



سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

اداره کل منطقه جنوب (مرکز شیراز)

## گزارش زمین شناسی زمین لرزه ۲۰ خردادماه ۱۳۹۹ خلیلی در غرب شهرستان گراش در استان فارس



تهیه کننده: طهمورث یوسفی

همکاران: آرزومان فرهنگ، زهرا هیبتی

۲۵ خردادماه ۱۳۹۹

**چکیده:**

شهرستان گراش در جنوب استان فارس، ۳۶۰ کیلومتری شیراز در نوار لرزه ای با خطر نسبی متوسط تا بالا است، زمین لرزه های دستگاهی ثبت شده در نزدیکی این محدوده بزرگای کم تا متوسط داشته و بزرگترین زمین لرزه ی ثبت شده تا الان مربوط به زلزله ی اخیر دهستان خلیلی با بزرگای ۵/۷ ریشتر است. پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه ها به تقریب بر روی شکستگی های شناخته شده و یا شکستگی های کهن و پویا قرار می گیرند. بر اساس تقسیمات زمین شناسی، گستره گراش در زون ساختاری زاگرس (زاگرس خارجی)، پهنه فارس و حوزه هرمز قرار دارد. تاقدیس های کوه خور و کوه مز و ناودیس حد واسط آنها از شمار ساخت های تاقدیسی و ناودیسی در شمال دهستان خلیلی می باشد. در مورخه ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۹، ساعت ۲۱ و ۴۸ دقیقه و ۱۲ ثانیه ی سه شنبه، زلزله ای با بزرگای ۵/۷ در مقیاس MW با ژرفای ۱۰ کیلومتری در دهستان خلیلی در باختری شهرستان گراش رخ داده که تلفات جانی در بر نداشته اما چند نفر دچار شکستگی دست و پا و چندین نفر دچار مصدومیت جزئی شده اند و از لحاظ مالی، به ساختمان های گلی و خانه های قدیمی و آجری و غیر مهندسی خسارات های متوسط تا زیاد وارد شده است. لازم به ذکر است زلزله های رخ داده در این منطقه توسط مراکز مختلف لرزه نگاری به نام های زلزله ی بیرم، خنج و محمله به ثبت رسیده است. زلزله ی دهستان خلیلی دارای پیش لرزه های زیادی بوده که بیشترین آنها ۴/۷ و ۵/۱ ریشتری بوده است و همچنین پس لرزه های زیادی داشته که بزرگترین آن تا تاریخ ۲۵ خرداد (تا زمان تهیه این گزارش) ۵/۱ ریشتر است. لازم به ذکر است این منطقه بویژه در گستره ی روستای خلیلی (باختر شهرستان گراش) نزدیک به ۱۴ ماه است، زلزله های پی در پی و فوجی (Swarm) را تجربه کرده است و زلزله ی ۲۰ خرداد ۹۹ بزرگترین زلزله رخ داده در یکسال اخیر می باشد و در این ارتباط در تیرماه ۹۸ توسط نگارنده گزارشی تخصصی مشتمل بر نتیجه گیری و راهکاری های اجرایی، طی نامه ای رسمی به ستاد بحران استانداری فارس ارسال شد که در این گزارش بخشی از آن آورده شده است.

از شمار گسل های مهم منطقه می توان به دسته گسله های مورب لغز محمله که قطعه انتهایی گسله بنیادی کره بس است و گسله راندگی هم رویداد با زاگرس با نام گسیختگی خلیلی را اشاره کرد، با توجه به داده های بدست آمده از بررسی های میدانی انجام شده و براساس تمرکز خرابی ها و گسیختگی های ایجاد شده، منحنی های هم لرز ترسیم شده است، رومرکز سطحی و مهلرزه ای (با شدت نزدیک به VII درجه مرکالی) زمین لرزه، به تقریب حدفاصل روستای خلیلی تا روستای بشیرآباد و بخش های شمالی آنها با راستای نزدیک به باختر شمال باختر - خاور جنوب خاور در امتداد گسیختگی خلیلی بنظر می رسد که در بخش های خاوری پهنه ی مه لرزه کمی متمایل به شمال خاور شده است، پهنه های با شدت VI در مسیر محل گذر این گسل راندگی و در راستای تاقدیس کوه تنگ خور، گسترش یافته است و در نهایت تمایل خطوط هم لرز با راستای تاقدیس یاد شده هم راستا شده و با راستای شمال باختر - جنوب خاور تداوم یافته است. رومرکز های

دستگاهی اعلام شده توسط مراجع IRSC و IIEES در بخش خاوری پهنه ی مکانی مهلرزه بدست آمده از خطوط هم‌لرزه، قرار دارد. بیشترین تاثیر زلزله ی اصلی، مربوط به ریزش در ارتفاعات با ایجاد توده های گسترده گرد و خاک همراه با شکاف و ترک در پلانژ جنوب خاوری تاقدیس تنگ خور و تاقدیس کوه مز و تخریب خانه های قدیمی و غیر مهندسی منطقه می باشد. در بازدید میدانی، بخش وسیعی از محدوده متاثر از زلزله مورد بررسی قرار گرفت که شهر خنج تا گراش، بیرم، اشکنان، لامرد و نواحی پیرامون آنها را دربردارد. این گزارش ماحصل این بازدید تخصصی می باشد.

#### مقدمه:

بخش های جنوبی استان فارس در گستره زاگرس، در پهنه های لرزه ای با خطر نسبی بالا قرار دارند. تنها در بخش باختری شهرستان گراش و نواحی پیرامونی آن (در محدوده ی رخداد زلزله اخیر خلیلی) توسط نقشه خطر لرزه ای ایران، با خطر نسبی متوسط مشخص شده است که با توجه به تداوم گسل بنیادی کره بس در این منطقه و همچنین وجود گسله های فشارشی هم رویداد با زاگرس در دامنه ی ساخت های تاقدیسی، محدوده یاد شده، جزئی از پهنه ی لرزه ای با خطر زمین لرزه نسبی بالا محسوب می شود که این منطقه بخشی از کمربند لرزه خیز استان فارس و کشور می باشد و می بایست این مهم در نقشه خطر لرزه ای کشور اصلاح و به روز رسانی شود.

زلزله های این مناطق بطور معمول بزرگای کم تا متوسط داشته و کم ژرفایند. بدین سان دیده می شود که بیشتر زمین لرزه های زاگرس در زیر رسوبات چین خورده رخ می دهد (ژرفای نزدیک به ۱۰ کیلومتر). شهرستان گراش در جنوب استان فارس، ۳۶۰ کیلومتری شیراز در نوار لرزه ای با خطر نسبی بالای زاگرس قرار دارد. چنانکه در بخش های باختری این شهرستان در منطقه خلیلی در ۱۴ ماه اخیر فوجی از زلزله های با بزرگای کم تا متوسط، رخ داده است که بزرگترین زلزله ساعت ۲۱ و ۴۸ دقیقه و ۱۲ ثانیه ی سه شنبه، با بزرگای ۵/۷ در مقیاس Mw با ژرفای ۱۰ کیلومتری سبب ایجاد شکاف های بزرگ در زمین، ریزش کوه و خسارت زیاد به ساختمان های گلی و خانه های قدیمی و آجری وارد شده است. لازم به ذکر است زلزله های رخ داده در این منطقه توسط مراکز مختلف لرزه نگاری به نام های زلزله ی خنج، بیرم و محمله به ثبت رسیده است. زلزله ی دهستان خلیلی دارای دو پیش لرزه ی بزرگ ۴/۷ و ۵/۱ ریشتری و پس لرزه زیادی داشته که بزرگترین آن تا تاریخ ۲۵ خرداد (تا زمان تهیه این گزارش) بوده که بزرگترین آن ۵/۱ ریشتر است.

با توجه به رخداد زلزله های مکرر همراه با صدای زیاد از درون زمین و ایجاد هراس و وحشت مردم در منطقه خلیلی در تیر ماه ۹۸ بازدید تخصصی از طرف اداره کل زمین شناسی منطقه جنوب کشور (شیراز)، انجام گرفت و ضمن برگزاری جلسه با ستاد مدیریت بحران شهرستان گراش، موارد تخصصی و پیشنهاداتی ارائه شد

که در این ارتباط گزارشی تهیه و به ستاد مدیریت بحران استان فارس ارسال گردید که در ادامه بخشی از این گزارش آورده شده است:

"منطقه خلیلی و نواحی پیرامونی آن در جنوب استان فارس، از شمار مناطق پر خطر و با خطر لرزه ای بالا می باشد و در کمربند لرزه ای استان و کشور قرار دارد و با توجه به بررسی های انجام شده، وجود گسله های فعال در منطقه محرز است و زلزله های این منطقه عموماً با بزرگی کم ( کمتر از ۴ ) و متوسط ( کمتر از ۶ ) می باشد.

