مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

گزارش زلزله ۵٫۱ دماوند

رخداد مورخه ۱۹-۲-۱۳۹۹ ساعت ۴۸:۲۱:۰۰ جمعه

بخش زلزله شناسی مهندسی و خطرپذیری

بکوشش:

دکتر علی بیت اللهی

و با همکاری:

نگار سودمند، مجتبی بصیری، معصومه سلیمانی، مرتضی مهدوی، یگانه موسوی، زهرا بهرامیان

۱۳۹۹-۲-۲۸

پیشگفتار

این گزارش به دلیل وقوع زلزله ۵٫۱ دماوند، مورخه ۱۹-۲-۱۳۹۹ ساعت ۴۸:۲۱:۰۰ روز جمعه در ۴۰ کیلومتری مرز شرقی حوزه شهری تهران و به‌دلیل اهمیت بسیار بالای این محدوده، به‌ویژه پهنه‌ای که گسل شمال تهران و مشاء با هم تلاقی کرده و لرزه‌خیزی بالائی را نسبت به غرب تهران به این منطقه تحمیل کرده‌اند، به نگارش درآمده است.

گزارش بعد از وقوع زلزله و با هدف ارائه سریع اطلاعات آن به نگارش درآمده است، پرواضح است که با گذشت زمان، اطلاعات بیشتری از مدل توزیع پسلرزه‌ها بدست می‌آید و همچنین اطلاعات از اثرات تخریبی آن بیشتر خواهد بود. اما با توجه به ضرورت ارائه اطلاعات کارشناسی اولیه، تلاش بعمل آمده است تا در حد دسترسی به مجموعه اطلاعات موجود، گزارش مناسبی تهیه گردد.

این گزارش بکوشش:

دکتر علی بیت اللهی

و با همکاری:

- نگار سودمند
- معصومه سلیمانی
- مجتبی بصیری
- مرتضی مهدوی
- یگانه موسوی
- زهرا بهرامیان

به نگارش درآمده است.

فهرست مطالب

۱-خلاصه ای از زلزله ۵,۱ دماوند..... ٤

۲-مختصات زلزله ۵,۱ دماوند..... ٥

۳-پسلرزه‌های زلزله ۵,۱ دماوند..... ٥

۴-گسل مسبب زلزله ۵,۱ دماوند..... ۷

۵-زمین شناسی و تکتونیک گستره رومرکز ۱۰

۶-لرزه خیزی گستره رومرکز و اطراف آن ۱٦

۷-شتاب‌های ثبت شده زلزله ۵,۱ دماوند ۲۰

۸-مراکز جمعیتی و واحدهای مسکونی اطراف رومرکز ۲۳

۹-خسارت‌های ساختمان ها و زیرساخت‌ها در زلزله ۵,۱ دماوند ۲٦

۱۰-مدیریت بحران زلزله ۵,۱ دماوند ۲۷

۱۱-پیشنهادات..... ۳۰

منابع..... ۳۲

۱- خلاصه ای از زلزله ۵,۱ دماوند

بنا به گزارش مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، زلزله‌ای با بزرگی ۵,۱ در محدوده ۷ کیلومتری شمال دماوند و در مجاورت روستای مشاء با مختصات ۵۲,۰۵ طول و ۳۵,۷۸ عرض و عمق کانونی ۷ کیلومتری در ساعت ۰۰:۴۸ روز جمعه ۱۹ اردیبهشت رخ داد. عمق کانونی زلزله بنا برگزارش مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۷ کیلومتر بوده است.

در ساعت ۲۳:۳۰ روز پنجشنبه ۱۸ اردیبهشت ماه، حدود یک‌ساعت و ۲۰ دقیقه قبل؛ پیشلرزه‌ای با بزرگی ۲,۹ در ۱ کیلومتری رومرکز زلزله ۵,۱ رخ می‌دهد. هر دو این زلزله‌ها در مجاورت امتداد گسل مشاء واقع شده و گسل مشاء با احتمال بالائی، گسل مسبب این زمین‌رزه است.

قبل از رخداد زلزله ۵,۱ دماوند، در ساعت ۲۳:۳۰ روز پنجشنبه (حدود یک‌ساعت و بیست دقیقه قبل)، خرد لرزه‌ای با بزرگی ۲,۹ نیز در محدوده نزدیک به رومرکز زلزله، رخ می‌دهد که به‌عنوان پیشلرزه زلزله اصلی تلقی می‌شد. بعد از رخداد زلزله ۵,۱، تا زمان تدوین و تکمیل گزارش، ۱۵ پسلرزه با بزرگی ۲,۵ و یا بزرگتر از آن در حوالی محدوده رومرکز زلزله در امتداد گسل مشاء ثبت شده است که بزرگترین آن ۳,۹ و آخرین پسلرزه تا زمان تدوین گزارش پیش رو، زلزله ۳,۱ در ساعت ۱۶:۴۱:۳۰ روز ۲۰-۲-۱۳۹۹ بود.

