادی، درست پیش از سپیده دم سه شنبه در زاگرس، پیرامون کناره باختری کویر روی داد که به زمینلرزه کاشان معروف گردید. زمینلرزه در منطقه ری، قم و اصفهان احساس شد. ویرانی در منطقه کاشان متمرکز بود که بیش از ۸۰۰۰ تن کشته شدند. در کاشان تقریباً همه خانه ها ویران و ساختمان های عمده و دژها و استحکامات نیز کاملاً ویران شدند. دامنه آسیب ها شاید از سوی شمال تا سن سن و از سوی جنوب تا قهرود کشیده شده بود و به منابع تأمین آب منطقه زیان رسانده بود (شکل ۳)، (آمبرسز و همکاران،۱۹۹۱).

زمینلرزه ۱۸٤٤ قهرود–کاشان، به دنبال یک پیشلرزه، عصر روز دوم ماه مه، در دهستان های جوشقان و قهرود روی داد که به ویژه به منطقه‌ی بین چقاده، کامو، کوسکان و چوگان آسیب رساند. چقاده به کلی ویران شد و از ۱۰۳ تن ساکنان آن تنها سه تن باز ماندند. در قمصر و قهرود همه خانه ها ویران شد و یا آسیب دید و حتی دیوارهای باغ ها با خاک یکسان شد. به گفته آمبرسز، کاروانسرای قدیمی قهرود فروریخت و شماری از مردم را کشت، (شکل٤). به رغم هشدار پیشلرزه، شمار کل کشته ها ۱۵۰۰ تن برآورد شد. لرزه، زمین لغزهایی به راه انداخت اما به دو سد ساخته شده با مصالح بنایی در فروداب قمصر آسیبی نرساند. کاشان نیز آسیب سختی ندید ولی مناره مسجد جامع آن کج شد به گونه ای که سر آن نسبت به پایه اش به اندازه ۲/۱ متر انحراف یافت. زمینلرزه در اصفهان نیز احساس گردید و به بخش کوچکی از مسجد جامع آسیب رساند. پسلرزه هایی قوی، به مدت دو هفته، در این منطقه ادامه داشت.

در ساعت ۱٤:۰۰:۰۰ به وقت محلی در روز ۱۳۸٤/٦/۱٤ در منطقه جنوب کویر نمک در حدود ۵۰ کیلومتری شمال شرق شهر آران و بیدگل و در نزدیکی روندهای گسله‌های با راستای شمال شرقی - جنوب غربی زمینلرزه ای با بزرگای ML =٤/۸ در مقیاس محلی به وقوع پیوست. رومرکز این رویداد بر اساس لرزه نگاشت های ثبت شده در شبکه لرزه نگاری باند پهن پژوهشگاه بین المللی زلزله، در مختصات ۳٤/۱۷ درجه عرض شمالی و ۵۲/۰٦ درجه طول شرقی قرار داشت. زلزله در استان‌های اصفهان، یزد، سمنان، مرکزی، قم و تهران احساس شد به نحوی که تکان‌های حاصل از آن ساختمان های مرتفع تهران، کاملاً محسوس بود. این رویداد در دوازده ایستگاه لرزه نگاری باند پهن پژوهشگاه بین المللی زلزله ثبت شد. ژرفای محاسبه شده اولیه ۱٤ کیلومتر برآورد گردید. این زلزله پسلرزه های متعدی داشته است که تا ساعت ۱۹:۰۰ بزرگترین آنها بزرگائی برابر با ML=2.0 داشت. لازم به ذکر است که در روز شنبه ۱۳۸٤/٦/۵ نیز زلزله ای با بزرگای ML=2.5 در همین ناحیه روی داده بود،(جوان و همکاران، ۲۰۰۵). در بررسی بعمل آمده ۱٤ گسل زلزله خیز شهرستان‌های کاشان و آران و بیدگل را تحت تأثیر خود قرار داده بود.

آخرین زمینلرزه به وقوع پیوسته در ناحیه مورد مطالعه، در ساعت ۱۷:۱٤:۳۳ به وقت بین المللی در تاریخ ۲۰۰۸/۳/۲ به M_L=3.4 حوالی گلپایگان رخداد. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی کانون آن را ۵۰/۵٦ درجه شمالی و ۳۳/۳۹ درجه شرقی در عمق ۱٤ کیلومتری نزدیکی گسل تفرش تخمین زده است.

www.SID.ir

Archive of SID

پردازش داده ها

به منظور مطالعه لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و ساختار سرعتی پوسته در ناحیه اصفهان، با استفاده از شبکه لرزه نگاری اصفهان، که شامل چهار ایستگاه لرزه نگاری دور کوتاه وابسته به مؤسسه ژئوفیزیک و یک ایستگاه باند پهن متعلق به پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله می باشد، مورد مطالعه قرار گرفت. مشخصات این شبکه لرزه نگاری در جدول (۱) آمده است. در اولین مرحله، زمان های اولین رسید موج P (شامل P_g و P_n) و موج S (شامل S_g و S_n) برای بیش از ۱۲۵۰ زمینلرزه ($Mb\geq3$) ثبت شده در شبکه لرزه نگاری اصفهان تعیین گردید. با توجه به زمینلرزه های ثبت شده در این شبکه، مهاجرت زمینلرزه ها از زون زاگرس به سمت زون سنندج- سیرجان قابل مشهود است (شکل ۵). برای تعیین ساختار پوسته ای منطقه می بایست زمان رسید فازها به شبکه لرزه نگاری قرائت شوند. بنابراین به منظور قرائت زمان رسید موج ها، شامل امواج پیکری، از یک برنامه رایانه ای استفاده گردید.