لذا با توجه به وجود سابقه لرزه ای منطقه، اخیراً لرزه هایی با فراوانی زیاد در منطقه مورد بررسی رخ داده است که بیشتر در نزدیکی روستای خلیلی و گاه نواحی پیرامون آن احساس می شوند. زلزله های رخداد در گروه زلزله های کوچک و عمدتاً تنها صدای آن شنیده می شود و تعداد زلزله های نزدیک به ۳ ریشتر بسیار زیاد است و زلزله های تا ۴ ریشتر نیز گاه رخ داده است.

هر چند که برای نتیجه گیری و اعلام نظر قطعی نیاز به مطالعات زمین شناسی تخصصی بیشتر دارد، اما با علم به اینکه منطقه از لحاظ لرزه خیزی جزء مناطق پر خطر لرزه ای بوده و همچنین با توجه به موارد مشابه از قبیل موارد زیر:

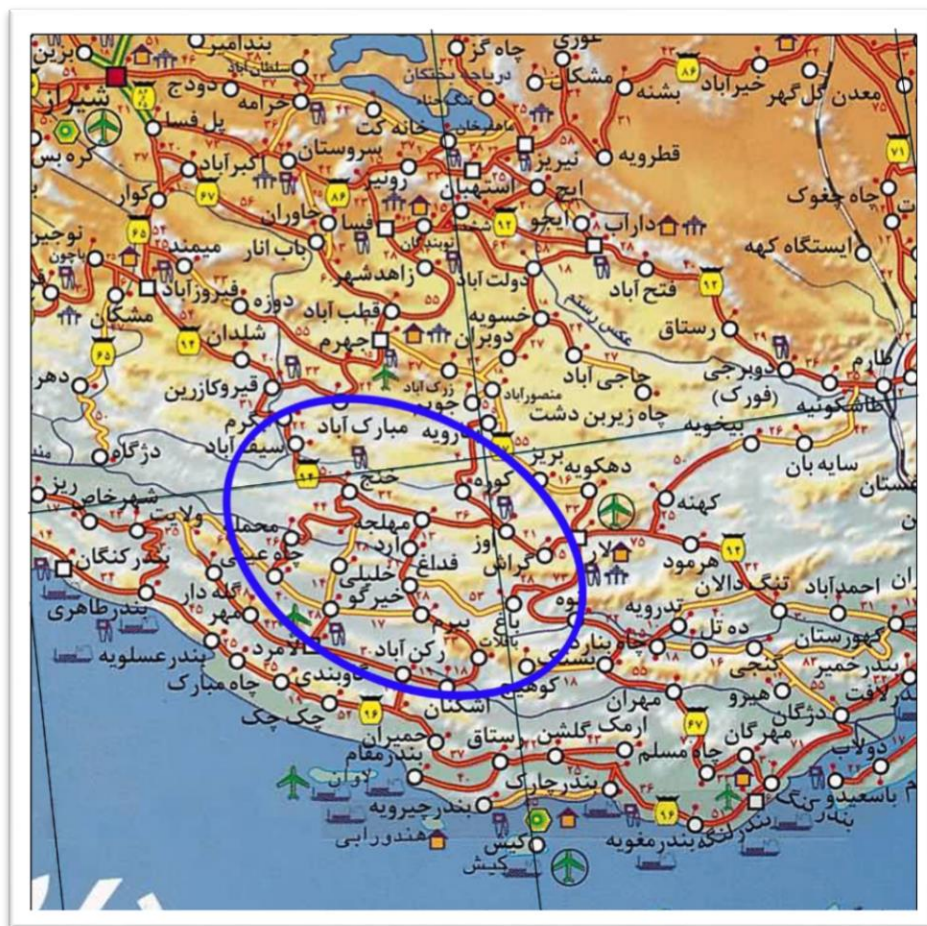
- زلزله های سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۶۶ نورآباد ممسنی که بصورت زلزله های کوچک و متوسط با فراوانی زیاد در مدت نزدیک به یک سال در نورآباد رخ داده و نهایتاً در تابستان ۱۳۶۶ با رخداد زلزله ۲ / ۶ ریشتر خاتمه و سپس منطقه آرام گردید.

- مجموعه زلزله های سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ قیر و کارزین که فوجی از زلزله های آرام در مدت طولانی با بزرگی کمتر از ۴ ریشتر در منطقه رخ داده که نهایتاً با همین زلزله های خرد و کوچک، فوج زلزله ها پایان یافته و منطقه به آرامش رسید.

از دیگر مثال های یک دهه گذشته می توان به وجود صداهایی از درون زمین بصورت پی در پی و متعدد در روستایی نزدیک شهر گراش و رخداد زمین لرزه های مکرر در منطقه فراشبند و مناطق جنوبی آن اشاره کرد. با توجه به بررسی های اولیه انجام شده، رخداد زلزله های اخیر روستای خلیلی و نواحی پیرامون آن به گونه ای فوجی، آرام و متعدد می باشد و با توجه به ویژگی های مناطق لرزه خیز در پهنه چین خورده زاگرس و در کمربند لرزه خیز استان فارس ( از نورآباد ممسنی در غرب تا لار در جنوب استان)، رخداد زلزله های اخیر منطقه خلیلی یا مشابه زلزله های منطقه نورآباد ممسنی در سال ۹۵ و ۹۶ و با یک زلزله نزدیک به ۶ ریشتر پس از چندین ماه، پایان می پذیرد و یا مشابه زلزله های منطقه فراشبند و قیر و کارزین، رخداد زلزله بصورت

فوجی و آرام بمدت چندین ماه ادامه می یابد و بزرگای زلزله های رخ داده بندرت به ۵ / ۵ ریشتر خواهد رسید.

حال پس از گذر زمانی نزدیک به یکسال با رخداد زمین لرزه ۵/۷ ریشتری ۲۰ خرداد خلیلی ، تیمی متشکل از کارشناسان مرکز زمین شناسی منطقه جنوب(شیراز) با هماهنگی دفتر بررسی مخاطرات زمین شناسی کشور، جهت بررسی عوامل زمین شناسی و تعیین گسل مسبب زلزله ی اخیر، به منطقه آسیب دیده اعزام گردیدند. در بازدید میدانی، بخش وسیعی از محدوده متاثر از زلزله مورد بررسی قرار گرفت که این گزارش ماحصل این بازدید تخصصی می باشد. شکل ۱ راه های ارتباطی به منطقه ی مورد بررسی را نشان می دهد.



شکل ۱ نقشه راههای ارتباطی منطقه زلزله زده، بیضی آبی منطقه تقریبی تاثیر زلزله اخیر را نشان می دهد.

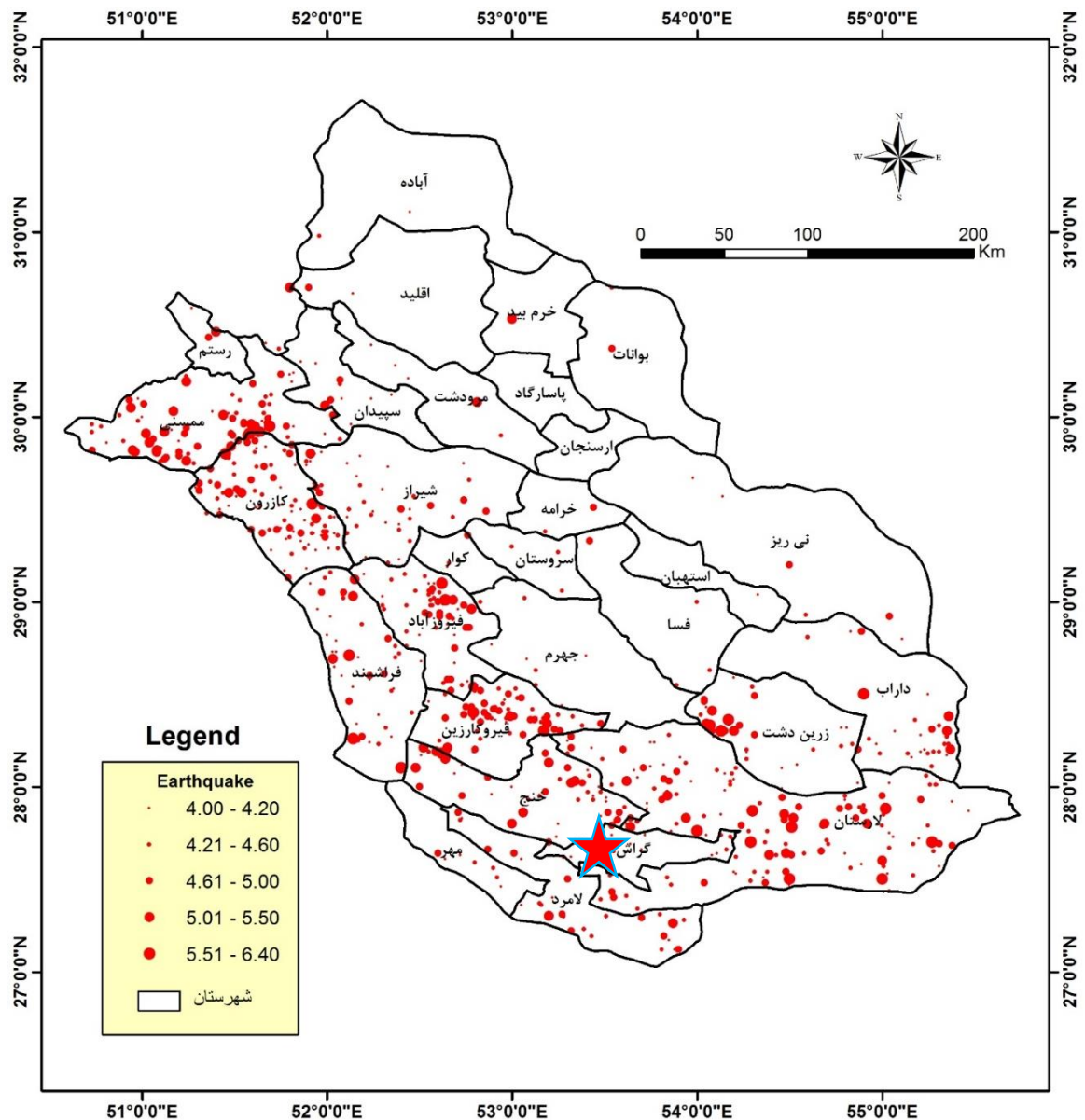
## زمین شناسی منطقه:

کمر بند چین خورده - رانده زاگرس (Zagros Mountain Fold -Thurst Belt) از جمله گستره هایی است که جنبش های همگرا در پهنه های قاره ای ایران مرکزی، توران و عربی، شکل گیری این کمر بند لرزه خیز را در کنترل داشته و ویژگی های ریخت زمینساخت (Morphotectonic) و ساختاری آن نیز نتیجه ای از تاثیر فراگیر (Pervasive) تنش های اصلی (Original Stresses) و واتنش های شکننده و شکل پذیر (Brittle and Ductile Strain) در رسوبات فانروزئیک است، که پی سنگ دگرگون شده را پوشش می دهد. این واتنش ها خود نتیجه ای از تاثیر تنش های شمال خاور - جنوب باختر (NE-SW) و همچنین ساز و کار حرکتی گسیختگی های اصلی و فرعی در سیستم تنشی حاکم بر پهنه ها می باشد.

همچنین وجود ساختار های آشفته زیر سطحی (Subsurface Structural Disturbance)، رخداد لرزش های شدید و مقطعی (Original Macroseisms) و لرزش های خفیف و پیوسته (Swarm) و تغییر و گوناگونی در درجه ی فشردگی (Tightness) ساختمانهای چین خورده همگام با اثر فرایند کوتاه شدگی (Shortening) و طویل شدگی (Elongation) در راستایی موازی با سطح محوری اینگونه چین خوردگی ها و عمود بر آن، پاره ای از ویژگی های کمر بند چین خورده - رانده زاگرس است. گوناگونی در سازگاری فیزیکی سازندهای گستره در اثرپذیری از تنش های موجود نیز از جمله عامل های بی اسلوبی و ناهماهنگی در واتنش رسوبات گستره است که در باز سازی شرایط نخستین ساختاری (Structure Palinspastic) پهنه ها ایجاد خلل می نماید.

شهرستان گراش بر اساس تقسیمات زمین شناسی ایران در زون ساختاری زاگرس (زاگرس خارجی)، پهنه فارس و حوزه هرمز قرار دارد. این منطقه از نظر ساختمانی، شامل چین های تاقدیسی - ناودیسی با روند شمال باختر - جنوب خاور می باشد که از روند کلی زاگرس تبعیت می کند و برخی از آنها متأثر از سیستم گسله ای بنیادی منطقه با تغییرات در راستای محور تاقدیس و ناودیس ها همراه است چنانکه اثر محوری تاقدیس کوه تنگ خور و تاقدیس مز در شمال روستای خلیلی به گونه ای سینوسی از باختر شمال باختر - خاور جنوب خاور تا شمال باختر - جنوب خاور متغیر است که در برخی از قسمت های آن، راستای اثر محوری، نزدیک به ۳۰ درجه تغییر راستا با روند کلی زاگرس را نشان می دهد.





شکل ۲ نقشه استان فارس به تفکیک شهرستان ها همراه و جایگاه رخداد زلزله ی خلیلی (ستاره قرمز) در نقشه نوار لرزه ای استان فارس

بررسی چینهننگاری ترادفی (Stratigraphy Sequence) پهنه زاکرس نشانگر آن است که این بخش از ایران، در فاصله زمانی پرکامبرین - تریاس میانی بخشی از ابرقاره گندوانا بوده است. از تریاس میانی، با تکوین تتیس جوان، شرایط دریایی ویژه ای بر آن حاکم بوده است. از کرتاسه پسین به بعد، پس از سرانجام گرفتن تتیس جوان و برخورد دو ورق زاکرس و ایران مرکزی، محیط های رسوبی از نوع همزمان با کوهزایی بوده اند. اگرچه پیشینه فاز کوهزایی در پلیوسن بوده است، ولی دگرشکلی، همچنان بر زاکرس تحمیل می شود. روندهای چین خوردگی از شمار ویژگی های مهم درهندسه گسیختگی های بنیادی است. تغییر ناگهانی درزاویه میان پهلو (Inter Limb Angle) کوه ها و پیدایش خمش و کج شدگی محوری و همچنین ایجاد نقاط فراز (Culmination) (کوه ها) و فرود (Depression) (دشت ها) از شمار جلوه های ساختمانهای چین







شکل ۴ راهنمای نقشه زمین شناسی خنج

## لرزه زمین ساخت:

از نظر نو زمین ساختی، زاگرس چین خورده- گسلیده، در اثر حرکت رو به شمال صفحه عربی و برخورد آن با صفحه ایران، در راستای شمال خاوری - جنوب باختری فشرده می شود. به همین دلیل، در حال حاضر زاگرس تحت تأثیر دگر شکلی، ناشی از فشارهای زمین ساختی با روند NNE-SSW، فرجام همگرایی و برخورد قاره ای، قرار دارد. دگرشکلی ها هم راستای ساختارها و شکستگی های آلی، (NW-SE)، و پیش از آلی، (N-S)، هستند. از این رو، عملکرد مشترک این دو، بر روی هم، باعث برآیند نوزمین ساختی و لرزه زمین ساختی و در نتیجه لرزه خیزی کنونی زاگرس می شود.

پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه ها به گونه ای است که گاهی بر روی شکستگی های شناخته شده و یا شکستگی های کهن و پویا قرار می گیرند. که در منطقه مورد بررسی دسته گسله های مورب لغز محمله که قطعه ی انتهایی گسل بنیادی کره بس (شکل ۵) و گسله های راندگی هم رویداد با زاگرس در دامنه تاقدیس ها است، از گسله های لرزه زا می باشد که در راستای این گسل ها زلزله های متعددی رخ داده است. در دامنه تاقدیس کوه تنگ خور در شمال روستای خلیلی گسله ی فشاری خلیلی قرار دارد،

گفتنی است که بیشتر زمین لرزه های منطقه به دلیل وجود لایه های نمکی سری هرمز در مرز پی سنگ و پوشش رسوبی رویی، که ضمن تعدیل انرژی ها از رسیدن همه آنها به سطح زمین جلوگیری می کند. افزون بر این، وجود رسوبات گچی - انیدریتی وابسته به سازندهای دالان (پرمین)، دشتک و کنگان (تریاس)، هیت و

گوتنیا (ژوراسیک بالا)، به ویژه سازند تبخیری گچساران (میوسن)، از عوامل مؤثر در کاهش انرژی و جلوگیری از گسلش سطحی هستند.