گسل شمال تهران و گسل مشاء در محدوده جنوب لواسان و در حوالی روستای ایرا در حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلومتری غرب رومرکز زلزله ۵,۱ با هم تلاقی دارند. پایش خردلرزه‌ها مهمترین ابزار ارزیابی روند آتی فعالیت گسله‌های این ناحیه مهم است. رومرکز زلزله ۵,۱، از مرز شرقی شهر تهران، ۴۲ کیلومتر و از مرکز شهر حدود ۶۰ کیلومتر فاصله دارد. نزدیکترین شهرها به رومرکز زلزله، دماوند، آبعلی و رودهن بترتیب در فواصل ۷، ۸ و ۱۴ کیلومتری و نزدیکترین آبادی‌ها به محل وقوع زلزله، مشاء، دشتک، قلعه دختر، پیست آبعلی، پلور، زیار، کمپ سد لار، هزاردشت، سادات محله و لونه در فاصله ۳ تا ۱۰ کیلومتری اند.

طبق اعلام مسئولین اورژانس تا لحظه تدوین گزارش این زلزله دو کشته (یک مرد ۶۰ ساله حین فرار بر اثر تروما از ناحیه سر و یک زن ۲۱ ساله بر اثر ایست قلبی) و ۲۳ مصدوم داشت که ۱۲ تن مصدومیت جدی و ۱۱ نفر مصدوم ناشی از ترس یا فرار داشتند که در محل درمان و یا پس از اعزام به مراکز درمانی ترخیص شدند.

در اثر رخداد این زمین لرزه در تعدادی از روستاهای منطقه ترک‌های خفیف در دیواره منازل و حیاط خانه‌ها و نیز در محل نگهداری احشام ایجاد شد که منجر به ریزش و یا تخریب کامل نشده است.

در مسیر جاده هراز، بصورت موضعی ریزش سنگ موجب انسداد مسیر در یک لاین گردید که با حضور پرسنل راهداری در همان دقایق اولیه زلزله رفع انسداد گردید.

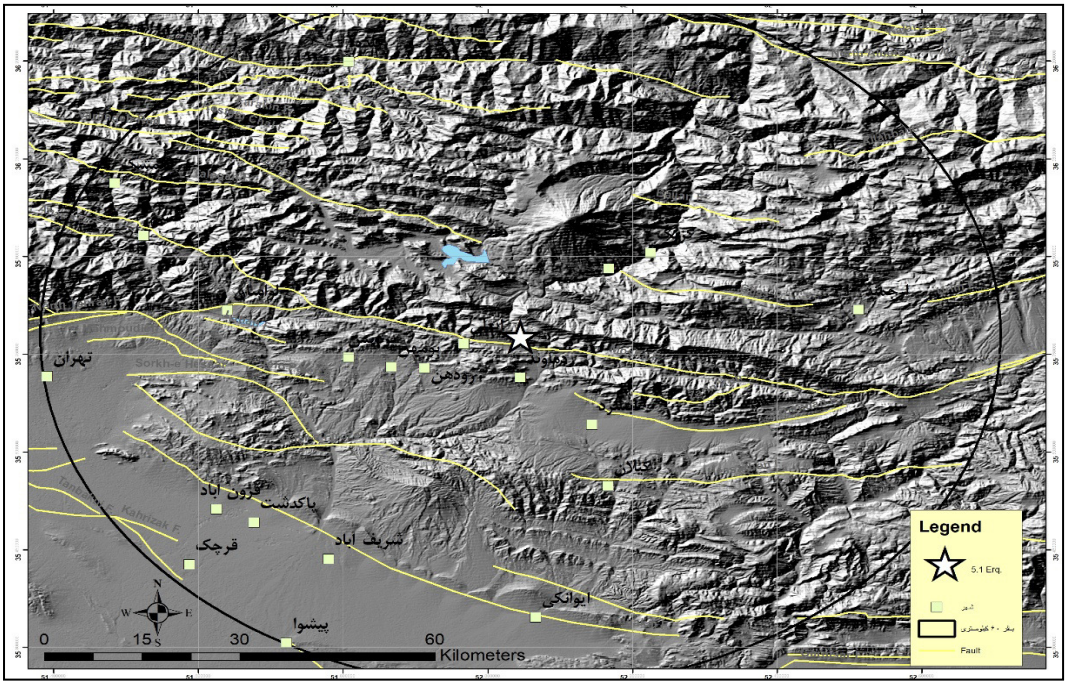
استرس ناشی از رخداد زلزله در محدوده شهر تهران، پردیس، دماوند، رودهن و بومهن و سایر مراکز جمعیتی اطراف رومرکز موجب خروج شتابان مردم از منازل مسکونی و گذراندن ساعات اولیه روز جمعه ۱۹ اردیبهشت در فضای باز گردید.

بطور کلی در محدوده ۶۰ کیلومتری اطراف این زلزله شدت ۴ زلزله محسوس بوده است که در این محدوده تعداد ۱۸

شهر و ۴۲۹ روستا واقع شده است. جمعیتی که این زلزله را بطور کامل احساس کرده‌اند بالغ بر ۱۰ میلیون نفر ارزیابی شده است. حدود ۱۱٪ واحدهای مسکونی شهری و حدود ۶۳٪ واحدهای مسکونی روستائی فاقد اسکلت می‌باشند. تعداد کل واحدهای مسکونی فاقد اسکلت تا شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف زلزله(که شعاع تقریبی شدت ۴ این زمین‌لرزه است) حدود ۳۵۰ هزار واحد و جمعیت ساکن در چنین واحدهای با مقاومت پائین در برابر زلزله، حدود ۱ میلیون نفر است(آمار سال ۱۳۹۵).