با توجه به وجود زمینلرزه ها با فواصل کانونی متفاوت و فازهای مختلف قرائت شده، پردازش داده های جمع آوری شده در قالب امواج پوسته ای و شکست مرزی موهو به طور جداگانه صورت گرفت که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

مطالعه امواج شکست مرزی

با توجه به اینکه در این جا، هدف استفاده از امواج شکست مرزی در تعیین سرعت لایه های مختلف است، سعی شد منحنی های زمان عبور به طور نظری برای فازهای مختلف در یک مدل یک بعدی رسم شود.

بنابراین ابتدا با قرائت زمان رسید فازهای P_g و S_g در شبکه لرزه نگاری اصفهان، منحنی های زمان عبور برای این فازها در منطقه رسم و سرعت این امواج به ترتیب برای ایستگاه های گرنه، کلهرود، زفره، پیرپیر و نائین به دست آمد.

یکی از مهم ترین سطوح مشترک پوسته و گوشته، سطح ناپیوستگی موهو است که پوسته را از گوشته جدا می کند. امواج P_n و S_n در واقع امواجی هستند که در سطح مشترک موهو و با سرعت گوشته بالایی به صورت شکست مرزی حرکت می کنند. از آن جا که هدف از این مطالعه برآورد سرعت امواج شکست مرزی موهو در زیر هر ایستگاه می باشد، با قرائت زمان رسید فازهای مربوطه به ایستگاه های منطقه و رسم منحنی های زمان عبور، سرعت هر فاز و عمق ناپیوستگی موهو در زیر هر ایستگاه به دست آمد.

اولین ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه گرنه به مختصات ۳۲/٤۰۳۸ درجه شمالی و ۵۲/۰٤۲ درجه شرقی می‌باشد. در این ایستگاه از سال ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸ تعداد ۲۰۹ فاز پیکری ثبت شد که بیشترین فاز ثبت شده مربوط به Pn بود که به تفکیک فازی در شکل (٦) نشان داده شده است. با رسم منحنی های زمان عبوربرای فازهای قرائت شده (شکل ۷)، سرعت امواج پیکری و ضخامت ناپیوستگی موهو در این منطقه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) آمده است.

دومین ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه کلهرود به مختصات ۳۳/۳۱۹ درجه شمالی و ۵۱/۵۷۹ درجه شرقی می باشد. در مدت پنج سال مورد مطالعه در این ایستگاه، تعداد ۳۰۷ فاز پیکری ثبت شد که ثبت فاز Sg از بقیه فازها کمتر بود که به تفکیک در شکل (۸) نشان داده شده است. با رسم منحنی های زمان عبور(شکل ۹)، سرعت امواج پیکری و ضخامت ناپیوستگی موهو در این منطقه محاسبه گردبد که نتایج آن در جدول (۲) آمده است

سومین ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه زفره به مختصات ۳۲/۸۹۵٦ درجه شمالی و ۵۲/۳۲۹ درجه شرقی می باشد. در این ایستگاه از سال ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸ تعداد ٤۳۱ فاز پیکری ثبت شد که کمترین فاز Pg و Sg در این ایستگاه به ثبت رسید به طوری که منحنی های زمان عبور برای این دو فاز رسم نگردید. تعداد هر فاز ثبت شده در ایستگاه زفره در شکل (۱۰) نشان داده شده است. با رسم

www.SID.ir

Archive of SID

منحنی های زمان عبور (شکل ۱۱)، سرعت امواج پیکری و ضخامت ناپیوستگی موهو در این منطقه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) آمده است.

چهارمین ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه پیرپیر به مختصات ۳۲/٦٨٤١ درجه شمالی و ۵۰/۸۹۲ درجه شرقی می باشد. در این ایستگاه از سال ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸ تعداد ۳٦۰ فاز پیکری ثبت شد که به تفکیک در شکل (۱۲) نشان داده شده است. با رسم منحنی های زمان عبور(شکل ۱۳)، سرعت امواج پیکری و ضخامت ناپیوستگی موهو در این منطقه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) آمده است.

آخرین ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه نایین به مختصات ۳۲/۷۹۹ درجه شمالی و ۵۲/۸۰۸ درجه شرقی می باشد. در این ایستگاه از سال ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸ تعداد ۲۱۵ فاز پیکری ثبت شد. تعداد هر فاز ثبت شده در ایستگاه نایین در شکل ١٤ نشان داده شده است. با رسم منحنی های زمان عبور(شکل ۱۵)، سرعت امواج پیکری و ضخامت ناپیوستگی موهو در این منطقه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) آمده است.