شکل ۵: جایگاه زلزله ی اخیر (ستاره زرد) در عکس نقشه ماهواره ای استان فارس و گسله ی فشارشی خلیلی (گسل عامل زلزله اخیر) و ارتباط آن با گسله بنیادی کره بس

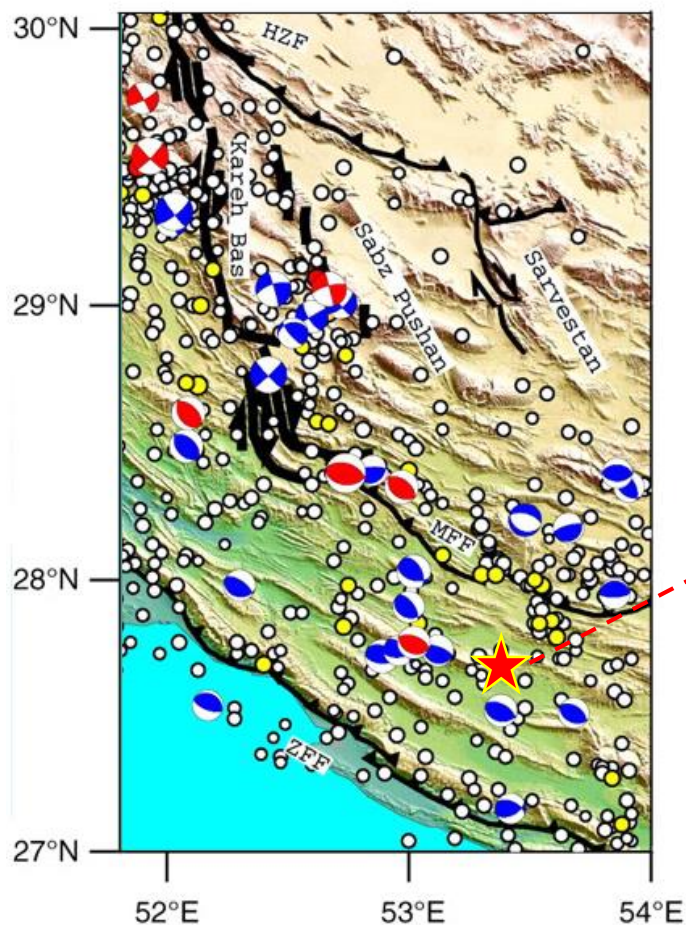
### تاریخچه لرزه خیزی:

زلزله های مخرب نزدیک به محدوده مورد بررسی به شرح زیر است:



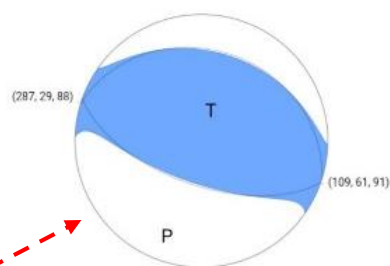
- زمین لرزه ۱۴۴۰ میلادی در قیروکارزین (۵۰ کیلومتری شمال باختر سیف آباد)
- زمین لرزه ۱۵۹۳ میلادی در لار ۳۰۰۰ نفر کشته شدند.
- زمین لرزه ۱۷۶۶ میلادی در لار رخ داده و زمین لغزه هایی به راه انداخت که یک روستا و ساکنانش را فرا پوشاند.
- در سال ۱۳۳۹ خورشیدی با بزرگای نزدیک به ۶/۷ ریشتر شهر لار استان فارس را لرزاند و نیز ۴۰۰ نفر کشته به دنبال داشت
- زلزله ۱۹۷۲ میلادی قیر و کارزین (۱۳۵۱ خورشیدی) با بزرگای نزدیک به ۶/۷ ریشتر ، تقریباً "سبب ویرانی کامل در این منطقه شد و ۵۰۱۰ تن کشته شدند که ۲۰ درصد جمعیت منطقه بودند (۵۰ کیلومتری شمال باختر سیف آباد).

در محدوده مورد مطالعه زمین لرزه های تاریخی و مخرب گزارش نشده است اما زمین لرزه های دستگاهی زیادی به ثبت رسیده (شکل ۶ و ۱۷) که بزرگترین آن زلزله اخیر خلیلی با بزرگای ۵/۷ ریشتر است.



شکل ۶ جایگاه رو مرکز زلزله خلیلی (ستاره ی قرمز رنگ) و فوکال مکانیسم آن در نقشه لرزه زمین ساخت منطقه همراه با حل صفحه گسلی

(Hatzfeld et al. 2010)



## پدیده های ساختاری مهم منطقه عبارتند از:

### تاقدیس تنگ خور

تاقدیس تنگ خور باسیمایی پهن و گسترده با راستای متغیر باختری - خاوری تا ۶۵ درجه شمال باختری نمود دارد. این تاقدیس تحت تأثیر گسیختگی های طولی با حرکات راندگی و گسیختگی های مورب لغز راست بر ، قرار گرفته است . بگونه ای که وجود گسیختگی های طولی ساختاری شبه بادبزی در این تاقدیس ایجاد کرده است و به تأثیر گسیختگی های مورب لغز راست بر تغییر راستا و جابجائی افقی درمحور تاقدیس ایجاد شده است..

سازندهای رخنمون یافته این تاقدیس ، سازند میشان ، بخش گوری ، گچساران، آسماری - جهرم و درپهنه های خاوری آن سازند آغاچاری و بختیاری رخنمون دارد . تاقدیس یادشده، دارای محور دوسویه است. چنانکه دربرش ساختاری زیرنقشه نمایش داده شده است . تاقدیس تنگ خور به تأثیر از گسیختگی های طولی در دو پهلو تاقدیس بویژه در پهلو جنوب باختری تاقدیس تحت تأثیر گسله فشاری خلیلی، ناهنجاری درشیب لایه ها ، حذف ، زیرراندگی و برگشتگی در لایه ها ایجاد شده است و همچنین تحت تأثیر پهنه گسله مورب لغز راست بر محمله ، محور این تاقدیس بابراندگی و جابجائی افقی و حرکات سینوسی ( تغییر روند مکرر) همراه شده است.

### دسته گسل محمله (قطعه ی انتهایی گسل بنیادی کره بس):

این گسیختگی ها با سازوکار راستالغز تا مورب لغز درگروه گسله های مایل تاقدیس تنگ خور را متأثر ساخته است (شکل ۷). از شمار بهم ریختگی های ساختاری و تغییرات پی آمده از جنبش این گسیختگی در تاقدیس تنگ خور میتوان به انحراف و جابجائی افقی همراه با حرکات راست بر درمحور تاقدیس یادشده اشاره کرد و همچنین در بخش های باختری تاقدیس یادشده این دسته گسله بانزدیک شدن به گسله طولی جنوبی تاقدیس تنگ خور، پهنه گسلی محمله بگونه ای مورب لغز (راست بر با حرکات راندگی ) نمود یافته است که از جمله ناهنجاری های آن میتوان به تغییر راستای محور، زیرراندگی ، حذف و تغییرات شدید شیب در لایه های سازندهای میشان و آغاچاری را اشاره کرد.

همانطور که در تصویر ماهواره ای شکل ۵ نمایش داده شده گسل راستالغز محمله ادامه ی انتهایی گسل بنیادی و راستالغز راست بر کره بس است. گسل کره بس از چند قطعه گسلی تشکیل شده و با سازوکار امتداد لغز راست بر سبب انحراف محور ساختمانهای چین خورده شده و مرز تغییر رخساره ای، واحدهای رازک و گچساران با واحد زمانی میوسن می باشد و در برخی قسمت ها با تغییر راستا در طول برخی از ساختمان های چین خورده منطقه قرار گرفته است و با سازوکار غالب راندگی، به صورت دسته گسلی ترا فشارشی سبب

راندگی و تمایل سطح محوری تاقدیس ها به سمت جنوب باختری گردیده است. لازم به یادآوری است که این گسیختگی در ادامه جنوبی خود با تغییر راستای تدریجی به سوی جنوب خاور تداوم یافته و در نهایت در گروه گسله های همرویداد با زاگرس در محدوده مورد بررسی امتداد می یابد و همچنین گسله ی معروف و بنیادی قیر (مسبب زلزله سال ۱۳۵۱ خورشیدی شهر قیر) یکی از شاخه های تغییر روند داده این گسیختگی می باشد.

### گسل ها راندگی هم رویداد با زاگرس:

#### گسل خلیلی (گسله فشارشی در یال جنوب باختری تاقدیس تنگ خور)

این گونه گسل ها در زاگرس فراوانند چنانکه در محدوده مورد بررسی تمامی دامنه های جنوبی ساخت های تاقدیسی گسلیده و رانده شده اند و سبب ناهنجاری های ساختاری شده اند. دامنه جنوب باختری تاقدیس تنگ خور یکی از دامنه هایی است که توسط اینگونه گسله های فشاری، گسلیده و رانده شده است، گسل راندگی دامنه جنوبی باختری تاقدیس تنگ خور با نام گسیختگی خلیلی مشخص شده است. این گسیختگی راستای شمال باختر - جنوب خاور تا باختر شمال باختر - خاور جنوب خاور دارد که شیب صفحه ی گسلی به سوی شمال خاور تا شمال خاور می باشد و ساز و کار راندگی با مولفه ی راست بر دارد، این گسل سبب تغییرات شدید شیب لایه ها، برگشتگی و زیر راندگی در مسیر گذر خود شده است.





