

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



زمین لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ ترکمانچای آذربایجان شرقی

نشریه شماره: - گ: ۸۹۲

چاپ اول: ۱۳۹۹

عنوان و نام پدیدآور	: زمین لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ ترکمانچای آذربایجان شرقی / تهیه کنندگان علی بیت‌اللهی... [و دیگران].
مشخصات نشر	: تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۱۱۷ ص.: مصور، جدول، نقشه، نمودار: ۲۲×۲۹ سم
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: گ-۸۹۲
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۲۶۲-۹
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: تهیه کنندگان علی بیت‌اللهی، مرتضی مهدوی، مجتبی بصیری، معصومه سلیمانی، اسماعیل فرزنانگان، محمد پورمحمدشاهوار ...
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۱۷
موضوع	: زلزله آذربایجان شرقی، ۱۳۹۸
موضوع	: East-Azerbaijan Earthquake, Iran, 2019
موضوع	: زلزله -- ایران -- آذربایجان شرقی -- تجزیه و تحلیل خطرات
موضوع	: Earthquakes hazard analysis -- Iran -- Azerbaijan, East:
موضوع	: زلزله -- ایران -- ترکمانچای -- تجزیه و تحلیل خطرات
موضوع	: Earthquakes hazard analysis --Iran -- Torkamanchai :
موضوع	: زلزله -- ایران -- ترکمانچای -- خسارات و خرابی‌ها
موضوع	: Earthquakes damages -- Iran -- Torkamanchai :
موضوع	: شتابنگارها -- ایران -- ترکمانچای
موضوع	: Accelerograms -- Iran -- Torkamanchai :
موضوع	: زلزله -- ایران -- آذربایجان شرقی -- خسارات و خرابی‌ها
موضوع	: Earthquakes damages -- Iran -- Azerbaijan, East :
شناسه افزوده	: بیت‌اللهی، علی، ۱۳۴۱ -
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	: Road, Housing and Urban Development Research Center :
رده بندی کنگره	: QE۵۳۷/۲ :
رده بندی دیویی	: ۵۵۱/۲۲۰۹۵۵۳۲ :
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۱۸۷۷۴۵ :



نام کتاب: زمین لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ ترکمانچای آذربایجان شرقی

تهیه کنندگان: علی بیت‌اللهی، مرتضی مهدوی، مجتبی بصیری، معصومه سلیمانی، اسماعیل فرزنانگان، محمد پورمحمد شاهوار، مزگان میرسنجری، عطیه اسحاقی، حسین میرزایی علویجه، حسین عبدالهی تپچی

شماره نشر: گ-۸۹۲

ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۹

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قطع: رحلی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

قیمت: ۲۷۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-113-262-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۲۶۲-۹

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر برای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی محفوظ است.

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی:

دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲

تلفن: ۱۳۱۴۵-۶-۸۸۲۵۵۹۴۲

فروش الکترونیکی: [http:// pub.bhrc.ac.ir](http://pub.bhrc.ac.ir)

پست الکترونیکی: pub@bhrc.ac.ir

سخن مرکز

هفت سال پیش، در ۲۱ مرداد ماه ۱۳۹۱، جفت زمین لرزه‌هائی با بزرگی ۶.۴ و ۶.۳ منطقه اهر - ورزقان را در استان آذربایجان شرقی تحت تاثیر قرار داد. در آن زمین لرزه بیش از ۳۰۰ نفر کشته و ۵۰۰۰ نفر زخمی شدند. بیش از ۵۰۰۰ واحد مسکونی به طور کامل تخریب و بیش از ۴۰۰ روستا آسیب جدی دیدند. با گذشت هفت سال و دو ماه، در ۸۵ کیلومتری جنوب شرق محل رخداد زلزله اهر - ورزقان، زمین لرزه ای با بزرگی ۵.۹ در مورخه ۱۷-۸-۱۳۹۸ ساعت ۱۷:۰۲ بامداد بین دو شهر میانه و سراب رخ داد که نوشتار حاضر با هدف مستند کردن حادثه و تشریح برخی از موارد محوری آن تهیه و منتشر می‌شود.

شمال غرب ایران گستره ای لرزه خیز و فعال از نظر تکنونیکي است. وجود گسله کاری و فعال شمال تبریز و گسله‌های متعدد شاخه‌های شمال غربی و جنوب شرقی آن و نیز گسله‌های به موازات آن در شمال و جنوب، به خودی خود معرف اهمیت منطقه از نظر رخداد زمین لرزه‌های بزرگ است.

در چند ماهه اخیر، رخداد خرد لرزه‌های باسمنج و زمین لرزه‌های تسوج و نیز زلزله اخیر ترکمانچای با بزرگی ۵.۹ و پیش‌تر از آن زلزله‌های اهر - ورزقان، همه تاکیدي بر احتمال خطر وقوع زلزله و لرزه خیزی فعال و بالای شمال غرب کشور است. ضرورت ویژه دارد تا با حرکتی شتابان با بهسازی واحدهای مسکونی روستائی، میزان ریسک لرزه ای را در این منطقه به طور قابل ملاحظه ای پائین آورد. در منطقه تبریز، علاوه بر تعیین حریم گسل‌های کلانشهر تبریز که توسط این مرکز و با همکاری معاونت شهرسازی و معماری وزارت راه و شهرسازی انجام یافته، ضرورت راه اندازی سامانه پاسخ سریع زلزله نیز به طور جد وجود دارد. آموزش‌های عمومی، توجه به تغییر شاخص بهبود سازه ای در بافت فرسوده و اقدامات مستمر و بی وقفه در جهت ارتقاء تاب آوری کلیه مولفه‌های شهری، در پهنه به شدت لرزه خیز شهر تبریز و اطراف آن از الزامات مهم کاری در خصوص کاهش ریسک لرزه ای محدوده آذربایجان ایران می‌باشد.

این زمین لرزه توسط ۳۸ ایستگاه شتابنگاری شبکه ملی شتابنگاری با حداکثر شتاب ۴۳۱ سانتی متر بر مجذور ثانیه در ایستگاه ترکمانچای به ثبت رسیده است. در اثر این زمین لرزه ۵ نفر جان خود را از دست داد و حدود ۵۰۰ نفر مجروح شدند. با هماهنگی مدیریت بحران وزارت راه و شهرسازی و با همکاری شایان تقدیر مدیر کل محترم راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی و روسای محترم ادارات راه و شهرسازی شهرستان‌های میانه و سراب، اکیپ مطالعاتی از بخش زلزله شناسی مهندسی و خطرپذیری و شبکه شتابنگاری ملی زلزله ایران مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی پس از عزیمت به مناطق زلزله زده و جمع آوری مستندات و آمارها، گزارش حاضر را تهیه نموده است که امید می رود مورد توجه مسئولان و مدیران و کارشناسان حوزه زلزله، مدیریت بحران و سایر ذیربطان این حوزه قرار گیرد.

محمد شکرچی زاده

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت و مساعدت آقای مهندس سلطانی، مدیر کل راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی کمال قدردانی را به عمل می‌آوریم. همچنین از مهندس خاکسار، مدیر بحران راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی تشکر می‌کنیم.

از آقای دکتر محمدزاده، رئیس دفتر منطقه ای شمال غرب مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی که در هماهنگی بازدیدهای میدانی و در جمع آوری داده‌ها کمک موثری کردند، نهایت قدردانی را داریم.

از روسای ادارات راه و شهرسازی شهرستان‌های میانه و سراب، جناب آقای مهندس موسوی و جناب آقای مهندس هاشم زاده و همکاران محترمشان، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمائیم که بدون همکاری این عزیزان تدوین گزارش حاضر، مقدور نبود. وظیفه خود می‌دانیم که از جناب آقای مهندس نفیسی و همکاران محترم ایشان در مرکز تدوین مقررات ایمنی حمل و نقل، پدافند غیرعامل و مدیریت بحران وزارت راه و شهرسازی به خاطر هماهنگی خوب به عمل آمده جهت انجام ماموریت حاضر کمال تشکر خود را ابراز می‌داریم. مسلماً چنین فضائی از همکاری و همراهی، هم افزائی مجموعه تیم‌های کارشناسی را ارتقاء خواهد بخشید که امید می‌رود روز به روز بر میزان همکاری‌های صمیمانه فی‌مابین، مراکز و ادارات کل و ادارات شهرستان‌های وزارت راه و شهرسازی افزوده گردد.

۱	بخش اول: زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری
۳	فصل اول: کلیاتی از زلزله
۳	۱-۱ بیان حادثه
۴	۲-۱: رومرکز زلزله
۵	۳-۱: پس‌لرزه‌های زلزله ترکمانچای
۷	۴-۱: گسل مسبب زلزله ترکمانچای
۹	۱-۴-۱: میدان جابجائی ناشی از زلزله ۵.۹ ریشتری استان آذربایجان شرقی به روش 2-Pass
۱۱	۲-۴-۱: زمین‌شناسی گستره رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای
۱۳	۳-۴-۱: تکتونیک فعال در منطقه
۱۴	۵-۱: اهمیت بررسی الگوی فعالیت گسل‌ها
۱۵	۶-۱: بررسی‌های میدانی زمین‌شناسی سطحی
۲۳	۷-۱: مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای و روستاهای آسیب دیده
۲۴	۱-۷-۱: مراکز جمعیتی روستائی (آبادی‌ها) تحت تاثیر زلزله ۵.۹ ترکمانچای
۲۷	فصل دوم: آسیب‌ها و خسارت‌ها به زیرساخت‌ها و واحدهای مسکونی
۲۷	۱-۲: راه و ابنیه فنی
۲۸	۲-۲: آسیب و خسارت به شبکه گاز
۳۰	۳-۲: تلفات احشام
۳۱	۴-۲: گزارش بازدیدهای میدانی و خسارت‌های رخ داده در مناطق زلزله زده آذربایجان شرقی
۷۵	فصل سوم: مدیریت بحران
۷۵	۱-۳: اقدامات اولیه مدیریت بحران
۷۶	۲-۳: عملیات نجات آسیب‌دیدگان و امدادسانی

۳-۳: اسکان اضطراری و اسکان موقت.....	۸۰
۴-۳: اقدامات واحدهای تابعه وزارت راه و شهرسازی در مدیریت بحران.....	۸۱
فصل چهارم: خسارت و تلفات.....	۸۵
۴-۱: خسارات به شریان‌های حیاتی.....	۸۵
۴-۲: تلفات و مصدومین.....	۸۶
بخش دوم: شبکه شتابنگاری زلزله ایران.....	
فصل پنجم: داده‌های شتابنگاری (شبکه ملی شتابنگاری کشور).....	۹۳
۱-۵: داده‌های شتابنگاشتی از زمین‌لرزه اصلی ۱۷ آبان ماه ۱۳۹۸ ترکمانچای آذربایجان شرقی.....	۹۴
۱-۱-۵: حوزه نزدیک گسل.....	۹۹
۱-۱-۵: تعیین محل و تعیین بزرگا.....	۱۰۰
۲-۵: برآورد شدت در منطقه.....	۱۰۱
پیوست.....	۱۰۷
فصل ششم: پیشنهادات.....	۱۱۵
منابع.....	۱۱۷

بخش اول:

گزارش بخش زلزله‌شناسی مهندسی و خطرپذیری

دکتر علی بیت‌اللهی

مهندس مرتضی مهدوی

مهندس مجتبی بصیری

خانم مهندس معصومه سلیمانی

فصل اول: کلیاتی از زلزله

۱-۱ بیان حادثه

به گزارش مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، زلزله ای با بزرگی ۵.۹ در ساعت ۰۲:۱۷:۰۵ مورخ ۱۷-۸-۱۳۹۸ در محدوده بین شمال میانه و جنوب سراب واقع در ارتفاعات بزقوش در استان آذربایجان شرقی رخ داد. در گزارش اولیه مرکز لرزه نگاری نام این زمین لرزه، با عنوان زلزله ترک منتشر گردید، با تصحیح رومرکز و انتقال ۷ کیلومتری آن به سوی غرب، نقطه رومرکز به شهر ترکمانچای نزدیکتر از شهر ترک می شود و بنابراین ما در این گزارش از این رخداد با نام زلزله ترکمانچای نام می بریم.

زلزله در شهرستان های میانه، سراب و هشترود (از استان آذربایجان شرقی) و پیرانشهر (استان آذربایجان غربی)، شهرهای مشکین شهر، اردبیل و کوثر (استان اردبیل)، شهر ماه نشان (استان زنجان)، تالش (استان گیلان) مصدومیت و در حوزه شهرستان میانه تعداد ۵ نفر تلفات جانی بر جای گذاشت که در جدول ۱-۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که پس از وقوع زلزله نیز دو نفر در شهرستان سراب بر اثر گازگرفتگی در چادر اسکان اضطراری و یک نفر بر اثر ایست قلبی ناشی از شوک زلزله درگذشتند.

جدول ۱-۱ تلفات جانی و مصدومین زلزله ترکمانچای (گزارش سازمان اورژانس کشور، آبان ماه ۱۳۹۸)

ردیف	نام استان	نام شهرستان	کل مصدومین	فوتی	مصدوم مستقیم	مصدوم ناشی از ترس	بستری	ترخیصی
۱	آذربایجان شرقی	میانه	۲۳۳	۵	۶۶	۱۷۶	۱۱	۲۲۲
		سراب	۲۶۱	۰	۰	۹	۲۵۲	
		هشترود	۳۰	۰	۰	۰	۳۰	
۲	آذربایجان غربی	پیرانشهر	۰	۰	۰	۰	۰	
۳	اردبیل	مشکین شهر	۳۴	۰	۰	۳۴	۰	۳۴
		اردبیل	۲۳	۰	۰	۰	۲۳	
		کوثر	۱	۰	۰	۰	۱	
۴	زنجان	ماه نشان	۰	۰	۰	۰	۰	
۵	گیلان	تالش	۲	۰	۰	۰	۲	
	جمع		۵۸۴	۵	۶۶	۵۱۸	۲۰	۵۶۴

بر اساس گزارش سازمان اورژانس کشور، از مجموع ۵۸۴ مصدوم زلزله، ۲۰ نفر بستری و بقیه پس از مداوا ترخیص شدند. بر اساس همین گزارش ۸۹٪ مصدومیت‌ها ناشی از ترس و فرار بوده است، ۶۰٪ مصدومان را زنان و ۴۰٪ را مردان تشکیل می‌داده‌اند، بالاترین حدود سنی آسیب دیده بین ۲۱ تا ۳۰ ساله بوده که ۲۷٪ کل مصدومان را تشکیل داده است.

براساس اعلام ستاد بحران شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی، تعداد ۶۱ روستا در شهرستان میانه و ۲۵ روستا در شهرستان سراب آسیب دیده‌اند که ۲۳۹۰ واحد مسکونی در روستاهای میانه و ۷۷۹ واحد در روستاهای شهرستان سراب بر طبق ارزیابی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی به طور ۱۰۰٪ تخریبی (غیرقابل مقاوم سازی)، اعلام شده‌اند (گزارش مدیر کل راه و شهرسازی به وزیر محترم راه و شهرسازی ۲۱-۸-۱۳۹۸).

نگاهی بر آمار مذکور نشان می‌دهد که گستره زلزله زده حتی در مقابل زمین لرزه نه چندان بزرگ ۵.۹ نیز ریسک بالایی داشته است.

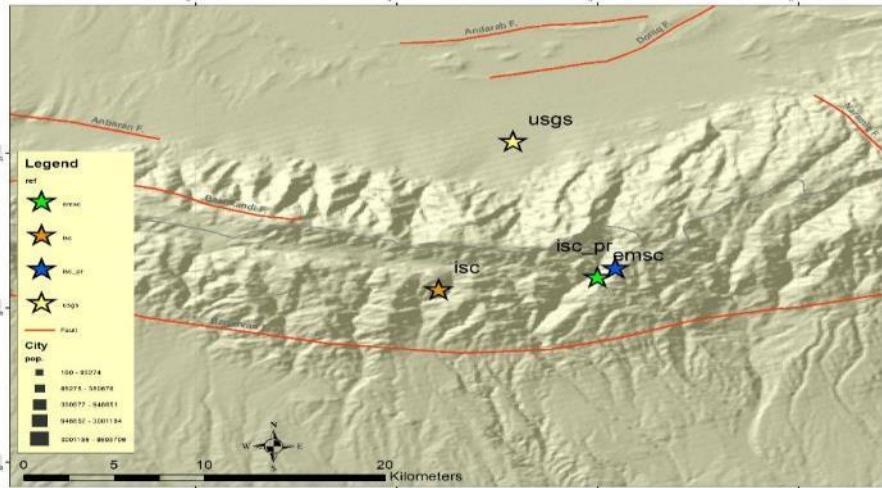
۲-۱: رومرکز زلزله

مختصات رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای بر اساس گزارش سایت‌های EMSC و USGS و ISC (مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) در جدول ۲-۱ نشان داده شده است.

جدول ۲-۱ رومرکز زلزله ترکمانچای آذربایجان شرقی

lat	long	mag	depth	ref
37.72	47.6	5.9	10	emsc
37.808	47.558	5.9	10	usgs
37.712	47.521	5.9	8.6	isc
37.726	47.609	5.9	8	isc_pr

در جدول ۲-۱ همانطور که مشاهده می‌شود، مرکز لرزه نگاری مختصات رومرکز را پس از تصحیح مجدداً گزارش کرده است که مبنای تهیه گزارش حاضر نیز مختصات اعلام شده این مرکز می‌باشد. لازم به ذکر است که عمق زلزله حدود ۱۰ و بزرگی آن ۵.۹ طبق جدول ۲-۱، مقادیر کمابیش یکسان مراجع گزارش زلزله است اما در موقعیت رومرکز بین رومرکز USGS و ISC ۱۱ کیلومتر و بین EMSC و ISC نیز ۸ کیلومتر فاصله وجود دارد. بر اساس مشاهدات خرابی زلزله، به نظر می‌رسد که رومرکز اعلام شده توسط مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، به واقعیت نزدیکتر باشد، هرچند در تعیین رومرکز و عمق زمین لرزه‌ها با توجه به موقعیت قرارگیری، تعداد ایستگاه‌های اطراف و دقت در برآورد، همواره خطای محاسباتی پذیرفته شده است. در شکل ۱-۱ رومرکزهای اعلام شده برای زلزله ترکمانچای نشان داده شده است. ارتفاع تقریبی نقطه رومرکز از سطح آب دریاهاى آزاد نیز حدود ۲۸۰۰ متر می‌باشد.



شکل ۱-۱ رومرکزهای اعلام شده برای زلزله ۵.۹ ترکمانچای آذربایجان شرقی

رومرکز اعلام شده توسط USGS شمالی تر و به سمت شهر سراب نزدیکتر می شود (۱۴ کیلومتری جنوب سراب) که با میزان خرابی‌های مشاهده شده سازگاری نشان نمی‌دهد. در شکل ۱-۲ نمایی از نقاط رومرکز اعلام شده توسط سایت‌های مختلف بر روی تصویر ماهواره ای برگرفته از گوگل ارث^۱ نشان داده شده است. مورفولوژی گستره رومرکز و پراکنش مراکز جمعیتی در این تصویر نمایان است.

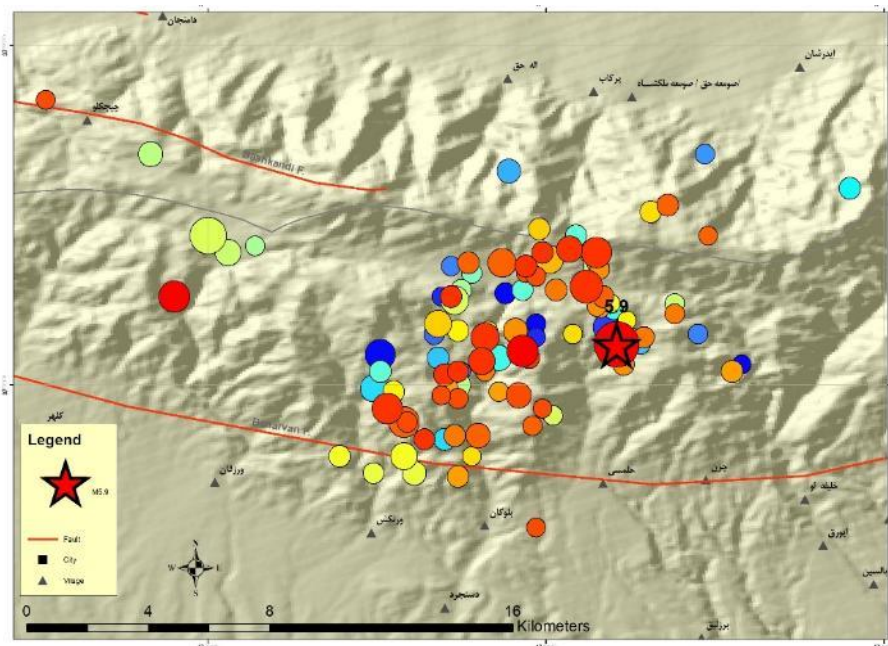


شکل ۱-۲ نمایی از موقعیت نقاط رومرکز اعلام شده توسط مراجع رسمی

۳-۱: پس لرزه‌های زلزله ترکمانچای

تا زمان ویرایش نهائی گزارش حاضر (جمعه ۲۴ آبان ماه، ساعت ۱۲ ظهر)، تعداد پس لرزه‌های زلزله ترکمانچای به ۱۳۲ پس لرزه بالای ۲.۵ رسیده است. بزرگترین پس لرزه ۴.۸ و ۷ پس لرزه با بزرگی ۴ و بالاتر از آن در منطقه رخ داده است. ۴۸ پس لرزه با بزرگی ۳ تا ۴ و مابقی کوچکتر از ۳ بوده است. در شکل ۱-۳ چگونگی توزیع پس لرزه‌ها نشان داده شده است.

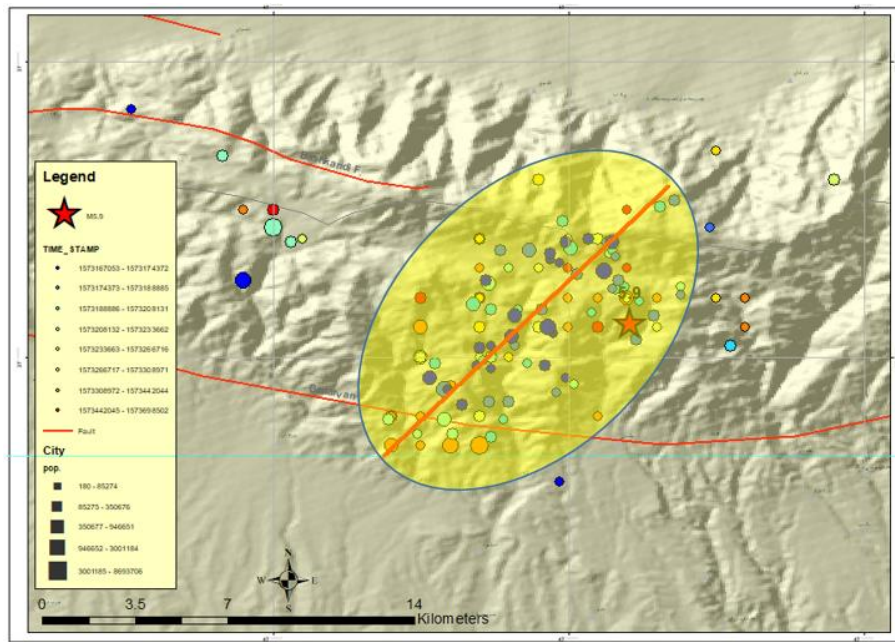
^۱ google earth



شکل ۱-۳ پس لرزه‌های زلزله ۵.۹ ترکمانچای

جانمایی پس لرزه‌ها نشان می‌دهد که عمده خوشه لرزه ای در غرب رومرکز و نقطه رخداد زلزله اصلی جای می‌گیرند. در شکل ۱-۳ پس لرزه‌ها بر اساس زمان از طیف آبی به قرمز (پس لرزه‌های جدید) رنگ بندی شده‌اند. لازم به ذکر است که زلزله‌های پراکنده‌ای که بر اساس الگوریتم گاردنر-نوپوف جزء پس لرزه‌های این زمین لرزه محسوب می‌شوند نیز به صورت مجزا در حاشیه غربی تر رومرکز مشاهده می‌شود که به نظر می‌رسد نشان دهنده چکانش گسله‌های محدود با راستای غرب به شرق است.

گسترده‌گی و کشیدگی پهنه پراکنش پس لرزه‌ها به ابعاد تقریبی ۱۳ کیلومتری در راستای شمال شرق - جنوب غرب و ۶ کیلومتر در راستای شمال غرب - جنوب شرق است. این شکل توزیع احتمالا روند و امتداد گسله مسبب را نیز می‌تواند نشان دهد. در این محدوده (محدوده عمده پراکنش پس لرزه‌ها) آبادی‌های حلمسی با ۵۸۲ نفر جمعیت (آمار ۱۳۹۵)، بلوکان با ۳۷۲ نفر، ورزقان با ۱۰۱۵ نفر، و ورنکش ۹۱۶ نفر جمعیت قرار گرفته‌اند (شکل ۱-۴) که اغلب در سوی جنوبی شکل بیضوی نشان داده شده قرار می‌گیرند.



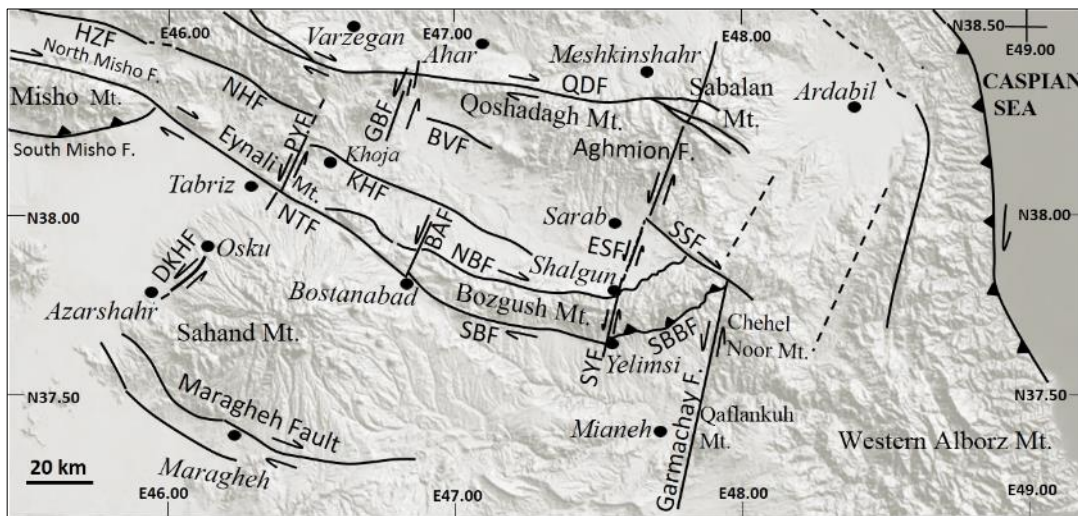
شکل ۱-۴ محدوده پس لرزه‌های زلزله ۰.۹ ترکمانچای

۱-۴: گسل مسبب زلزله ترکمانچای

اصلی‌ترین گسل‌های فعال در شمال‌غرب ایران دارای راستای کلی NW-SE بوده و دارای مکانیسم راستالغز راستگرد بوده که مهم‌ترین آن گسل شمال تبریز می‌باشد. امتداد این دسته از گسل‌ها در برخی مناطق نزدیک به W-E می‌شود که از این میان می‌توان به گسل شمال بزقوش و گسل جنوب بزقوش (گسل بناوران) اشاره نمود. گروه دیگری از گسل‌ها عمود بر گسل‌های سری قبلی بوده و راستای کلی NNE-SSW و مکانیسم راستالغز چپگرد دارند. از این دسته گسل‌ها می‌توان به گسل بستان‌آباد، گسل شرق سراب (در ادامه آن گسل شالقون-حلمسی) اشاره کرد (شکل ۱-۵).