بر اساس سرعت های به دست آمده، ضخامت ناپیوستگی موهو در منطقه اصفهان، طبق جدول (۲) محاسبه گردید. همچنین نقشه ضخامت ناپیوستگی موهو در گستره اصفهان در شکل (١٦) آمده است.

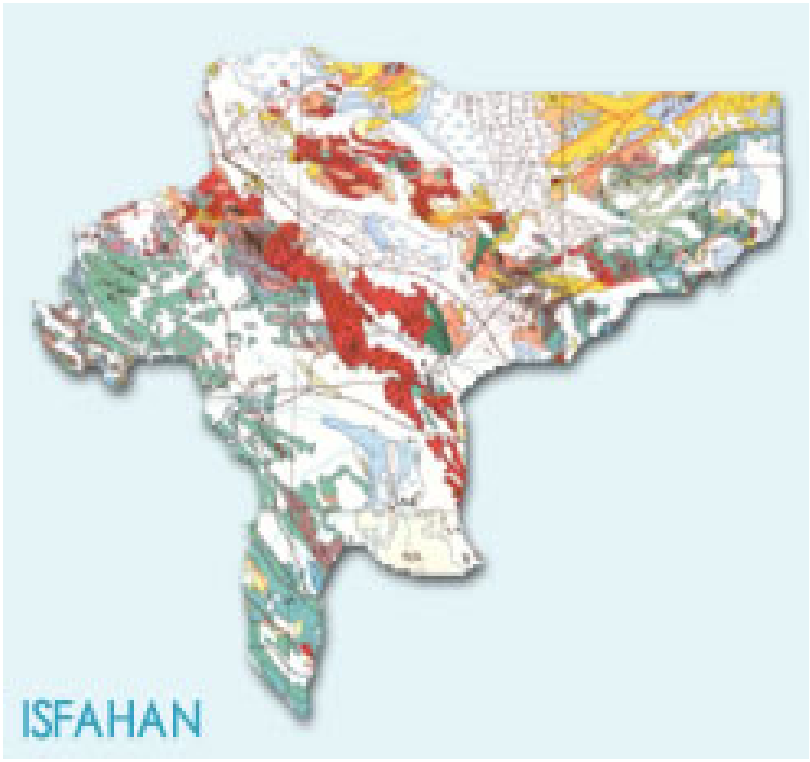
نتیجه گیری

شناخت و تعیین سرعت امواج در پوسته می تواند موقعیت کانون های زلزله را حتی بعد از بازخوانی مجدد زمان های رسید اصلاح کند. با توجه به اینکه استان اصفهان بعنوان یکی از گسترده ترین استان های کشور در بخش مرکزی فلات ایران قرار دارد، ضروری به نظر می رسد که لرزه خیزی این منطقه مورد بازنگری قرار گیرد. ازدیدگاه ساختاری، استان اصفهان گسترده ای است که از خاور به باختر مشتمل بر پهنه های ساختاری ایران مرکزی، ارومیه –دختر، سنندج – سیرجان و بخش‌هایی از بلندی های زاگرس است. همچنین از نظر زمین شناسی، توالی های‌گسترده از نهشته های رسوبی، سنگ های دگرگونی و آذرین به سن های گوناگون رخنمون دارد.