شکل 7 نقشه زمین شناسی و وضعیت هندسه زیر سطحی در تاقدیس تنگ خور و نمایش اثر گسل های محمله و خلیلی در سطح نقشه و در برش زیر سطحی آن

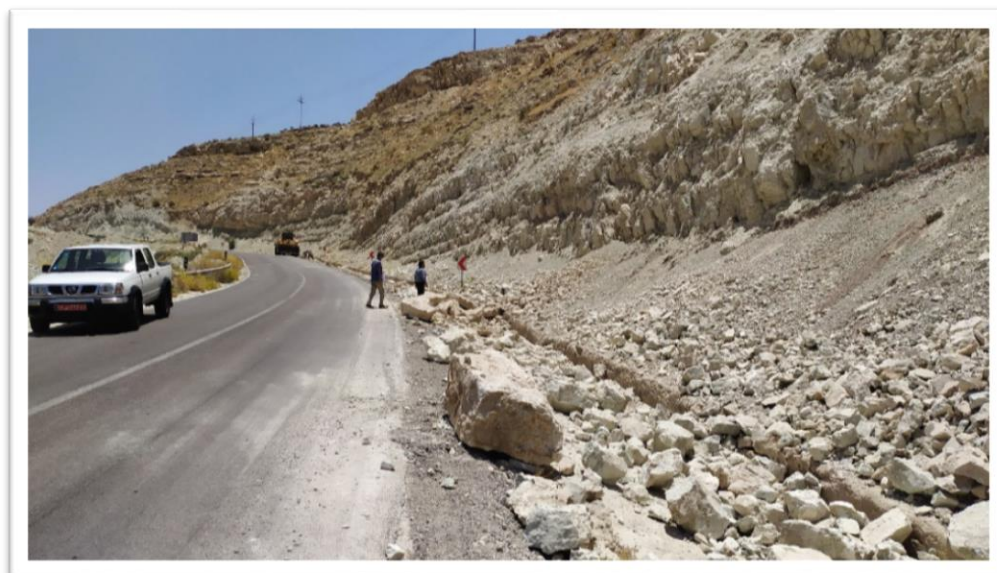
بررسی میدانی:

بررسی های میدانی در مناطق زلزله زده جهت تعیین رو مرکز سطحی در پهنه وسیعی انجام گرفت. چنانکه تمامی مراکز رو سطحی تعیین شده توسط **USGS**، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و موسسه ژئوفیزیک و نواحی پیرامون آن جهت تعیین منطقه ی مه لرزه ای، بازدید و وضعیت اثر زلزله در محدوده وسیعی مشخص و برداشت گردید. در این برداشت مشخص گردید بیشترین تاثیر سطحی در پلانژ جنوب خاوری تاقدیس تنگ خور و در محدوده روستاهای خلیلی و بشیرآباد است، به خانه های مسکونی روستایی، گچ - سنگی و غیر مهندسی خسارت متوسط تا زیاد وارد شده است و به واحد های غیر مهندسی جدید نیز خسارت کم وارد شده و در حد ایجاد ترک است و همچنین بدلیل وجود شکاف های طویل، برپایی و تغییرات محلی شیب زمین و ناهمواری شدن سطح زمین و همچنین به وضوح نشان دادن سازوکار راندگی و راست بر در شواهد سطحی پدیدار شده، گویای شدت زیاد زلزله در این منطقه دارد.

زمین لرزه ۲۰ خرداد ۹۹ منطقه خلیلی (در باختر شهرستان گراش و شمال شهر بیرم) با بزرگای ۵/۷ ریشتر پس از بیش از ۱۴ ماه نا آرامی و رخداد زلزله های آرام و فوجی در منطقه، اتفاق افتاده است و رو مرکز زلزله توسط مراکز لرزه ای مختلف (شکل ۳) در بخش های باختری گراش، جنوب خاوری خنج و شمال باختری بیرم در منطقه ی خلیلی ثبت شده است که در نگاه اول تاثیر گذاری و فعالیت گسله های فشاری هم رویداد با زاگرس را در این منطقه نشان می دهد. در این ارتباط، برداشت های میدانی جهت بررسی برآورد شدت زلزله انجام شد، طی بازدید به عمل آمده مشخص گردید که در محدوده ی حدفاصل روستای خلیلی تا روستای بشیرآباد و بخش های شمالی این دو روستا، بیشترین شدت زلزله به میزان VII واحد مرکالی است و منطقه ی رومرکز سطحی و مه لرزه ای زلزله می باشد چنانکه در این منطقه شکاف های با طول و عرض زیاد، ریزش شدید دامنه های ناپایدار سنگی، جهش و پرتاب قطعات سنگی، روانگرایی در بستر رودخانه های بزرگ فصلی ایجاد شده و همچنین بیشترین خسارت مالی با میزان تخریب متوسط تا زیاد در سازه های روستایی، گچی - سنگی و غیر مهندسی را در پی داشته است.

خطوط هم شدت زلزله اخیر خلیلی بر پایه مدل نرم افزاری ترسیم شده توسط سازمان زمین شناسی کشور، گویای بیشینه شدت در نزدیکی روستای خلیلی، شدت VI در مقیاس مرکالی را نشان می دهد. در شکل ۱۷ و ۱۸ بر اساس بازدید میدانی انجام شده، خطوط هم شدت زلزله ترسیم شده است و در برآورد شدت با مرکزیت روستای خلیلی و فاصله ی بیش از ۵۰ کیلومتر در جهات مختلف آن، نمایش داده شده است چنانکه علاوه بر دهستان خلیلی، شهرها و روستاهای مهم و لرزه خیز خنج، گراش، بیرم، علامرودشت، ارد، لامرد و مهر را در بردارد. در شکل ۱۹ جهت مشخص شدن وضعیت منطقه مه لرزه ای زلزله و گسل های منطقه، محدوده با بزرگنمایی بیشتر نمایش داده شده است.

منطقه مه لرزه بر اساس بازدید ها و شواهد صحرائی در پلانژ جنوب خاوری تاقدیس تنگ خور و در دامنه ی جنوب باختری این تاقدیس ( حدفاصل شمال روستاهای خلیلی و بشیرآباد) مشخص شده است و بیشینه شدت برآورد شده برای آن VII در مقیاس مرکالی می باشد که در این پهنه ریزش های شدید در بخش های صخره ای سازندهای مختلف زمین شناسی رخ داده است و توده ای از گرد و خاک را در کوهستان ایجاد کرده است و همچنین ایجاد شکاف همراه با ناهمواری سطحی و روانگرایی و تخریب ساختمان های روستایی و غیر مهندسی در این منطقه رخ داده است که در شکل های ۸ تا ۱۶ نشان داده شده است.

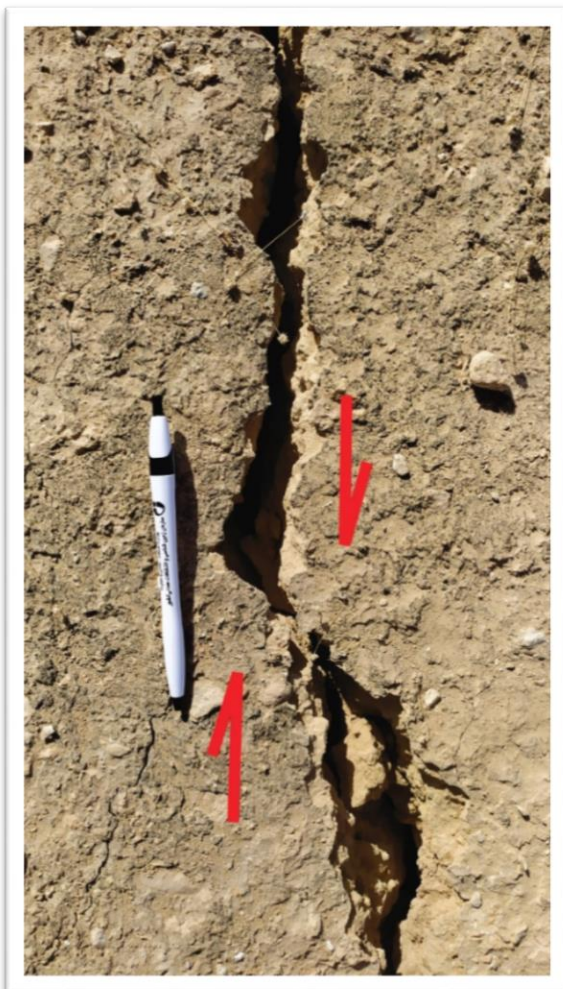
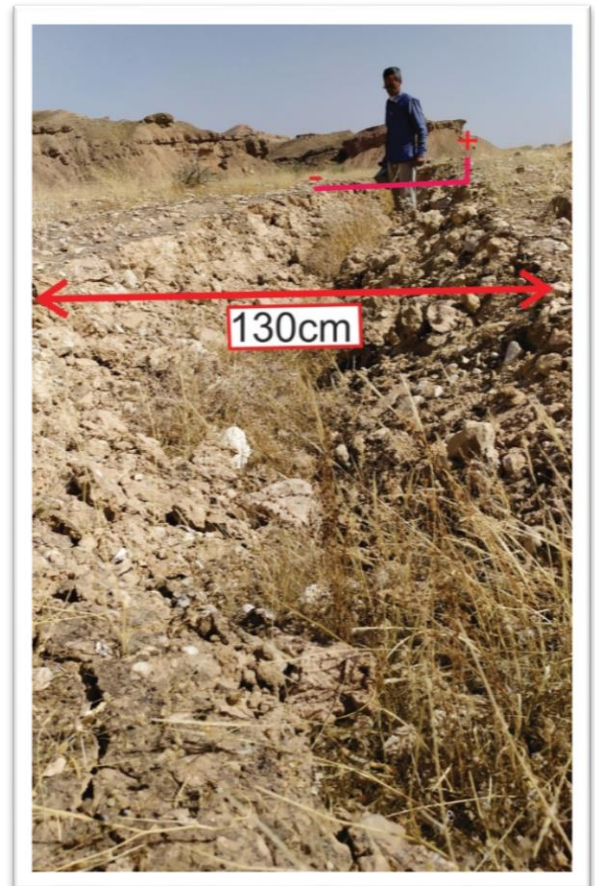