۲- مختصات زلزله ۵,۱ دماوند

در ساعت ۰۰:۴۸:۲۱ ، ۱۳۹۹/۰۲/۱۹ زمین لرزه‌ای با بزرگای ۵,۱ در مرز استان‌های تهران و مازندران حوالی شهر دماوند رخ داده است که در استان‌های تهران، قم، مازندران، البرز و سمنان این زمین‌لرزه حس گردید. رومرکز این زمین‌لرزه که توسط مرکز لرزه‌نگاری کشوری گزارش شده است در طول جغرافیایی ۵۲,۰۴۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵,۷۷۷ درجه شمالی و عمق آن ۷ کیلومتر برآورد شده است، زلزله مذکور در ۶ کیلومتری دماوند و ۱۳ کیلومتری رودهن و ۴۲ کیلومتری شرقی مرز محدوده شهری تهران از سوی شرق و ۶۰ کیلومتری از مرکز شهر تهران قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت رومرکز زلزله و مورفولوژی گستره رومرکزی نشان داده شده که قله دماند، عارضه اصلی مورفولوژیکی ناحیه در شمال رومرکز بوده که پای دامنه آن از زلزله ۷ کیلومتر و قله آن در امتداد مستقیم ۱۷ کیلومتر با نقطه رومرکز زلزله فاصله دارد.

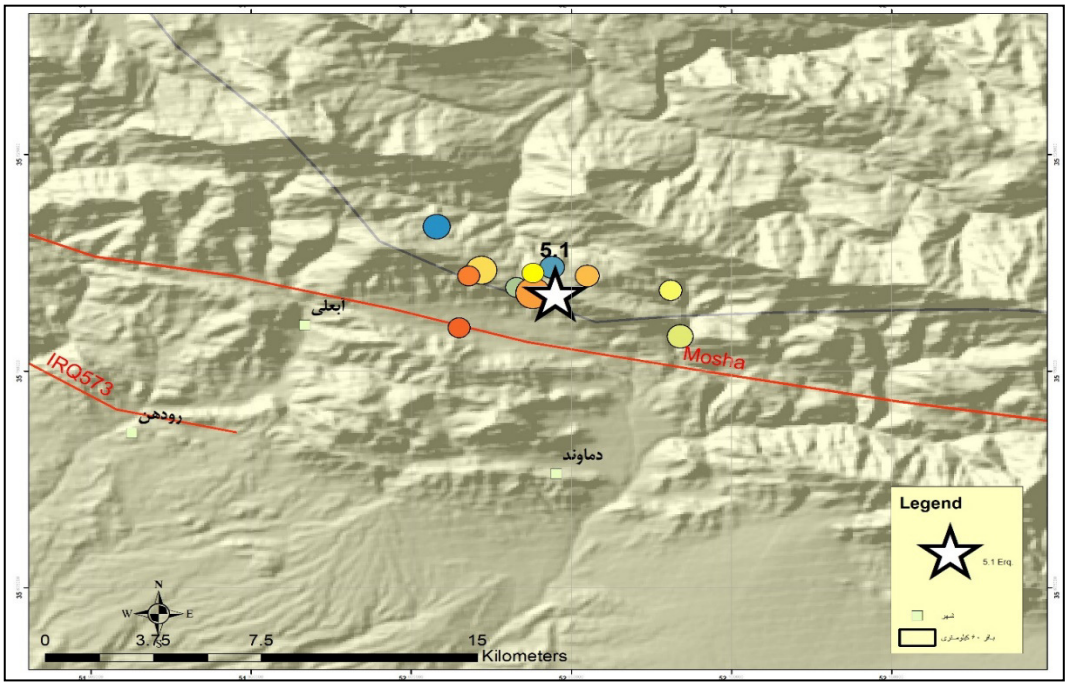


شکل ۱- موقعیت رومرکز زلزله ۵,۱ دماوند

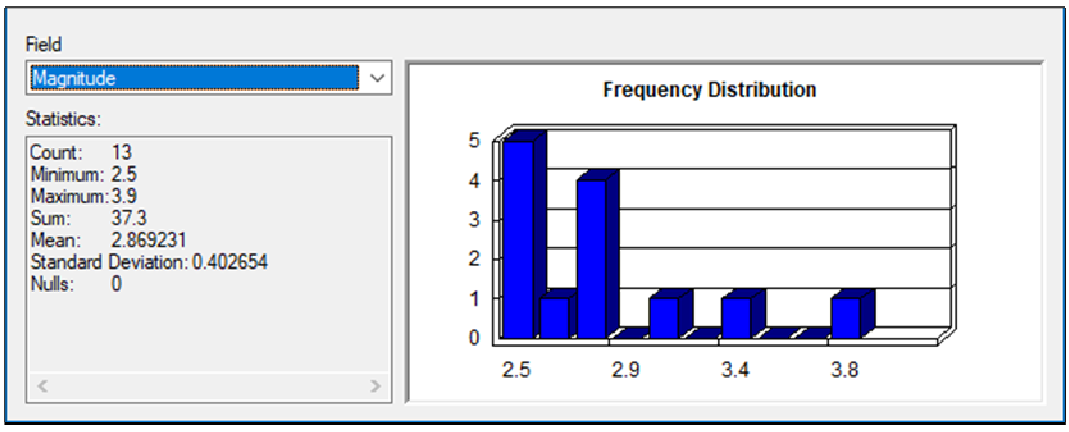
۳- پسلرزه‌های زلزله ۵,۱ دماوند

با گذشت کمتر از ۴۸ ساعت، تعداد ۱۴ پسلرزه با بزرگی ۲,۵ و بزرگتر از آن در منطقه به‌وقوع پیوسته است. قطعا تعداد

پسلرزه‌های با بزرگی کوچکتر به‌مراتب بیشتر است که بدلیل عدم دسترسی برخط به این داده‌ها در مورد تعداد و نحوه پراکنش آنها اطلاعاتی در دست نیست. در شکل ۲ توزیع پسلرزه‌ها بر مبنای بزرگی و زمان وقوع (از طیف آبی، پس‌لرزهای قدیمی‌تر، به طیف قرمز، پسلرزه‌های جدیدتر) و در شکل ۳ توزیع آماری پس‌لرزه‌ها بر مبنای بزرگی آنها نشان داده شده است.