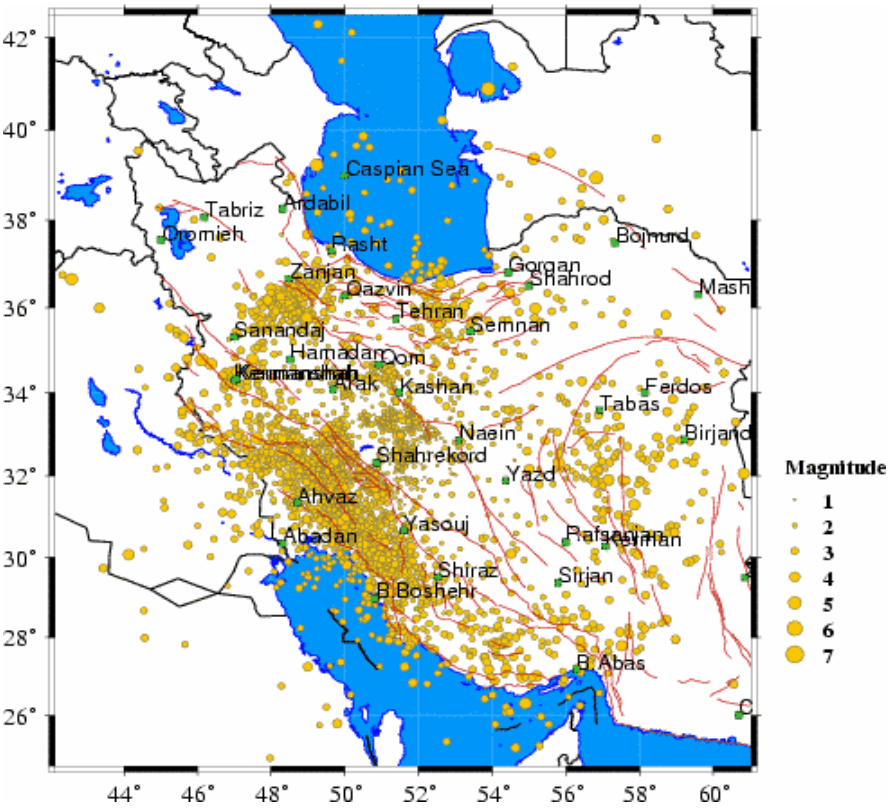
استان اصفهان جزء ایران مرکزی محسوب می شود که از سمت غرب به شرق دارای زون های مختلف بوده که همین محدوده ها دارای پتانسیل های متفاوت خطرزایی هستند. از مهم ترین گسل های این استان می توان به زاگرس، قم–زفره، دهشیر، کاشان، بافران و ایران کوه اشاره نمود. در این مطالعه تلاش شد با استفاده از زمان های رسید امواج پیکری، لرزه خیزی و سرعت امواج پیکری در منطقه اصفهان تعیین گردد. بنابراین بر اساس ۱۲۵۰ زمینلرزه ثبت شده در ایستگاه های شبکه لرزه نگاری اصفهان، با تدوین الگوریتم های رایانه ای، زمان رسید ۱۵۸۵ فاز پیکری قرائت و منحنی های زمان عبور ترسیم و سرعت امواج پیکری در این منطقه به دست آمد. متوسط سرعت موج تراکمی و برشی در پوسته بالائی به ترتیب $V_{pg}=6.32\pm0.08$ km/s و $V_{sg}=3.58\pm0.16$ km/s محاسبه شده است. متوسط سرعت موج تراکمی و برشی در مرز مشترک پوسته و گوشته (ناپیوستگی موهو) $V_{pn}=8.03\pm0.04$ km/s و $V_{sn}=4.72\pm0.06$ km/sبدست آمده است. متوسط ضخامت ناپیوستگی موهو در منطقه اصفهان 38 ± 2 km محاسبه گردید. با استفاده از شواهد زمین شناسی منطقه و داده های به دست آمده، تعداد فازهای Pg ,Sg ثبت شده در شبکه اصفهان در طی این چهار سال بیش از ۱۰۰ داده می باشد. همچنین بر اساس زمینلرزه های اخیر که در مناطق شهررضا، فریدون شهر و آران و بیدگل به وقوع پیوسته است، خود می تواند دلیلی بر مهاجرت زمینلرزه ها از زاگرس به سمت اصفهان باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



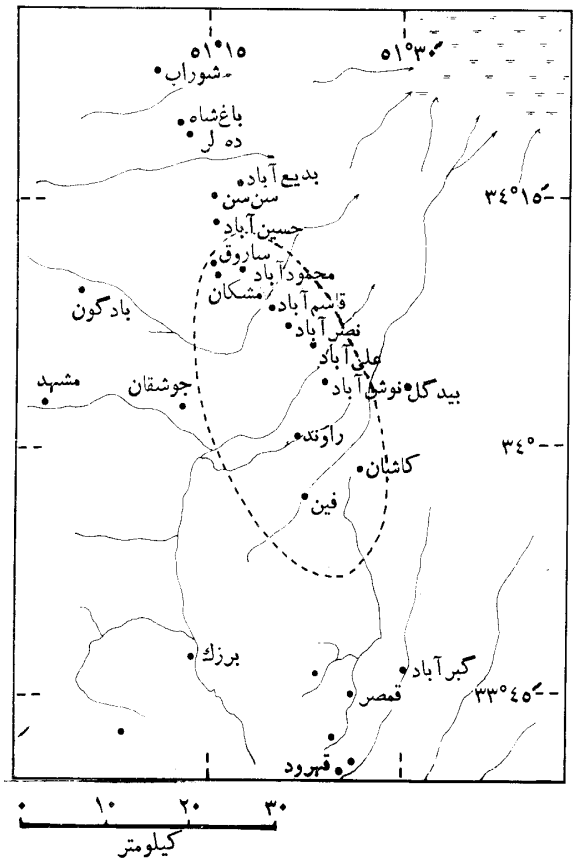
شکل ۱- نقشه زمین شناسی اصفهان (اقتباس از سازمان زمین شناسی کشور)



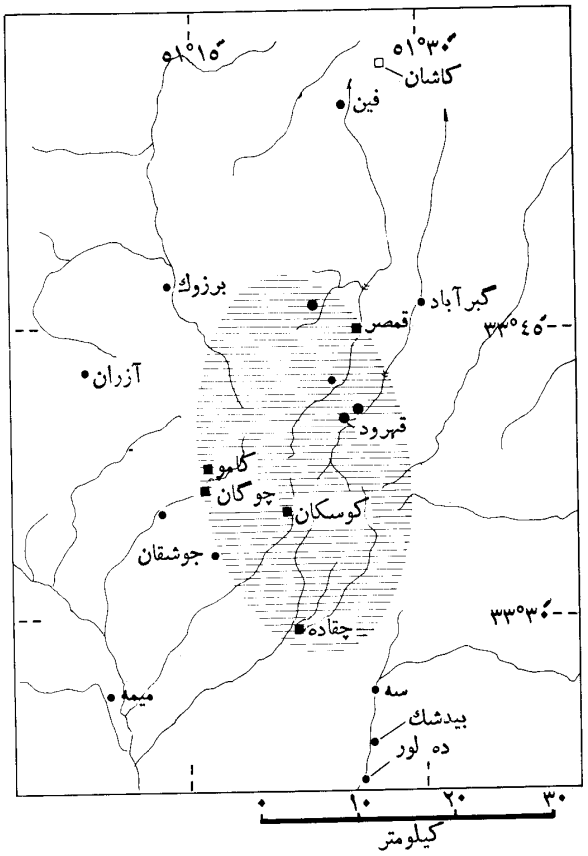
شکل ۲- نقشه زمین لرزه های ثبت شده در شبکه اصفهان (۲۰۰٤-۲۰۰۸)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نقشه زمینلرزه ۱۷۷۸ کاشان (آمبرسز و همکاران،۱۹۸۲).