شکل ۸: نمونه ای از ریزش کوه مرتبط با رویداد زمین لرزه خلیلی در گردنه ی بالنگستان و در پرتگاه های حاشیه ی رودخانه فصلی در پلانژ تاقدیس تنگ خور



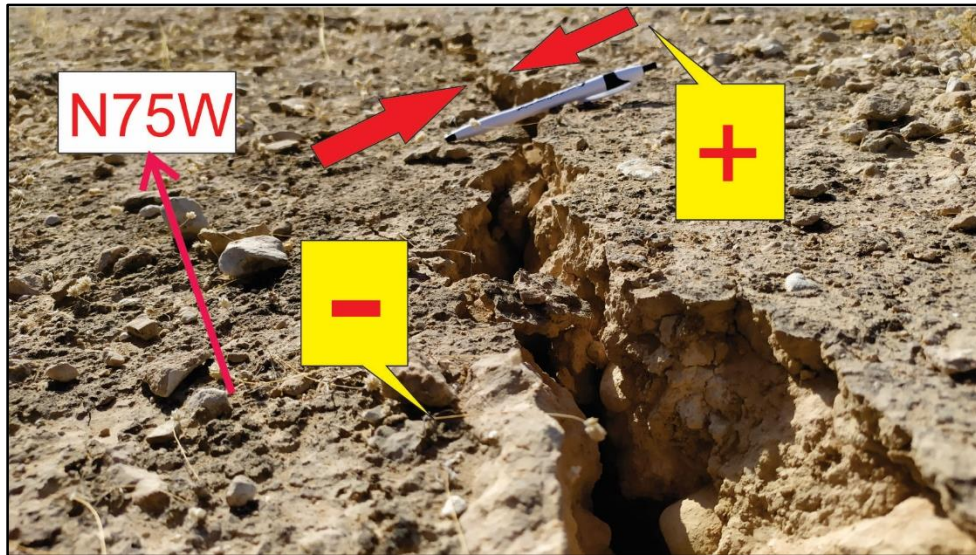


شکل ۹: بخشی از گسیختگی های سطحی مرتبط با زمین لرزه خلیلی در پلانزه تاقدیس تنگ خور (دید به شمال باختر). تصویر سمت راست: بازشدگی بیش از ۱۳۰ سانتی متر و همراه با برپایی بیش از ۳۰ سانتی متری در برخی قسمت ها (نماد مثبت برپایی و منفی بخش پایین افتاده) را نشان می دهد.

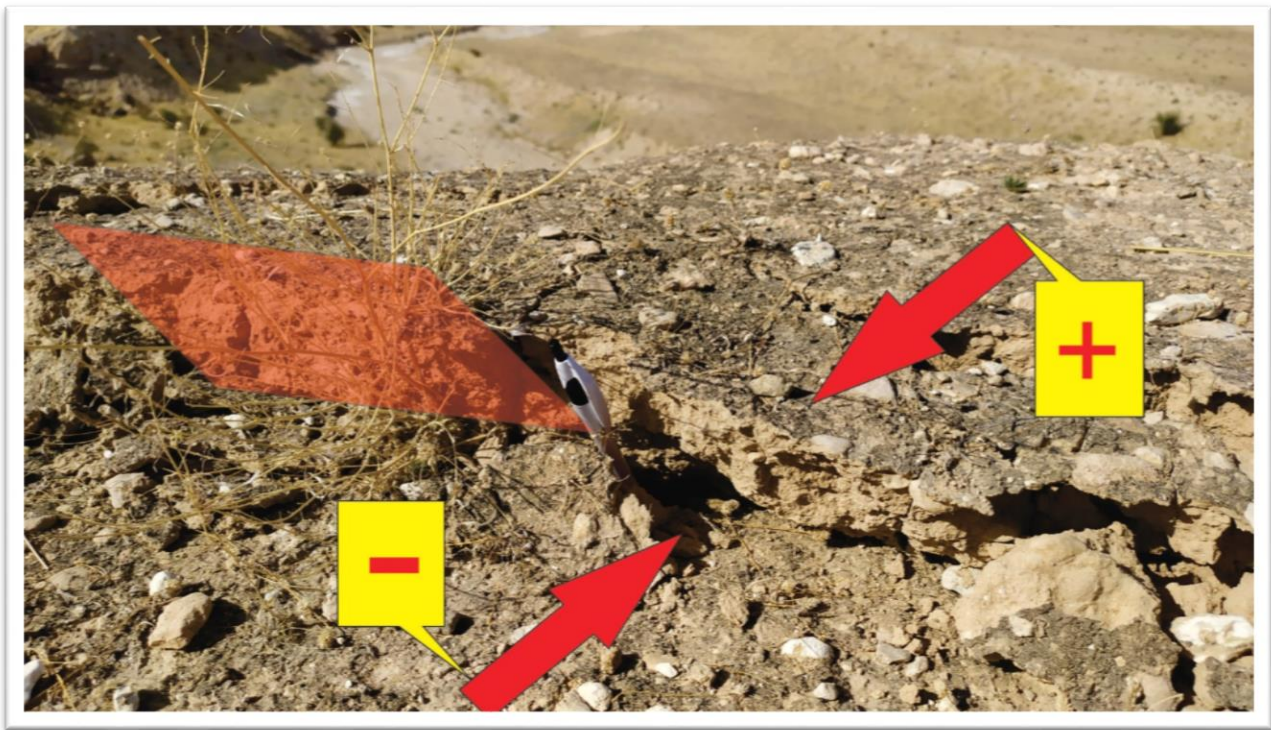


شکل ۱۰: نمایی از گسیختگی سطحی مرتبط با زمین لرزه خلیلی، مولفه های جابجایی با پیکان قرمز (دید به شمال باختر).





شکل ۱۱: نمایی از گسیختگی سطحی و مولفه های جابجایی بر روی گسیختگی شناخته شده (نماد مثبت بخش بالا آمده و منفی پایین افتاده را نشان می دهد)

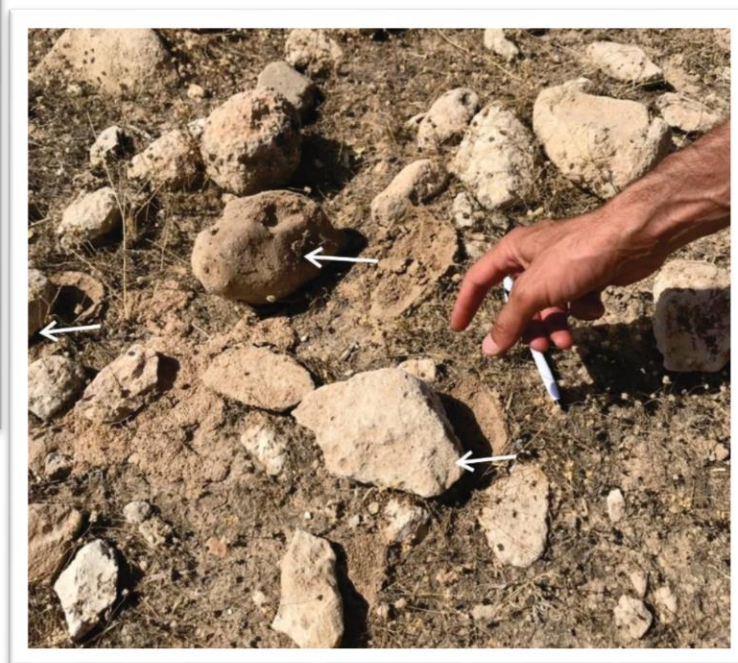


شکل ۱۲: نمایی از گسیختگی سطحی مرتبط با زمین لرزه خلیلی، مولفه های جابجایی با پیکان قرمز و نماد مثبت بخش بالا آمده و منفی پایین افتاده و صفحه قرمز سطح لغزشی تقریبی را نشان می دهد.





شکل ۱۳: نمونه هایی از رخداد پدیده روانگرایی مرتبط با رویداد زمین لرزه خلیلی در مسیر رودخانه فصلی در پلانژ جنوب خاوری تاقدیس تنگ کوه خور.