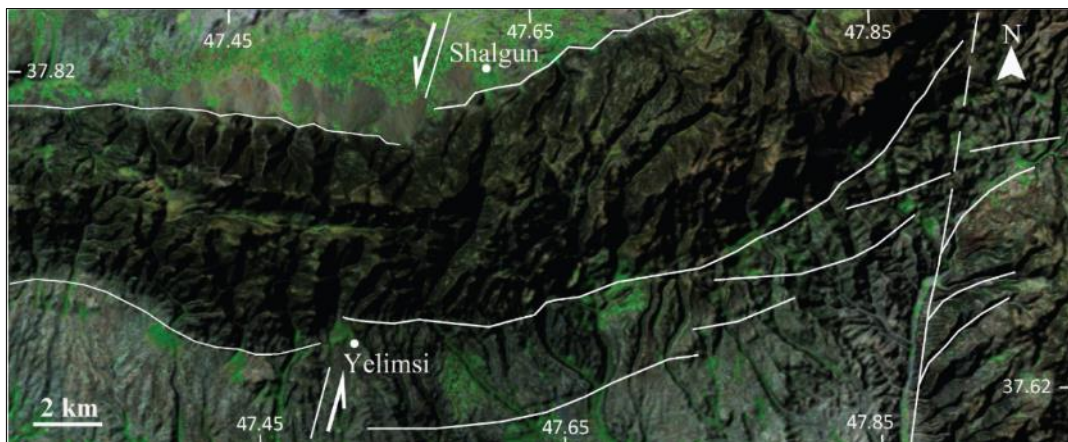
گسل شمال بزقوش، گسل جنوب بزقوش و گسل شالقون-حلمسی از جمله مهم‌ترین گسل‌های پهنه رومرکز زلزله اخیر بوده و هر کدام از آن‌ها توانایی ایجاد چنین زمین‌لرزه‌ای را دارند. رشته کوه بزقوش از شرق بستان‌آباد تا شمال شرق میانه با راستای تقریبی شرقی-غربی و طول حدود ۱۰۰ کیلومتر امتداد یافته است. پهنای این رشته کوه از ۸ کیلومتر در نزدیکی بستان‌آباد تا ۱۶ کیلومتر در بخش میانی متغیر بوده، ارتفاع بیشینه آن ۳۳۰۶ متر از سطح دریا و بلندی این رشته کوه نسبت به دشت‌های شمالی و جنوبی آن حدود ۱۶۰۰ متر است. این رشته کوه به گسل‌های شمال و جنوب بزقوش محدود می‌شود که مکانیسم اصلی آن‌ها امتدادلغز راستگرد می‌باشد. گسل جنوب بزقوش به سمت غرب به گسل شمال تبریز و به سمت شرق به گسل بناوران می‌پیوندد (شکل ۱-۵). گسل دیگری که کوهستان بزقوش را به صورت عرضی جابجا کرده گسل شالقون-حلمسی می‌باشد. این گسل دارای مکانیسم امتدادلغز چپگرد بوده و در واقع همان امتداد جنوبی امتداد گسل شرق سراب می‌باشد. همانطور

که در شکل ۱-۶ دیده می‌شود، برش چپگرد این گسل به وضوح بر روی تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های ارتفاعی رقومی قابل تشخیص است (فریدی، ۲۰۱۷).



شکل ۱-۵ نقشه گسل‌های فعال اصلی در قسمت‌هایی از شمال غرب ایران (Faridi et al., 2017).

HZF: گسل هرزندات، NHF: گسل نهند، PYF: گسل پایان، GBF: گسل گویچه بل، KHF: گسل خوجا، BVF: گسل بیلوردی، NTF: گسل شمال تبریز، QDF: گسل قوشاداغ، DKHF: گسل دهخوارگان، BAF: گسل بستان آباد، NBF: گسل شمالی بزقوش، SBF: گسل بزقوش جنوبی، ESF: گسل خاور سراب، SYF: گسل شالقون-حلمسی، SBBF: گسل بناروان (ادامه گسل جنوبی بزقوش)، SSF: گسل سندان-سیدلر.



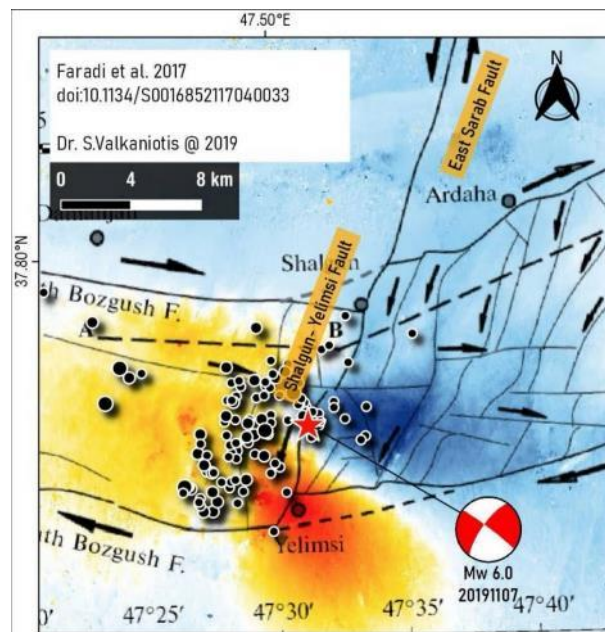
شکل ۱-۶ جابجایی چپگرد گسل شالقون-حلمسی (گسل شرق سراب).

مقدار این جابجایی حدود ۱/۳ کیلومتر اندازه‌گیری شده است (فریدی، ۲۰۱۷).

با رخداد زلزله ۵.۹ ترکمانچای و با ثبت تعدادی از پس‌لرزه‌های آن بر اساس محاسبه تنش کولمب، والکانیوتیس (۲۰۱۹) اظهار نظر کرده است که این زمین لرزه احتمال کمی دارد که گسیختگی سطحی ایجاد کند و بر اساس سازوکار امتدادلغزی که برای این زمین لرزه توسط سایت‌هایی مانند EMSC و GFZ و USGS اعلام شده است، استنتاج شده است که گسل شالگون - حلمسی احتمالاً گسل مسبب زمین لرزه است. سازوکار کانونی امتدادلغز ارائه شده برای زلزله ۵.۹ ترکمانچای، هم با حرکت راستالغز راستگرد امتداد گسل جنوب بزگوش (گسل بناواران) قابل توجیه است و هم با حرکت راستالغز چپگرد گسل شالگون - حلمسی که امتداد کمابیش



عمود بر هم را دارند (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱ بررسی داده‌های سنتینل و همچنین بررسی تغییرات تنش کولومب نشان می‌دهد که گسل چپگرد شالقون-حلمسی مسبب رویداد زلزله ۱۷ آبان ۱۳۹۸ بوده است. همین مطالعه اشاره کرده که در این رویداد، گسیختگی به سطح زمین نرسیده است (Valkaniotis, 2019). با توجه به اینکه در بررسی‌های میدانی اکیپ مطالعاتی، هم در سوی جنوبی و هم سوی شمالی ارتفاعات بزقوش، گسیختگی سطحی در اثر جابجائی راستالغز مشاهده نشد، لذا تعیین محل گسل مسبب نیز با احتمال همراه خواهد بود.

۱-۴-۱: میدان جابجائی ناشی از زلزله ۵.۹ ریشتری استان آذربایجان شرقی به روش 2-Pass

به منظور تدقیق محل رخداد زلزله و نیز آشکارسازی احتمالی گسل مسبب با روش تداخل سنجی راداری تعیین میدان جابه‌جائی انجام پذیرفت. مطالعه حاضر به منظور تعیین میدان جابجائی حاصل از زلزله با روش تداخل سنجی راداری تفاضلی^۲ و با استفاده از دو تصویر توپس^۳ قبل و بعد از رخداد زلزله انجام پذیرفته است. در این مطالعه از تصاویر سنتینل وان^۴ استفاده شده است که مشخصات آن در شکل‌های ۱-۸ و ۱-۹ آورده شده است. تصویر اول به عنوان تصویر مستر^۵ و تصویر دوم که به فاصله یک روز پس از رخداد زلزله می‌باشد به عنوان تصویر اسلیو^۶ مورد استفاده قرار گرفته است.

پس از جداسازی منطقه مورد مطالعه از جفت تصاویر بردارهای مداری هر تصویر به صورت مجزا فراخوانی گردید. در مرحله بعدی دو تصویر با یکدیگر کورجیستر^۷ شدند به طوری که تصویر با تاریخ مربوط به قبل از

² D_Insar
³ 2_Pass
⁴ Sentinel-1
⁵ Master
⁶ Slave
⁷ Coregister

زلزله مستر و تصویر با تاریخ بعد از زلزله اسلیو در نظر گرفته شد. در این مطالعه یک دامنه ثابت از انحراف برای تمامی دی برست^۸ با استفاده از همبستگی متقاطع غیر مستقیم در نظر گرفته شد. سپس تداخل نمای اولیه تشکیل یافت. در مرحله بعدی فاز توپوگرافی از فاز مرجع کسر گردید. برای حذف اثر توپوگرافی از اینترفروگرام^۹ اولیه از مدل رقومی اس آر تی ام^{۱۰} با حد تفکیک ۱۲.۵ متر استفاده گردید. دی برست‌های تصویر کورجیستر شده یکپارچه سازی شد. در نهایت فیلتر گلداشتاین به منظور افزایش کیفیت و همچنین کاهش نویز مورد استفاده قرار گرفت. ماسک فیلتر گلداشتاین با کوهرنسی ۰.۳ انجام پذیرفت.

S1A_IW_SLC__ISDV_20191028T025310_20191028T025338_029653_03608A_CEB7	
adsHeader	
missionId	S1A
productType	SLC
polarisation	VV
mode	IW
swath	IW2
startTime	2019-10-28T02:53:10.816820
stopTime	2019-10-28T02:53:38.741552
absoluteOrbitNumber	29653
missionDataTakeId	221322
imageNumber	005

شکل ۱-۸ مشخصات تصویر Master

S1A_IW_SLC__ISDV_20191109T025310_20191109T025338_029828_0366BC_3A7B	
adsHeader	
missionId	S1A
productType	SLC
polarisation	VV
mode	IW
swath	IW2
startTime	2019-11-09T02:53:10.884298
stopTime	2019-11-09T02:53:38.813141
absoluteOrbitNumber	29828
missionDataTakeId	222908
imageNumber	005

شکل ۱-۹ مشخصات تصویر Slave

در محدوده مورد مطالعه با توجه به مورفولوژی کوهستانی آن این انتظار می‌رود که در نتیجه نهائی و تشکیل فرینچ‌ها تاثیر بگذارد. اما در نهایت نتیجه به دست آمده میزان جابجائی را در سطح رو مرکز زلزله نشان داد. با توجه به اینکه هر فرینچ بیانگر جابجائی نصف مقدار طول موج می‌باشد، لذا این مقدار در حدود ۲.۸ سانتی متر می‌باشد و میزان تغییرات سطحی در این منطقه بین منفی ۲.۸ تا مثبت ۲.۸ سانتی متر قابل مشاهده است. در شکل ۱-۱۰ اینترفروگرام بدست آمده به منظور اثر زلزله در تعیین میدان جابجائی نشان داده شده است.

⁸Dburste

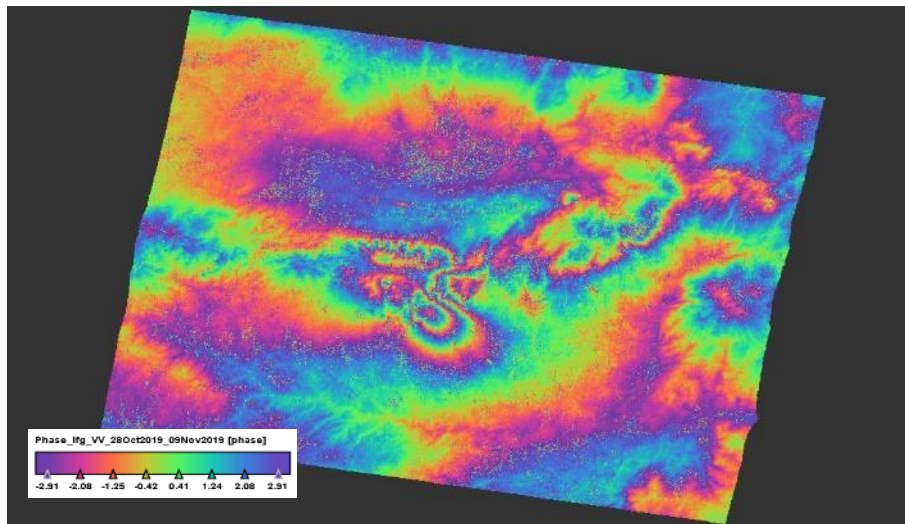
⁹interfrogam

¹⁰SRTM

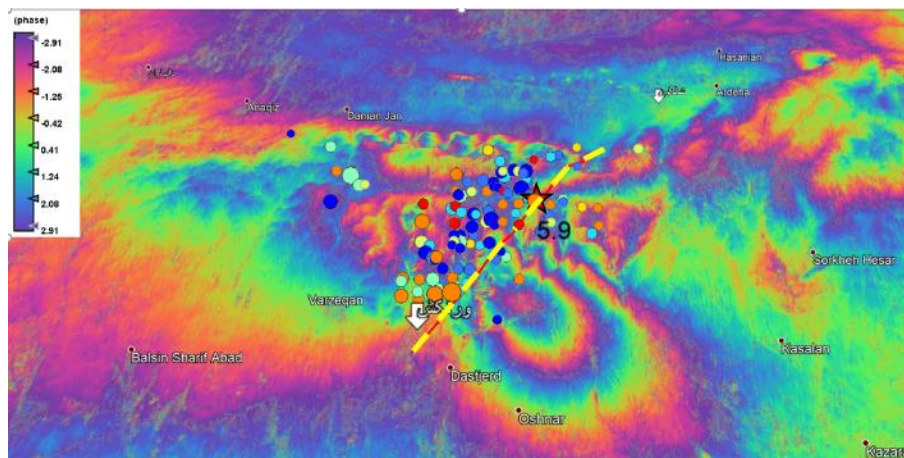


فصل اول: کلیاتی از زلزله.. ۱۱/

در مرحله بعدی اینترفروگرام بدست آمده در محیط گوگل ارث به منظور جانمایی و تدقیق گسل مسبب احتمالی آورده شد که در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است. با توجه به نقشه گسل‌های منطقه و همچنین کانون سطحی زلزله ۵.۹ و نیز با در نظر گرفتن توزیع پس‌لرزه‌ها به نظر می‌رسد گسل شالگون-حلمسی با جهت تقریبی شمال‌شرق-جنوب غرب، به عنوان گسل مسبب این زمین لرزه بوده باشد که در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱ اینترفروگرام بدست آمده به منظور نشان دادن تعیین جابجائی سطحی متاثر از زلزله ترکمانچای



شکل ۱-۱۱ اینترفروگرام بدست آمده به همراه رومرکز زلزله و همچنین امتداد تقریبی گسل مسبب احتمالی (با امتداد گسل شالگ ون حلمسی همخوانی مناسبی دارد)

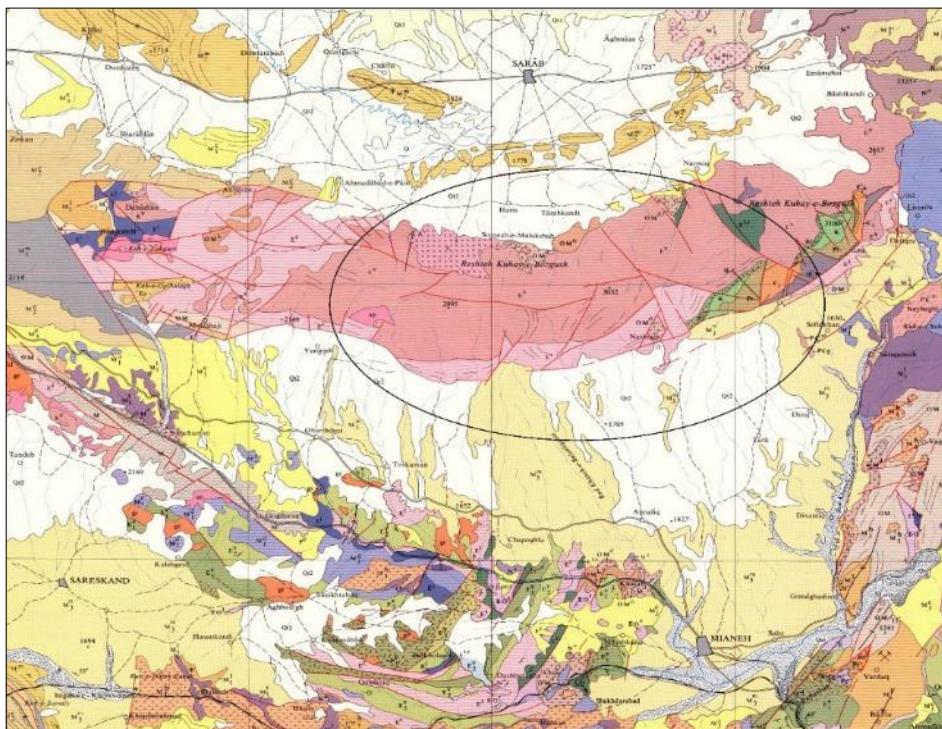
بنابر کلیه مطالب فوق الذکر، چنین گمان می‌رود که امتداد جنوبی گسل شرق سراب (گسل شالگون - حلمسی) گسل مسبب زلزله ۵.۹ ترکمانچای می‌باشد. طول گسل با روابط تجربه ولز-کوپراسمیت هم توجیه توان ایجاد زلزله ۵.۹ را داراست.

۱-۴-۲: زمین شناسی گستره رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای

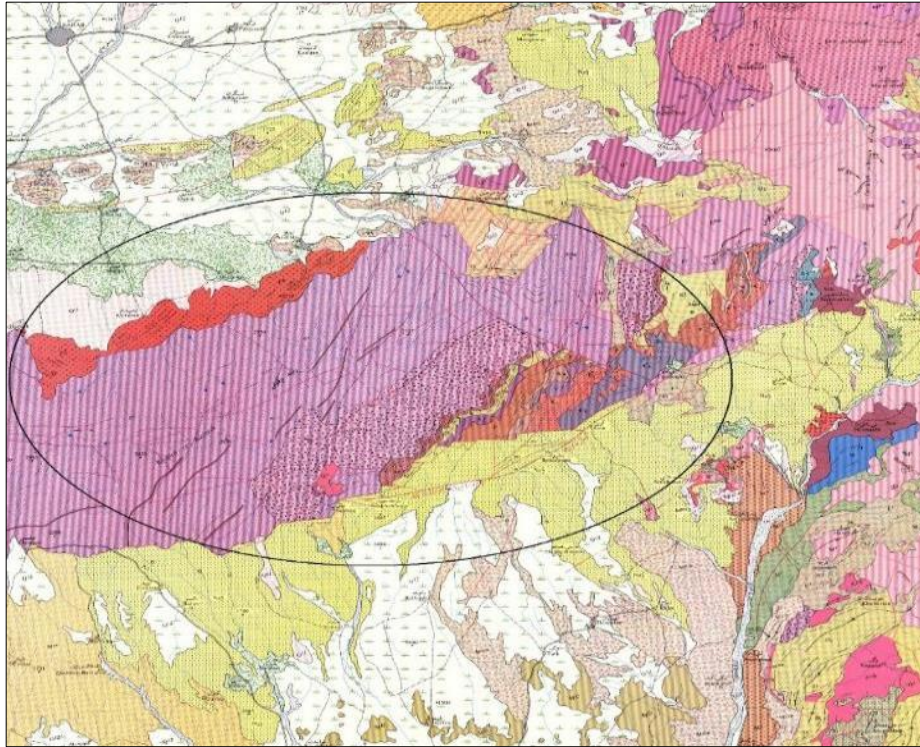
بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سراب (سازمان زمین‌شناسی کشور) نشان می‌دهد که

پهنه رومرکز زمین‌لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ و پس‌لرزه‌های آن در نهشته‌های آتشفشانی ائوسن واقع شده است. این نهشته‌ها بیشتر شامل ریولیت، آندزیت و توف بوده و ارتفاعات بزقوش را تشکیل می‌دهند. در دامنه‌های شمالی بزقوش، تودهای آذرین جدیدتر میوسن نیز دیده می‌شود.

به لحاظ تکتونیکی هرچند که در این نقشه‌ها یک سری گسل که در راستای گروه‌های اصلی گسل در این منطقه هستند ترسیم شده، ولی به طور خاص به گسل‌های اصلی اشاره‌ای نشده و تنها در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب از گسل بناوران^{۱۱} نام برده شده است. این گسل در واقع همان امتداد شرقی گسل جنوب بزقوش می‌باشد (شکل‌های ۱-۱۲ و ۱-۱۳).



شکل ۱-۱۲ گستره رومرکز زمین‌لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ ترکمانچای بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ میانه (سازمان زمین‌شناسی کشور).



شکل ۱-۱۳ گستره رومرکز زمین لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ ترکمانچای بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سراب (سازمان زمین شناسی کشور).

۱-۴-۳: تکتونیک فعال در منطقه

مناطق البرز غربی و آذربایجان تکتونیزه بوده و در برگیرنده گسل‌های اصلی فراوانی هستند که در نقاط زیادی با یکدیگر تقاطع داشته و تشکیل گره تکتونیکی داده‌اند. این وضعیت به این خاطر است که البرز غربی و آذربایجان از دو سو مورد تنش قرار می‌گیرد. یکی همگرایی بین صفحات عربی و ایران بوده و تنش دیگر در نتیجه همگرایی بین صفحات ایران و اوراسیا می‌باشد. همگرایی اخیر موجب شده تا بخش غربی پوسته خزر جنوبی به زیر کوه‌های طالش رانده شده و نیروی تکتونیکی مضاعفی را به مناطق البرز غربی و آذربایجان وارد نماید. بر اساس داده‌های ژئودتیک، نرخ همگرایی بین صفحات عربی و ایران در حدود ۱۸ میلی‌متر در سال و نرخ همگرایی بین صفحات ایران و اوراسیا ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر در سال می‌باشد (Agard et al., 2011 and Vernant, 2015 and Jackson et al., 2002). مناطق البرز غربی و آذربایجان سهم زیادی در مستهلک کردن این مقادیر حرکتی و همگرایی داشته و از آنجا که بیشتر این مناطق از سازندهای سنگی سخت و شکننده تشکیل شده است، تغییر شکل‌ها و آزاد شدن انرژی به ناچار در صفحات گسل‌ها و به شکل زمین‌لرزه صورت می‌گیرد. از جمله جدیدترین این زمین‌لرزه‌ها می‌توان به رویدادهای ۶/۴ و ۶/۳ مورخ ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ ورزقان- اهر و زلزله ۵/۹ مورخ ۱۷ آبان ۱۳۹۸ ترکمانچای اشاره نمود.

۵-۱: اهمیت بررسی الگوی فعالیت گسل‌ها

بررسی کاتالوگ زمین‌لرزه‌های تاریخی در شمال غرب ایران نشان می‌دهد که تعداد پنج زمین‌لرزه مخرب به ترتیب از شرق به غرب اتفاق افتاده است (سلیمانی آزاد و همکاران، ۱۳۸۸). ابتدا در سال ۱۵۹۳ میلادی شهر سراب در شمال رشته کوه بزقوش و سپس مناطق بستان‌آباد و تبریز در سال ۱۷۲۱ میلادی ویران شدند. حدود ۶۰ سال بعد و در سال ۱۷۸۰ شهر تبریز و پیرامون آن زلزله بزرگی را تجربه کرد. شش سال بعد در سال ۱۷۸۶ شهرهای مرند و تسوج واقع در رشته کوه میشو آسیب دیدند و همین مناطق حدود ۲۰ سال بعد و در سال ۱۸۰۷ رویداد زلزله بزرگ دیگری را تجربه کردند (شکل ۱-۱۴).



شکل ۱-۱۴ موقعیت پهنه‌های رومکز زمین‌لرزه‌های تاریخی ۱۵۳۹ تا ۱۸۰۷ در گستره تبریز و پیرامون آن (Berberian, 1997). گسل‌های جنوب در این شکل شامل گسل تسوج (۱)، گسل شمال میشو (۲)، گسل جنوب میشو (۳)، گسل صوفیان (۴)، گسل شبستر (۵)، قطعه NW گسل شمال تبریز (۶)، قطعه SE گسل شمال تبریز (۷)، گسل دوزدوزان (۸)، گسل جنوب سراب (۹)، گسل شمال بزقوش (۱۰) و گسل جنوب بزقوش (۱۱). (برگرفته از سلیمانی آزاد و همکاران، ۱۳۸۸).

رویداد این پنج زمین‌لرزه مخرب متوالی از سمت مناطق شرق (سراب) به سمت مناطق غرب (تسوج)، دو نکته بسیار مهم را نشان می‌دهد:

۱- الگوی عملکرد گسل‌ها در این منطقه به صورت خوشه‌ای^{۱۲} است. این نکته از آن جهت اهمیت دارد که این تفکر که پس از رویداد یک زمین‌لرزه بزرگ احتمال رویداد زلزله بزرگ بعدی کاهش یافته یا برطرف شده است، می‌تواند تبدیل به یک گمانه‌زنی غلط گردد.

۲- اندرکنش^{۱۳} بین قطعات گسلی در سامانه گسلی تبریز به وضوح دیده می‌شود. به عبارت دیگر فعال شدن یک قطعه می‌تواند با ایجاد مکانیسم چکانش^{۱۴} منجر به وقوع زلزله بر روی قطعه گسلی مجاور خود گردد. مشابه این الگو بر روی گسل شمال آناتولی در کشور ترکیه نیز اتفاق افتاده است (Stein et al., 1997 and Pondard et al.,)

¹² Clustering Pattern

¹³ Interaction

¹⁴ Trigger



2007). بدیهی است که احتمال وجود چنین الگوی در مورد زلزله اخیر ترکمانچای و پس لرزه‌های آن باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

۱-۶: بررسی‌های میدانی زمین‌شناسی سطحی

ذکر گردید که در این رویداد به نظر می‌رسد که گسیختگی به سطح زمین نرسیده باشد. با توجه به اینکه رومرکز زلزله در سازندهای سنگی ائوسن و منطقه‌ای کوهستانی قرار گرفته و نظر به بزرگی زلزله (زمین لرزه سترگ تلقی نمی‌شود)، عدم تشکیل گسیختگی سطحی قابل انتظار می‌باشد. در بررسی‌های میدانی که صورت گرفت در نزدیکی پل راه‌آهن در دست ساخت میانه- تبریز، آثار شکاف در سطح جاده مشاهده شد که به نظر می‌رسد ناشی از ارتعاشات زلزله و حرکت کششی در دامنه باشد (شکل ۱-۱۵).



شکل ۱-۱۵ در سطح جاده خاکی مجاور پل راه‌آهن در دست ساخت میانه- تبریز، شکاف‌های دیده می‌شود که ممکن است در اثر ارتعاشات

ناشی از زمین‌لرزه ایجاد شده باشد. موقعیت: 47.510544 , 37.546328

بازدیدهای میدانی برای مشاهده آثار گسلش سطحی و نیز بررسی میدانی زمین‌شناسی سطحی در روستاهای شمال و جنوب رشته کوه بزقوش در محدوده شهرستان‌های میانه و سراب انجام گرفت.

در گستره جنوب ارتفاعات بزقوش، از شهر میانه که به سمت شمال حرکت می‌کنیم، از محدوده روستاهای خواجه ده و چنار آثار خسارات زلزله به تدریج نمایان می‌شود. در این بخش، روستاهای بالسین، صومعه علیا و ورنکش مورد بازدید قرار گرفت. گستره این روستاها از نهشته‌های میوسن نظیر کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلت و مارن تا نهشته‌های پادگانه‌های جوان و مخروط افکنه‌های کواترنری تشکیل شده است.

نهشته‌های گستره روستای بالسین بیشتر شامل کنگلومرا تا ماسه‌سنگ بوده ولی به سمت روستای ورنکش نهشته‌ها ریزدانه‌تر می‌شود. شاید یکی از دلایل بیشتر بودن خرابی‌ها در روستای ورنکش، علاوه بر نزدیک‌تر بودن آن به پهنه گسل و رومرکز، ریزدانه‌تر بودن نهشته‌ها و بروز پدیده بزرگنمایی^{۱۵} باشد (شکل‌های ۱-۱۶ تا ۱-۱۹).



شکل ۱-۱۶ رسوبات تقریباً درشت دانه شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ در محدوده روستای بالسین. موقعیت: 37.639056, 47.596208



شکل ۱-۱۷ رسوبات تقریباً درشت دانه شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ در محدوده روستای بالسین. موقعیت: 37.639056, 47.596208



شکل ۱-۱۸ در گستره روستای ورنکش نهشته‌ها ریزدانه‌تر بوده و شاید این موضوع یکی از عوامل افزایش خرابی‌ها باشد. موقعیت:

37.657542, 47.451594



شکل ۱-۱۹ در مجاورت روستای ورنکش دره‌های گسلی دیده می‌شود که احتمالاً در ارتباط با گسل جنوب بزقوش هستند. موقعیت:

37.657596, 47.452012

در این زلزله ریزش کوه در نقاطی از جاده میانه - ترکمانچای رخ داده که به دلیل پرشیب بودن دیواره‌های سنگی مشرف به جاده، این ریزش‌ها قابل انتظار است. یک نمونه از این نقاط در شکل 1-20 نمایش داده شده است.