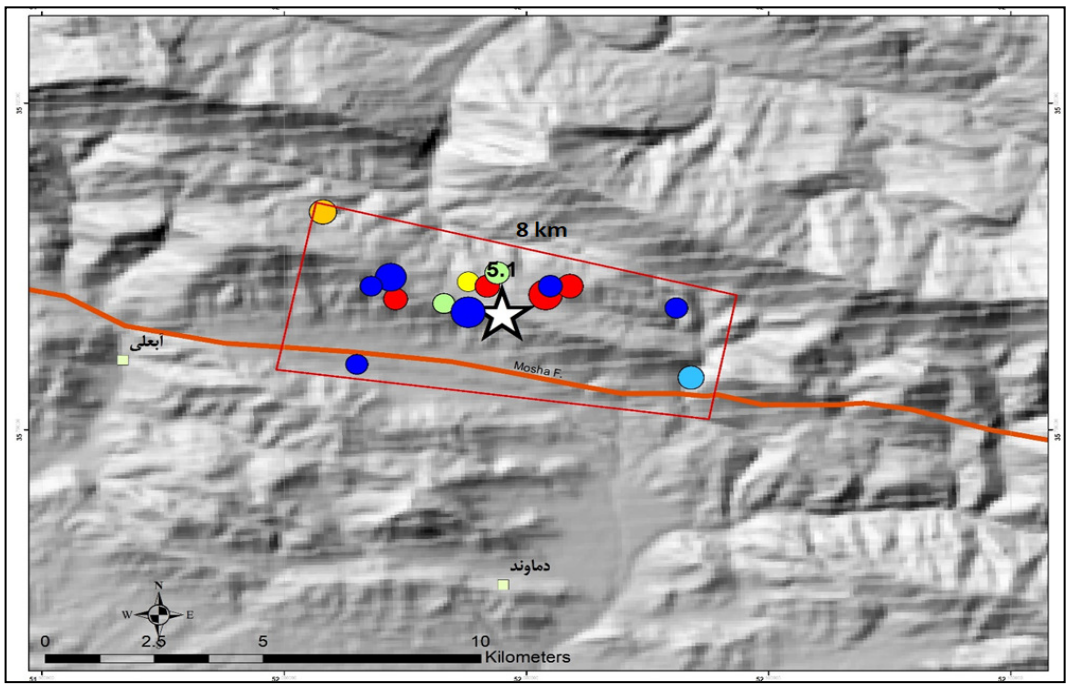


شکل۲- توزیع پس‌لرزه‌های زلزله ۵,۱ دماوند



شکل۳- توزیع آماری پسلرزه‌های زلزله ۵,۱ دماوند بر مبنای بزرگا

در شکل ۴ گستره پراکنش پس‌لرزه‌ها نشان داده شده است. حداکثر طول گستره پخش پس‌لرزه‌ها ۸ کیلومتر و پهنای غالب ناحیه توزیع پس‌لرزه‌ها ۲,۵ کیلومتر است(در شکل پهنای چهارگوش توزیع پس‌لرزه‌ها ۴ کیلومتر است). هر چند که در جانمائی پس‌لرزه‌ها خطا وجود دارد، اما اگر این خطا را تصادفی فرض نمائیم، می‌توان حدس زد که حداکثر طول گسیختگی عمقی مسبب زلزله ۵,۱ دماوند نیز در حدود ۸ تا ۱۰ کیلومتری نباید بیشتر باشد.