شکل ۱۴: نمونه ای از پرش سنگ مرتبط با رویداد زمین لرزه خلیلی، جهت پرتاب سنگ به سمت جنوب باختر است

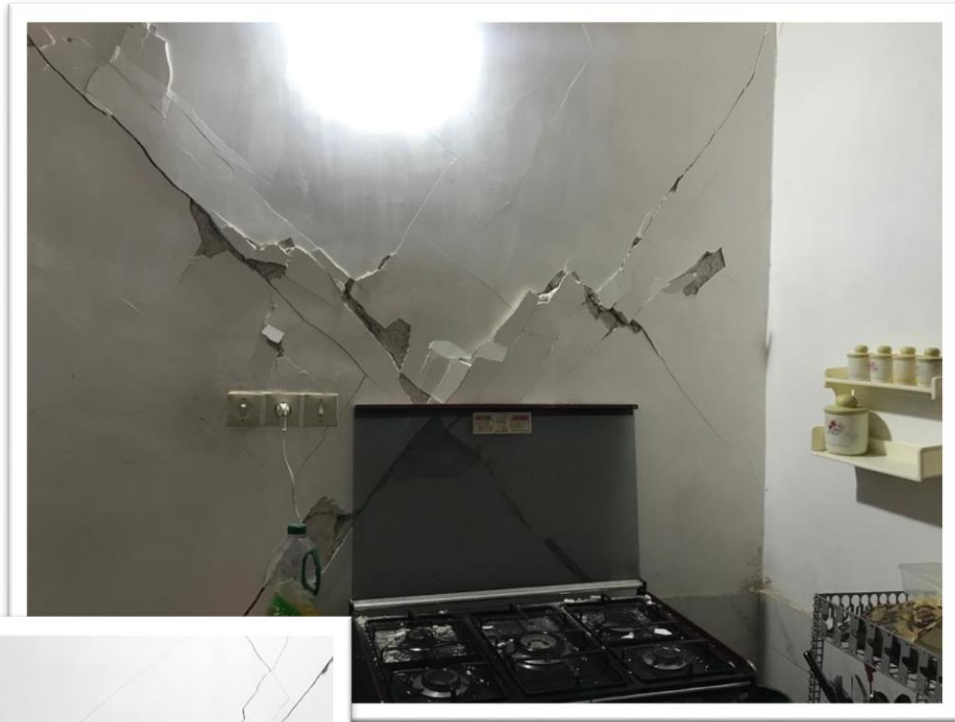




شکل ۱۵: نمونه ای از آسیب های ساختمانی در

روستاهای خلیلی و بشیرآباد

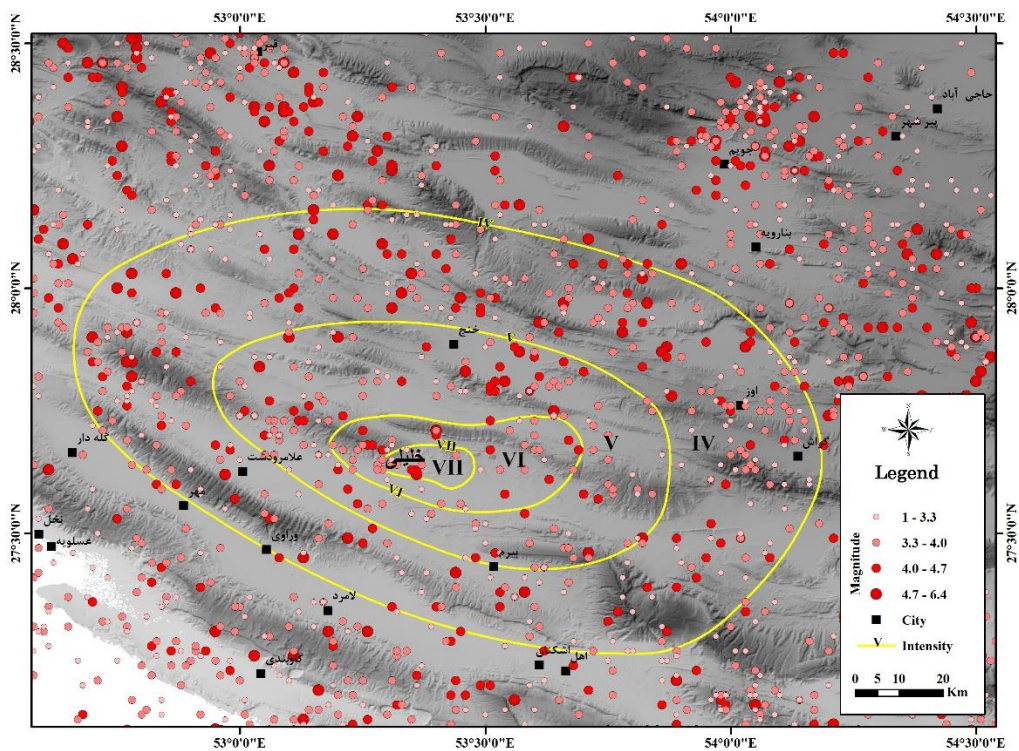




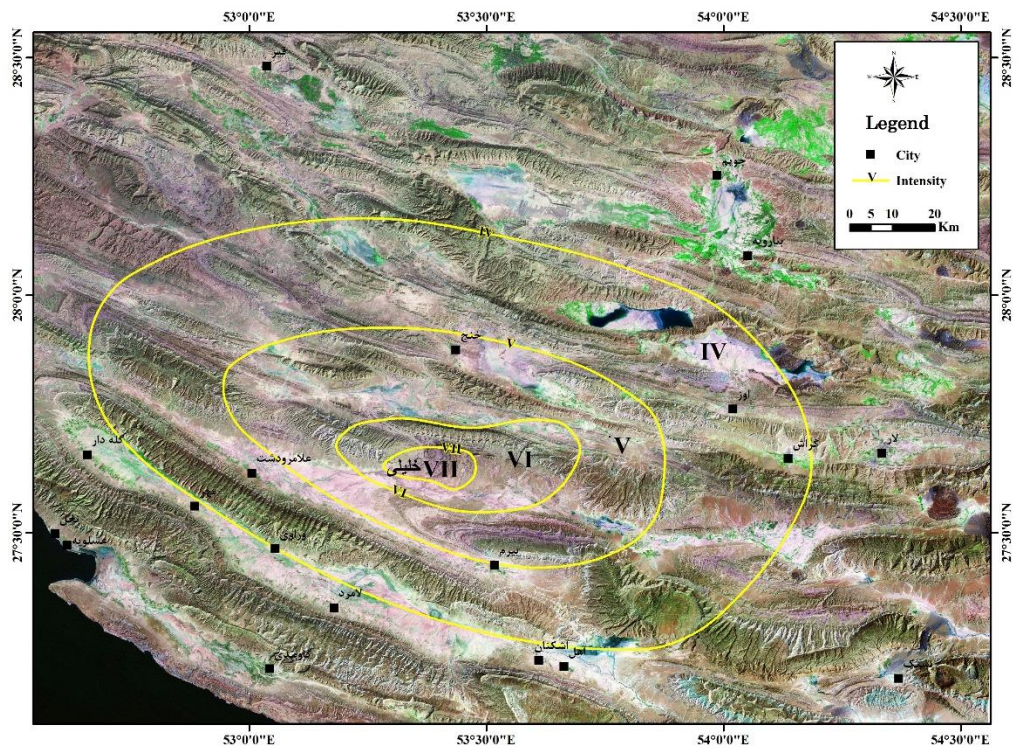
شکل ۱۶: نمونه ای از آسیب های ساختمانی در روستای خلیلی و روستاهای پیرامون





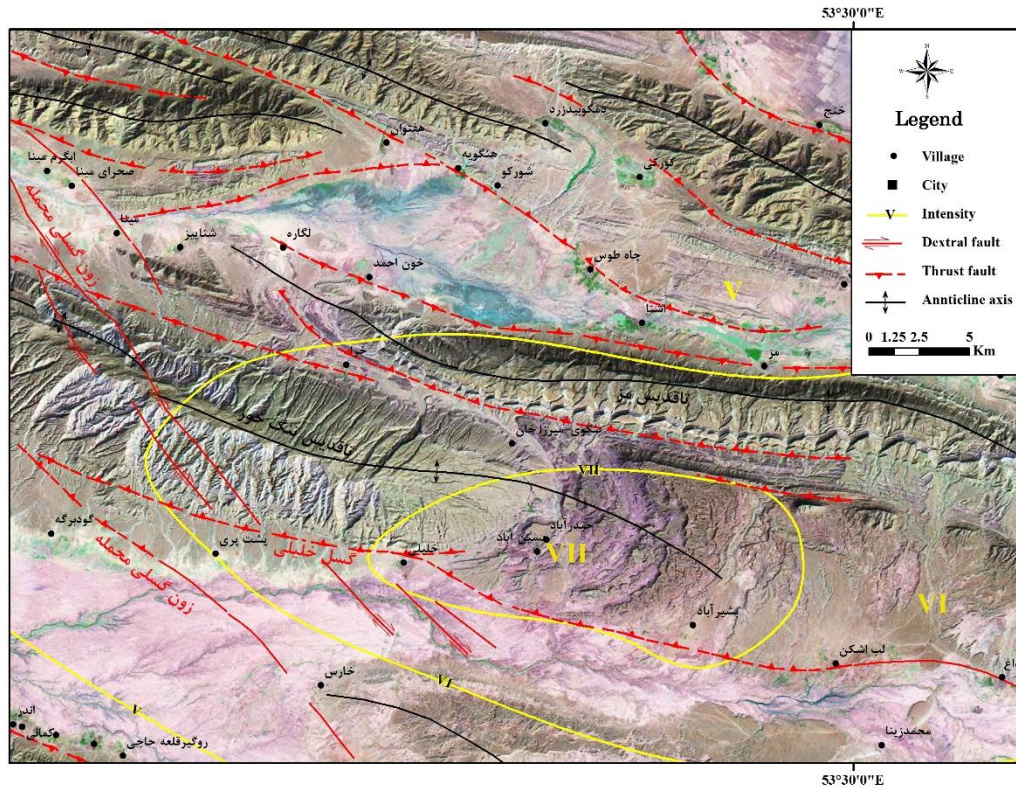


شکل ۱۷: نقشه هم شدت زلزله خلیلی و زمین لرزه های دستگاهی منطقه بر مدل ارتفاعی رقومی DEM