شکل ۱-۲۰: یکی از نقاط ریزش کوه در جاده میانه- ترکمانچای که توسط نیروهای راهداری میانه پاکسازی شده است. موقعیت:

37.513006, 47.368162

در گستره شمال رشته کوه بزقوش که در محدوده شهرستان سراب واقع شده است، روستاهای تیرشاب، دونیق، هروان و اسبفروشان مورد بازدید میدانی قرار گرفت. شرایط این روستاها با روستاهای جنوب رشته کوه بزقوش کاملاً متفاوت می‌باشد. در گستره شمال بزقوش مقدار آب زیرسطحی و کم‌عمق در زمین‌ها زیاد بوده و عملاً روستاهایی مثل تیرشاب، دونیق و هروان در مجاورت زمین‌های باتلاقی قرار گرفته‌اند. این امر باعث می‌شود تا در زمان وقوع زلزله پدیده بزرگنمایی رخ داده و خسارات افزایش یابد (شکل ۱-۲۱ تا ۱-۲۵).



شکل ۱-۲۱ زمین‌های باتلاقی و گاه باتلاق‌های نمکی در گستره شمالی رشته کوه بزقوش. روستاهایی مثل تیرشاب، دونیق و هروان در نزدیکی چنین زمین‌هایی قرار گرفته‌اند.



شکل ۲۲-۱ زمین‌های باتلاقی در گستره شمالی رشته کوه بزقوش. روستاهایی مثل تیرشاب، دونیق و هروان در نزدیکی چنین زمین‌هایی قرار گرفته‌اند.



شکل ۲۳-۱ زمین‌های باتلاقی در گستره شمالی رشته کوه بزقوش. روستاهایی مثل تیرشاب، دونیق و هروان در نزدیکی چنین زمین‌هایی قرار گرفته‌اند.



شکل ۲۴-۱ فرو رفتن چرخ‌های خودرو تیم بازدید کننده در زمین‌های باتلاقی روستای تیرشاب



شکل ۱-۲۵ زمین‌های کشاورزی و خاک نرم در محدوده روستاهای تیرشاپ تا دونیق

روستای اسفروشان نزدیک به دامنه شمالی رشته کوه بزقوش و گسل شمال بزقوش بوده و در محدوده آن می‌توان دره‌های گسلی مرتبط با گسل شمال بزقوش را مشاهده نمود. در این روستا نهشته‌های درشت دانه و قلوه سنگی و همچنین رخنمون توده‌های آذرین دیده می‌شود. وجود چشمه آبگرم در این منطقه خود نشان دهنده فعالیت‌های زمین‌شناختی در این گستره می‌باشد (شکل ۱-۲۶ تا ۱-۲۹).



شکل ۱-۲۶ دره‌های گسلی در محدوده روستای اسفروشان



شکل ۱-۲۷ دره‌های گسلی در محدوده روستای اسبفروشان



شکل ۱-۲۸ رخنمون‌های درشت دانه و قلوه سنگی در محدوده آبگرم روستای اسبفروشان



شکل ۱-۲۹ رخنمون‌های درشت دانه و قلوه سنگی در محدوده آبگرم روستای اسبفروشان

بر اساس مشاهدات میدانی زمین‌شناسی سطحی، در مناطق با تخریب بیشتر، اثر ساختگاه و خاک نرم محرز

گردیده است. این امر در مورد روستاهای سمت شهرستان سراب قابل ملاحظه تر می‌باشد. در این سمت، روستاهای واقع در اراضی با خاک نرم و مرطوب بیشتر از روستاهای نزدیک به رومرکز زلزله تخریب شده بودند. بررسی میدانی منطقه رومرکز این زلزله نشانگر وجود برخی ریزش‌های سنگی و همچنین گسیختگی‌هایی در سطح زمین می‌باشد. اثرات جابجایی در سطح دیده نشده و به همین خاطر ممکن است برخی از این گسیختگی‌ها مربوط به ساختارهای ثانویه پس از زلزله و لغزش لایه‌ها باشد (شکل‌های ۱-۳۰ تا ۱-۳۳).



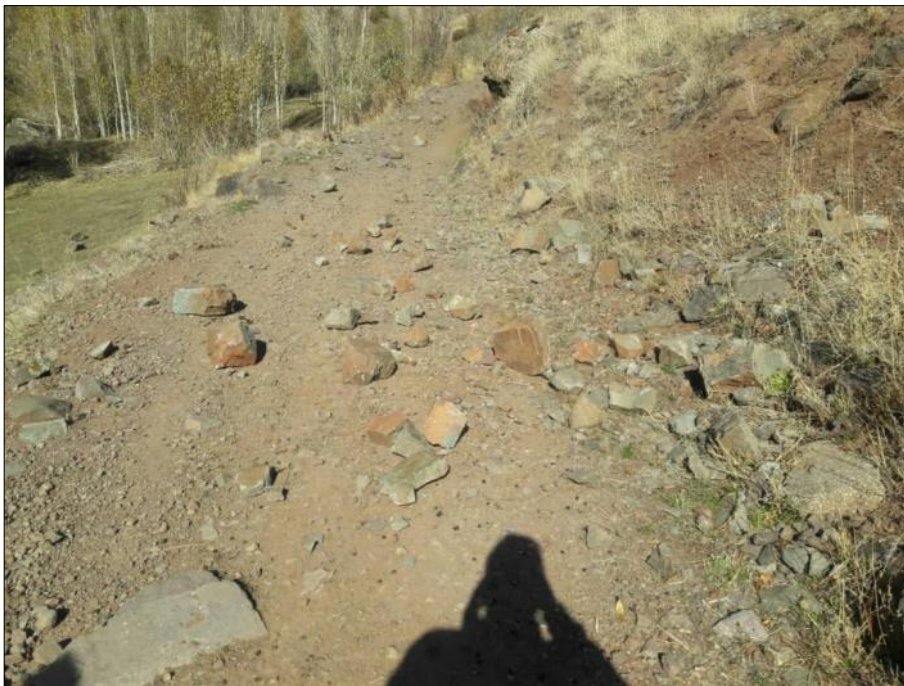
شکل ۱-۳۰ رخنمون گسلش در منطقه رومرکز زلزله



شکل ۱-۳۱ گسیختگی در سطح زمین در منطقه رومرکز زلزله



شکل ۱-۳۲ ریزش سنگ در منطقه رومرکز زلزله

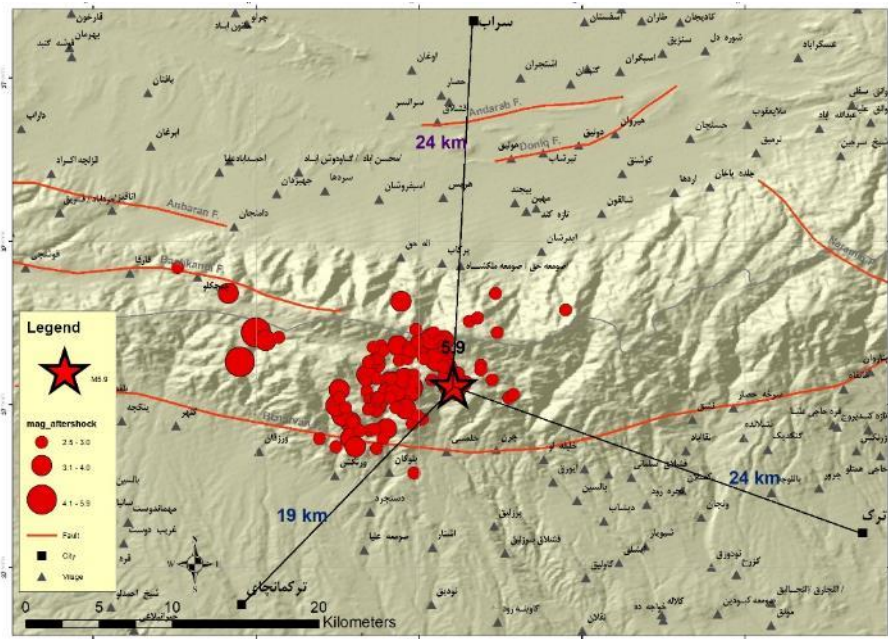


شکل ۱-۳۳ ریزش سنگ در منطقه رومرکز زلزله

۱-۷: مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای و روستاهای آسیب دیده

بر اساس اطلاعات برگرفته شده از آمار ۱۳۹۵ (مرکز آمار ایران) در اطراف رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای، سه شهر از حوزه‌های شهرستانی میانه و سراب شامل: ترکمانچای، ترک و سراب واقع شده اند. در شکل ۱-۳۴ موقعیت این سه شهر نسبت به رومرکز زلزله نشان داده شده است. شهر ترکمانچای ۱۹ کیلومتر، ترک ۲۴ کیلومتر و سراب هم ۲۴ کیلومتر از محل رومرکز زلزله ۵.۹ فاصله دارند. شتابنگار موجود در شهر ترکمانچای شتاب $0.4g$ را ثبت

کرد که بالاترین شتاب ثبت شده این زلزله در منطقه است.

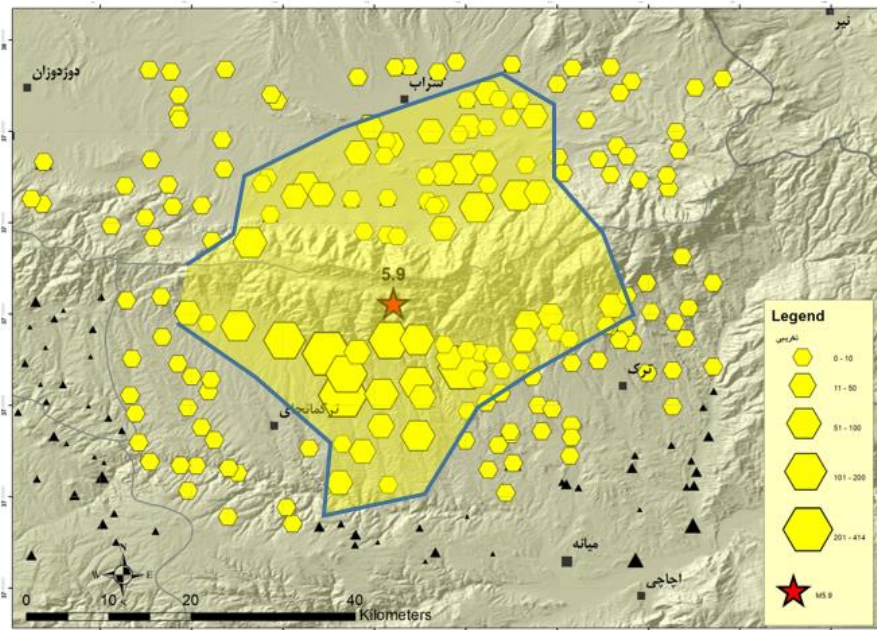


شکل ۱-۳۴ موقعیت رومرکز زلزله و سه شهر اطراف آن

استعلام از مراجع رسمی و عزیمت به شهرهای سراب، ترکمانچای نشان داد که هرچند مردم این شهرها ارتعاش‌های شدیدی را حس کرده اند اما دامنه خسارت وارده در این سه شهر نامحسوس بوده و عمدتاً مراکز روستائی آسیب دیده اند. این امر با شتاب ثبت شده در شهر ترکمانچای اندکی همخوانی ندارد که شاید توجه آن مدت دوام کم شتاب موثر زلزله در شهر ترکمانچای بوده باشد.

۱-۷-۱: مراکز جمعیتی روستائی (آبادی‌ها) تحت تاثیر زلزله ۵.۹ ترکمانچای

در شعاع ۳۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵.۹ ترکمانچای، حدود ۲۱۵ آبادی قرار دارد که جمعیتی در حدود ۷۸ هزار نفر (۲۲ هزار خانوار) را بر طبق آمار سال ۱۳۹۵، در خود جای داده اند. ۱۲۵۰۰ واحد فاقد اسکلت و بنائی و ۹۵۰۰ واحد دارای اسکلت واحدهای مسکونی این تعداد از آبادی‌ها را تشکیل می‌دهند. در زلزله ۵.۹ ترکمانچای آذربایجان شرقی، بر اساس آمار منتشر شده در حوزه شهرستان میانه حدود ۴۵ آبادی و در حوزه شهرستان سراب حدود ۳۰ آبادی دارای درصدهای متفاوتی از تخریب واحدهای مسکونی شده اند. در شهرستان میانه روستاهای صومعه‌علیا، بالسین، ورنکش، ورزقان، حلمسی، دستجرد به ترتیب بین ۱۱۳ تا ۴۱۴ واحد تخریبی (غیرقابل تعمیر) داشته‌اند که آسیب‌دیده ترین مراکز روستائی حوزه میانه را تشکیل می‌دهند. در شهرستان سراب آسیب وارده کمتر از میانه بوده و روستاهای شالقون، دونیق، چیچکلو، اردها، گاودوش آباد و هروان به ترتیب بین ۵۰ تا ۸۶ واحد مسکونی تخریبی داشته اند. در شکل ۱-۳۵ موقعیت روستاهای تخریبی و میزان تخریب هرکدام از روستاها نشان داده شده است.

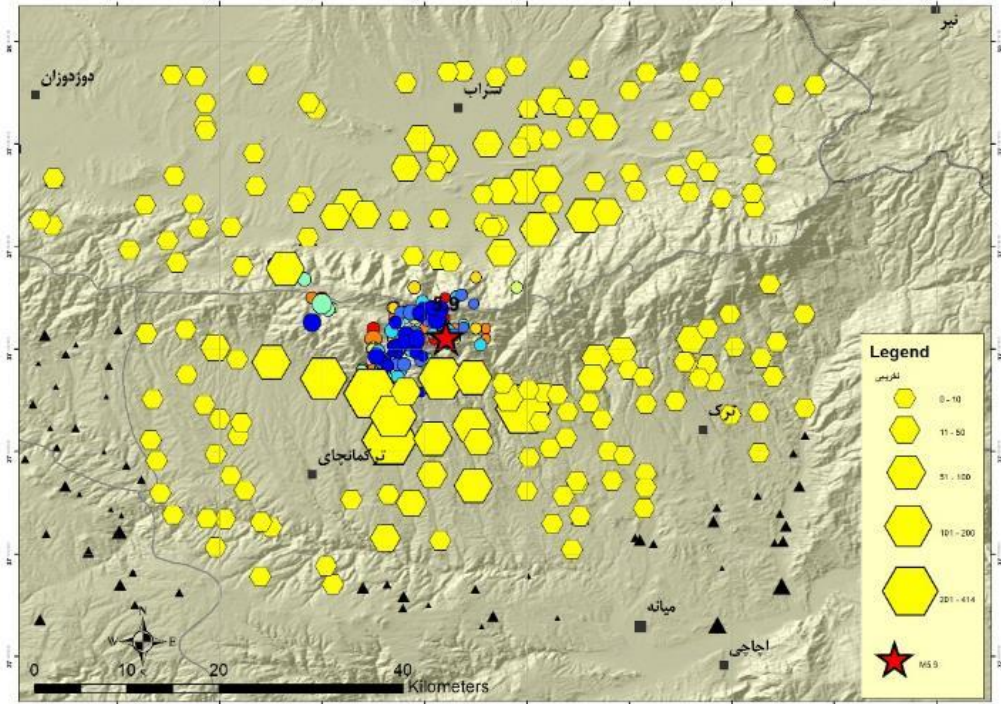


شکل ۱-۳۵ موقعیت روستاها براساس تعداد واحدهای تخریبی (موقعیت روستاهای با بیشترین تعداد تخریب در شکل تفکیک شده است) در شکل ۱-۳۶ نیز همان تعداد از آبادی‌های دارای واحدهای تخریبی همراه با پس‌لرزه‌های زلزله ۵.۹ به صورت یکجا نشان داده شده است.

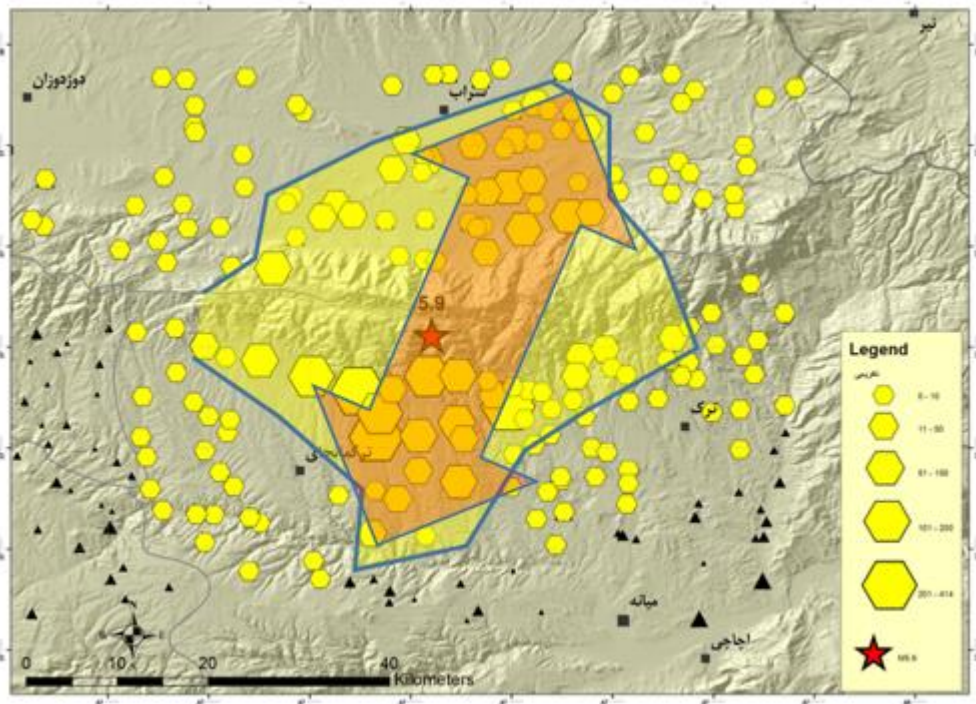
در شکل ۱-۳۶ مشاهده می‌شود که روستاهای با واحدهای بیشتر تخریب شده در سمت جنوبی منطقه و جنوب رومرکز زلزله واقع شده‌اند (روستاهای سمت حوزه شهرستان میانه بیشتر تخریبی داشته است). با دور شدن از موقعیت رومرکز زلزله، تعداد واحدهای تخریبی هم کمتر شده است. شکل‌های ۱-۳۵ و ۱-۳۶ نشان می‌دهد که موقعیت اصلاح شده رومرکز زلزله تطابق مناسبی با میزان تخریب دارد.

همچنین در شکل ۱-۳۷ جهت یافتگی تخریب‌های نسبتاً بالا به صورت شمال شرق - جنوب غرب نشان داده شده است. این جهت یافتگی مشابهت با امتداد گسل احتمالی مسبب زمین‌لرزه دارد که دارای راستائی کمابیش مشابه همین جهت است.

براساس نقشه‌های تهیه شده و دیدی کلی آسیب دیدگی پهنه رومرکزی، به دلیل مشابهت بالای نوع خرابی‌ها، تعدادی روستا در حوزه‌های میانه و سراب مورد بازدید قرارگرفت و موارد مرتبط با نوع آسیب پذیری‌ها و نقاط ضعف آنها، به طور جداگانه ذکر گردید. در بخش بعدی گزارش به ارزیابی خسارت‌ها به زیرساخت‌ها و ساختمان‌های واحدهای مسکونی پرداخته می‌شود.



شکل ۱-۳۶ موقعیت روستاها براساس تعداد واحدهای تخریبی همراه با موقعیت پس لرزه‌ها



شکل ۱-۳۷ جهت یافتگی خرابی‌ها (پیکان دوسویه) با امتداد گسل مسبب احتمالی (گسل شرق سراب، شالقون-حلمسی)

فصل دوم: آسیب‌ها و خسارت‌ها به زیرساخت‌ها و واحدهای مسکونی

۲-۱: راه و ابنیه فنی

طبق جمع بندی گزارشات، حدوداً ۱۲۰ میلیارد ریال خسارت مالی به شبکه حمل و نقل استان آذربایجان شرقی در زلزله ترکمانچای وارد شده است. ۶ دهانه پل ۲ تا ۲۰ متری و یک پل باستانی در این زمین لرزه آسیب دیدند. در مسیر میانه به بستان آباد در چندین نقطه بلافاصله ریزش سنگ رخ داده که در برخی از این نقاط موجب انسداد مسیر نیز شده است. بنا به گفته رئیس اداره راه و شهرسازی میانه، در دو ساعت اول پس از وقوع زمین لرزه، تمام مسیرها بازگشایی و واریزه‌ها از سطوح جاده برداشته شده اند.



شکل ۲-۱ پل باستانی واقع در شهرستان سراب که در اثر زلزله آسیب دیده است

۲-۲: آسیب و خسارت به شبکه گاز

در زلزله ۵.۹ ترکمانچای آذربایجان شرقی، آسیب وارده به اجزاء مختلف شبکه گاز قابل ملاحظه بود. علمک‌ها با توجه به اینکه یکی از مهمترین تاسیسات تقلیل فشار در شبکه گاز بوده و از لحاظ کمیت نیز یکی از پرتعدادترین المان‌های کاربردی شبکه توزیع گاز می‌باشند، از اهمیت ویژه‌ای در عملکرد این شبکه خواهند داشت.

این تاسیسات که بر خطوط **psi 60** گاز قرار گرفته‌اند، وظیفه تقلیل فشار جریان گاز از **psi 60** به فشار ۰.۲۵ **psi** برای مناسب‌سازی گاز جهت مصرف خانگی را انجام می‌دهند. در علمک‌ها به دلیل نوع فیزیکی آنها به عنوان المانی ایستاده و همچنین محل قرارگیری آنها که معمولاً در مجاورت دیوارها قرار گرفته‌اند و احتمال ریزش دیوارهای محوطه‌ها و حیاط منازل در زلزله‌ها بسیار بالاست، خطر بالایی از حیث وارد شدن ضربه به آنها وجود خواهد داشت. وارد شدن ضربه به قسمت‌های مختلف علمک و یا له‌شدگی جداره آن تحت بار آواری دیوارها، موجب نشت گاز با فشار **psi 60** خواهد بود که علاوه بر صدای بسیار وحشتناک، احتمال انفجار و آتش‌سوزی را به دنبال خواهد داشت.

همانطور که در اخبار اولیه پس از زلزله انتشار یافته بود، یک مورد انفجار در روستای بالسین در اثر نشت گاز گزارش شده بود، که پس از بررسی تیم ارزیاب مرکز، مشخص گردید که در این مورد هیچگونه انفجاری رخ نداده است و علمک یکی از منازل تحت اثر ضربه مصالح تخریبی دیوار جنبی دچار نشت شدید و آزاد شدن جریان گاز شده است که به دلیل صدای زیاد این خروج جریان، مردم محلی آن را به انفجار تشبیه کرده‌اند (شکل ۲-۲).

این سانحه و موارد مشابه در ساعات اولیه رخ داد که توسط امداد مسئولین گاز محلی شناسایی و رفع گردیده است. همچنین در روستاهای دیگر آسیب‌دیده در زلزله، آمار بالایی از شکست علمک‌ها تحت بار آواری ساختمان و دیوار محوطه‌ها بوده‌ایم (آمار دقیق آسیب‌ها در گزارش موجود می‌باشد).

قابل ذکر است که علمک‌های آسیب‌دیده پس از شناسایی، نشت یابی، ترمیم و یا تعویض شده‌اند. همچنین تعدادی از کنتورهای گاز در این زلزله آسیب دیده بودند که پس از شناسایی تعویض گردیدند. در شکل ۲-۳ نمونه‌ای از شکست علمک در روستای هروان قابل مشاهده می‌باشد.

با توجه به تاثیر بسیار بالای شکست علمک‌ها در افزایش احتمال مخاطرات و آسیب‌های ثانویه در زلزله، در غالب افزایش احتمال انفجار و آتش‌سوزی، لزوم بررسی طرح‌هایی جهت ارتقای ایمنی و کاهش ریسک این المان‌ها در زلزله‌ها ضروری می‌نماید. قابل ذکر است با بررسی‌های میدانی و ارزیابی آمار شرکت گاز استان آذربایجان شرقی، مشخص گردید که دیگر المان‌های مهم شبکه گاز مانند خطوط انتقال و توزیع و ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز در این زلزله آسیبی نداشته‌اند. البته با توجه به ساختار زمین‌شناسی و همچنین متناسب با شتاب زلزله، در



فصل دوم: آسیب‌ها و خسارت‌ها به زیرساخت‌ها و واحدهای.../۲۹

صورت وقوع این المان‌ها در حوزه تاثیر زلزله، احتمال آسیب‌دیدگی خطوط لوله در تقاطع مناطق گسله بسیار بالا خواهد بود.

همچنین ایستگاه‌های تقلیل فشار که برخی از آنها هنوز تحت عملیات مقاوم‌سازی قرار نگرفته اند، احتمال بالایی از آسیب‌پذیری لرزه‌ای در حوزه سازه و تاسیسات را دارا می‌باشند که باید جهت ارزیابی لرزه‌ای و اجرای سیستم‌های مقاوم‌سازی و کاهش ریسک در آنها اقدام عاجل صورت پذیرد.

به طور کلی در زلزله ۵.۹ ترکمانچای براساس آمار بدست آمده از مراجع رسمی، خسارت‌های وارده به شبکه گاز شهرستان‌های میانه و سراب به صورت زیر می‌باشد:

در شهرستان میانه، ۱۹۶ علمک، ۲۱۴ کنتور و ۲۹۰ رگلاتور و همچنین در شهرستان سراب ۱۰۴ علمک گاز آسیب دیده است. همچنین طبق گزارشات اداره گاز شهرستان‌های میانه و سراب، آسیب مشهودی در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری در این شهرستان‌ها رویت نشده است.



شکل ۲-۲ علمک تعویض شده به جای علمک آسیب دیده در روستای بالین شهرستان میانه



شکل ۲-۳ شکست علمک گاز در اثر تخریب دیوار مجاور در زلزله

۲-۳: تلفات احشام

تعداد زیاد احشام تلف شده در این زلزله، لزوم توجه به بهسازی مکان‌های نگهداری دام را در روستاها نشان می‌دهد. دام و احشام برای مردمان روستا، سرمایه اصلی و عامل کار و اشتغال آنها می‌باشد و برای این مردم، حفظ و نگهداری دام، نقش حیاتی را دارد. بر اساس آمار مراجع رسمی تا زمان تدوین این گزارش در شهرستان سراب تعداد ۳۲۵ راس دام سبک و ۵۰ دام سنگین و در شهرستان میانه نیز ۶۰۰ راس دام سبک و ۳۰۰ راس دام سنگین تلف شدند و به بیش از ۲۷۰ واحد دامی آسیب وارد آمد.



شکل ۲-۴ تلفات دامی قابل ملاحظه در زلزله ۵.۹ ترکمانچای



۲-۴: گزارش بازدیدهای میدانی و خسارت‌های رخ داده در مناطق زلزله زده آذربایجان

شرقی

با توجه به رخداد زلزله شدید در منطقه ترکمانچای آذربایجان شرقی و همچنین بروز پس‌لرزه‌های متعدد در نواحی پیرامونی، گروه فنی تخصصی بخش زلزله شناسی مهندسی و خطرپذیری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی طی هماهنگی‌های صورت گرفته با اداره کل راه و شهرسازی در شهرستان‌های میانه و سراب به عنوان اصلی‌ترین مناطق تحت تاثیر زلزله مذکور، بازدیدهای گسترده‌ای را از آسیب‌های رخ داده در روستاهای مناطق فوق‌الذکر به عمل آورده که طی این بازدیدها، علاوه بر ارزیابی وضعیت خسارت‌های رخ داده در ساختمان‌ها و زیرساخت‌های موجود در این مناطق، نوعی طبقه‌بندی بر الگوهای آسیب‌پذیری در این مناطق صورت پذیرفت. با توجه به ارزیابی‌های اولیه گروه اعزامی، روند آسیب‌های رخ داده در مناطق واقع بر روی یال‌های شمالی و جنوبی رشته کوه بزقوش در آذربایجان شرقی، دارای تعدد و تنوع بیشتری بوده که بر همین مبنا با همراهی و هماهنگی مسئولین محترم اداره کل راه و شهرسازی و سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای در این استان و شهرستان‌های مورد نظر، از روستاهای بالسین، صوعه علیا و ورنکش، در شهرستان میانه و همچنین روستاهای تیرشا، دونیق، هروان و اسب‌فروشان در شهرستان سراب که سطوح خرابی بالایی از آنها گزارش گردیده بود، بازدید تخصصی به عمل آمد.

• بازدید از روستاهای شهرستان میانه

✓ روستای بالسین

این روستا جزو بزرگترین و نوسازترین مناطق حومه شهرستان میانه بوده که جمعیت زیادی را در دل خود جای داده است. پس از رخداد زلزله ۵/۹ در ترکمانچای، گزارشی مبنی بر خرابی گسترده ساختمان‌ها و همچنین شایعه‌ای مبنی بر انفجار گاز در این منطقه انتشار یافت (که طی بازدیدها این انفجار تایید نشد).