شکل۴- ابعاد محدوده پخش پس‌لرزه‌های زلزله ۵٫۱ دماوند

۴- گسل مسبب زلزله ۵٫۱ دماوند

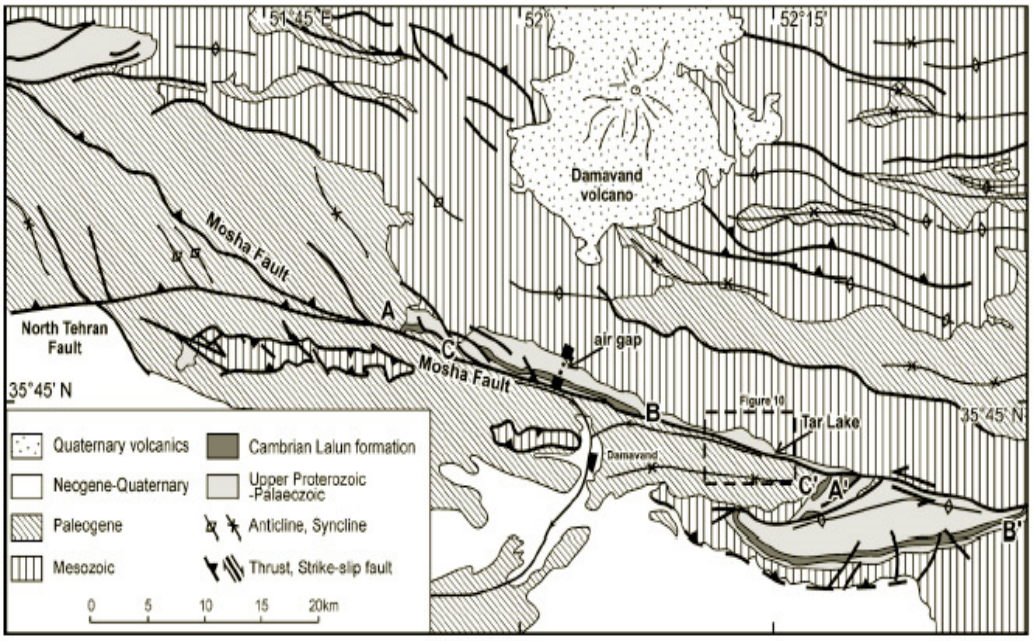
بر اساس نقشه رقومی گسله‌های ایران(حسامی، خ. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله و نقشه رقومی سازمان زمین‌شناسی) و جانمائی رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند و پس‌لرزه‌های آن بر روی این نقشه‌ها، می‌توان با اطمینان گفت که گسل مشاء ، گسل مسبب این زلزله است. بررسی نقشه گسله‌های ایران زمین در محدوده اطراف این زلزله نیز نشان می‌دهد که عارضه مهم و شناخته شده تکتونیکی این پهنه نیز همان گسل مشاء می‌باشد.

گسل مشاء بر مبنای دو نقشه رقومی مذکور بین ۲۰۰ تا ۲۲۰ کیلومتر طول دارد که از سوی شرقی به گسله فیروزکوه و در انتهای غربی به گسله طالقان مجانب می‌شود. این گسل فشارشی با مولفه امتداد لغز(که اخیر این مولفه بر مولفه راندگی‌اش غلبه دارد) بنام‌های گسل مشاء- فشم و راندگی میگون – مشا و همچنین راندگی اصلی نیز نامیده شده است. سازوکار آن فشاری با مؤلفه راستالغز است. این گسل در گستره قزوین به‌وسیله آنلز و همکاران (۱۹۷۵) بنام گسل ولیان نامیده شده است. درازای گسل حدود ۲۱۰ کیلومتر و از شرق روستای مشا در شرق تا نزدیکی آبیک در غرب امتداد دارد، گسلی است اصلی و لرزه‌زا که در راستای آن گستره بلند البرز از شمال بر روی گستره چین‌های کناری البرز در جنوب رانده شده است. این گسل دارای راستای غرب – شمال‌غربی – شرق – جنوب شرقی است و روی نقشه ریخت سینوسی دارد و در دو انتهای گسل تقریباً شرقی – غربی می‌شود. شیب این گسل همیشه به سمت شمال و بین ۳۵ تا ۷۰ درجه متغیر است(شکل ۵). این گسل با بخش غربی خطواره‌های مغناطیسی F-16 (یوسفی و فریدبرگ، ۱۹۷۸) همخوانی دارد. شیب گسل فشاری مشا همیشه بسوی شمال و شمال خاوری بوده و میان ۳۵ تا ۷۰ درجه بازی می‌کند (بربریان و همکاران ۱۳۶۴).

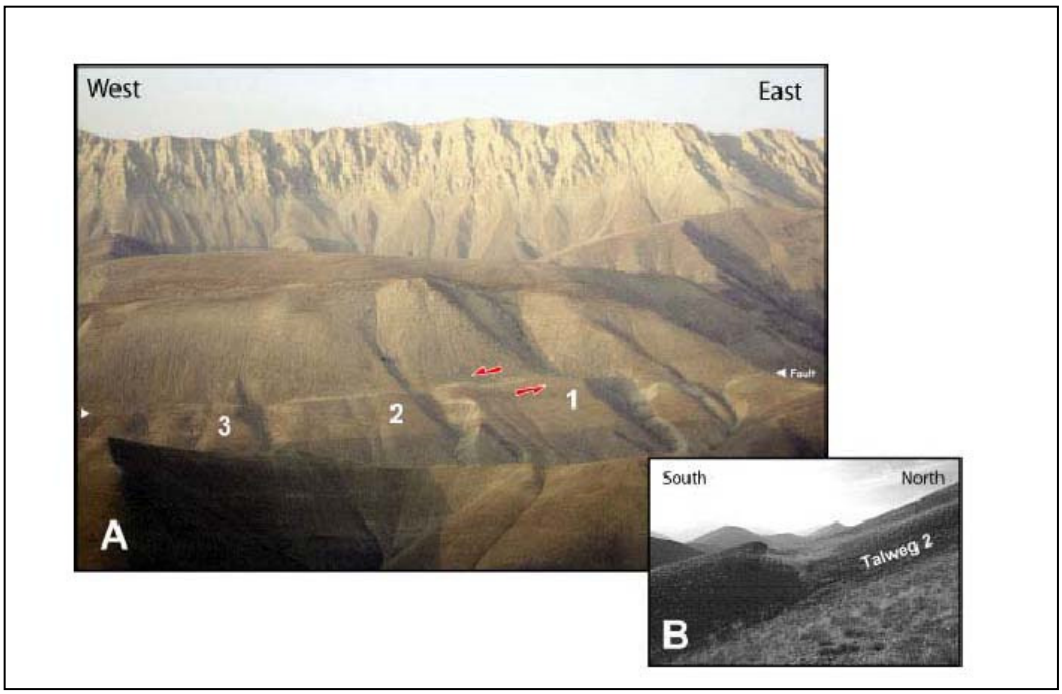
به نظر می‌رسد راندگی در راستای گسل مشا پیش از ژوراسیک آغاز شده و تا پلیو- پلئیستوسن نزدیک به ۴ کیلومتر جابجایی شاغولی در فاز کوهزایی پایانی آلپ بوجود آمده است(سیبر[۱] ۱۹۷۰ و استیگر[۲] ۱۹۶۶ و آلنباخ[۳] ۱۹۶۶)(شکل۶). گسل فشاری مشا با خطواره‌ی مغناطیسیF-16 هم‌خوانی دارد که این پیوند نشان‌دهنده‌ی ژرف و بنیادی بودن این گسل است. در منابع مختلف، گسل مشا با عناوین گسل آبیک – فیروزکوه – شاهرود (نبوی ۱۳۵۵) گسل مشا – فشم) راندگی اصلی جنوبی (لورنز ۱۹۶۴) راندگی میگون – مشا (آلرتو ۱۹۶۶) و راندگی اصلی (آلنباخ ۱۹۶۶) معرفی شده است.گسل فشاری مشا ،گسلی است کاری و لرزه‌زا و داده‌های موجود نشان می‌دهد که زمین‌لرزه‌های زیر به سبب کاری شدن گسل مشا روی‌داده است (بربریان و همکاران ۱۳۶۴):