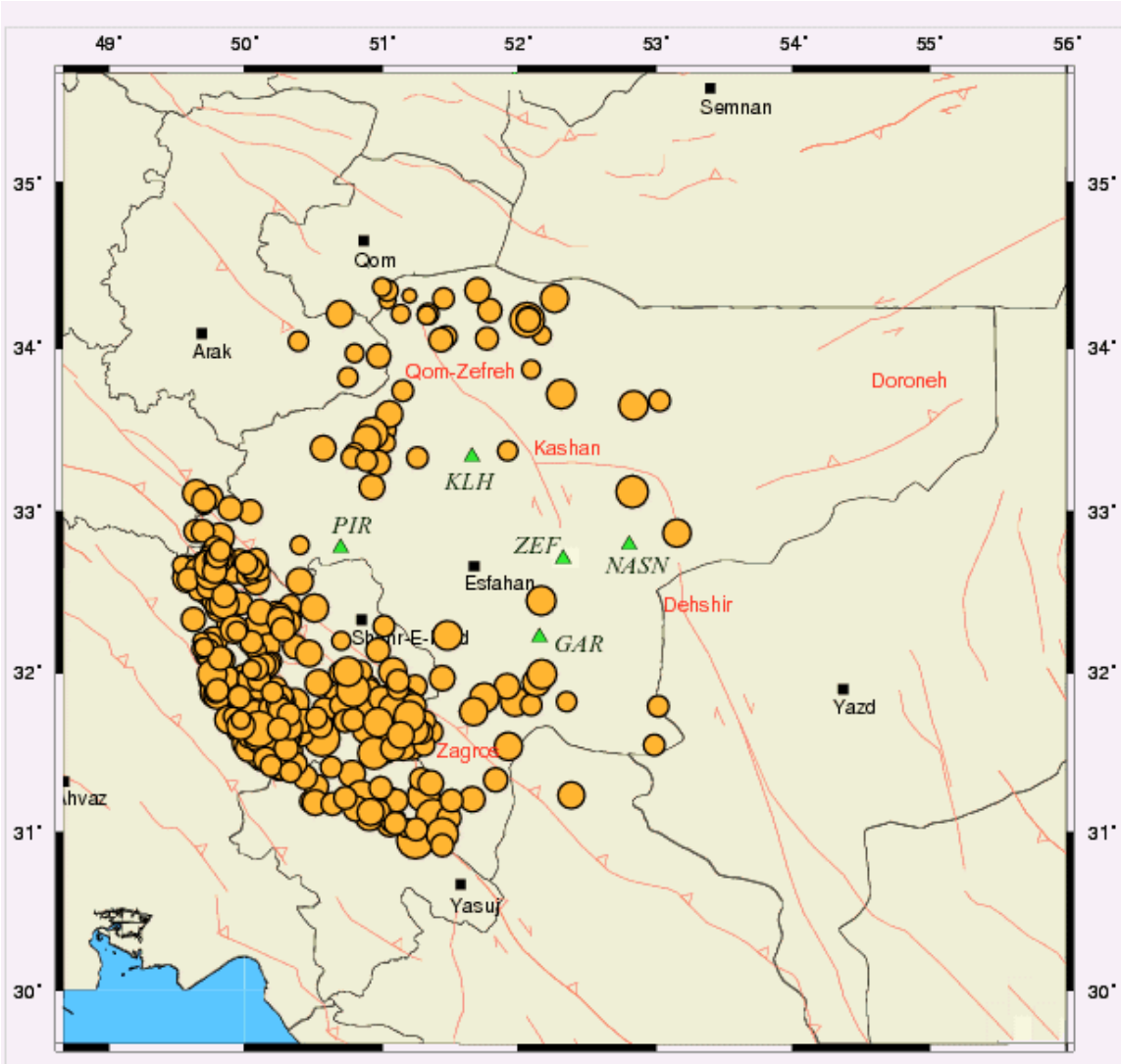
شکل ٤- نقشه زمینلرزه ۱۸٤٤ قهرود- کاشان (آمبرسز و همکاران، ۱۹۸۲).