بافت این روستا دارای الگوی قالب منازل نوساز روستایی و همچنین در بخش‌هایی نیز بافت قدیمی از منازل ساخته شده از مصالح سنتی و بنایی با قدمت زیاد می‌باشد. با توجه به بازدیدهای صورت گرفته بیشترین آسیب‌های رخ داده در این روستا مربوط به منازل قدیمی مصالح بنایی ساخته شده از خشت، گل، سنگ و چوب که به دلیل فراوانی و ارزانی مصالح و عدم نیاز به تکنیک خاص برای ساخت در این مناطق از گذشته بسیار رواج داشته‌اند، می‌باشد. تخریب‌های رخ داده در ساختمان‌های بنایی این منطقه گاه‌گاه تا تخریب کامل بنا نیز توسعه یافته بودند. البته در ساختمان‌های جدیدساز این روستا نیز مواردی از آسیب دیدگی جزئی شناسایی گردید که بدان اشاره خواهد شد.

عوامل تاثیرگذار بر بروز خسارات در ساختمان‌های قدیمی با مصالح بنایی در این منطقه را می‌توان عدم استفاده از مصالح با کیفیت (استفاده از مصالح بدون مقاومت و ترد)، عدم چیدمان صحیح مصالح، عدم وجود کلاف‌بندی در

ساختمان، عدم اتصال مناسب دیوارها به کلاف بندی افقی و قائم، عدم اتصال مناسب دیوارها متعامد به هم و به سقفها، استفاده از سقفهای بدون مقاومت و غیرصلب، سنگین سازی سقفها، استفاده از تیرهای چوبی بدون مقاومت در سقفها، استفاده از مصالح سنگین و غیرهمگن در دیوارها (سنگین شدن سازه در اثر وجود دیوارهای باربر سنگین) و وجود بازشوهای متعدد بدون رعایت ضوابط و هندسه مناسب در دیوارها اعلام نمود. در شکل های بعد نمونه های شاخصی از آسیب های به وجود آمده ناشی از عوامل فوق قابل مشاهده می باشد. همانطور که از شکل ها قابل مشاهده است، عدم مقاومت برشی و کششی در دیوارهای ساخته شده از مصالح آجری و بلوکی و همچنین عدم استفاده از ملات با کیفیت در این دیوارها، موجب بروز ترک های قطری برشی در اغلب دیوارهای ساختمان های با مصالح بنایی گردیده و همچنین موجب بروز جدایی (گسیختگی) پلکانی ردیفها و همچنین گسیختگی موضعی در این دیوارها گردیده است. در شکل ۲-۶ نمونه ای از این گسیختگی قابل مشاهده می باشد.



شکل ۲-۵ بروز ترک برشی در دیوار ساختمان مصالح بنایی



شکل ۲-۶ بروز گسیختگی پلکانی در دیوار ساختمان مصالح بنایی

همچنین به دلیل عدم اتصال مناسب دیوارهای متعامد در این سازه‌ها، در برخی از موارد شاهد بروز گسیختگی و تخریب در گوشه در محل اتصال دو دیوار بوده‌ایم که این‌گونه تخریب‌ها به شکل بروز خط جدایی قائم (در محل ملات ضعیف) و انحراف خارج صفحه ای یکی از دیوارها و بروز تخریب پیرامون خط جدایش بوده است. در شکل ۲-۷ نمونه‌ای از این تخریب قابل مشاهده می‌باشد.

قابل ذکر است که در برخی از خانه‌های این روستا، دیوارهای موازی با تیرریزی سقف که به دلیل عدم نشست تیرها (عدم نگهداشت دیوار توسط المان‌های سقف) و عدم تاثیر بار ثقلی سقف روی آنها ایستایی کمی در حالت زلزله دارند، دچار واژگونی و خروج از صفحه و به دنبال آن تخریب کلی شده اند. عدم مهار مناسب این دیوارها در سقف چوبی نیز دلیل دیگر این موضوع است. در شکل ۲-۸ نمونه‌هایی از این نوع تخریب قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۷ بروز گسیختگی بین دیوارهای متعامد



شکل ۲-۸ واژگونی و تخریب کامل دیوار در اثر عدم وجود اتصال کافی



فصل دوم: آسیب‌ها و خسارت‌ها به زیرساخت‌ها و واحدهای.../۳۵

همانطور که از اشکال فوق مشخص است، تخریب و واژگونی دیوار امکان آسیب‌رساندن به تیر برق را داشته است. قابل ذکر است که تعداد زیادی از دیوارهای حیاط منازل و یا دیوار پیرامونی املاک به علت طول زیاد و آزاد بودن سر دیوار، عدم استفاده از کلاف افقی به شکل مناسب و عدم وجود درز انقطاع، دچار حرکت بیرون صفحه‌ای و ریزش یکپارچه یا موضعی گردیده بودند. در برخی از این دیوارها، بروز جدایی و آسیب در خط ملات بین ردیف‌های ساخته شده از مصالح مختلف (مانند آجر و بلوک) در اثر حرکت جانبی دیوار موجب خردشدگی ملات واسط و واژگونی بخش فوقانی گردیده بود. در شکل ۱۰-۲ و ۱۱-۲ نمونه‌هایی از این تخریب قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۹-۲ واژگونی و تخریب کامل دیوارهای موازی تیرریزی در اثر عدم وجود اتصال کافی با سقف و عدم وجود بار ثقلی سقف



شکل ۱۰-۲ آسیب‌دیدگی و تخریب دیوار حیاط منازل



شکل ۱۱-۲ ریزش دیوار حیاط منازل در اثر حرکت جانبی و عدم وجود عناصر نگهدارنده جانبی

در چند مورد از ساختمان‌های قدیمی روستای بالسین، یکی از موده‌های معروف خرابی در ساختمان‌های خشتی و گلی که مربوط به خرابی گوشه می‌باشد و به دلیل رفتار غیرهمسان دو دیوار متعامد در زمان زلزله، تردی مصالح دیوار و عدم اتصال مناسب در محل تعامد دو دیوار بروز میکند، رخ داده بود. در این موارد محل اتصال دو دیوار خشتی به دلیل تمرکز تنش و عدم انسجام مصالح، دچار تخریب گردیده اند. در شکل ۱۲-۲ نمونه ای از این نوع آسیب قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۱۲-۲ بروز تخریب گوشه در ساختمان‌های خشتی و سنگی



ادامه شکل ۲-۱۲ بروز تخریب گوشه در ساختمان‌های خشتی و سنگی

در چند مورد، ساختمان قدیمی خشتی به دلیل سنگین بودن بیش از حد سقف در اثر انباشت سالیانه کاهگل روی سقف جهت تعمیر و آب بند کردن، فاصله زیاد بین تیرک‌های چوبی زیر سقف و عدم اتصال کافی دیوارها به سقف، شاهد سقوط سقف و تخریب بنا بوده ایم. در شکل ۲-۱۳ این نمونه قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۱۳ بروز تخریب (سقوط سقف) در اثر سنگینی سقف و فاصله زیاد تیرهای چوبی

در ساختمان‌های مصالح بنایی دارای کلاف‌بندی در روستای بالسین رفتار لرزه‌ای مناسبی مشاهده گردید (با وجود اینکه نحوه اجرا و مصالح کلاف‌ها مناسب نبودند و یا موارد تضعیف کننده ای چون عبور تاسیسات و لوله‌ها داخل کلاف‌ها مشاهده گردید) و سطوح آسیب‌پذیری‌ها بسیار محدود بودند. به طوریکه تنها ترک‌های برشی در

کنار بازشوها و یا بروز گسیختگی در جداره پنجره‌ها در این ساختمان‌ها رویت گردید.



شکل ۲-۱۴ رفتار لرزه ای خوب و آسیب اندک ساختمان‌های کلاف دار در روستای بالسین

همچنین ساختمان‌های جدیدساز دارای اسکلت، که غالباً با سیستم اسکلت بتنی (قاب خمشی) ساخته شده بودند، از حیث سازه‌ای (اسکلت) آسیب مشهودی ندیده بودند. فقط در برخی از این ساختمان‌ها که ضوابط مربوط به اتصال دیوارها به اسکلت و روش‌هایی مانند استفاده از وادار، وال پست و نبشی‌کشی ساده رعایت نشده بود، شاهد بروز آسیب‌های جدی به دیوارهای پیرامونی، انحراف و ریزش آنها بوده‌ایم. در شکل ۲-۱۵ نمونه‌ای از این آسیب قابل مشاهده می‌باشد. همچنین در برخی از منازل درارای اسکلت، شاهد بیرون‌زدگی دیوار از قاب پیرامونی در اثر نیروی خارج صفحه‌ای زلزله بر آنها و عدم وجود اتصالات کافی نگهدارنده دیوار بوده ایم.



شکل ۲-۱۵ ریزش مصالح دیوار ساختمان اسکلت بتنی در روستای بالسین



شکل ۲-۱۶ ریزش دیوارها در برخی از ساختمان‌های دارای اسکلت روستای بالسن

ذکر این نکته ضروری است که در اغلب ساختمان‌هایی که نکات به مراتب ساده اتصال دیوار به اسکلت در آنها رعایت شده بود، از رخداد ریزش دیوارها جلوگیری شده و شاهد هیچگونه سقوط مصالح مشهودی نبوده‌ایم. در شکل ۲-۱۷ نمونه‌هایی از این موضوع قابل مشاهده می‌باشد. (قابل ذکر است در بیشتر وادارهای اجرا شده در این ساختمان‌ها، ضوابط فنی لازم رعایت نشده بود و غالباً از روش جوش کردن وادارها به آرماتورهای سازه استفاده نموده بودند که روش بسیار غلطی است)



شکل ۲-۱۷ عدم ریزش مصالح دیوار در اثر استفاده از اتصالات و المان‌های نگهدارنده

در چند مورد دیگر آسیب مشاهده شده در ساختمان‌های دارای اسکلت، باید به بروز ترک‌های برشی قطری درون صفحه‌ای در دیوار چند ساختمان در اثر نبود المان نگهدارنده در کنج (به علت پیشامدگی دیوار بیرونی نسبت به ردیف ستون و اجرای دیوار خارج از قاب) و بروز گسیختگی پلکانی در دیوار در مجاورت بازشو و تضعیف شدید دیوار اشاره نمود که موجب ناپایداری مصالح در دیوار گردیده بودند. قابل ذکر است عدم توجه به نکات

آیین‌نامه‌ای در زمینه ابعاد بازشوها و نحوه غلط اجرای نعل درگاه نیز در بروز خسارت‌ها تاثیرگذار بودند. در شکل ۱۹-۲ این رخداد قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۱۸-۲ بروز تخریب و تضعیف شدید دیوار پیرامونی



شکل ۱۹-۲ بروز تخریب و تضعیف شدید دیوار پیرامونی



شکل ۲-۲۰ بروز تخریب در گوشه و محل تقاطع دیوارهای متعامد در محل اجرای دیوار خارج از قاب

همچنین در یک مورد، به دلیل احداث سازه سبک فلزی به روش نادرست در طبقه فوقانی اسکلت بتنی و عدم رعایت ضوابط اتصال و همچنین عدم وجود نظارت در اجرا، شاهد بروز ترک و همچنین ریزش مصالح در طبقه فوقانی به دلیل تغییر مکان زیاد طبقه و همچنین ریزش مصالح دیوار به دلیل عدم اتصال مناسب به اسکلت

طبقه بوده ایم (شکل ۲-۲۱)



شکل ۲-۲۱ بروز ترک و ریزش مصالح دیوار در طبقه فوقانی ساختمان



ادامه شکل ۲-۲۱ بروز ترک و ریزش مصالح دیوار در طبقه فوقانی ساختمان

در مابقی ساختمان‌های دارای اسکلت روستا، آسیب جدی در اسکلت مشاهده نگردید، تنها در برخی از ساختمان‌ها (که هیچگونه نظارتی در اجرای آنها وجود نداشته است) شاهد بروز ترک در سطوح گچکاری، بروز ترک برشی در کنار پنجره‌ها، وجود خط گسیختگی قائم در محل تقاطع دیوارها (بیرون زدگی دیوار) و محل اتصال دیوارها به اسکلت در اثر جابجایی خارج صفحه برخی دیوارها و همچنین ریزش سطحی مصالح اندود سقف بوده ایم. در شکل ۲-۲۲ نمونه‌هایی از این آسیب‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۲-۲۲ آسیب‌های اندک در ساختمان‌های دارای اسکلت در منطقه بالسین



شکل ۲-۲۳ آسیب‌های اندک در ساختمان‌های دارای اسکلت در منطقه بالسین

همچنین قابل ذکر است که در پس از رخداد زلزله، خبر انفجار گاز در روستای بالسین منتشر گردید که پس از بررسی‌های میدانی صحت این خبر تکذیب شده و مشخص گردید این مورد مربوط به شکست یه مورد علمک گاز در اثر ریزش دیوار مجاور و خروج گاز از خط ۶۰ PSI با صدای زیاد بوده است. این علمک بعداً توسط مسئولین فنی شرکت گاز تعمیر گردیده است. در شکل ۲-۲۴ این علمک قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۲۴ علمک آسیب دیده در منطقه بالسین بر اثر ریزش دیوار مجاور

✓ بازدید از روستای ورنکش

این روستا در ارتفاعات یال جنوبی رشته کوه بزقوش واقع شده و طبق آمار، بیشترین سطح آسیب و تلفات در زلزله ۵/۹ ترکمانچای، مربوط به این روستا بوده است. تیم تخصصی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی،

بازدید جامعی از تخریب‌ها و صدمات رخ داده در این روستا انجام داده و موارد شناسایی شده مورد ارزیابی و طبقه بندی دقیق قرار گرفتند.

روستای ورنکش نیز همچون روستاهای مجاور دارای تعدد ساختمان‌های بنایی و ضعیف بوده که همین امر میزان آسیب‌پذیری بالایی را برای این روستا رقم زده است. بیشتر تخریب‌های رخ داده در این روستا برای همین ساختمان‌های خشتی و گلی بوده و دیگر سازه‌ها دچار آسیب پذیری‌های متنوعی گردیده اند که به تفصیل بدان اشاره خواهد گردید.

یکی از پر تعدادترین آسیب‌های رخ داده در روستای ورنکش، مربوط به واژگونی و یا تخریب موضعی دیوارهای محوطه‌ها و منازل بوده است. در این حالت به دلیل طول زیاد این دیوارها و عدم اجرای پشت بند و درز انقطاع به شکل مناسب، عدم حمایت دیوارهای متعامد (به دلیل طول زیاد دیوار)، عدم اتصال مناسب بین دیوارهای متعامد پیرامونی، همچنین به دلیل استفاده از مصالح و ملات به شکل نامناسب، شاهد ریزش بخش زیادی از دیوارهای این چنین تحت اثر ارتعاش زلزله و رفتار خروج از صفحه دیوار (عدم مقاومت خمشی) و بروز خط جدایی خمشی در آنها که موجب ریزش گردیده است در محدوده روستا بوده‌ایم. در شکل ۲-۲۵ نمونه‌هایی از این آسیب قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۲۵ واژگونی و ریزش مصالح دیوار در روستای ورنکش

قابل ذکر است که ریزش این دیوارها، علاوه بر آسیب به خود دیوار و احتمال خطرات فردی برای افراد، در برخی موارد موجب بروز خطر برای تاسیسات جانبی مانند علمک‌ها، تیرهای برق، خودروها و دیگر تجهیزات خواهد بود. در روستای ورنکش چندین مورد از این حالت شناسایی گردید که در آنها تخریب و واژگونی دیوار



موجب ضربه زدن به تیرهای برق و مخابرات گردیده بود (شکل ۲-۲۶).



شکل ۲-۲۶ تخریب و واژگونی دیوار (ضربه زدن به تیرهای برق و مخابرات)



شکل ۲-۲۷ واژگونی چندین دیوار در روستای ورنکش (ضربه زدن به تاسیسات مجاور دیوار)

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته در سطح روستای ورنکش، تعداد زیادی از منازل مسکونی سازه بنایی خشتی و سنگی دچار تخریب جدی شده بودند و در بسیاری از موارد شاهد تخریب کامل این ساختمان‌ها به دلیل شتاب تاثیرگذار زلزله برای این تپ از سازه و عدم انسجام و مقاومت لرزه‌ای در آنها بودیم. همچنین این نوع ساختمان‌ها که وزن زیادی به دلیل نوع دیوارهای باربر و سقف دارند (اکثراً سقف آنها هر سال به دلیل تعمیرات سنگین‌تر می‌شود) و در آنها دیوارها هم نقش تحمل بار ثقیلی سقف سنگین سازه‌ای را بر عهده دارند و هم باید در مقابل بار جانبی ایفای نقش کنند، دارای احتمال و درصد تخریب بسیار بالایی می‌باشند. طبق آمار، تعداد ۳۰ منزل مسکونی از همین نوع در روستای ورنکش به طور کامل تخریب شده‌اند. در شکل ۲-۲۸ و ۲-۲۹

نمونه‌هایی از این تخریب‌ها قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۲۸ تخریب کامل ۳۰ سازه بنایی ضعیف در ورنکش



شکل ۲-۲۹ تخریب کامل سازه بنایی ضعیف (خشتی و سنگی) در ورنکش

یکی دیگر از آسیب‌های رخ داده در کل سطح روستا، مربوط به بروز پدیده گسیختگی بین دیوارهای متعامد خشتی و گلی به دلیل نبود اتصال کافی بین این دیوارها و آسیب‌پذیری بالای آنها از حیث لرزه‌ای بود که موارد متعددی از آن در ورنکش شناسایی گردید. (شکل ۲-۳۰).



شکل ۲-۳۰ بروز گسیختگی بین دیوارهای متعامد در اثر حرکت جانبی دیوار و عدم اتصال کافی



شکل ۲-۳۱ بروز تخریب بین دیوارهای متعامد در اثر حرکت جانبی دیوار و عدم اتصال کافی (ضربه زدن به ساختمان مجاور)

در این نوع آسیب‌پذیری در ساختمان‌های قدیمی، به دلیل عدم اتصال کافی دیوارها و مقاومت خمشی پایین دیوار، به هنگام مواجهه با نیروی جانبی، یکی از دیوارها به سمت خارج صفحه متمایل شده که اثر آن، به دلیل رفتار غیرهمسان دو دیوار، آسیب به شکل تخریب در کنج و در محل تقاطع دیوارهای متعامد به شکل بروز خط جدایش و انحراف یک دیوار به سمت خارج صفحه بروز پیدا کرده است. چندین مورد از این آسیب در روستای ورنکش مشاهده گردید.



شکل ۲-۳۲ تخریب گوشه در محل تقاطع دیوارها در سازه بنایی قدیمی

در ساختمان‌های بنایی خشتی و گلی که آسیب کمتری به دلیل وجود کلاف‌های چوبی داشته اند، موارد متعددی از بروز ترک‌های برشی قطری در دیوارها شاهد بوده‌ایم که به دلیل وجود مصالح و ملات بسیار ضعیف و وجود دیوارهای ترد واقع شده‌اند. در شکل ۲-۳۳ نمونه‌هایی از این موارد قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۳۳ شکست برشی در دیوار سازه مصالح بنایی و ناپایداری کل ساختمان

این نوع از ترک‌ها در ساختمان‌های بنایی آجری و سنگی نیز به شکل گسیختگی‌های پلکانی و قطری در محل ملات ضعیف بسیار مشهود بوده که در بسیاری از موارد موجب ناپایداری موضعی و یا کلی سازه گردیده بود. در شکل ۲-۳۴ نمونه‌هایی از این موارد قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۳۴ شکست برشی در دیوار سازه‌ای مصالح بنایی و تخریب سازه برابر ساختمان



شکل ۲-۳۵ بروز ترک در دیوار سازه مصالح بنایی، بیرون زدگی دیوار و ناپایداری کل ساختمان در موارد متعدد در ورنکش

مورد دیگر آسیب‌ها مربوط به واژگونی دیوارهای برخی منازل مصالح بنایی (دیوارهای موازی با تیرریزی سقف) با توجه به کم بودن بار ثقلی نگهدارنده در آنها و عدم انسجام آنها با المان‌های سقف، همچنین ضعف خمشی دیوار در برابر بار جانبی می‌باشد. موارد متعددی از این مورد در روستای ورنکش مشاهده گردید که در شکل 36-2 نمونه‌هایی از آنها ارائه گردیده است.



شکل ۲-۳۶ تخریب دیوار موازی تیرریزی سقف به دلیل عدم اتصال مناسب با سقف



شکل ۲-۳۷ تخریب دیوار به دلیل ضعف مصالح و عدم اتصال مناسب با سقف

در دو مورد از ساختمان‌هایی که دارای سقف طاق ضربی بوده‌اند، شاهد سقوط سقف طاق ضربی به دلیل تخریب دیوار نشیمن تکیه‌گاهی آنها و یا عدم اتصال مناسب با دیوار تکیه‌گاهی بوده‌ایم. در اولین مورد که مربوط به ساختمان مسجد روستا می‌باشد، در بخش شرقی بنا، پس از تخریب دیوار تکیه‌گاهی سنگی، المان نشیمن تیرهای طاق ضربی از بین رفته، طاق ضربی از یک سمت سقوط کرده و حول محل اتصال میانی به تیرهای واسط دوران کرده است. در شکل ۲-۳۸ این مورد قابل مشاهده می‌باشد. لازم به ذکر است در مورد طاق‌های ضربی، ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ جهت مرتفع کردن مشکلات این چنین، بسیار لازم الاجرا و اثربخش می‌باشد.



شکل ۲-۳۸ سقوط سقف طاق ضربی به دلیل تخریب دیوار تکیه گاهی

با توجه به همه بررسی‌های صورت گرفته در این روستا، عملکرد ساختمان‌های بنایی کلاف‌دار (با وجود نقایص اجرایی در کلاف‌ها و بعضاً مصالح نامرغوب در آنها)، مطلوب بوده و حتی با وجود عدم رعایت برخی از ضوابط اتصال دیوار و کلاف در آنها، باز به دلیل انسجام بخشی لرزه‌ای کلاف‌ها به ساختمان‌ها و عملکرد منسجم سازه، شاهد کمترین میزان آسیب در این ساختمان‌ها بوده ایم. در شکل‌های بعد نمونه‌هایی از این موارد قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۳۹ عملکرد مناسب لرزه‌ای سازه بنایی کلاف‌دار در منطقه ورنکش



شکل ۴۰-۲ عملکرد مناسب لرزه‌ای سازه بتایی کلافدار در منطقه ورنکش



شکل ۴۱-۲ عملکرد مناسب لرزه‌ای سازه بتایی کلافدار در منطقه ورنکش



شکل ۲-۴۲ مقایسه رفتار لرزه‌ای سازه بنایی کلافدار (سازه کلافدار ترکیبی مغایر با ضوابط ۲۸۰۰) و بدون کلاف (تخریب کامل سازه بدون کلاف)



شکل ۲-۴۳ مقایسه رفتار لرزه‌ای سازه بنایی کلافدار و بدون کلاف در ورنکش (تخریب کامل سازه بدون کلاف)

همچنین با بررسی ساختمان‌های دارای اسکلت روستای ورنکش که غالباً با اسکلت بتنی (سیستم قاب خمشی) اجرا گردیده‌اند، شاهد عملکرد لرزه‌ای مناسب این سازه‌ها و سطح کمی از آسیب دیدگی بوده‌ایم. در کلیه این سازه‌ها، پایداری کامل بنا حفظ گردیده و غیر از یک مورد در روستا که نوعی آسیب ناشی از ضعف اجرایی در اتصال ستون به تیرها و عدم بتن‌ریزی یکپارچه این المان‌ها را شاهد بوده‌ایم، در هیچ مورد دیگری اسکلت

ساختمان آسیبی ندیده است. در شکل ۴۴-۲ و ۴۵-۲ و ۴۶-۲ این مورد قابل مشاهده می‌باشد. همچنین در برخی از ساختمان‌های اسکلت‌دار روستا، به دلیل عدم رعایت ضوابط اتصال دیوارها و عدم وجود ابزار مهارکننده مصالح دیوار به اسکلت‌ها (با روش مناسب)، شاهد خروج دیوار از محور قاب‌ها و همچنین ریزش مصالح آنها بوده ایم. لازم به ذکر است در ساختمان‌هایی که ضوابط دیوارها به اسکلت را رعایت نموده و یا از حداقل تکنیک‌های موجود برای مهار عناصر موجود در دیوارها استفاده کرده‌اند، هیچگونه ریزش مصالحی مشاهده نگردید. به طور کلی باید گسترده‌ترین نوع آسیب در این نوع سازه‌ها در ورنکش را بیرون زدگی دیوارها و ریزش مصالح آنها معرفی نمود.



شکل ۴۴-۲ بروز ترک برشی در دیوار و تخریب پوشش بتن در ستون‌های مجاور



شکل ۲-۴۵ بروز تخریب در پوشش بتن ستون در ساختمان اسکلت بتنی دو طبقه



شکل ۲-۴۶ آسیب در پوشش ستون در ساختمان اسکلت بتنی به دلیل ضعف اجرایی



شکل ۲-۴۷ عملکرد لرزه ای مناسب سازه های دارای اسکلت و آسیب دیدگی بسیار جزئی



شکل ۲-۴۸ مقایسه رفتار لرزه ای سازه بنایی ضعیف و سازه دارای اسکلت در ورنکش



فصل دوم: آسیب‌ها و خسارت‌ها به زیرساخت‌ها و واحدهای.../۵۷



شکل ۲-۴۹ مقایسه رفتار لرزه‌ای سازه دارای اسکلت و سازه بتایی ضعیف در ورنکش



شکل ۲-۵۰ حفظ پنجره و دیوارها با تکنیک‌های ساده مهار (هرچند ضوابط اجرایی به طور کامل رعایت نشده است)



شکل ۲-۵۱ ریزش مصالح دیوارهای سازه دارای اسکلت در ورنکش (عدم وجود مهار و اتصال مناسب)



شکل ۲-۵۲ ریزش مصالح دیوارها در زلزله در ساختمان اسکلت بتنی (عدم وجود مهار و اتصال مناسب)

یکی دیگر از آسیب‌های رخ داده در ساختمان‌های دارای اسکلت ورنکش، مربوط به آسیب نمای ساختمان‌ها و ریزش آنها در برخی از منازل بود. همانطور که از شکل ۲-۵۳ مشخص است، عدم اتصال صحیح قطعات نما (عدم رعایت ضوابط اجرایی) و همچنین حرکت بیرون صفحه ای دیوار، نقش اصلی را در بروز آسیب به قطعات نما داشته است.



شکل ۲-۵۳ آسیب و ریزش مصالح نما در ساختمان اسکلت بتنی در ورنکش

در یک مورد در روستای ورنکش، تیر برق در اثر نیروی زلزله دچار شکست و تخریب شده است. در شکل ۲-۵۴ این مورد قابل مشاهده است.



شکل ۲-۵۴ تخریب تیر برق در اثر زلزله در ورنکش

✓ بازدید از روستای تیرشاب سراب

روستای تیرشاب در یال شمالی ارتفاعات بزقوش آذربایجان شرقی و در نزدیکی شهر سراب واقع شده است. با توجه به نرخ بالای آسیب در این روستا، تیم تخصصی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی از این روستا بازدید فنی به عمل آورده و موارد خسارات را طبقه بندی نمود.

تقریباً غالب بافت روستای مذکور از منازل بنایی خشتی و گلی تشکیل شده، که همین امر با توجه به شتاب قابل

توجه زلزله برای این رده از ساختمان‌ها و همچنین نزدیک بودن به رومرکز زلزله، دارای خسارات بسیار زیادی بوده است. ضمن بازدید از این روستا مشخص گردید که عمده آسیب‌های رخ داده به دلیل عدم مقاومت لرزه‌ای بناهای خشتی و گلی موجود در روستا بوده و موده‌های خرابی کاملاً منطبق با الگوهای رایج خرابی در این گونه ساختمان‌ها می‌باشد. ساختمان‌های آجری این روستا عملکرد بهتری داشته و آسیب‌های کمتری دیده‌اند. در شکل‌های ۵۵-۲ و ۵۶-۲ نمونه‌هایی از این موارد قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۵۵-۲ نمونه ای از تخریب‌های ساختمان‌های خشتی و گلی روستای تیرشاب



شکل ۵۶-۲ نمونه ای از تخریب‌های ساختمان‌های خشتی و گلی روستای تیرشاب (تخریب کامل)

الگوهای آسیب در این روستا کاملاً نمونه‌های رایج در ساختمان‌های بنایی خشتی و گلی بودند که از آنها می‌توان مواردی چون شکست گوشه، سقوط سقف سنگین، ریزش دیوارهای محوطه، سقوط سقف، بروز جدایی بین دیوارهای متعامد و واژگونی دیوارهای موازی تیرریزی را نام برد. در شکل‌های بعد نمونه‌ای از این تخریب‌ها



قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۵۷ نمونه‌ای از بروز جداشدگی در دیوارهای متعامد (در اثر عدم اتصال مناسب بین دو دیوار)



شکل ۲-۵۸ سقوط سقف سنگین در سازه خشتی و گلی



شکل ۲-۵۹ شکست گوشه در ساختمان گلی در روستای تیرشاپ



شکل ۲-۶۰ واژگونی دیوار موازی تیرریزی سقف



شکل ۶۱-۲ حجم بالای تخریب در بافت منازل خشتی و گلی روستای تیرشاب



شکل ۶۲-۲ ریزش دیوارهای برخی از محوطه‌ها در اثر زلزله

در ساختمان‌های آجری این روستا عملکرد لرزه‌ای بهتری مشاهده گردید. در این ساختمان‌ها که هیچ‌گونه کلاف‌بندی در آنها مشاهده نمیشد، با وجود حفظ پایداری سازه، آسیب‌های سازه‌ای مشهودی شناسایی گردید که مهمترین آنها در ساختمان آجری بود که از سقف طاق ضربی بهره برده بود. در این ساختمان به دلیل نبود کلاف‌بندی، در زمان زلزله، سقف طاق ضربی دچار حرکت افقی نسبت به دیوارها شده که این امر موجب بروز ترک‌های افقی در سطح داخلی دیوارها و تخریب گچکاری در این نواحی گردیده است.