- زمین‌لرزه ۲۳ فوریه ۹۵۸ میلادی با بزرگی $M_S = 7.7$ و شدت $I_O = X$
- زمین‌لرزه ۱۰۷۵ هجری(۱۶۶۵ میلادی) گستره دماوند، با بزرگی $Ms=6.5$ و $I_0 = VII$
- زمین‌لرزه ۱۶۶۵ میلادی با بزرگی $M_S = 6.5$ و شدت $I_O = VIII+$
- زمین‌لرزه ۱۸۰۲ میلادی گستره دماوند و مازندران
- زمین‌لرزه خفیف ۲۰ ژوئن ۱۸۱۱ میلادی دماوند
- زمین‌لرزه خفیف ژوئن ۱۸۱۵ میلادی دماوند
- زمین‌لرزه ۲۷ مارس ۱۸۳۰ میلادی دماوند – شمیرانات با بزرگی تخمین زده $Ms=7.1$ و شدت $I_O =$ VIII+ و پسلرزه ۶ آوریل ۱۸۳۰ میلادی با شدت $I_O = VIII$
- پس‌لرزه ۶ آوریل ۱۸۳۰ میلادی دماوند شمیرانات
- زمین‌لرزه ۱۰ مهر ۱۳۰۹ خورشیدی(۲ اکتبر ۱۹۳۰ میلادی) آه– مبارک آباد با بزرگی $Ms=5.2$ و شدت $I_O =$ VI+و پس‌لرزهای آن در ۱۴ مهر ۱۳۰۹ خورشیدی(۶ اکتبر۱۹۳۰ میلادی) و ۱۵ مهر ۱۳۰۹ خورشیدی(۷ اکتبر ۱۹۳۰ میلادی)
- زمین‌لرزه پنجم سپتامبر ۱۹۴۷ میلادی لواسانات
- زمین‌لرزه ۱۳ شهریور ۱۳۲۶ خورشیدی(۲۴ نوامبر ۱۹۵۵ میلادی) مشا با بزرگی $Ms=4.0$ و شدت $I_O = VI+$
- زمین‌لرزه ۳ اکتبر ۱۹۷۰ میلادی با بزرگی $m_b = 4.1$
- زمین‌لرزه ۱۰ ژانویه ۱۹۷۴ با بزرگی$Ms=4.3$ روی گسل مشا

[۱] Sieber
[۲] Steiger
[۳] Allenbach



شکل۵- نقشه گسل مشا و نواحی پیرامون آن در شمال تهران(آلن و دیگران, ۲۰۰۳)



شکل۶- تصویری از گسل مشا (A : نمای جانبی از پرتگاه گسل B: نمائی از کسیختگی سطحی گسل در دره دریاچه تار)

بر مبنای روابط ولز – کوپر اسمیت ۱۹۹۴، برای بزرگی ۵٫۱، براساس روابط تجربی ارائه شده (جدول ۱)، برای این زلزله و گسل مسبب آن (سگمنتی از گسل مشاء)، گسیختگی سطحی متصور نیست. احتمال دارد گسیختگی‌های کششی در دامنه‌ها بدلیل لغزش‌های القائی، بصورت موضعی رخ داده باشد.

بر اساس همان روابط و نمودار ارائه شده در شکل۷ نیز می‌توان گفت که طول گسل مسبب زلزله‌ای به بزرگای حدود ۵،

(نمودارهای ولز – کوپراسمیت ۱۹۹۴)، بین ۱ تا ۱۰ کیلومتر می‌تواند متغیر باشد. این برآورد با پهنای توزیع پسلرزه‌ها نیز همخوانی دارد که پیشتر در شکل ۴ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که روابط تجربی و دارای قطعیت نمی‌باشند.