جدول ۱- مشخصات شبکه لرزه نگاری اصفهان

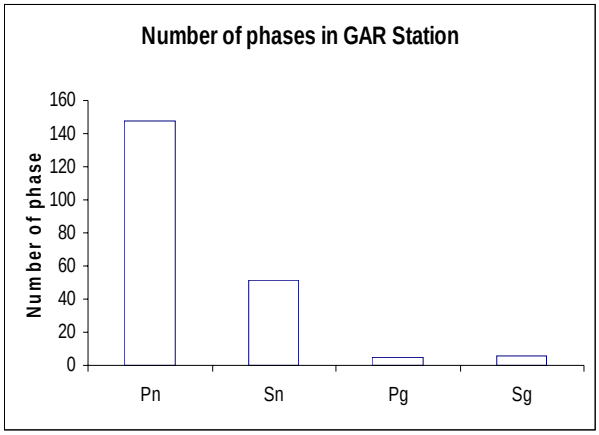
Network	Station Name	Station Code	Latitude N (degree)	Longitude E (degree)	Altitude (m)
Isfahan	Gharneh	GAR	32.4038	52.042	2020
	Kalahrud	KLH	33.319	51.579	1595
	Zefreh	ZEF	32.8956	52.329	2400
	Pirpir	PIR	32.6841	50.892	1333
	Naein	NASN	32.799	52.808	2379

www.SID.ir

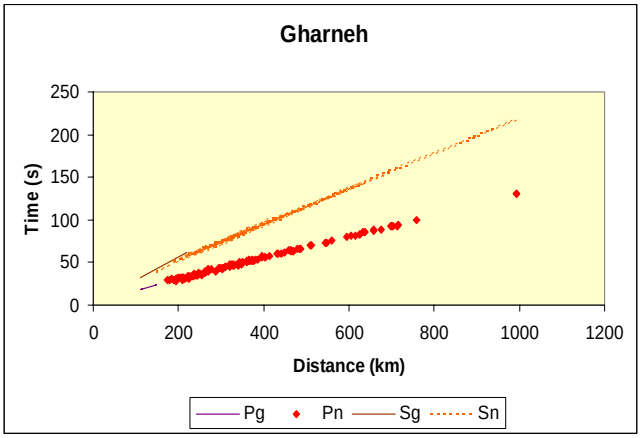
Archive of SID



شکل ٥- نمایی از گسل های محدوده مورد مطالعه، مثلث های سبز رنگ ایستگاه های شبکه لرزه نگاری اصفهان را نشان می دهند. دایره های زرد رنگ زمین لرزه های مربوط به گسل های منطقه اصفهان می باشند که حرکت زمین لرزه ها را از زون زاگرس به طرف اصفهان نشان می دهند.



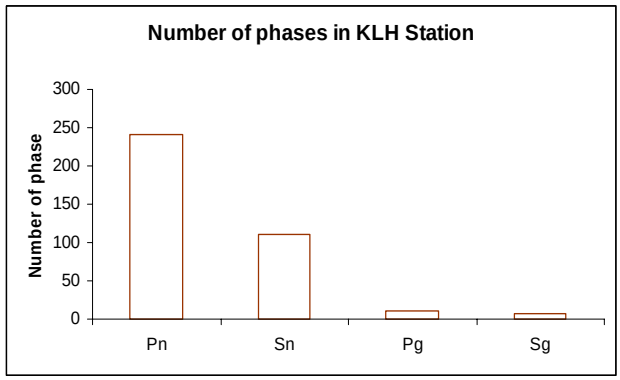
شکل ٦- تعداد فازهای امواج حجمی ثبت شده در ایستگاه گرنه