در شکل زیر نمونه‌هایی از این آسیب قابل رویت است.



شکل ۲-۶۳ بروز ترک افقی در ساختمان بنایی آجری



شکل ۲-۶۴ پایداری سازه مصالح بنایی آجری در روستای تیرشاب

قابل ذکر است که در این زلزله، بخش زیادی از دام‌های موجود در این روستا به دلیل تخریب محل نگهداری آنها تلف شده‌اند. در دیگر اماکن نگهداری این دام‌ها نیز آسیب‌های بسیار جدی در دیوارها و سقف مشاهده گردید.

در شکل ۲-۶۵ نمونه‌هایی از این آسیب‌ها قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۶۵ آسیب‌های وارده به محل‌های نگهداری دام در روستای تیرشاب



شکل ۲-۶۶ تخریب محل نگهداری دام و بروز تلفات در روستای تیرشاب

✓ بازدید از روستای دونیق

این روستا در نزدیکی روستای تیرشاب در حوالی شهر سراب است و تعداد اندکی منزل مسکونی را شامل می‌شود.

تیپ اصلی خرابی‌ها در این روستا همانند روستای تیرشاب مربوط به ساختمان‌های مصالح بنایی بوده و غالباً به شکل واژگونی دیوارهای محوطه‌ها و واژگونی دیوارهای منازل خشتی بوده است. در شکل‌های بعد نمونه‌های این خرابی‌ها قابل رویت است.



شکل ۲-۶۷ ریزش دیوار محوطه‌ها به دلیل عدم وجود پشت بند و درز اجرایی در این دیوارها



شکل ۲-۶۸ واژگونی و تخریب دیوار سازه مصالح بنایی ضعیف در روستای دونیق



شکل ۲-۶۹ بروز ترک قائم در دیوار بنای آجری در روستای دونیق



شکل ۲-۷۰ عملکرد مطلوب سازه اسکلت بتنی در کنار تخریب سازه بنایی خشتی و گلی در روستای دونیق

✓ بازدید روستای هروان

روستای هروان جزو مراکز پرجمعیت حوالی سراب می‌باشد که در این زلزله بخش زیادی از ساختمان‌های قدیمی سازه بنایی در آن تخریب شده است. ساختمان‌های بنایی کلاف‌دار و ساختمان‌های دارای اسکلت در این روستا عملکرد مطلوب لرزه‌ای داشته و شاهد کمترین میزان آسیب در آنها بوده‌ایم. غالب خسارات رخ داده در این روستا مربوط به ساختمان‌های بنایی خشت و گلی بوده که مواردی از قبیل واژگونی دیوارها، بروز جدایی بین دیوارهای متعامد و شکست گوشه در آنها بسیار چشمگیر بوده است. در شکل‌های بعد نمونه‌هایی از این آسیب‌ها قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۷۱-۲ ترک خوردگی دیوارهای ساختمان سازه بتایی با کلاف افقی



شکل ۷۲-۲ ریزش و واژگونی دیوار موازی تیرریزی سقف در سازه مصالح بتایی بدون کلاف



شکل ۷۳-۲ عملکرد ضعیف سازه بتایی بدون کلاف در برابر زلزله و تخریب آن



شکل ۲-۷۴ تخریب و واژگونی برخی دیوارهای بنایی محوطه‌ها در هروان



شکل ۲-۷۵ ضخامت زیاد سقف و عدم انسجام سازه بنایی بدون کلاف



شکل ۲-۷۶ عملکرد مطلوب لرزه‌ای سازه‌های بنایی کلاف‌دار در هروان



شکل ۲-۷۷ عملکرد مطلوب لرزه‌ای ساختمان‌های دارای اسکلت (اسکلت بتنی) در هروان



✓ بازدید از روستای اسب فروشان سراب

این روستا جزو مناطق با ساخت و ساز جدید در حوالی شهر سراب بوده و تعداد ساختمان‌های دارای اسکلت در آن نسبت به روستاهای مجاور بیشتر می‌باشد. به همین دلیل میزان خرابی‌ها در این روستا اندک بوده و غالب آسیب‌ها مربوط به الحاقات و اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها می‌باشد. همچنین در این روستا یک محل نگهداری عمده دام وجود داشته که با توجه به استفاده از سازه بنایی بدون کلاف خشت و گلی در این محل، سازه در زمان زلزله دچار تخریب کامل شده و کلیه دام‌ها تلف شده اند (تعداد ۱۵۰ گوسفند). در شکل ۲-۷۸ این تخریب قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۷۸: تخریب کامل محل نگهداری دام در روستای اسب فروشان

یکی دیگر از آسیب‌های شایع در این منطقه، تخریب دیوارهای محوطه‌ها به دلیل ضعف ملات، عدم استفاده از پشت بند و نبود درز اجرایی در این دیوارها بوده است. در شکل ۲-۷۹ و ۲-۸۰ نمونه ای از این نوع آسیب قابل مشاهده است.



شکل ۲-۷۹: تخریب کامل دیوارهای محوطه برخی اماکن



شکل ۲-۸۰ تخریب تعدادی از دیوارهای محوطه‌ها در روستای اسب فروشان

یکی از موارد دیگر آسیب در این زلزله در منطقه اسب‌فروشان، بروز ترک و تخریب در دیواره‌های پیرامونی ساختمان‌ها و ریزش این مصالح بوده است. قابل ذکر است که در بسیاری از این موارد عدم رعایت ضوابط اتصال دیوارها به اسکلت و یا ضوابط مربوط به ابعاد بازشوها موجب بروز این موارد گردیده است. نمونه‌هایی از این آسیب‌ها در شکل‌های بعد قابل مشاهده است.



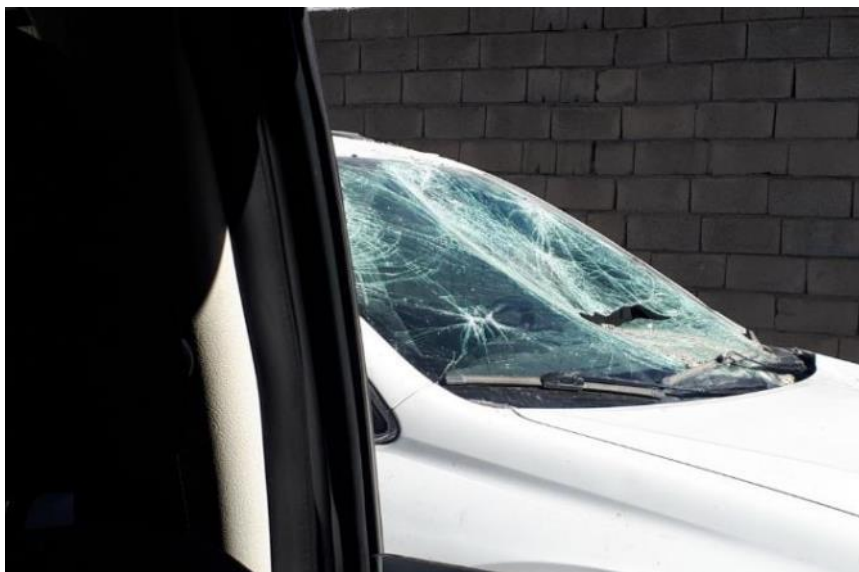
شکل ۲-۸۱ تخریب در دیوار حد فاصل دو بازشو، به دلیل عدم رعایت ابعاد و هندسه بازشوها



شکل ۸۲-۲ ریزش دیوار ساختمان در اسب فروشان در اثر عدم رعایت ضوابط اتصال



شکل ۸۳-۲ تخریب دیوارهای ساختمان اسکلت بتنی در اسب فروشان



شکل ۸۴-۲ آسیب دیدگی برخی از خودروها در اثر سقوط مصالح دیوارهای ساختمان‌ها



شکل ۲-۸۵ تخریب در گوشه، به دلیل عدم رعایت ابعاد بازشو و عدم اتصال صحیح دیوارها به اسکلت

قابل ذکر است که در حد فاصل روستای اسبفروشان و شهر سراب، یک پل تاریخی قدیمی وجود دارد که در این زلزله دچار آسیب دیدگی در عرشه و پایه‌ها شده و مصالح آجری آن دچار شکستگی شده‌اند. در شکل ۲-۸۶ و ۲-۸۷ نمونه‌ای از این آسیب‌ها قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۲-۸۶ آسیب به پل تاریخی در منطقه اسبفروشان سراب



شکل ۲-۸۷ آسیب به پل تاریخی در منطقه اسبفروشان سراب

فصل سوم: مدیریت بحران

طبق گزارش شبکه لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران زمین لرزه‌ای در تاریخ ۹۸/۰۸/۱۷ به بزرگی ۵.۹ در مقیاس ریشتر (در عمق ۸ کیلومتری از سطح زمین) در محدوده ترک شهرستان میانه استان آذربایجان شرقی به وقوع پیوست زمان وقوع این زمین لرزه ساعت ۲ و ۱۷ دقیقه بود. شدت این زمین لرزه به دلیل عمق کم در بسیاری از مناطق استان و همچنین استان‌های آذربایجان غربی، اردبیل، گیلان و زنجان احساس گردید و باعث ایجاد رعب و وحشت در میان مردم شد و مردم سراسیمه از منازل خود به کوچه و خیابان‌ها آمدند. و شب را تا صبح در خیابان سپری کردند. بیش از ۱۲۵ پس لرزه با بزرگی ۲.۵ و بزرگتر از آن تا لحظه تدوین گزارش ثبت گردیده است.

۳-۱: اقدامات اولیه مدیریت بحران

پس از وقوع این زلزله جلسه شورای هماهنگی مدیریت بحران استان با محوریت استاندار تشکیل گردید. جلسات هماهنگی مدیریت بحران در شهرستان‌های استان نیز تشکیل گردید.

پس از وقوع زلزله وزیر کشور از رئیس سازمان مدیریت بحران خواست تا سریعاً به وضعیت زلزله زدگان و مناطق زلزله زده رسیدگی کنند و تمامی واحدها و سازمان‌ها و ارگان‌های امداد رسانی موظف به ارائه سریع و به موقع خدمات به زلزله زدگان شدند. رئیس محترم جمهور طی تماس تلفنی با استاندار آذربایجان شرقی در جریان ابعاد زلزله میزان خسارت و وضعیت امداد رسانی قرار گرفت و از مسئولین خواست اقدامات و ارزیابی خسارت سریع در مورد این زلزله انجام دهند.

پس از زلزله عوامل اجرایی، امدادی، خدماتی و انتظامی از هلال‌احمر، اورژانس، ستاد بحران، فرمانداری و... به مناطق زلزله‌زده اعزام شدند و تمامی دستگاه‌ها به حالت آماده باش درآمدند.

تیم‌های ارزیابی و واکنش سریع زمینی و هوایی از دستگاه‌های ذیربط شامل استانداری، فرمانداری، بخش‌داری، هلال احمر، اورژانس، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی و... به منطقه اعزام شدند.

جلسه ای ظهر روز حادثه با حضور وزیر محترم کشور و استاندار آذربایجان شرقی در روستای ترکمنچای تشکیل گردید.

۲-۳: عملیات نجات آسیب دیدگان و امداد رسانی

در ساعاتی اولیه رخداد زلزله تمامی پایگاه‌های امدادی اورژانس و بیمارستان‌های استان در حالت آماده باش قرار گرفتند و علاوه بر آن مراکز بهداشتی و درمانی مناطق زلزله زده به خدمت رسانی به مصدومان پرداختند. اما در ساعات اولیه پس از وقوع زلزله بنا بر اظهارات مسئولین مراکز درمانی ترکمنچای و ترک، برق این دو مرکز قطع گردیده و با تلاش مسئولین اداره برق ساعاتی بعد مجدداً وصل گردید. متأسفانه این دو مرکز مهم امداد رسانی پس از وقوع زلزله فاقد برق اضطراری بودند.



شکل ۱-۳ اقدامات اورژانس در منطقه زلزله زده



شکل ۳-۲ ارزیابی وضعیت مصدومین توسط مسئولین اورژانس

سازمان امداد و نجات کشور جمعیت هلال احمر نیز پس از وقوع زلزله تا زمان تدوین گزارش ۵۷ تیم عملیاتی و ارزیاب شامل ۲۹۰ نیروی عملیاتی، در ساعات اولیه به مناطق زلزله زده اعزام شدند و عملیات نجات آسیب دیدگان و اسکان اضطراری را انجام دادند. ۱۳ هزار نفر از زلزله زدگان در اردوگاه اسکان اضطراری یا به صورت فردی با نصب ۳ هزار و ۲۵۰ چادر، به صورت اضطراری اسکان داده شدند.

سازمان امداد و نجات کشور تا زمان تدوین گزارش ارقام امدادی و بسته‌های غذایی به شرح ذیل میان متاثران از زلزله توزیع نمود.

دو هزار و ۶۵۸ بسته غذایی ۷۲ ساعته، ۴ هزار و ۵۹۵ بطری آب معدنی، ۳ هزار و ۵۲۱ تخته پتو، یک هزار و ۶۳۸ شعله والور، ۴۴۰ ست ظروف، ۶۷۷ تخته موکت و ۳ هزار و ۷۰۰ کیلوگرم نایلون پوششی، ۳۸۰ بسته نان و ۴۱۶ بسته غذایی یک ماهه



شکل ۳-۳ برپایی چادرهای اسکان توسط نیروهای امداد و نجات در منطقه زلزله زده



شکل ۳-۴ توزیع اقلام اولیه و گرمایشی در چادرهای اسکان توسط نیروهای امداد و نجات در منطقه زلزله زده

از دیگر اقدامات مهم در این زلزله حضور تیم‌های مددکار اجتماعی به‌زیستی برای امداد به مددجویان و معلولین تحت پوشش به‌زیستی استان ساکن مناطق زلزله زده بود.



شکل ۳-۵ حضور نیروهای به‌زیستی در منطقه زلزله زده

از اقدامات مهم تیم روانشناسی استان آذربایجان شرقی (تیم سحر) در مناطق زلزله‌زده، اجرای فعالیت‌های متنوع و شاد برای کودکان و توزیع بسته‌های کمک آموزشی، لوازم التحریر، بازی و جعبه کمک‌های اولیه و انجام تست PTSD از کودکان و سنجش میزان استرس وارد شده به آنان، برای کاهش عوارض ناشی از بحران زلزله بود.



شکل ۳-۶ ارزیابی وضعیت کودکان توسط تیم روان‌شناختی سحر



شکل ۳-۷ فعالیت اجتماعی تیم سحر در منطقه زلزله زده

اقدامات زیاد امدادی در منطقه توسط سازمان‌های مختلف انجام یافت که از مهمترین آنها اقدامات وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی و سازمان امداد و نجات کشور بود که اهم آنها به شرح ذیل تشریح می‌گردد:

• **اهم اقدامات وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی:**

- ✓ اعزام اتوبوس آمبولانس از دانشگاه‌های اردبیل، زنجان و ارومیه به میانه و سراب
- ✓ اعزام اورژانس هوایی تبریز در ساعت ۶:۳۰ صبح برای ارزیابی هوایی منطقه
- ✓ اعزام تیم‌های بهداشت و بیماری‌های واگیر به مناطق آسیب دیده برای بررسی آب آشامیدنی



و نحوه دفع بهداشتی دام‌های تلف شده و بررسی وضعیت افراد مسن، مادران باردار و بیماران خاص

- ✓ اعزام کارشناسان سلامت روان به مناطق آسیب دیده
- ✓ اعزام اورژانس هوایی
- ✓ استقرار ۶ دستگاه آمبولانس و ۳ دستگاه اتوبوس آمبولانس در ورنکش، ورزقان، میانه و سراب
- ✓ توزیع کلر، شیرخشک، اقلام بهداشتی و پوشک، شیشه شیر، کیسه زباله و... در مناطق آسیب دیده
- ✓ ارائه خدمت مراقبتی و بهداشتی به بیش از ۱۰۰ مادر باردار و ۳۰۰ بیمار خاص (دیالیزی و دیابتی و...)

• اهم اقدامات سازمان امداد و نجات کشور:

- ✓ فعال‌سازی مرکز کنترل و هماهنگی عملیاتی سازمان امداد و نجات،
- ✓ اعلام آماده باش کامل به استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان، اردبیل و زنجان، غربی، گیلان،
- ✓ اعزام تیم‌های عملیاتی ارزیاب به شهرستان‌های آذربایجان شرقی، اعزام تیم‌های ارزیاب از استان‌های زنجان و آذربایجان غربی به مناطق مختلف استان،
- ✓ برقراری ارتباط مستمر ویدئو کنفرانس با استان‌های معین و آذربایجان شرقی،
- ✓ اعزام ۲ فروند بالگرد برای ارزیابی هوایی پس از طلوع آفتاب،
- ✓ بارگیری و ارسال اقلام زیستی و مواد غذایی به شهرهای متاثر از حادثه،
- ✓ آغاز مرحله اسکان و تغذیه اضطراری همزمان در روستاهای شهرستان میانه، ایجاد اردوگاه اسکان اضطراری در مدرسه روستای ورنکش،

۳-۳: اسکان اضطراری و اسکان موقت

طبق اظهارات مسئولین استانی ۱۳ هزار نفر از زلزله زدگان (۱۵۰۰ خانوار) در اردوگاه اسکان اضطراری یا به صورت فردی با نصب ۳ هزار و ۲۵۰ چادر، به صورت اضطراری اسکان داده شدند. برای اسکان موقت نیز ساخت و مونتاژ اتاقک‌های دوازده متری به تعداد ۵۰۰ واحد توسط بنیاد مسکن انقلاب اسلامی تا لحظه تدوین گزارش آغاز گردیده بود.



۳-۴: اقدامات واحدهای تابعه وزارت راه و شهرسازی در مدیریت بحران

مسئولین اداره کل راه و شهرسازی و سازمان راهداری شهرستان میانه در ساعات اولیه رخداد به مناطق زلزله زده رجوع کرده و طبق گزارش ایشان، محور میانه به بستان آباد تا کیلومتر ۳۰ دچار ریزش واریزه‌های سنگی در طول محور بوده که موجب انسداد موضعی در این محور گردیده بود. در شکل ۳-۸ نمونه ای از واریزه‌های سنگی در محور میانه - بستان آباد قابل مشاهده است.



شکل ۳-۸ ریزش سنگ و انسداد مسیر در محور میانه - بستان آباد

تعداد ۸۵ دستگاه ماشین آلات از سازمان راهداری و پیمانکاران این سازمان با هماهنگی اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی سریعاً به محل اعزام شده و واریزه‌های سنگی ظرف ۲ ساعت کاملاً پاکسازی شده اند. لازم به ذکر است که در محورهای روستایی، ریزش و زمین لغزش گزارش نگردیده است. عملیات لکه‌گیری و رفع ایرادات رویه راه نیز در مسیرهای منتهی به منطقه رومرکز زلزله در مناطق ترکمانچای و ورنکش نیز طی دو روز اول پس از زلزله صورت گرفته است.

در شکل ۳-۹ نمونه‌هایی از محور پاکسازی شده در محل واریزه‌ها از ترانسه‌های کنار جاده روز بعد از زلزله قابل مشاهده می‌باشد. بخشی از این ماشین آلات در آواربرداری مناطق زلزله زده مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۳-۱: خسارت به سامانه‌های حمل و نقل

شهرستان	خسارت وارده به زیرساخت‌های حمل و نقل جاده ای	تعداد ماشین آلات سنگین و نیمه سنگین فعال در منطقه
میانه	۱۲۰	۴۵
سراب		۴۰



شکل ۳-۹ محور میانه - بستان آباد بعد از عملیات پاکسازی از واریزه‌های سنگی

یکی از اقدامات مسئولین وزارت راه و شهرسازی بررسی وضعیت پل‌های آسیب دیده مناطق زلزله زده به منظور جلوگیری از خرابی بیشتر و انسداد مسیر بود که در جدول شماره ۳-۲ به تفکیک بیان شده است.

جدول شماره ۳-۲: وضعیت پل‌های آسیب دیده منطقه زلزله زده

نام شهرستان	نام بخش	نام روستا محور	مشخصات پل	نوع خسارت
میانه	کندوان	نشق	یک دهانه ۶ متری	۱۰۰ متر مکعب بنایی و بتنی
میانه	کندوان	نشق	یک دهانه ۴ متری	۱۳۰ متر مکعب بنایی و بتنی
میانه	کندوان	فندقلو	یک دهانه ۸ متری	۱۵۰ متر مکعب بنایی و بتنی
میانه	کندوان	فندقلو	یک دهانه ۲ متری	۵۰ متر مکعب بنایی و بتنی
میانه	ترکمنچای	بعد از سه راه عجمی	دو دهانه ۲۰ متری	۲۰۰ متر مکعب بنایی و بتنی
سراب	مرکزی	سراب- عقان- دامنجان	باستانی سه دهانه ۸ متری با قدمت بیش از ۴۰۰ سال و سازه بنایی، سنگی و آجری	ایجاد ترک و ریزش طاق پل (لزوم قطع جریان ترافیک و نیاز به احداث پل جدید)

تیم‌های امدادی سپاه پاسداران و ارتش جمهوری اسلامی و نیروی انتظامی نیز به مناطق زلزله زده جهت امداد رسانی اعزام شدند. از اقدامات مهم این نیروها ایجاد امنیت در منطقه، همکاری در آواربرداری، توزیع اقلام امدادی و امداد رسانی آسیب دیدگان بود.



شکل ۳-۱۰ فعالیت نیروی انتظامی در منطقه زلزله زده

با توجه به تلفات نسبتاً زیاد احشام در روستاهای زلزله‌زده، کار جمع‌آوری و دفن آنها با همکاری سازمان جهاد کشاورزی و اداره حفاظت محیط زیست استان انجام شد.

با توجه به اظهارات مسئولین شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، سوخت مناطق زلزله زده استان آذربایجان شرقی به طور کامل تامین و تعدادی نفتکش حامل نفت سفید نیز به صورت اضطراری در روستاهای زلزله زده مستقر شدند تا در صورت نیاز، سوخت گرمایشی مورد نیاز مردم را تامین کنند.

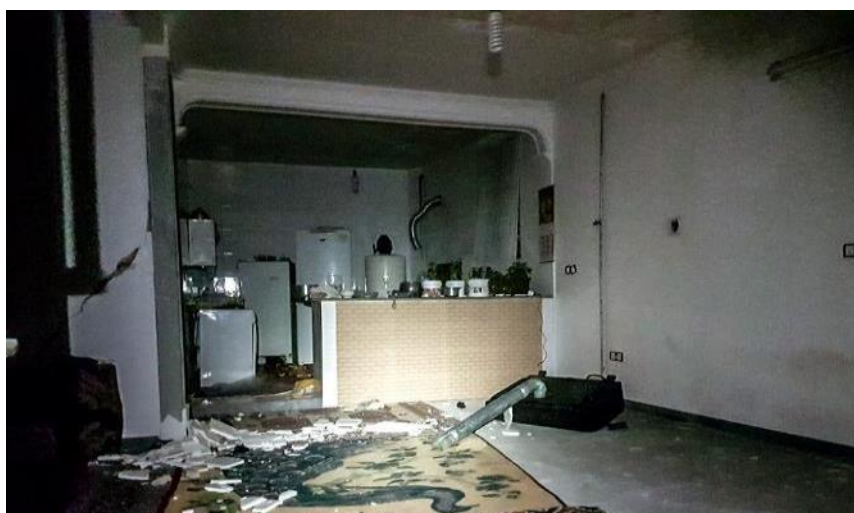


شکل ۳-۱۱ جمع‌آوری احشام توسط نیروهای سازمان جهاد کشاورزی

فصل چهارم: خسارت و تلفات

۴-۱: خسارات به شریان‌های حیاتی

آب برخی نقاط روستای زلزله زده ورنکش بنا بر اظهارات مسئولین اداره آب و فاضلاب شهرستان میانه قطع گردیده بود که در ساعات اولیه پس از وقوع زلزله وصل گردید. جریان گاز اصلی شهرستان میانه به منظور جلوگیری از خطرات احتمالی ناشی از نشت گاز و انفجار، توسط اکیپ‌های امدادی و عملیاتی شرکت گاز استان پس از وقوع زلزله قطع و پس از بررسی‌های اولیه و نشت یابی تاسیسات گازرسانی، ظرف ۲۴ ساعت اولیه پس از زلزله، جریان گاز مناطق حادثه دیده مجدداً دایر گردید. لازم به ذکر است بیشترین خسارت زلزله به تاسیسات گاز مربوط به شهرستان‌های میانه و سراب بوده است.



شکل ۴-۱: قطع لوله بخاری و آبگرمکن یکی از منازل بعد وقوع زلزله

بر اساس اظهارات شرکت توزیع برق آذربایجان شرقی بخش اصلی آسیب‌های وارده به شبکه توزیع برق در روستای ورنکش بود که ۵ مورد واژگونی تیر برق ۱۵ مورد کجی تیر در این روستا که دارای ۴۵۰ مشترک بوده است، اتفاق افتاده بود. در این روستا حدود ۸۰ دستگاه کنتور نیز کاملاً تخریب و زیر آوار مانده بود. تلاش

بی‌وقفه مسئولین برق و با رعایت کلیه ضوابط ایمنی، تیرهای واژگون شده این روستا را تامین و حدود ۹ ساعت پس از وقوع زلزله کار بازسازی موقت شبکه توزیع برق روستای ورنکش به اتمام رسید. با توجه به بیان مسئولین این شرکت، برق ۱۳ روستای حادثه دیده در حوزه شهرستان‌های میانه و سراب با حضور قریب به ۱۰ اکیپ عملیاتی این شرکت انجام شد. برق‌رسانی به چادرهای اسکان موقت و روشنای معابر این جاده‌ها نیز در روزهای اول پس از وقوع زلزله انجام شد. از اقدامات مهم مسئولین برق ارائه هشدارهای ایمنی به ساکنین چادرهای اسکان موقت جهت جلوگیری از وقوع هرگونه حادثه برق‌گرفتگی و آتش‌سوزی در چادرها بود.



شکل ۴-۲ قطع تیر برق در منطقه زلزله زده

با توجه به اظهارات مسئولین شرکت مخابرات تلفن ثابت و تلفن همراه در مناطق زلزله زده قطع نگردیده بود.

۴-۲: تلفات و مصدومین

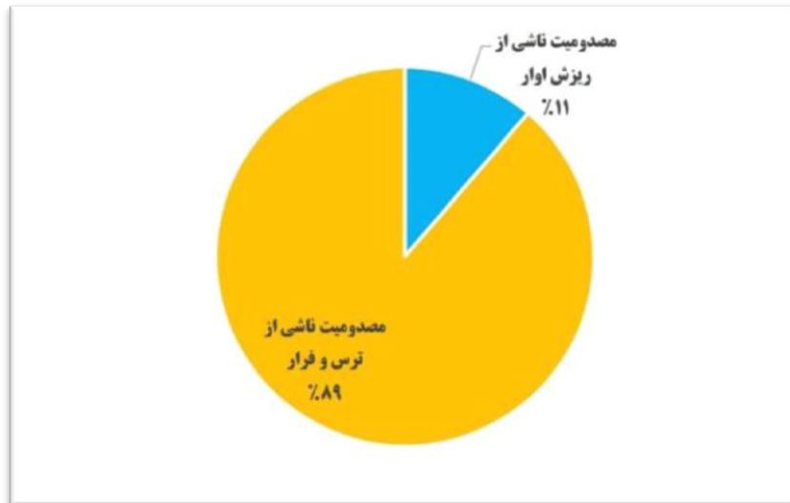
بر اساس اظهارات مسئولین اورژانس تعداد فوتی‌های این زلزله ۵ نفر و تعداد مصدومین ۵۸۴ نفر بوده است که از این تعداد ۶۶ نفر به علت ماندن زیر آوار و ۵۱۸ نفر به علت ترس و اضطراب بوده است که این میزان براساس نمودار شماره ۴-۱، ۸۹ درصد از کل مصدومین را شامل می‌شود و بر اساس نمودار شماره ۴-۲، ۶۰ درصد مصدومین زنان بوده‌اند. ۲ نفر نیز در بخش ترکمنچای در چادر شخصی که در حیاط خانه خود برپا کرده بودند، به علت گاز گرفتگی فوت شدند.