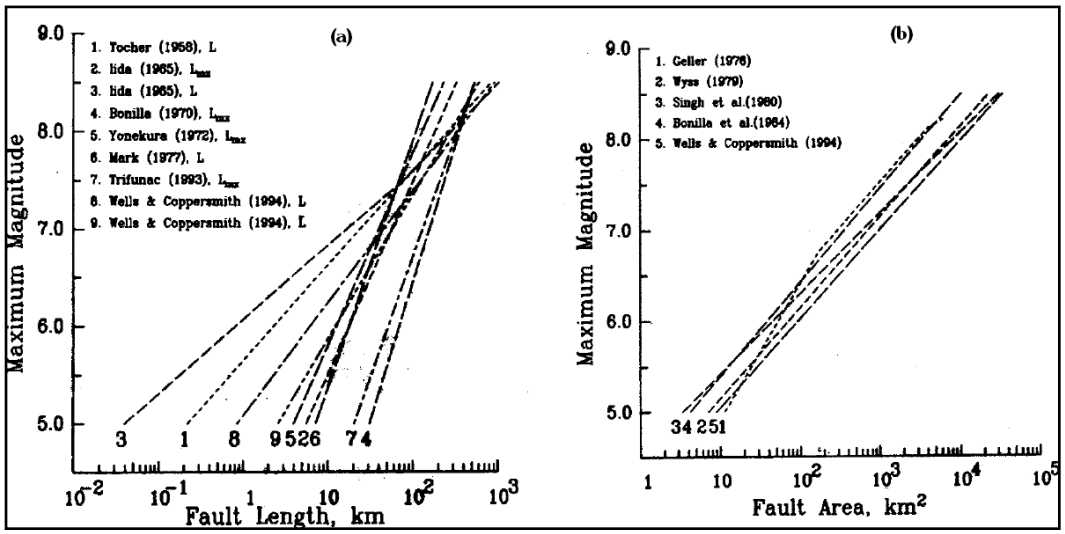
جدول۱- روابط ولز – کوپراسمیت برای گسیختگی سطحی و بزرگی زلزله‌ها

روابط تجربی بین بزرگی زمین‌لرزه و طول گسیختگی سطحی برای انواع مختلف گسل‌ها (ولز و کوپراسمیت، ۱۹۹۴).

Fault type	Relationship	Magnitude range	Length range (km)
Strike slip	$M = 5.16 + 1.12 \log L$	5.6 ~ 8.1	1.3 ~ 432
Reverse	$M = 5.0 + 1.12 \log L$	5.7 ~ 7.4	3.3 ~ 85
Normal	$M = 4.86 + 1.32 \log L$	5.2 ~ 7.3	2.5 ~ 41
All	$M = 5.08 + 1.16 \log L$	5.2 ~ 8.1	1.3 ~ 432

M: Moment magnitude (or surface wave magnitude)