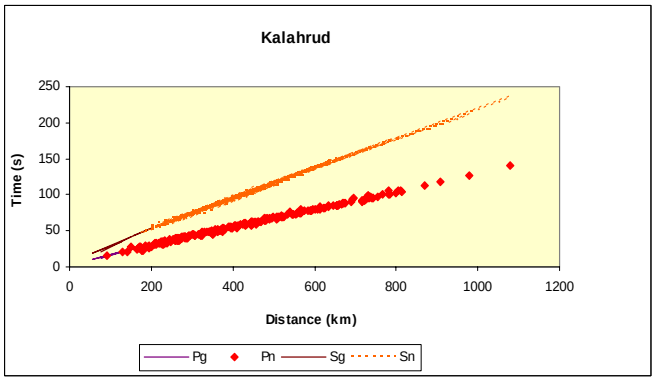
شکل ۷- منحنی زمان عبور در ایستگاه گرنه

www.SID.ir

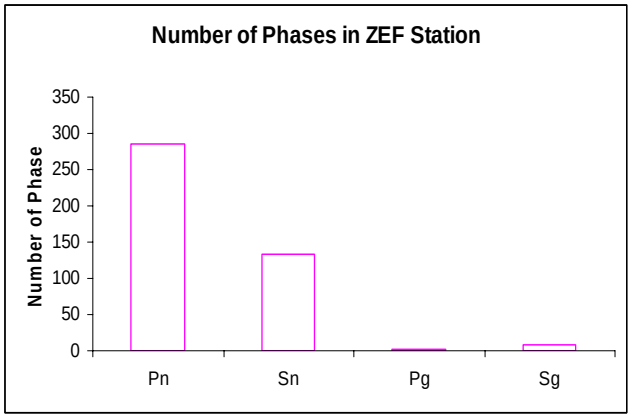
Archive of SID



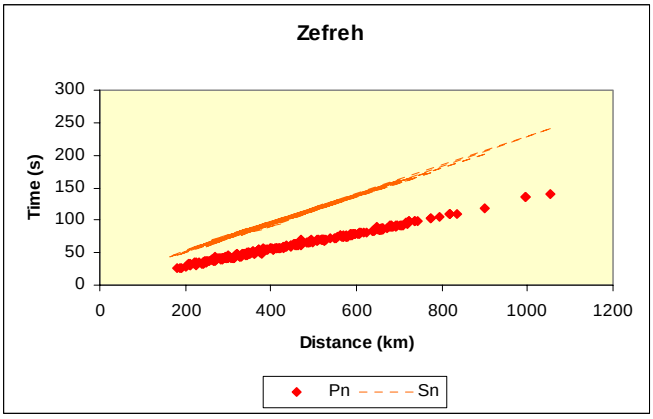
شکل ۸- تعداد فازهای امواج حجمی ثبت شده در ایستگاه کلهرود



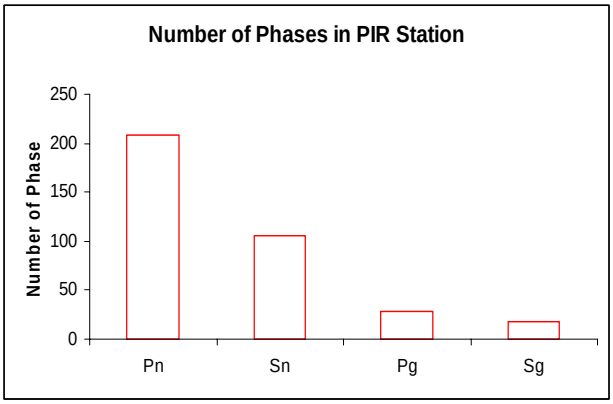
شکل ۹- منحنی زمان عبور در ایستگاه کلهرود



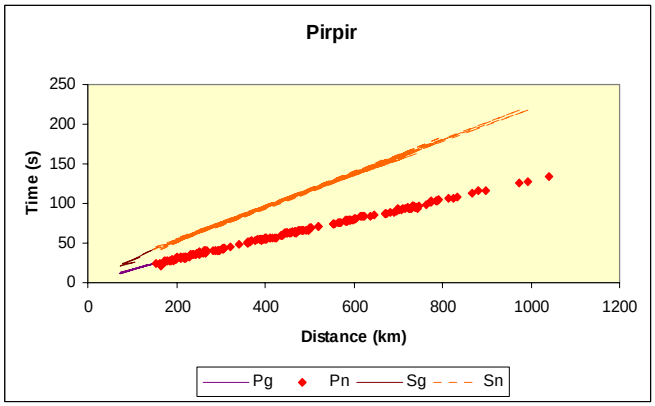
شکل ۱۰- تعداد فازهای امواج حجمی ثبت شده در ایستگاه زفره



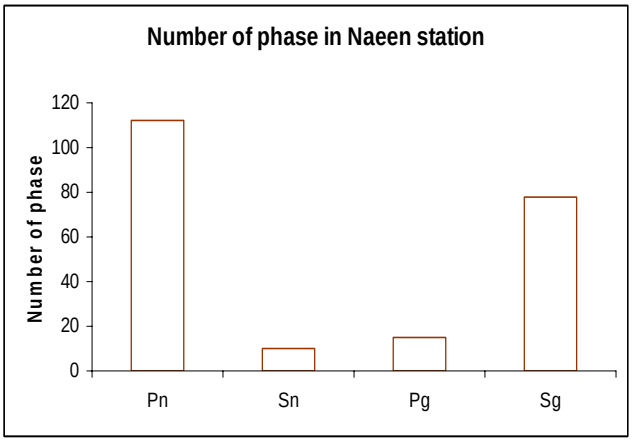
شکل ۱۱- منحنی زمان عبور در ایستگاه زفره



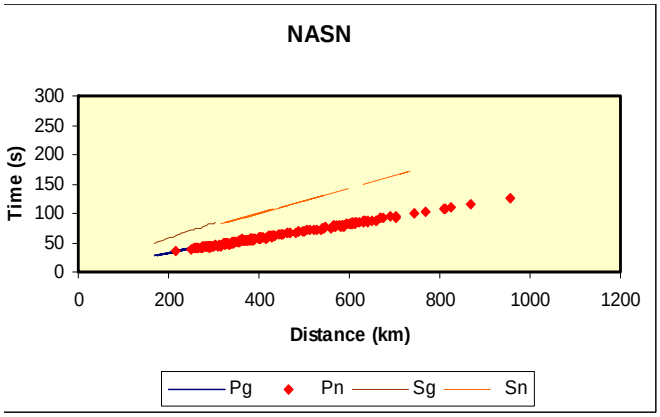
شکل ۱۲- تعداد فازهای امواج حجمی ثبت شده در ایستگاه پیرپیر