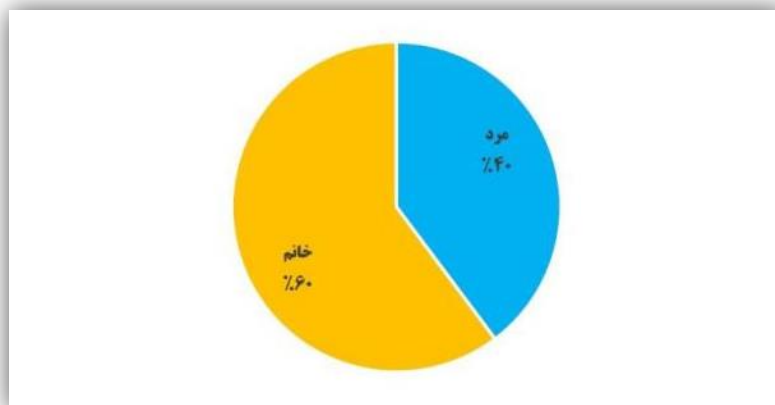
فصل چهارم: خسارت و تلفات. ۸۷/

جدول ۴-۱: تعداد مصدومین و فوتی مناطق زلزله زده (براساس اطلاعات وزارت بهداشت و درمان)

ردیف	نام استان	نام شهرستان	کلی مصدومین	فوتی	مصدوم مستقیم	مصدوم ناشی از ترس	بستری	تخصیص
۱	آذربایجان شرقی	میانه	۲۳۳	۵	۶۶	۱۶۷	۱۱	۲۲۲
		سراب	۲۶۱	-	-	۲۶۱	۹	۲۵۲
		هسارود	۳۰	-	-	۳۰	-	۳۰
۲	آذربایجان غربی	پیرانشهر	۰	۰	۰	۰	۰	
۳	اردبیل	مشگین شهر	۳۴	۰	۰	۳۴	۰	۳۴
		اردبیل	۲۳	۰	۰	۲۳	۰	۲۳
		کوثر	۱	۰	۰	۱	۰	۱
۴	زنجان	ماه نشان	۰	۰	۰	۰	۰	
۵	گیلان	تالش	۲	۰	۰	۲	۰	۲
جمع کل			۵۸۴	۵	۶۶	۵۱۸	۲۰	۵۶۴



نمودار ۴-۱: درصد مصدومین ناشی از ترس و درصد مصدومین ناشی از ریزش آوار



نمودار ۴-۲: درصد مصدومین براساس تفکیک جنسیت به مرد و زن

طبق گزارش جهاد کشاورزی استان تعداد ۱۱۵۰ راس دام تلف شده و ۲۷۰ جایگاه دامی نیز تخریب شده بود.



شکل ۴-۳ دام‌های تلف شده در منطقه زلزله زده

✓ نقاط ضعف

- عدم آموزش رفتار صحیح هنگام وقوع زلزله به عموم مردم، قبل از وقوع زلزله و رفتار ناصحیح آنها هنگام وقوع زلزله باعث افزایش تعداد مصدومین شد.
- قطع گاز، آب و برق در ساعات اولیه ایجاد اختلال در امداد رسانی نظیر قطع برق مراکز درمانی منطقه زلزله زده

✓ نقاط قوت

- حضور به موقع نیروهای امدادی در مناطق زلزله زده
- آموزش به موقع مردم توسط نیروهای امدادی در خصوص رعایت نکات ایمنی در چادرها و جلوگیری از آتش سوزی، برق گرفتگی، گاز گرفتگی و...
- حضور تیم‌های مددکار و روانشناس در منطقه





شکل ۴-۴ نمونه ای از پوستره‌های آموزشی ارائه شده در منطقه زلزله زده

بخش دوم:

گزارش بخش شبکه ملی شتابنگاری ایران

اسماعیل فرزندگان

محمد پورمحمد شاهوار

مژگان میرسنجری

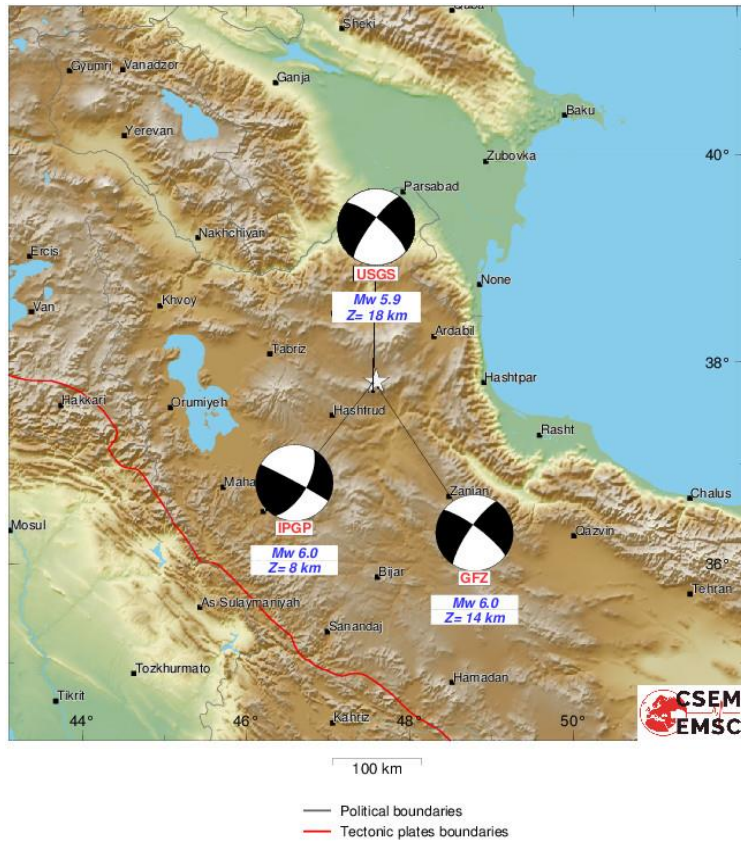
عطیه اسحاقی

حسین میرزایی

حسین عبدالمهی

فصل پنجم: داده‌های شتابنگاری (شبکه ملی شتابنگاری کشور)

در ساعت ۲:۱۷:۰۵ روز جمعه ۱۷ آبان ۱۳۹۸، به وقت محلی، برابر با ساعت ۲۲:۴۷:۰۵، هفتم نوامبر ۲۰۱۹ میلادی به وقت بین‌المللی، زمین‌لرزه‌ای با بزرگی $M_w 5.9$ منطقه ترکمانچای در استان آذربایجان شرقی را به لرزه درآورد. مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران مختصات رومرکز این زمین لرزه را در 37.73 شمالی و 47.61 شرقی و عمق آن را ۸ کیلومتر اعلام نمود. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با استفاده از شتابنگاشت‌های ثبت شده رومرکز زمین‌لرزه را در نقطه‌ای با مختصات $37/71$ و $47/56$ و بزرگی گشتاوری ۶ محاسبه نمود. این زمین‌لرزه توسط ۳۸ ایستگاه شتابنگاری شبکه ملی شتابنگاری با حداکثر شتاب 431 سانتی متر بر مجذور ثانیه در ایستگاه ترکمانچای به ثبت رسیده است. تا زمان تهیه این گزارش در اثر این زمین‌لرزه ۵ نفر جان خود را از دست دادند و حدود ۵۰۰ نفر مجروح شدند. خسارات وارده عمدتاً به منازل روستایی که از مصالح سنتی در ساخت آنها استفاده شده بود وارد گردید. مطابق با ساز و کارهای ژرفی اعلام شده توسط آژانس‌های مختلف، نوع گسلش به صورت امتداد لغز با مولفه معکوس تعیین شده است (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱ ساز و کار ژرفی ارائه شده توسط آژانس‌های مختلف (برگرفته شده از EMSC)

۵-۱: داده‌های شتابنگاشتی از زمین‌لرزه اصلی ۱۷ آبان ماه ۱۳۹۸ ترکمانچای آذربایجان

شرقی

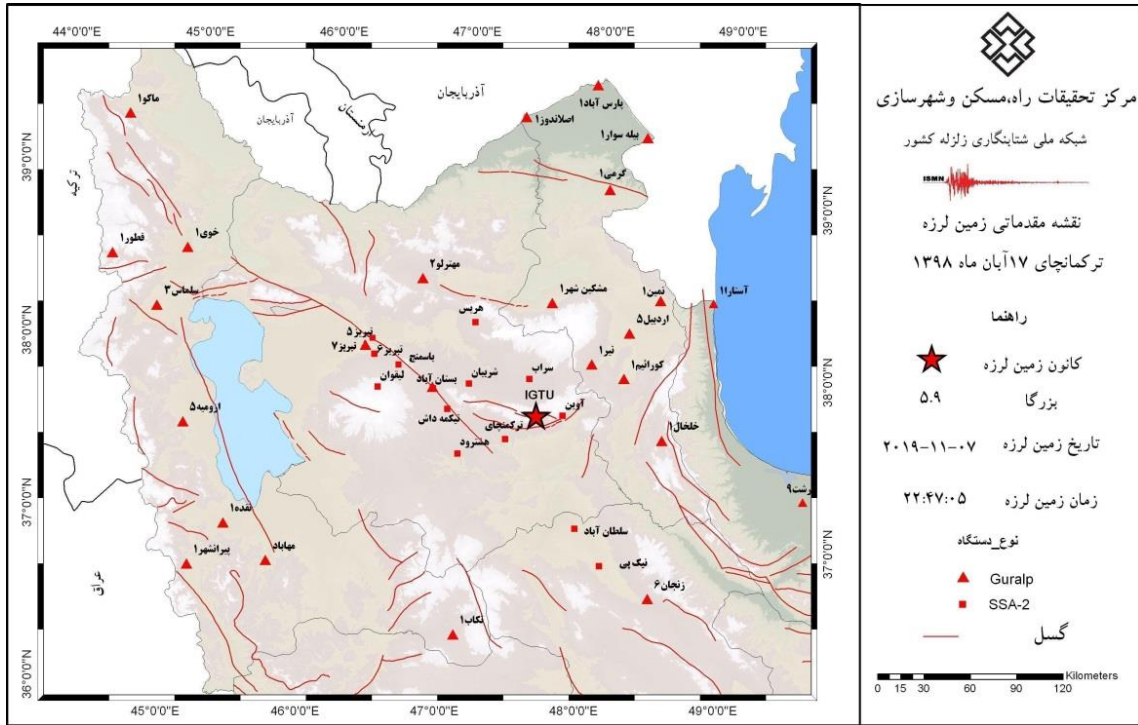
زمین‌لرزه اصلی ترکمانچای توسط ۳۸ ایستگاه شتابنگاری دیجیتال فعال در سطح استانهای غربی و شمالغربی کشور ثبت گردید (شکل ۵-۲ و جدول ۵-۱). مجموعه ای از دستگاههای شتابنگار جدید فور تیموس و CMG5TD و دستگاههای SSA-2 شبکه ملی شتابنگاری این زمین‌لرزه را ثبت کرده اند. دستگاههای SSA-2 دارای آستانه راه اندازی برابر با ۱۰ سانتی متر بر مجذور ثانیه بوده اند، بدین معنی که در صورت رسیدن شتاب زمین‌لرزه بر روی هر یک از مولفه‌های سه گانه دستگاه شتابنگار به این حد، دستگاه شروع بکار کرده و پس از رسیدن مجدد شتاب به این میزان و بعد از گذشتن زمان مشخصی دستگاه دوباره به حالت آماده بکار درآید. همگی این دستگاه‌ها دارای حافظه پیش از رویداد ۱۵ ثانیه بوده که این ویژگی کمک شایانی به ثبت اولین رسیدن امواج P بخصوص در ایستگاه‌های دارای فاصله زیاد از رومرکز زمین‌لرزه می نماید. دستگاههای فور تیموس و CMG5TD نیز با نرخ ۱۰۰ نمونه در ثانیه و تریگر با نرخ ۲۰۰ نمونه در ثانیه و روش تریگر STA/LTA رکوردها را ثبت کرده اند.



فصل پنجم: داده‌های شتابنگاری (شبکه ملی شتابنگاری کشور). ۹۵/

جدول شماره ۵-۱: لیست ایستگاه‌های ثبت‌کننده زمین‌لرزه اصلی

ردیف	نام ایستگاه	استان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	محل نصب	موقعیت در ساختمان	نوع دستگاه	سرعت موج برشی
۱	اردبیل ۵	اردبیل	۴۸.۲۶۱	۳۸.۲۲۴	مسکن شهرسازی	فری فیلد	Guralp	
۲	اصلاوندوز ۱	اردبیل	۴۷.۴۰۲	۳۹.۴۴۵	بخشداری	فری فیلد	Guralp	۷۰۵
۳	بیله سوار ۱	اردبیل	۴۸.۳۱۹	۳۹.۳۶۵	هواشناسی	فری فیلد	Guralp	۵۳۳
۴	پارس آباد ۱	اردبیل	۴۷.۹۲۵	۳۹.۶۵۵	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	
۵	خلخال ۱	اردبیل	۴۸.۵۳۸	۳۷.۶۰۹	هواشناسی	فری فیلد	Guralp	۴۸۵
۶	کورائیم ۱	اردبیل	۴۸.۲۳۷	۳۷.۹۵۸	بخشداری	فری فیلد	Guralp	۷۸۷
۷	گرمی ۱	اردبیل	۴۸.۰۵۷	۳۹.۰۵۱	هواشناسی	فری فیلد	Guralp	۷۱۲
۸	مشکین شهر ۱	اردبیل	۴۷.۶۷۸	۳۸.۳۷۵	هواشناسی	فری فیلد	Guralp	
۹	نمین ۱	اردبیل	۴۸.۴۷۷	۳۸.۴۲۴	شهرداری	فری فیلد	Guralp	۱۲۳۶
۱۰	نیر ۱	اردبیل	۴۷.۹۹۴	۳۸.۰۳۱	مرکز بهداشت	فری فیلد	Guralp	۵۴۱
۱۱	اوبین	آذربایجان شرقی	۴۷.۸۰۱	۳۷.۷۳۴	دکل مخا برا تی	همکف	SSA-2	
۱۲	بستان آباد	آذربایجان شرقی	۴۶.۸۳۸	۳۷.۸۴۶	فرمانداری	همکف	SSA-2	
۱۳	بستان آباد ۱	آذربایجان شرقی	۴۶.۸۳۵	۳۷.۸۴۴	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	
۱۴	تبریز ۵	آذربایجان شرقی	۴۶.۲۳۲	۳۸.۱۰۱	عینال زینال	همکف	SSA-2	
۱۵	تبریز ۶	آذربایجان شرقی	۴۶.۳۹۲	۳۸.۰۲۲	لرزه نگاری	همکف	SSA-2	
۱۶	تبریز ۷	آذربایجان شرقی	۴۶.۲۳۳	۳۸.۰۶۱	نظام مهندسی	فری فیلد	Guralp	
۱۷	ترکمنچای	آذربایجان شرقی	۴۷.۳۹۱	۳۷.۵۷۸	ثبت احوال	همکف	SSA-2	۵۴۲
۱۸	تیکمه داش	آذربایجان شرقی	۴۶.۹۵۳	۳۷.۷۳۱	بخشداری	همکف	SSA-2	۴۴۲
۱۹	سراب	آذربایجان شرقی	۴۷.۵۴۱	۳۷.۹۳۵	فرمانداری	همکف	SSA-2	۴۰۶
۲۰	شربیان	آذربایجان شرقی	۴۷.۱۰۱	۳۷.۸۱۷	شهرداری	همکف	SSA-2	۴۸۴
۲۱	لیقوان	آذربایجان شرقی	۴۶.۴۳۲	۳۷.۸۳۳	مخابرات	همکف	SSA-2	
۲۲	مهرتولو ۲	آذربایجان شرقی	۴۶.۷۱۱	۳۸.۴۷۱	مخابرات	همکف	Guralp	
۲۳	هریس	آذربایجان شرقی	۴۷.۱۱۹	۳۸.۲۴۷	فرمانداری	زیر زمین	SSA-2	۵۳۰
۲۴	هشترود	آذربایجان شرقی	۴۷.۰۵۱	۳۷.۴۷۵	مخابرات	همکف	SSA-2	۶۸۱
۲۵	ارومیه ۵	آذربایجان غربی	۴۵.۰۳۰	۳۷.۵۳۲	آتش نشانی	فری فیلد	Guralp	
۲۶	پیرانشهر ۱	آذربایجان غربی	۴۵.۱۴۲	۳۶.۷۰۸	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	۵۷۷
۲۷	تکاب ۱	آذربایجان غربی	۴۷.۱۰۴	۳۶.۴۱۱	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	۶۰۸
۲۸	خوی ۱	آذربایجان غربی	۴۴.۹۵۶	۳۸.۵۴۶	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	
۲۹	قطور ۱	آذربایجان غربی	۴۴.۴۰۴	۳۸.۴۷۷	بخشداری	فری فیلد	Guralp	۲۵۴
۳۰	ماکو ۱	آذربایجان غربی	۴۴.۴۴۴	۳۹.۲۹۵	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	۴۴۱
۳۱	مهاباد	آذربایجان غربی	۴۵.۷۱۲	۳۶.۷۶۵	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	
۳۲	نقده ۱	آذربایجان غربی	۴۵.۲۸۳	۳۶.۹۶۴	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	۲۰۹
۳۳	زنجان ۶	زنجان	۴۸.۴۹۳	۳۶.۶۸۳	استانداری	فری فیلد	Guralp	
۳۴	سلطان آباد	زنجان	۴۷.۹۳۵	۳۷.۰۸۱	مرکز بهداشت	فری فیلد	SSA-2	۶۰۳
۳۵	نیک پی	زنجان	۴۸.۱۸۱	۳۶.۸۴۹	بخشداری	فری فیلد	SSA-2	۴۸۲
۳۶	تاکستان ۱	قزوین	۴۹.۷۰۴	۳۶.۰۷۳	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	۴۷۴
۳۷	آستارا ۱	گیلان	۴۸.۸۷۰	۳۸.۴۲۲	فرمانداری	فری فیلد	Guralp	
۳۸	رشت ۹	گیلان	۴۹.۵۹۰	۳۷.۲۹۰	مسکن و شهرسازی	فری فیلد	Guralp	



شکل ۲-۵ نقشه ایستگاه‌های شتاب‌نگارهای ثبت‌کننده زمین‌لرزه اصلی

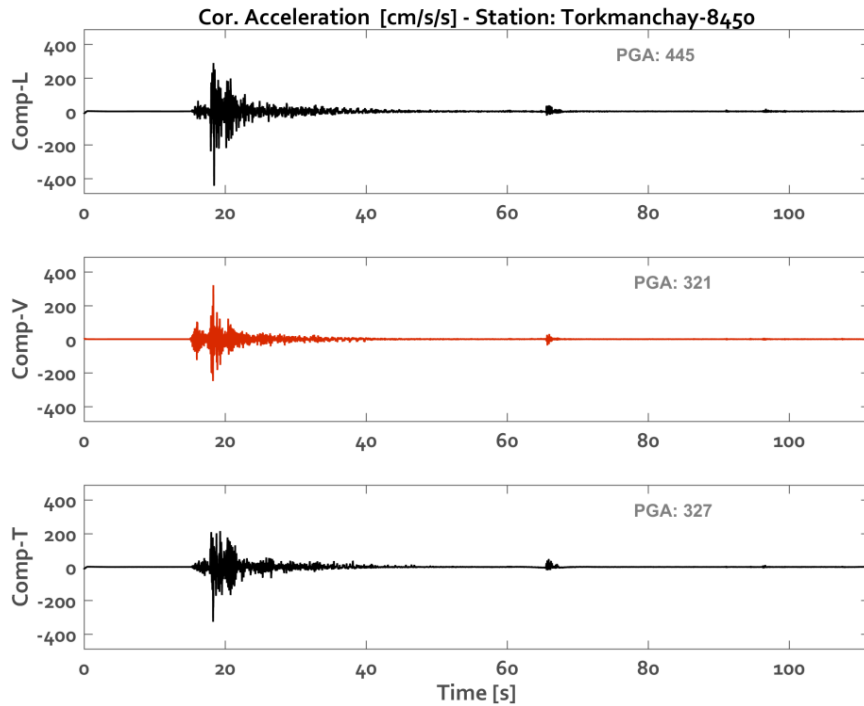
جدول ۲-۵ مشخصات کلی شتابنگاشتهای ثبت‌شده در زمین‌لرزه را نشان می‌دهد. نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به رومرکز گزارش‌شده از زمین‌لرزه، ایستگاه‌های ترکمانچای و آوین بوده‌اند. اختلاف‌زمانی بین رسیدن موج P و S در این دو ایستگاه به ترتیب $2/7$ و $3/15$ ثانیه بوده است. کیفیت بالای دستگاه‌های جدید شبکه ملی شتاب‌نگاری زلزله و مشخصات دینامیکی برتر آن‌ها باعث شده است که این زمین‌لرزه در گستره وسیعی از استان‌های شمالی، غربی و شمال غربی کشور ثبت گردد. اگرچه حداکثر شتاب در ایستگاه‌های دور از رومرکز زمین‌لرزه به یک سانتی‌متر بر مجذور ثانیه و کمتر از آن نیز رسیده است.



فصل پنجم: داده‌های شتابنگاری (شبکه ملی شتابنگاری کشور). ۹۷/

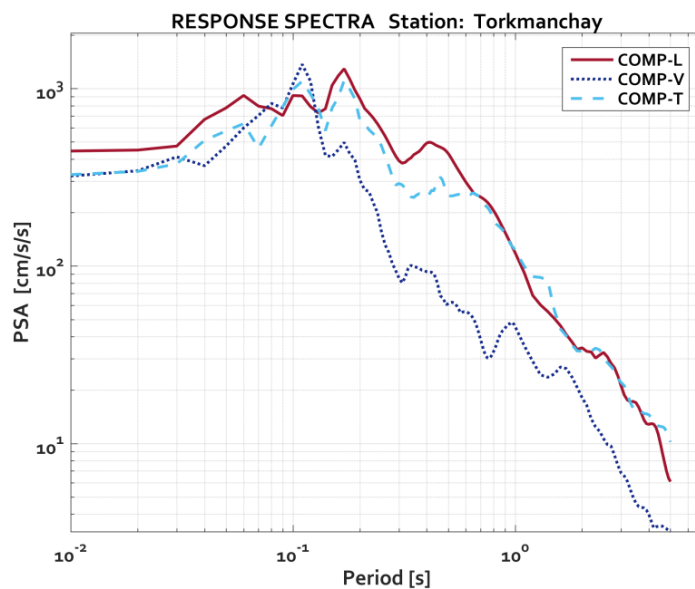
جدول ۵-۲: مشخصات شتابنگاشت‌های ثبت شده از زمین لرزه اصلی

ردیف	نام ایستگاه	استان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع دستگاه	شماره رکورد	بیشینه شتاب تصحیح نشده /cm/s/s
۱	ترکمنچای	آذربایجان شرقی	۴۷.۳۹۱	۳۷.۵۷۸	SSA-2	۸۴۵۰	۴۲۵
۲	اوبین	آذربایجان شرقی	۴۷.۸۰۱	۳۷.۷۳۴	SSA-2	۸۴۴۵	۱۵۲
۳	سراب	آذربایجان شرقی	۴۷.۵۴۱	۳۷.۹۳۵	SSA-2	۸۴۴۹	۸۶
۴	شربیان	آذربایجان شرقی	۴۷.۱۰۱	۳۷.۸۸۷	SSA-2	۸۴۴۶	۷۰
۵	نیر ۱	اردبیل	۴۷.۹۹۴	۳۸.۰۳۱	Guralp	-	۵۵
۶	تیکمه داش	آذربایجان شرقی	۴۶.۹۵۳	۳۷.۷۳۱	SSA-2	۸۴۵۱	۳۵
۷	هشترود	آذربایجان شرقی	۴۷.۰۵۱	۳۷.۴۷۵	SSA-2	۸۴۴۸	۳۴
۸	هریس	آذربایجان شرقی	۴۷.۱۱۹	۳۸.۲۴۷	SSA-2	۸۴۵۴	۳۱
۹	مشکین شهر ۱	اردبیل	۴۷.۶۷۸	۳۸.۳۷۵	Guralp	-	۲۹
۱۰	بستان آباد ۱	آذربایجان شرقی	۴۶.۸۳۵	۳۷.۸۴۴	Guralp	-	۲۲
۱۱	بستان آباد	آذربایجان شرقی	۴۶.۸۳۸	۳۷.۸۴۶	SSA-2	-	۲۲
۱۲	کورائیم ۱	اردبیل	۴۸.۲۳۷	۳۷.۹۵۸	Guralp	-	۲۰
۱۳	تکاب ۱	آذربایجان غربی	۴۷.۱۰۴	۳۶.۴۱۱	Guralp	-	۱۸
۱۴	سلطان آباد	زنجان	۴۷.۹۳۵	۳۷.۰۸۱	SSA-2	۸۴۵۹	۱۶
۱۵	اردبیل ۵	اردبیل	۴۸.۲۶۱	۳۸.۲۲۴	Guralp	-	۱۵
۱۶	لیقوان	آذربایجان شرقی	۴۶.۴۳۲	۳۷.۸۳۳	SSA-2	۸۴۴۷	۱۴
۱۷	مهنترلو ۲	آذربایجان شرقی	۴۶.۷۱۱	۳۸.۴۷۱	Guralp	-	۱۳
۱۸	زنجان ۶	زنجان	۴۸.۴۹۳	۳۶.۶۸۳	Guralp	-	۱۳
۱۹	نمین ۱	اردبیل	۴۸.۴۷۷	۳۸.۴۲۴	Guralp	-	۱۲
۲۰	تبریز ۶	آذربایجان شرقی	۴۶.۳۹۲	۳۸.۰۲۲	SSA-2	۸۴۶۰	۱۱
۲۱	آستارا ۱	گیلان	۴۸.۸۷۰	۳۸.۴۲۲	Guralp	-	۱۱
۲۲	نیک پی	زنجان	۴۸.۱۸۱	۳۶.۸۴۹	SSA-2	۸۴۵۷	۱۰
۲۳	تبریز ۵	آذربایجان شرقی	۴۶.۳۳۲	۳۸.۱۰۱	SSA-2	۸۴۵۵	۹
۲۴	رشت ۹	گیلان	۴۹.۵۹۰	۳۷.۲۹۰	Guralp	-	۵
۲۵	مهاباد	آذربایجان غربی	۴۵.۷۱۲	۳۶.۷۶۵	Guralp	-	۴
۲۶	نقده ۱	آذربایجان غربی	۴۵.۳۸۳	۳۶.۹۶۴	Guralp	-	۴
۲۷	گرمی ۱	اردبیل	۴۸.۰۵۷	۳۹.۰۵۱	Guralp	-	۳
۲۸	پارس آباد ۱	اردبیل	۴۷.۹۲۵	۳۹.۶۵۵	Guralp	-	۳
۲۹	تاکستان ۱	قزوین	۴۹.۷۰۴	۳۶.۰۷۳	Guralp	-	۳
۳۰	ارومیه ۵	آذربایجان غربی	۴۵.۰۳۰	۳۷.۵۳۲	Guralp	-	۲
۳۱	اصلا ندوز ۱	اردبیل	۴۷.۴۰۲	۳۹.۴۴۵	Guralp	-	۲
۳۲	پیرانشهر ۱	آذربایجان غربی	۴۵.۱۴۲	۳۶.۷۰۸	Guralp	-	۱
۳۳	قطور ۱	آذربایجان غربی	۴۴.۴۰۴	۳۸.۴۷۷	Guralp	-	۱
۳۴	خلخال ۱	اردبیل	۴۸.۵۳۸	۳۷.۶۰۹	Guralp	-	۸
۳۵	خوی ۱	آذربایجان غربی	۴۴.۹۵۶	۳۸.۵۴۶	Guralp	-	۱
۳۶	ماکو ۱	آذربایجان غربی	۴۴.۴۴۴	۳۹.۲۹۵	Guralp	-	۱
۳۷	تبریز ۷	آذربایجان شرقی	۴۶.۳۲۳	۳۸.۰۶۱	Guralp	-	۶
۳۷	سلماس	آذربایجان غربی			Guralp		۱
۳۸	بيله سوار ۱	اردبیل	۴۸.۳۱۹	۳۹.۲۶۵	Guralp	-	۲

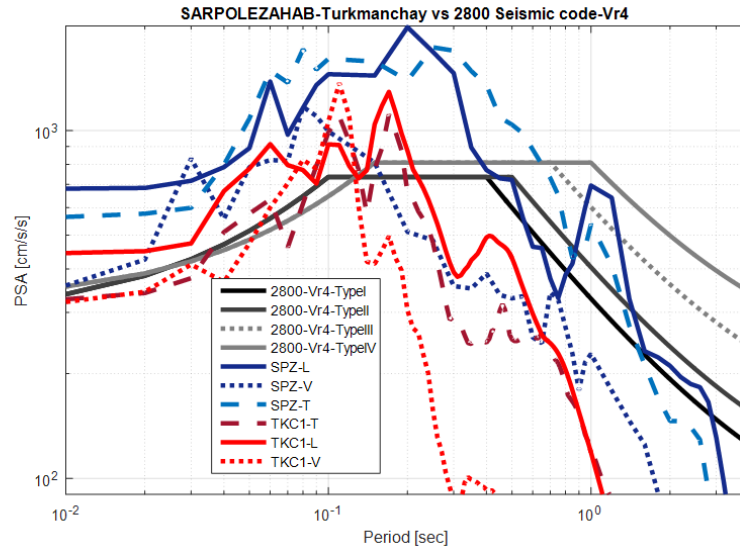


شکل ۳-۵ تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده شتابنگاشت ترکمانچای

حداکثر شتاب ثبت شده از این زمین لرزه در ایستگاه ترکمانچای و در حدود ۴۴۵ سانتی متر بر مجذور ثانیه بوده است (شکل ۳-۵). بررسی دقیق تر شتابنگاشت ثبت شده در ایستگاه ترکمانچای به عنوان یکی از مهم ترین شتابنگاشت های این زمین لرزه به لحاظ بیشینه شتاب نشان می دهد که مدت دوام مؤثر در این شتابنگاشت به حدود ۱۰ ثانیه رسیده است و پریود غالب این شتابنگاشت حدود ۰/۱۸ ثانیه هست (شکل ۳-۵).