شکل ۱۸: نقشه هم شدت زلزله خلیلی بر تصویر ماهواره ای منطقه





شکل ۱۹: نقشه هم شدت زلزله خلیلی بر تصویر ماهواره ای همراه با پدیده های ساختاری منطقه

## گسل عامل:

بر اساس داده های برداشت شده از قبیل میزان تخریب سازه ها در مناطق مختلف، درز و شکاف های ایجاد شده و در نهایت منحنی های هم شدت بدست آمده می توان گسل فشارشی با مولفه ی راست بر دامنه جنوب باختری تاقدیس تنگ خور با نام گسیختگی خلیلی را مسبب رخداد زلزله ۲۰ خرداد ۹۹ این منطقه دانست. گسل راندگی دامنه جنوب باختری تاقدیس تنگ خور با شیب صفحه رو به شمال شمال خاور تا شمال خاور است این گسل یال جنوبی باختری تاقدیس تنگ خور را متاثر ساخته و روستاهای خلیلی و بشیرآباد در محل گذر این گسل قرار دارند. لازم به ذکر است هرچند گسل یاد شده مسبب زلزله ۵/۷ ریشتر در این منطقه است، اما بطور کلی از شمار عوامل لرزه خیزی منطقه علاوه بر گسل های راندگی همرویداد با زاگرس، فعالیت دسته گسلی بنیادی محمله در لرزه خیزی این منطقه نقش اساسی دارد.

از نکات قابل توجه در رخداد زلزله های منطقه خلیلی، صدای تولید شده از رخداد این زلزله ها است و نکته جالب آن، این است که تنها در روستای خلیلی تمام زلزله ها همراه با صدا است و حتی زلزله هایی که بزرگای



کمی دارند و لرزش آنها محسوس نیست اما صدای آن تنها در روستای خلیل به وضوح شنیده می شود و این موضوع یکی از ابهامات زلزله های این منطقه است که نیاز به تحقیقات تخصصی تر، بیشتری دارد.

#### نتیجه گیری:

با توجه به بررسی های میدانی انجام شده و شناسایی پدیده های ناهنجار رخ داده از قبیل ریزش بلوک های سنگی، ایجاد گرد و خاک وسیع، تخریب بناهای غیر مهندسی و ایجاد شکاف ها و ترک ها و ... نقشه هم شدت زمین لرزه منطقه ای خلیلی تهیه گردید. پهنه مه لرزه این زمین لرزه در پلانژ و انتهای جنوب خاوری یال جنوب باختری تاقدیس تنگ خور تعیین شده است که روستاهای خلیلی تا بشیرآباد را نیز در بردارد که بیشترین خسارت به این دو روستا وارد شده است، شدت بیشینه این زمین لرزه VII در مقیاس مرکالی برآورد گردید که رومرکز دستگاهی اعلام شده توسط مراجع IRSC و IIEES در بخش خاوری پهنه ی مکانی مه لرزه ای، قرار دارد و با منطقه مه لرزه ای انطباق دارد، همچنین با توجه به شدت برآورد شده در منطقه به نظر می رسد ژرفای کانونی زلزله نزدیک به ۱۰ کیلومتر مناسب باشد. با دور شدن از منطقه مه لرزه از شدت زلزله کاسته شده و در بخش های فداغ، لب شکن، ارد و مناطق پیرامون آنها شدت VI را نشان می دهد و همچنین شدت زلزله در روستاهای مز و آشنا نزدیک به مرز VI می باشد که میزان خسارات در حد کم تا متوسط در بناهای روستایی و فرسوده را ایجاد کرده است. لازم به ذکر است شدت زلزله در شهر های بیرم و خنج و بخش های پیرامونی آن نزدیک به V برآورد گردید چنانکه در این مناطق ساختمان های فرسوده و غیر مهندسی، خسارت هایی جزئی از قبیل ترک خوردگی در دیوار و سقف آنها ایجاد شده است.

در بازدید های میدانی انجام شده، آثار سطحی بدست آمده گویای سازوکار راندگی همراه با مولفه ی راست بر گسل مسبب این زلزله می باشد که با توجه با خطوط هم لرزه برآورد و ترسیم شده و سازوکار بدست آمده، گسل فشارشی دامنه ی جنوب باختری تاقدیس تنگ خور گسل عامل زلزله ی یاد شده می باشد (همانطور که در بخش های قبلی این گزارش تشریح شد). اما در ارتباط با جنبا و لرزخیز بودن منطقه نقش گسل مورب لغز محمله که ادامه گسل بنیادی کره بس می باشد بسیار پر رنگ است.

بنابراین بر اساس نتایج حاصل از این گزارش و گزارشی که در تیرماه سال ۱۳۹۸ پاسخ به نامه ی ستاد مدیریت بحران استان فارس تهیه شده است، چنین استنباط می شود که رخداد زلزله های متعدد و زیاد منطقه خلیلی در بازه زمانی طولانی (بیش از ۱۴ ماه) گویای زلزله های آرام و فوجی در این منطقه می باشد و بطور معمول بزرگترین زلزله های مدل فوجی نزدیک به ۵/۵ ریشتر است که می بایست رخداد زلزله ۵/۷ ریشتر ۲۰ خرداد بزرگترین زلزله ی محتمل این فوج لرزه ای باشد و از این به بعد از فراوانی و بزرگای زلزله ها در این منطقه

کم شده تا در نهایت در زمان حدودی نزدیک به یکماه آینده منطقه به آرامش برسد، اما با توجه به اینکه زلزله های فوج گونه در زاگرس بویژه در کمر بند لرزه ای استان فارس، مسبوق به سابقه است و احتمال اینکه زلزله های نزدیک به ۶ ریشتر پایان بخش فعالیت لرزه ای در یک منطقه باشد (مانند فوج لرزه ای حدفاصل سال های ۱۳۶۵ و ۱۳۶۶ شهر نورآباد ممسنی که پس از رخداد زلزله ای به بزرگای ۶/۲ ریشتر، منطقه به آرامش رسید) پس احتمال دومی برای منطقه خلیلی وجود دارد و در صورتیکه زلزله های منطقه در دو تا سه هفته آینده سیر نزولی از لحاظ بزرگا و فراوانی نداشته باشد احتمال رخداد زلزله ای با بزرگای نزدیک به ۶ ریشتر در منطقه وجود دارد.

بر اساس اطلاعات موجود، گستره مورد بررسی باتوجه به دوری بیش از ۵۰ کیلومتری مراکز زلزله های تاریخی و وجود زمین لرزه های دستگاهی کمتر از ۵/۷ ریشتر ثبت شده جهت ابنیه های مهندسی ساز مخاطره آمیز نیست و دلیل خسارت های مالی در این منطقه وجود سازه های خشتی بسیار قدیمی، گچی - سنگی قدیمی و غیر مهندسی است.

بنابراین در اولین و ضروری ترین گام همانطور که قبلا هم پیشنهاد گردیده است:

- - بناهای نامقاوم و ساختمان هایی که در ساخت آنها رعایت اصول فنی و مهندسی سازه رعایت نشده است شناسایی و تخلیه شوند، که در این راستا جهت سکونت می توان از بناهای مهندسی ساز در روستا و یا خانه های پیش ساخته همچون کانکس استفاده شود.
- - در مناطق با خطر بالای زلزله، رعایت اصول فنی و مهندسی در ساخت و ساز الزامی می باشد.
- - اطلاع رسانی و آگاه سازی مردم در ارتباط با ویژگی ها و مجموعه مخاطرات زمین شناسی تهدید کننده منطقه بویژه مناطقی که در کمر بند لرزه خیز استان فارس قرار دارند، الزامی می باشد.