شکل ۱۳- منحنی زمان عبور در ایستگاه پیرپیر



شکل ۱۴- تعداد فازهای امواج حجمی ثبت شده در ایستگاه نائین



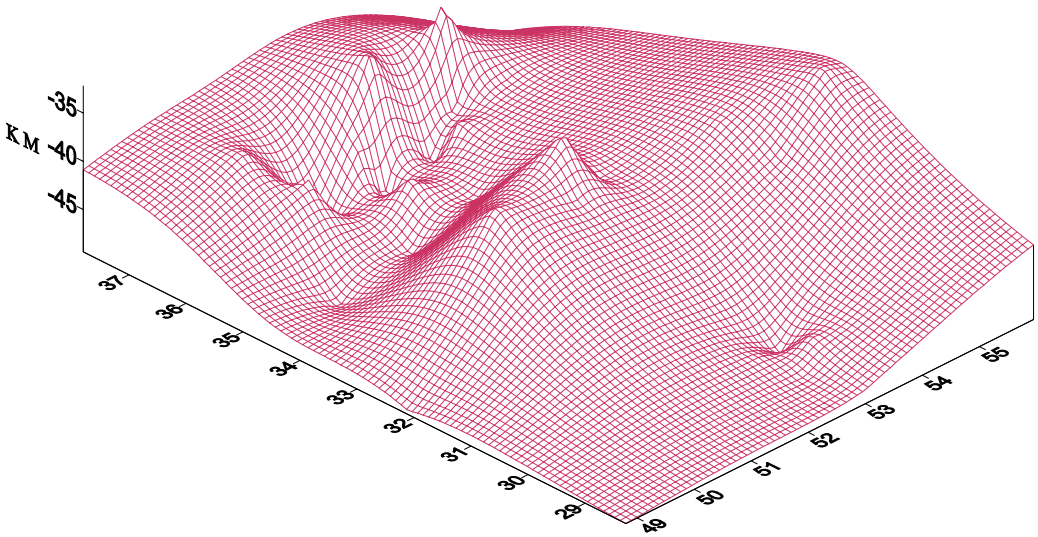
شکل ۱۵- منحنی زمان عبور در ایستگاه نائین

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- سرعت فازهای حجمی در شبکه اصفهان

نام ایستگاه	Vpn(km/s)	Vsn(km/s)	Vpg(km/s)	Vsg(km/s)	عمق ناپیوستگی موهو(km)
GAR	8.09±0.09	4.78±0.09	6.27±0.01	3.47±0.16	38±5
KLH	7.99±0.01	4.78±0.09	6.42±0.15	3.61±0.02	38±1
ZEF	7.99±0.01	4.69±0.01	_	3.50±0.13	35±1
PIR	8.03±0.03	4.74±0.05	6.33±0.06	3.50±0.1	37±1
NASN	8.07±0.07	4.63±0.06	6.37±0.1	3.50±0.13	40±1
Average	8.03±0.04	4.72±0.06	6.32±0.08	3.58±0.11	38±2



شکل ١٦- نقشه ضخامت ناپیوستگی موهو در گستره اصفهان

Reference

– Akasheh, B., 1975, Travel time residuals in the Iranian plateau, J. Geophy., 41, 281-288.

– Ambraseys, N.N., and Melville, C.P, 1982, A History of Persian Earthquakes, Cambridge University Press.

– Anzabi, A., 1981, Study of P and S wave travel time for different regions of Iran as recorded in Tabriz seismic station, J.Earth & Space Phys., 1 & 2, 43-47.

– Berberian, M., 1976-b, Contributions to the seismotectonics of Iran (part 2), Geol. Surv. Iran, Rep., 39, 516-520.

– Berberian, M., 1979, Evaluation of the instrumental and relocated epicenters of Iranian earthquakes, Geophys. J. R. astr. Soc., 58, 625-630.

– Berberian, M., Jakcon, J.A., Fielding, E., Parsons, B. E., Priestly, K., Qorashi, M., Talebian, M., Walker, R., Wright, T.J., and Baker, C., 2001, The 1998 March 14 Fandoqa earthquake (M_w=6.6) in Kerman Province Southeast Iran: re- rupture of the 1981 Sirch earthquake fault triggering of slip on adjacent thrusts and the active tectonic of the Gowk fault zone. Geophs. J. Int., 146,371-398.

www.SID.ir

Archive of SID

– Nabavi, M.S., 1978, Seismic activity of Iran 1971-1976, Journal of the Earth and Space Physics., 6, 38-86.

– Stocklin, J., 1973, Logoonal formations and salt domes in east of Iran.

– Zelt, C. A., and Ellis, R. M., 1998, Seismic structure of the crust and upper mantle in the peace River Arch region, Canada: J. Geophys. Res., 94, B5, 5729-5744.

– Zelt, C.A., and Smith, R.B., 1992, Seismic travel time inversion for 2-D crustal velocity structure, Geophys. J. Int., 108, 16-34.

– Berberian, M., and Yeats, R.S., 2001, Contributions of archaeological data to studies of earthquakes history in the Iranian plateau, J. Struct. Geol. 23, 563-584.

– Fatemizadeh, A., and Tatar, M., 2006, Estimation of crustal velocity structure of the centeral Zagros Using Refracted waves, J. Geosciences., 60, 2-11.

– Geological Survey of Iran (GSI), web site, September (2007) www.gsi.ir

– Javan D.G., and Zare',M., 2007, Report of Aran & Bidgol earthquake, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), web site, September (2007) WWW.iiees.ac.ir

www.SID.ir