شکل ۴-۵ طیف پاسخ شتابنگاشت ثبت شده در ایستگاه ترکمانچای

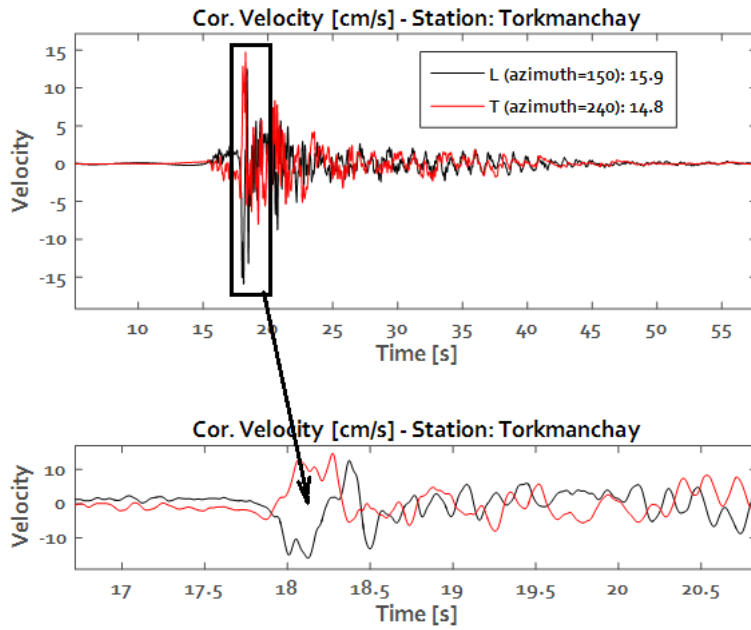


شکل ۵-۵ طیف پاسخ شتابنگاشت ثبت شده در ایستگاه ترکمانچای در مقایسه با طیف آیین نامه ۲۸۰۰ و زلزله سرپلدهاب

در شکل ۵-۵ مقایسه ای بین طیف پاسخ ایستگاه ترکمانچای و رکورد زلزله سرپلدهاب و طیف آیین نامه ۲۸۰۰ انجام شده است. همانطور که مشخص است در این زلزله نیز یک پالس پرپود بلند اگرچه کوچکتر همچون زلزله سرپلدهاب دیده میشود. این مقایسه نشاندهنده اینست که طیف ثبت شده در ایستگاه ترکمانچای از سطح طراحی در نظر گرفته شده کمتر میباشد اما در صورتیکه ایستگاه نزدیکتر به گسیختگی زلزله وجود داشت احتمالاً شتاب طیفی بالاتری بدست می آمد.

۵-۱-۱: حوزه نزدیک گسل

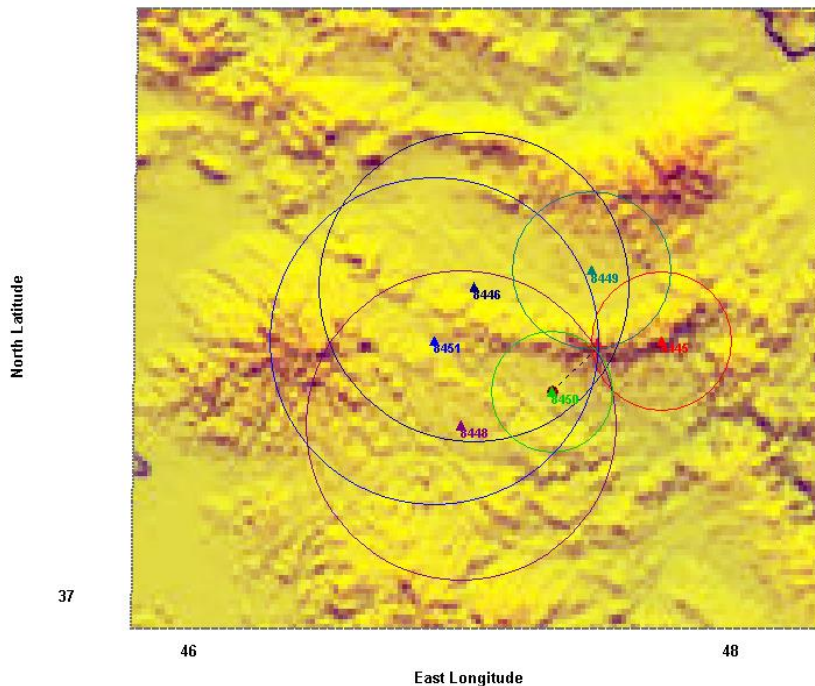
در شکل ۶-۵ تاریخچه زمانی رکورد ایستگاه ترکمانچای در حوزه سرعت مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به اینکه در تاریخچه زمانی این رکورد پالس پرپود بلند دیده میشود میتوان نتیجه گرفت که جهت پذیری زلزله از رومرکز به سمت ترکمانچای بوده که با میزان خسارت گزارش شده نیز همخوانی مناسبی دارد. همچنین رکورد سرعت برای دیگر ایستگاه‌های نزدیک به رومرکز هم مورد بررسی قرار گرفت که در ۲ ایستگاه سراب و آوین پالس جهت پذیری مشاهده نگردید.



شکل ۵-۶ تاریخچه زمانی سرعت رکورد ایستگاه ترکمنچای به همراه تصویر پالس پررود بلند آن

۵-۱-۲: تعیین محل و تعیین بزرگا

با توجه به اینکه تعدادی از شتابنگاشت‌های ثبت شده در این رویداد به خوبی شروع موج p را ثبت کرده‌اند این امکان برای ما مهیا گردید تا بتوانیم با استفاده از شتابنگاشت‌های ثبت شده مشخصات رومرکز و بزرگی گشتاوری این زمین لرزه را محاسبه نماییم (شکل ۷).



شکل ۷-۵ رومرکز محاسبه شده توسط شبکه شتاب‌نگاری برای زمین لرزه اصلی



فصل پنجم: داده‌های شتابنگاری (شبکه ملی شتابنگاری کشور). ۱۰۱/

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با استفاده از شتابنگاشت‌های ثبت شده رومرکز زمین‌لرزه را در نقطه‌ای با مختصات $37/71$ و $47/56$ و بزرگی گشتاوری ۶ محاسبه نمود. در جدول ۳-۵ مقادیر گشتاور (M_0) و بزرگی گشتاوری (M) محاسبه شده در هر ایستگاه ارائه شده است.

جدول ۳-۵: مقادیر گشتاور و بزرگی گشتاوری محاسبه شده در هر ایستگاه

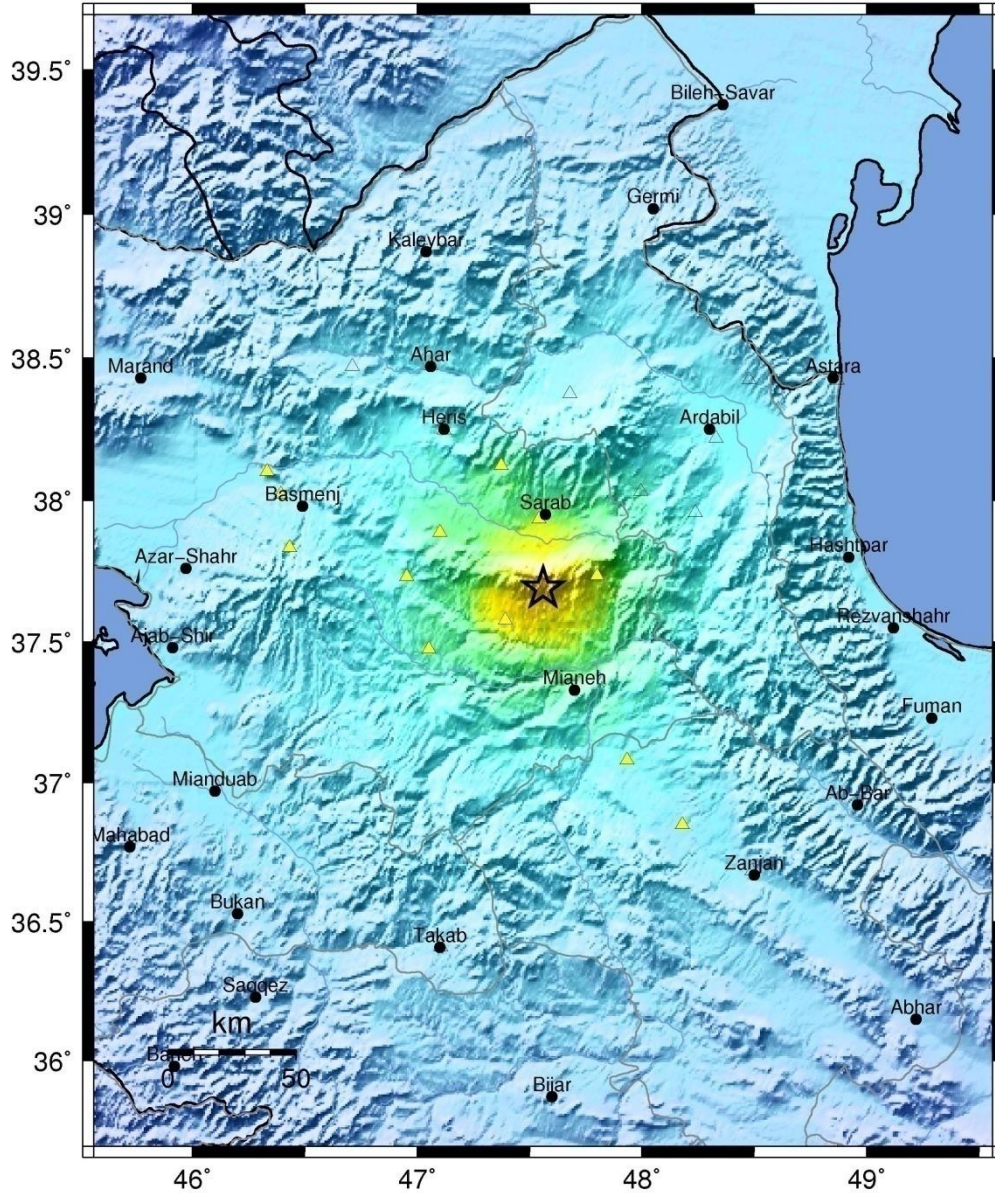
شماره رکورد	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	فاصله رومرزی (km)	M	M_0	Vs30 (m/s)
8445	Avin	37.734	47.801	21.3642	5.6667	4.47E+17	not available
8446	Sharabiyān	37.887	47.101	44.8753	6.57476	1.03E+19	484
8448	Hashtrood	37.475	47.051	51.9041	6.2044	2.86E+18	681
8449	Sarab	37.935	47.541	25.0745	6.45313	6.76E+18	406
8450	Torkmanchay	37.578	47.391	20.9008	5.49087	2.43E+17	542
8451	Tikmedash	37.731	46.953	53.4401	6.02071	1.52E+18	442
8452	Damirchi	38.123	47.373	48.7654	5.73055	5.57E+17	124
8454	Haris	38.247	47.119	71.1302	6.12284	2.16E+18	530
8459	Soltan Abad	37.08	47.934	77.453	6.03534	1.60E+18	603
مقدار میانگین					6.03	1.58447E+18	

۲-۵: برآورد شدت در منطقه

شدت زلزله که معمولاً بصورت عدد یا بصورت کیفی بیان میشود عبارت از قدرت و تاثیر زلزله بر روی سطح زمین، انسان و سازه‌های ساخته شده بر روی آن میباشد و رابطه ای مستقیم با خرابی در همان محل دارد. با توجه به مکانی که زلزله را احساس مینمایید، بر خلاف بزرگا که برای هر زلزله یک عدد ثابت است، شدت‌های مختلفی برای یک زلزله وجود دارد که با توجه به دوری یا نزدیکی از رومرکز زلزله میتواند کم یا زیاد باشد. به عنوان مثال برای مناطق با شدت کم یا خیلی کم احتمال وقوع خسارت خیلی کم خواهد بود. با استفاده از داده‌های ثبت شده از این زمین لرزه توسط دستگاه‌های شبکه شتابنگاری، نقشه‌های پهنه‌بندی شدت، شتاب، سرعت و عدم قطعیت این برآوردها هم تهیه گردید که در ادامه آمده است (شکل ۵-۸ الی شکل ۵-۱۱). بر این اساس بیشترین شدت در مناطق حدفاصل آوین تا ترکمانچای در حدود نزدیک به ۷ در مقیاس مرکالی اصلاح شده مشاهده گردید.

BHRC ShakeMap : TorkmanChay

Thu Nov 7, 2019 22:47:05 GMT M 6.0 N37.69 E47.56 Depth: 10.0km ID:IR201911072247



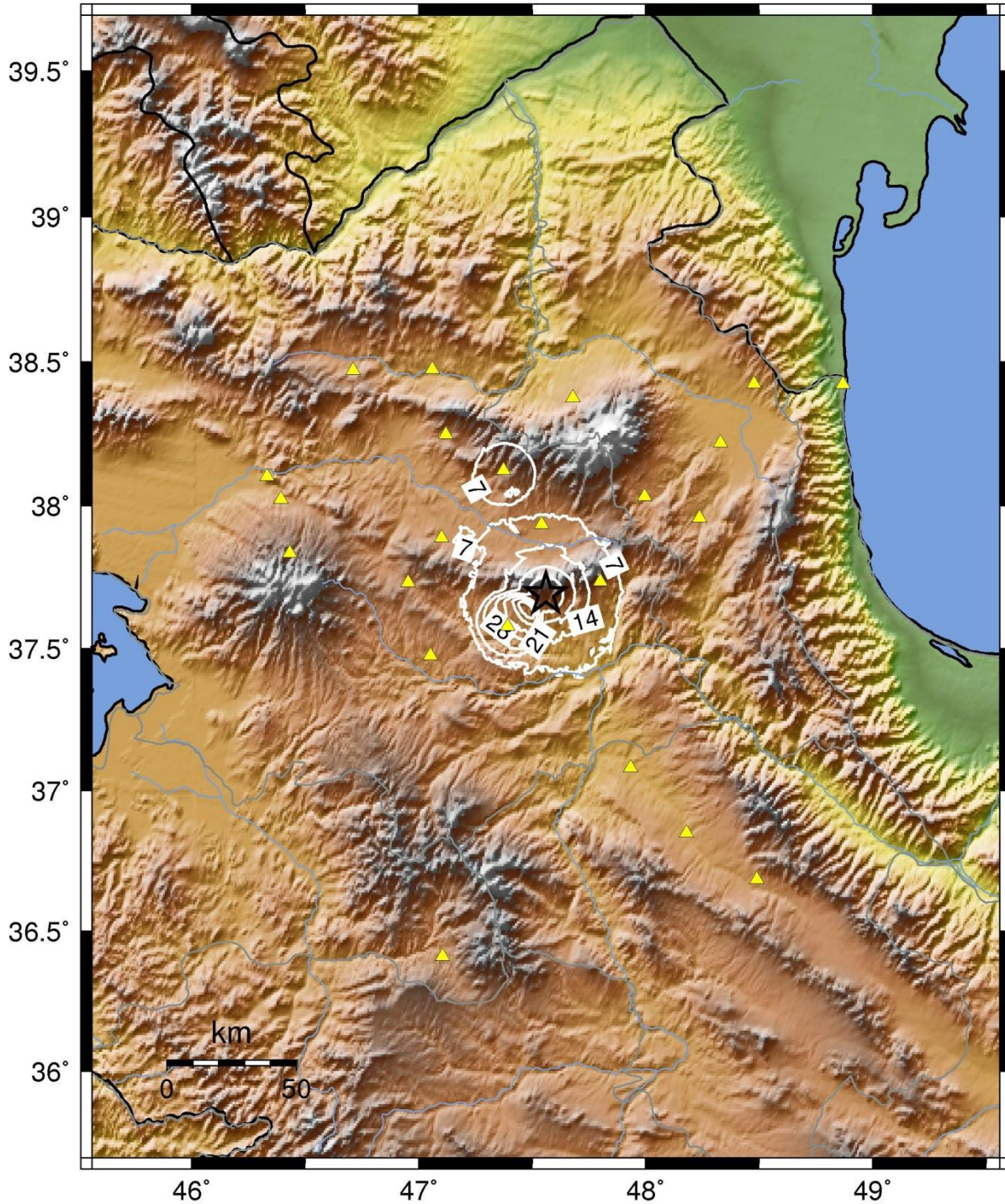
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

شکل ۵-۸ نقشه لرزش زمین بر اساس پارامتر شدت



BHRC Peak Accel. Map (in %g) : TorkmanChay

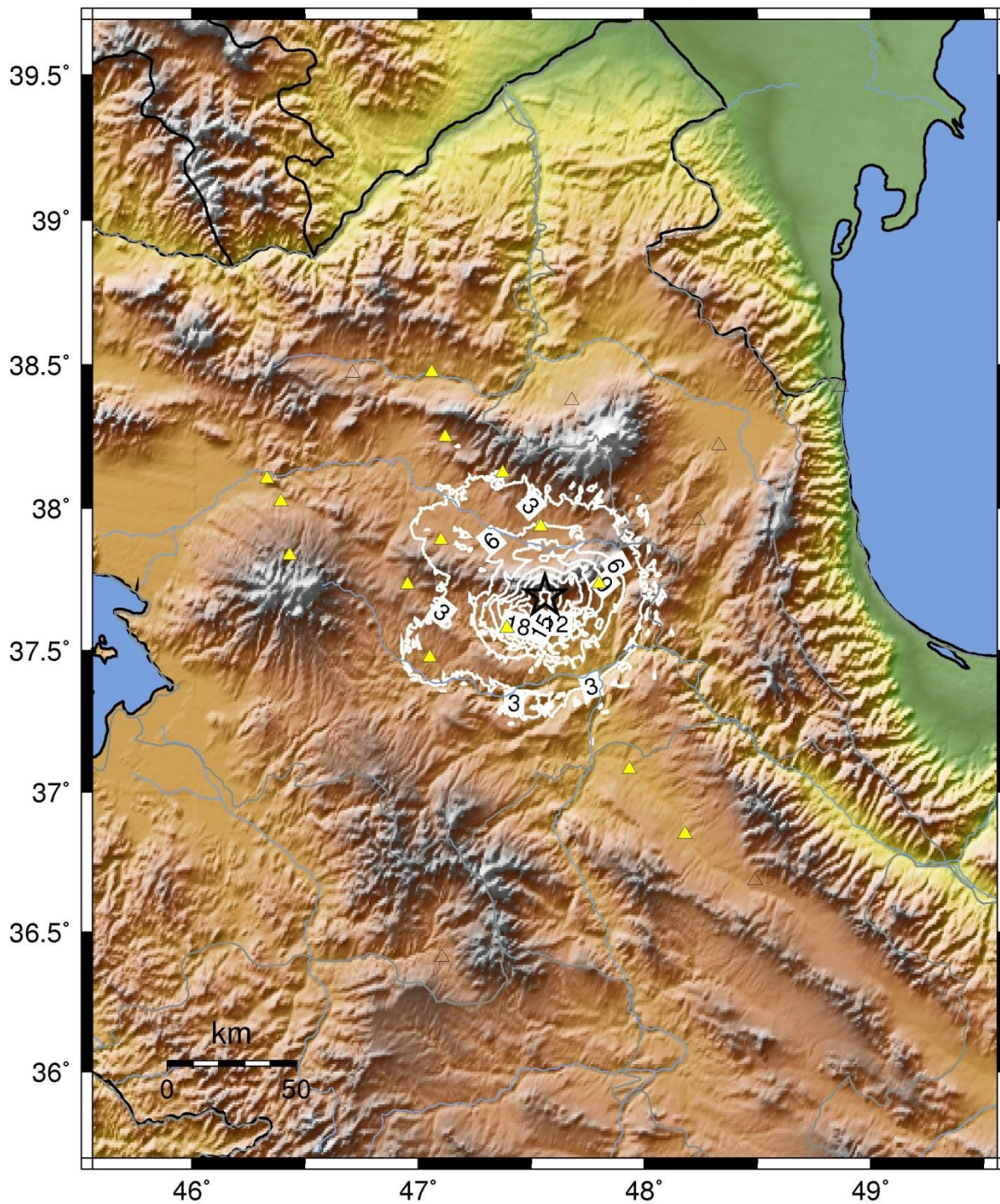
Thu Nov 7, 2019 22:47:05 GMT M 6.0 N37.69 E47.56 Depth: 10.0km ID:IR201911072247



شکل ۵-۹ نقشه لرزش زمین بر اساس پارامتر شتاب

BHRC Peak Velocity Map (in cm/s) : TorkmanChay

Thu Nov 7, 2019 22:47:05 GMT M 6.0 N37.69 E47.56 Depth: 10.0km ID:IR201911072247

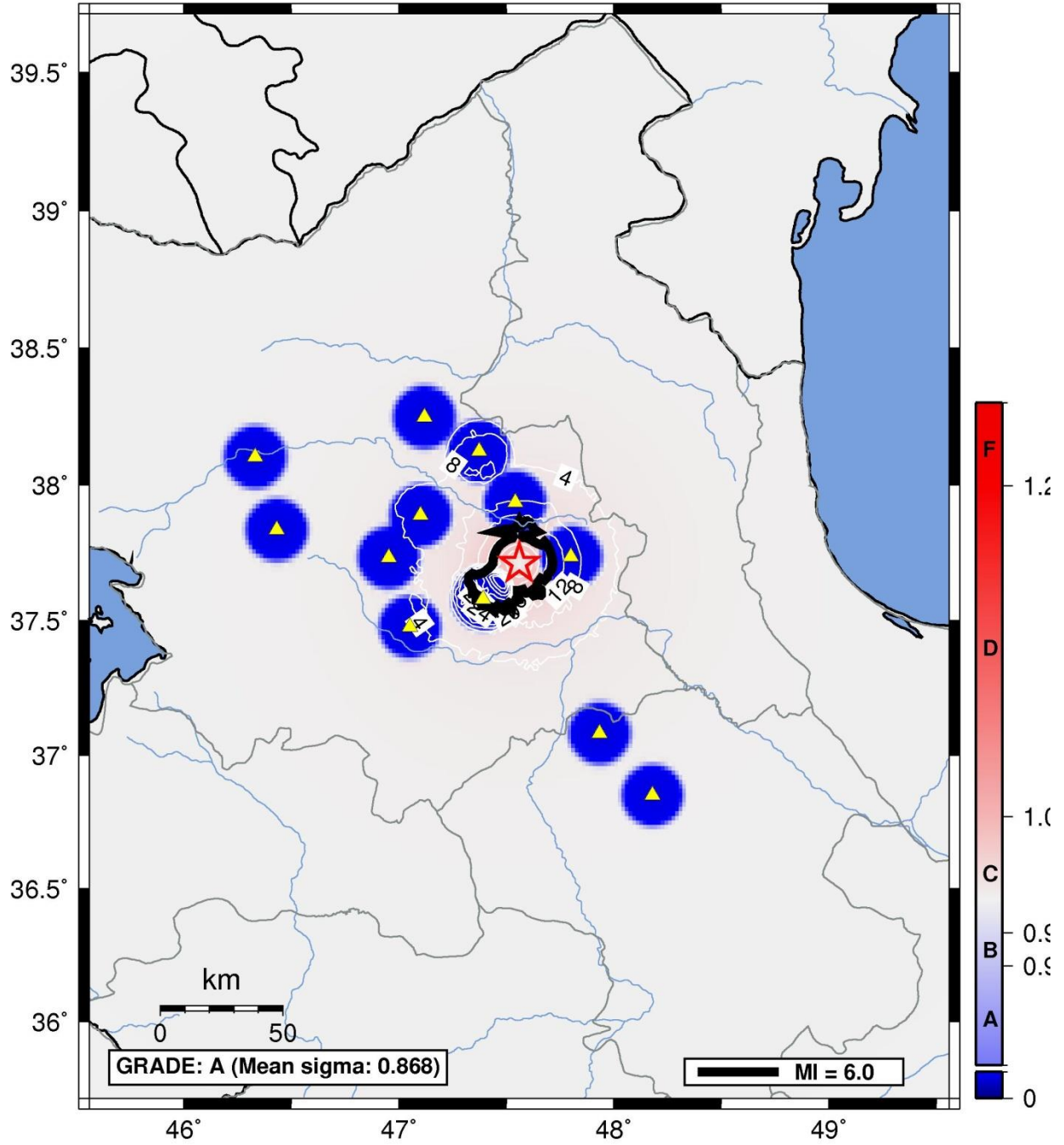


شکل ۵-۱۰ نقشه لرزش زمین بر اساس پارامتر سرعت



BHRC Uncertainty Ratio Map : Torkamanchay

Thu Nov 7, 2019 22:47:05 GMT M 5.9 N37.71 E47.56 Depth: 10.0km ID:IR201911072247

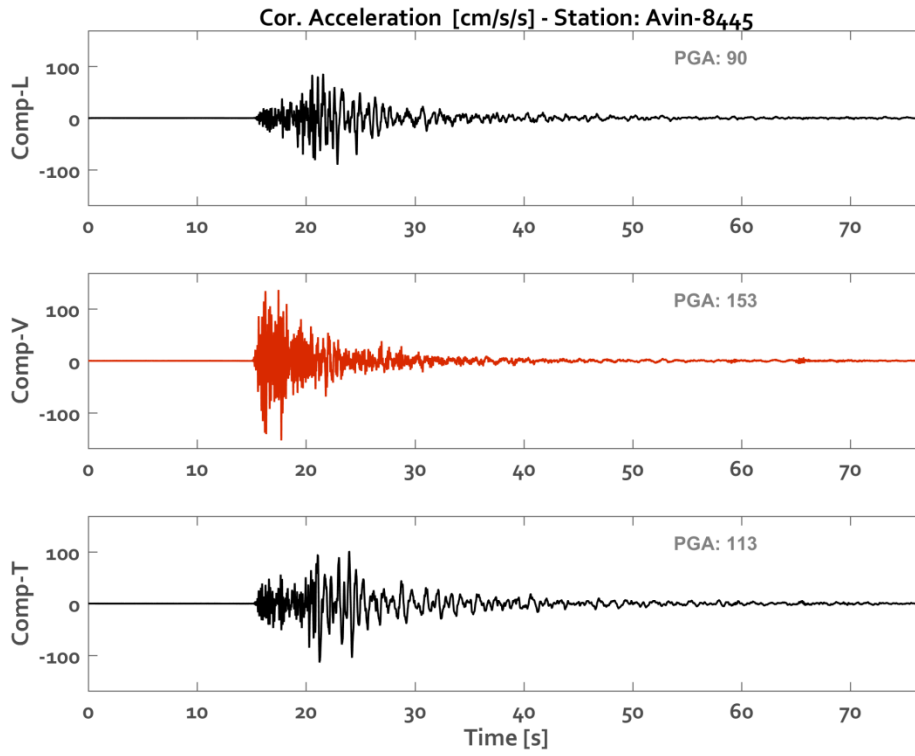


شکل ۱۱-۵ نقشه نسبت عدم قطعیت نقشه‌های لرزش برای زمین لرزه اصلی

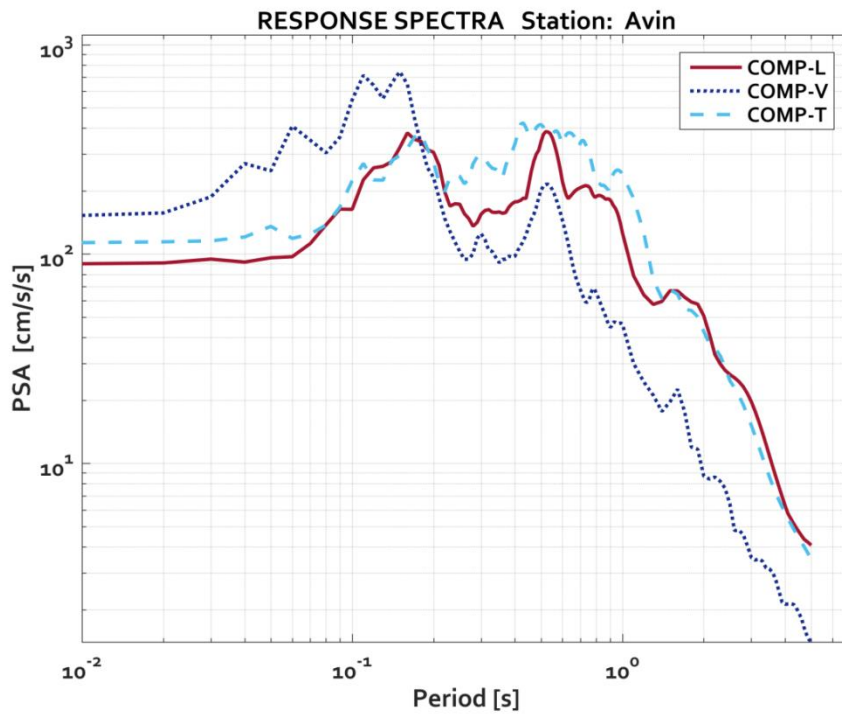
پیوست

تاریخچه‌های زمانی مهم‌ترین شتاب‌نگاشت‌های ثبت‌شده از زمین‌لرزه اصلی

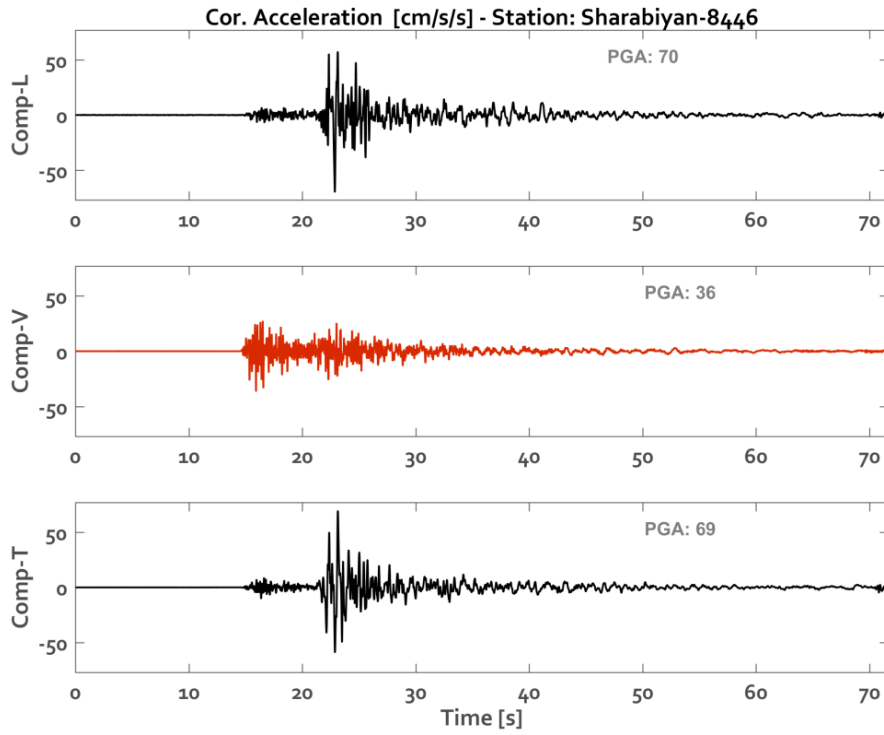
به همراه طیف‌های پاسخ



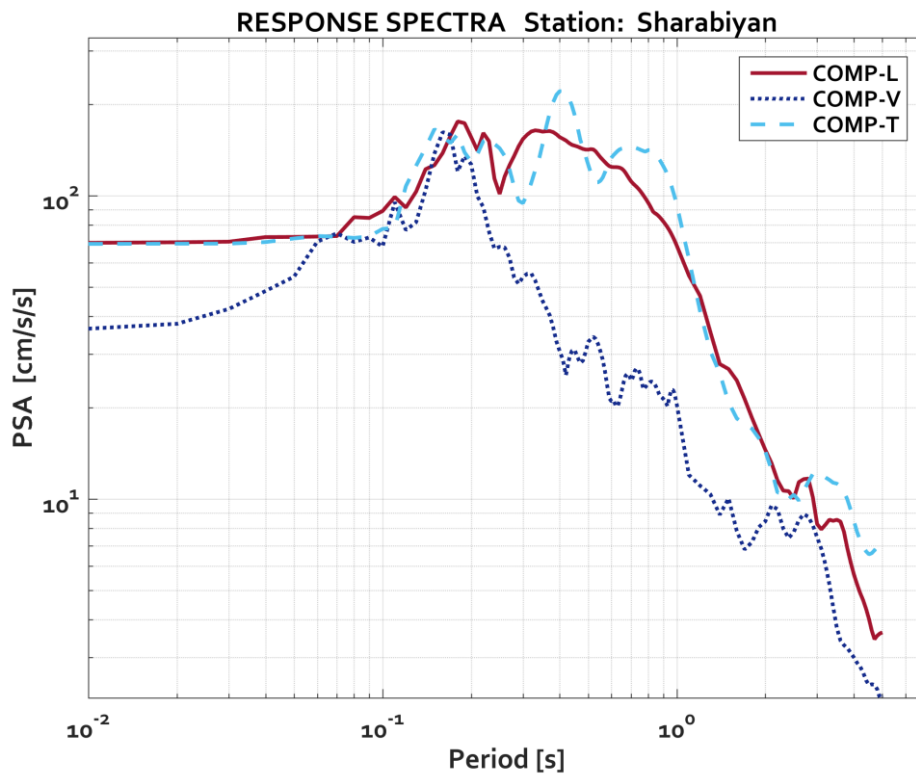
تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده ایستگاه آوین



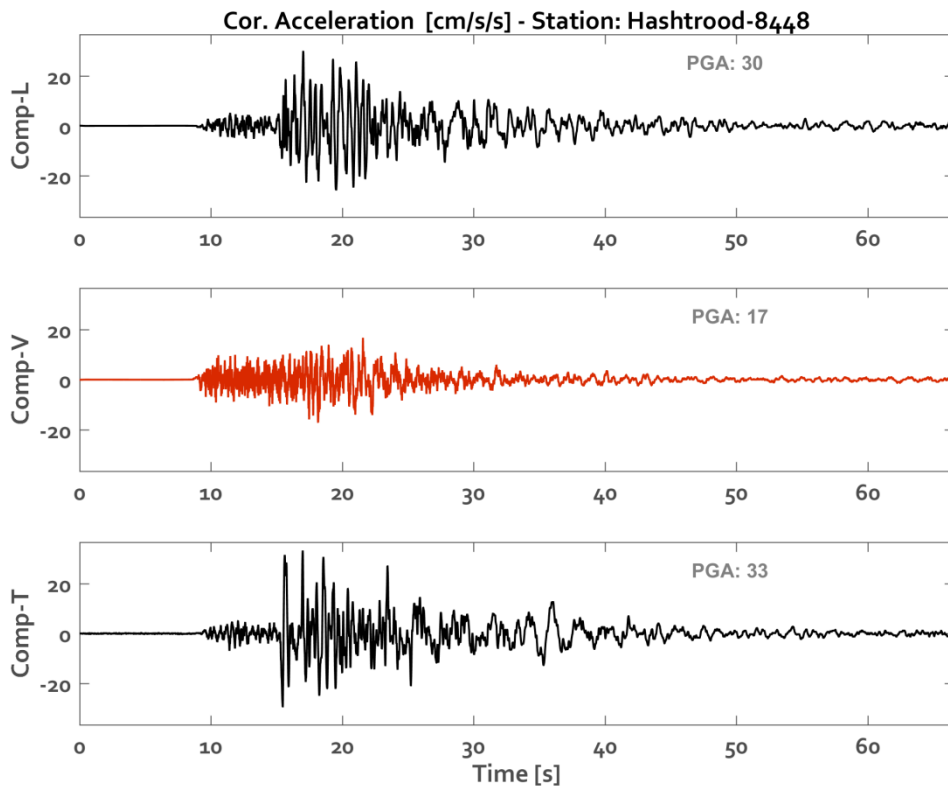
طیف پاسخ شتاب ایستگاه آوین



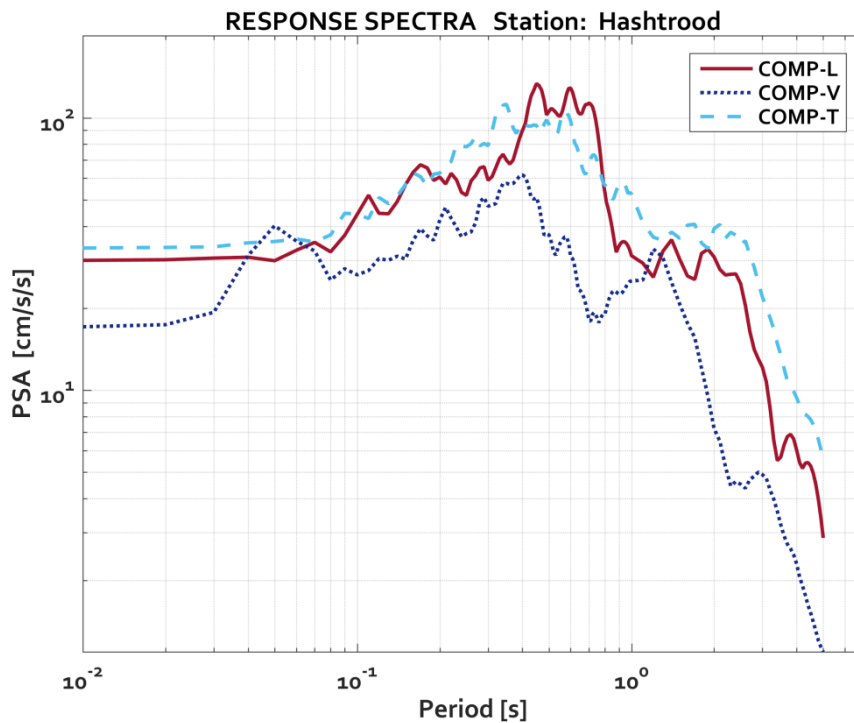
تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده ایستگاه شربیان



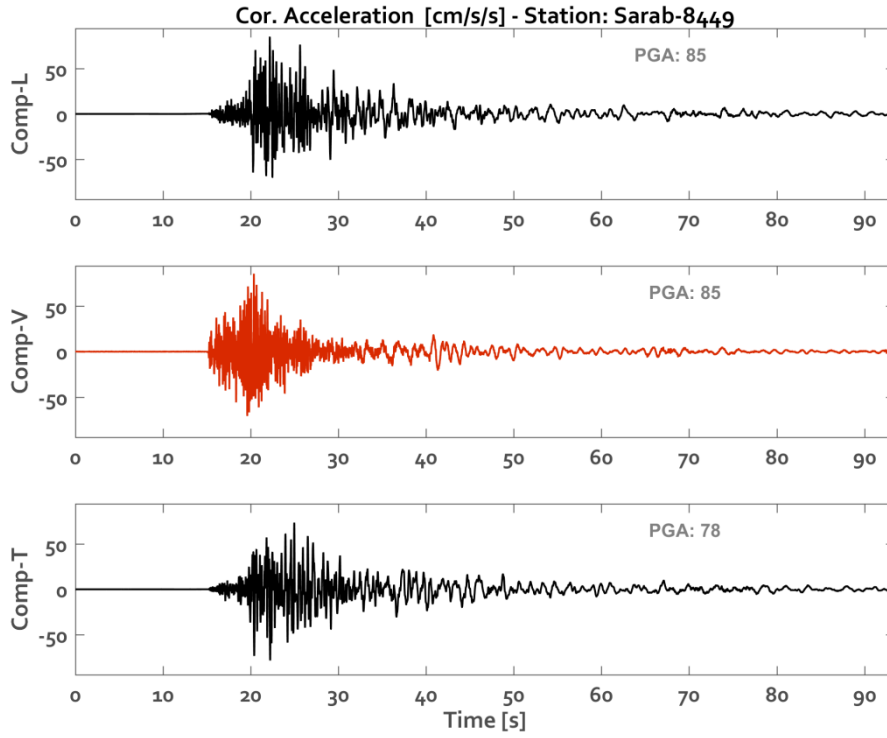
طیف پاسخ شتاب ایستگاه شربیان



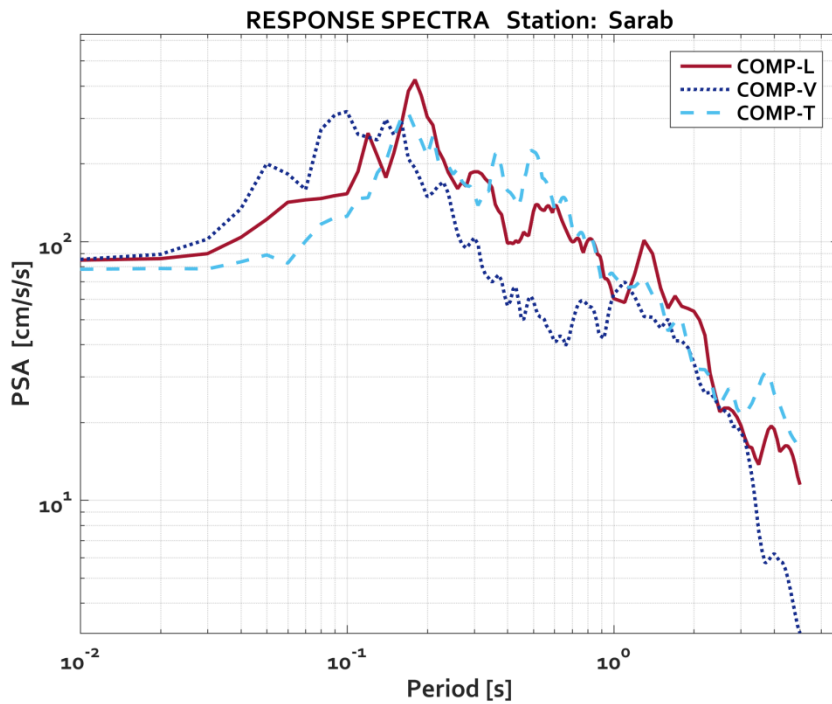
تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده ایستگاه هشترود



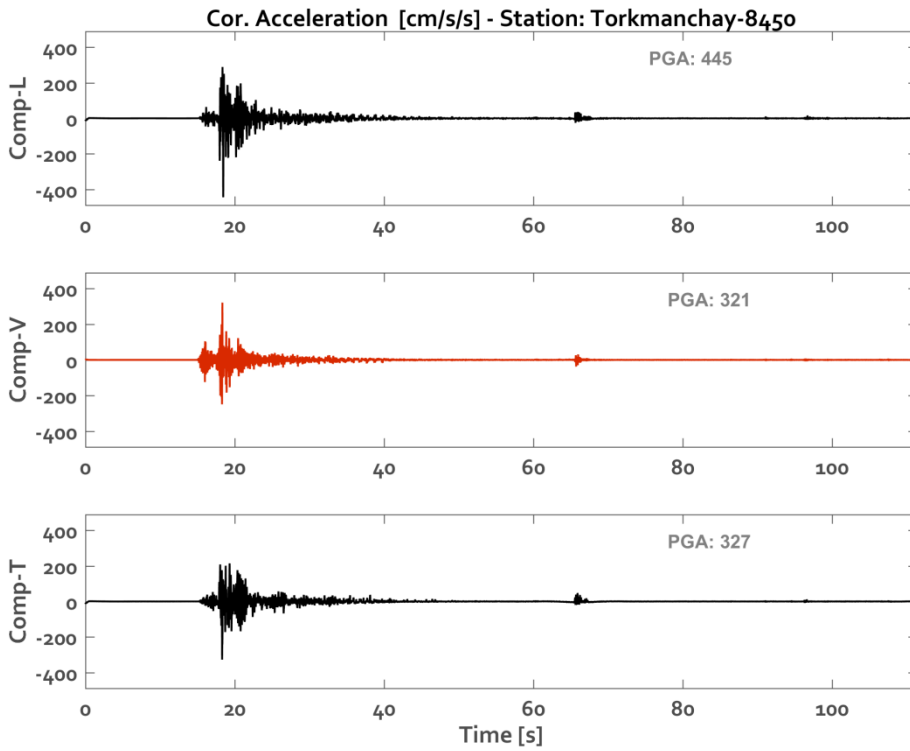
طیف پاسخ شتاب ایستگاه هشترود



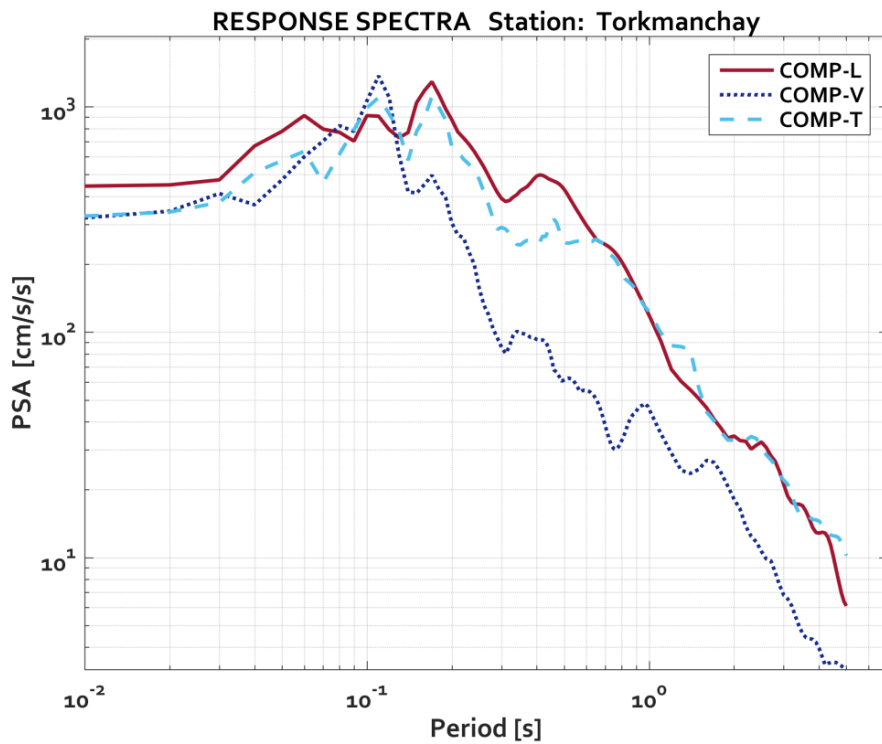
تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده ایستگاه سراب



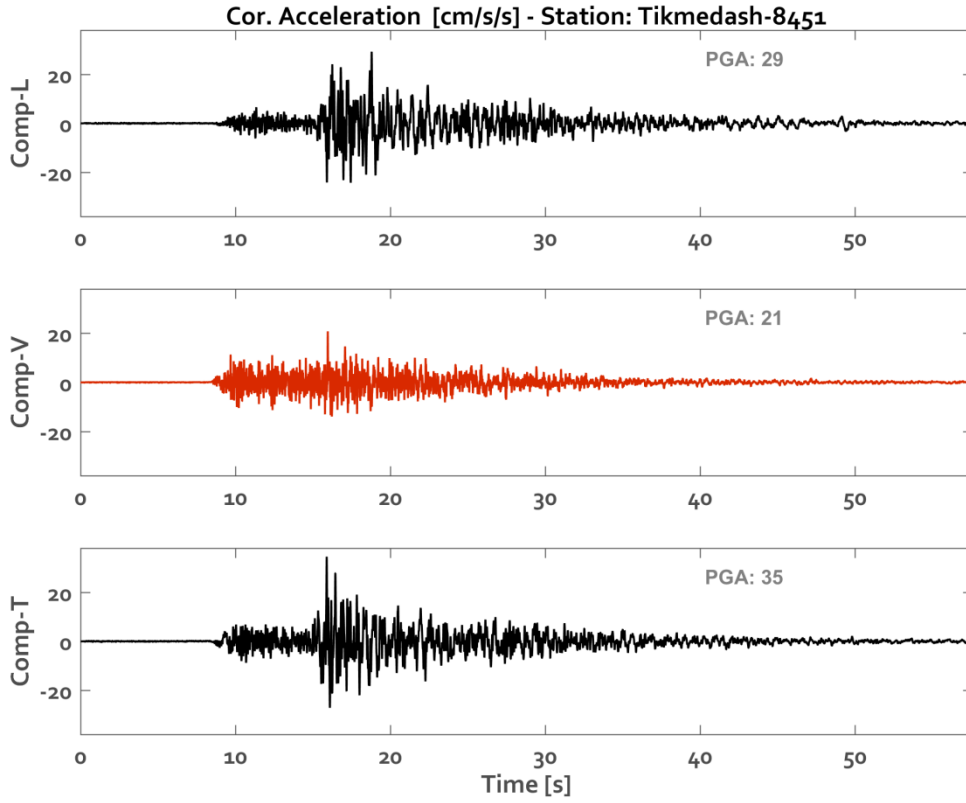
طیف پاسخ شتاب ایستگاه سراب



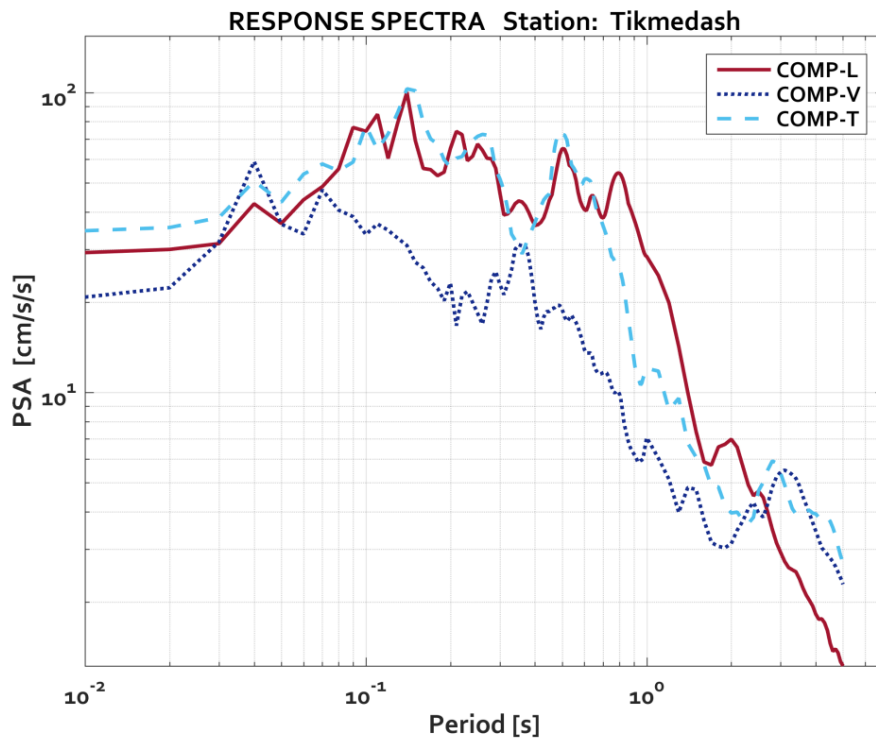
تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده ترکمانچای



طیف پاسخ شتاب ایستگاه ترکمانچای



تاریخچه زمانی شتاب اصلاح شده تیکمه داش



طیف پاسخ شتاب ایستگاه تیکمه داش

فصل ششم: پیشنهادات

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته و بازدیدهای میدانی بعمل آمده و بررسی موارد مهم تاثیرگذار، پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد:

- نظر به فصل سرما در مناطق زلزله زده، ضرورت ویژه دارد تا نسبت به سامان بخشی صحیح اسکان اضطراری مردم روستاهای آسیب دیده اقدام جدی به عمل آید. برودت هوا در منطقه و وزش بادهای سرد و بارش برف از موارد مهم پیرامون تصمیم‌گیری در خصوص اسکان اضطراری می‌باشند (قابل ذکر است که چادر جوابگوی نیاز مردم از حیث ایمنی و دما نمی‌باشد).

- تجربه رخداد زلزله ترکمانچای در فصل سرما (که اجازه عملیات ساخت و ساز فوری را نمی‌دهد) نشان داد که کشور در هر حال نیازمند تولید انبوه مدل مناسبی از اسکان موقت پس از زلزله می‌باشد. پیشنهاد می‌نماید با توجه به مطالعات و اقدامات انجام یافته در کشور، در خصوص ساخت نمونه‌هایی از مدل مناسب اسکان موقت با توجه به مناسب نبودن الگوهای قدیمی اسکان موقت مانند کانکس اقدام جدی صورت پذیرد.

- نظر به تخریب ساختمان‌های خشتی، گلی و سنگی که انسجام لرزه‌ای مناسبی در آنها وجود ندارد، پیشنهاد می‌نماید تا با تعریف طرح‌های سریع و گسترده، نسبت به جایگزینی این‌گونه ساختمان‌ها با الگوهای مقاوم در برابر زلزله (الگوهای مصالح بنایی کلافدار و یا ساختمان‌های دارای اسکلت) در یک بازه زمانی محدود و منطقی اقدام عاجل صورت پذیرد.

- با توجه به آسیب‌دیدگی تعداد زیادی از علمک‌های گاز در مناطق زلزله زده به دلیل بروز ضربه از دیوارهای غیرمقاوم و ناپایدار کناری و یا قرار گرفتن علمک‌ها زیر بار آوار این‌گونه دیوارها، پیشنهاد می‌گردد تا طراحی‌های لازم جهت استحکام بیشتر این المان‌های حساس در شبکه گاز صورت پذیرد.

- با توجه به تلف شدن تعداد قابل توجهی از دام در مناطق زلزله زده بر اثر تخریب محل نگهداری آنها، و همچنین با توجه به نبود الگوهای مناسب از حیث پایداری لرزه ای برای محل های نگهداری دام ها، پیشنهاد می گردد که نسبت به ساخت مناسب و یا مقاوم سازی اینگونه بناها اقدام عاجل صورت پذیرد.

- ارزیابی های صورت گرفته در مناطق تحت تاثیر زلزله، نشان دهنده آسیب پذیری ساختمان های اسکلت دار از حوزه دیوارها و اجزای غیرسازه ای بوده است. پیشنهاد می گردد جهت کاهش ریسک لرزه ای ساختمان ها در مناطق لرزه خیز، معیارهای مطرح شده در "راهنمای طراحی سازه ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه ای" در اجرای ساختمان های آتی و همچنین بهسازی ساختمان های موجود مورد توجه ویژه قرار گیرند.



منابع

- ۱- سلیمانی آزاد، ش.، فلیپ، ه.، حسامی آزر، خ.، دومینگز، ا. ۱۳۸۸، چگونگی رویداد گسلش زمین‌لرزه‌ای در منتهی الیه جنوب‌شرقی شبکه گسلی گیلاتو- سیاه چشمه- خوی و نقش آن در بررسی‌های برآورد خطر زمین‌لرزه در شمال‌غرب ایران. بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، بهمن ۱۳۸۸، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ میانه - سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۳- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب - سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۴- آئین نامه ۲۸۰۰ ویرایش ۴.
- ۵- اطلاعات ادارات راه و شهرسازی شهرستان‌های میانه و سراب.
- ۶- اطلاعات اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی.
- ۷- اطلاعات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- ۸- اطلاعات شرکت گاز استان آذربایجان شرقی.

9- Agard, P., Omrani, j., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie P., Meyer, B., and Wortel, R. 2011. "Zagros orogeny: A subduction-dominated process" *Geol. Mag.* 148, 692–725.

10- Faridi, M., Burg, J.-P., Nazari, H., Talebian, M., Ghorashi, M. 2017, Active Faults Pattern and Interplay in the Azerbaijan Region (NW Iran). *Geotectonics*, 2017, Vol. 51, No. 4, pp. 428–437.

11- J. Jackson, 1992 "Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkey and the Caucasus," *J. Geophys. Res. B* 97, 12471-12479.

12- Pondard, N., Armijo, R., King, C.P. Geoffrey., Meyer, B., Flerit, F. 2017, Fault interactions in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): earthquake clustering and propagating earthquake sequences. *Geophys. J. Int.* (2007) 171, 1185–1197.

13- Stein, R.S., Barka, A.A. & Dieterich, J.H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering, *Geophys. J. Int.*, 128, 594–604.

14- Vernant, P. 2015 "What can we learn from 20 years of inter-Seismic GPS measurements across strike-slip faults ". *Tectonophysics* 644–645, 22–35.