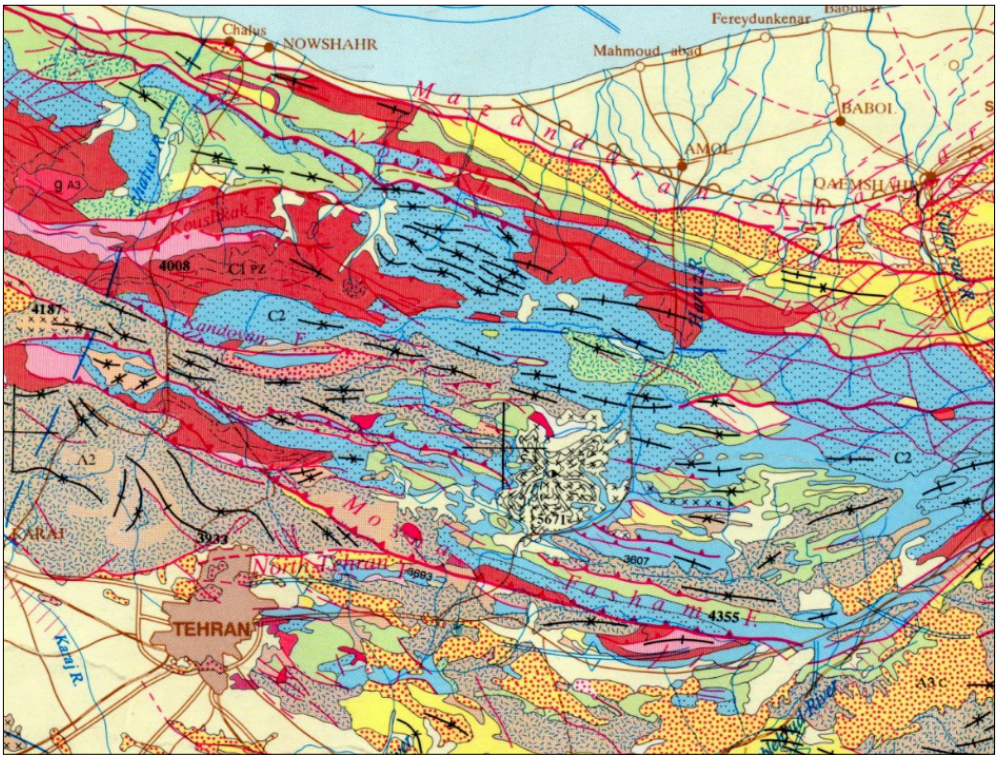
L: Surface rupture length



شکل۷- روابط بین طول گسل مسبب و بزرگی زلزله‌ها

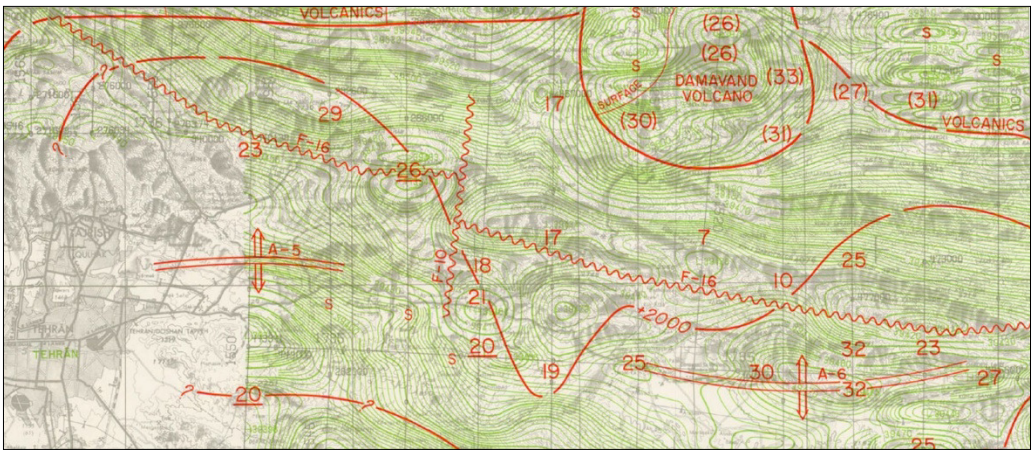
۵-زمین شناسی و تکتونیک گستره رومرکز

یکی از مهمترین عوامل تکامل ساختاری البرز عملکرد گسل‌های رانده و معکوس می‌باشد که با امتداد تقریبی شرقی – غربی در امتداد نهشته‌های تشکیل دهنده این رشته کوه قرار گرفته اند. یکی از این ساختارهای تکتونیکی گسل مشا است که در حاشیه جنوبی البرز مرکزی و توالی‌های قدیمی پالئوزوئیک و مزوزوئیک را بر روی سنوزوئیک رانده است(شکل۸).



شکل۸ – نمایش گسل مشا و سایر راندگی‌های البرز مرکزی بر روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تکتونیک ایران (سازمان زمین شناسی کشور)

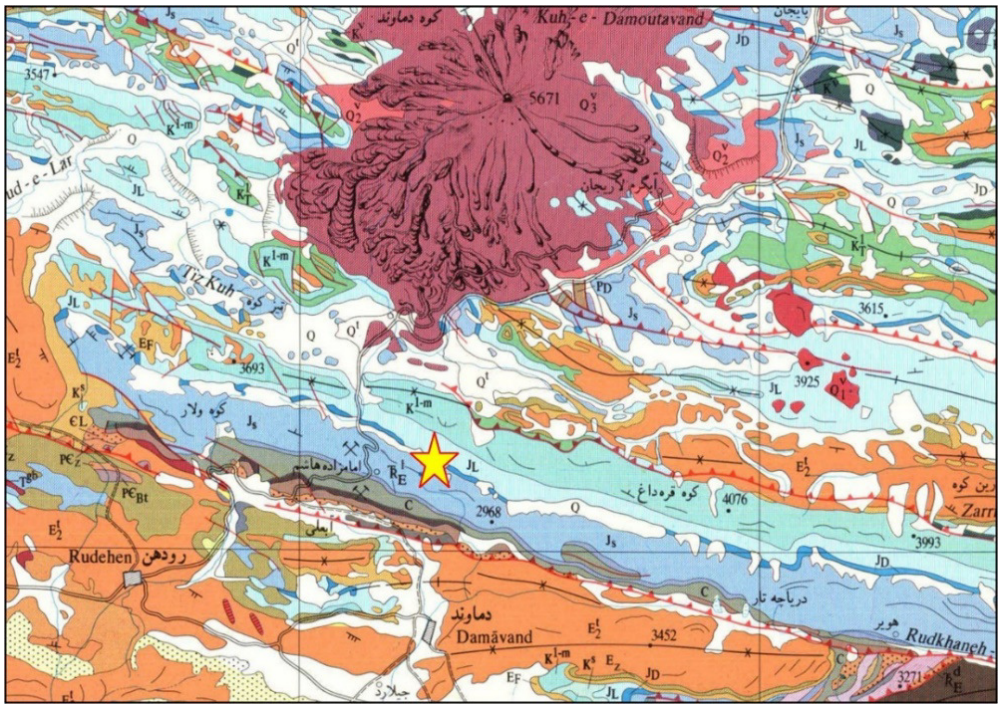
گسل مشا یک گسل واحد نبوده بلکه از مجموعه قطعات گسلی تشکیل یافته و یک سامانه گسلی را تشکیل می‌دهد. پهنای این سامانه گسلی حدود ۱۰ کیلومتر و طول آن بیش از ۲۰۰ کیلومتر می‌باشد. همچنین با توجه به تفاوت جنس سنگ‌های تشکیل دهنده فرا دیواره و فرو دیواره، شیب گسل مشا نیز بین ۳۵ تا ۷۰ درجه متغیر می‌باشد. این ساختار تکتونیکی آنچنان واضح و بنیادی است که در برداشت‌های مغناطیس هوایی ایران که نتایج آن در سال ۱۹۷۷ میلادی منتشر شد به خوبی شناسایی گردید (خطواره F-16 در شکل ۹).



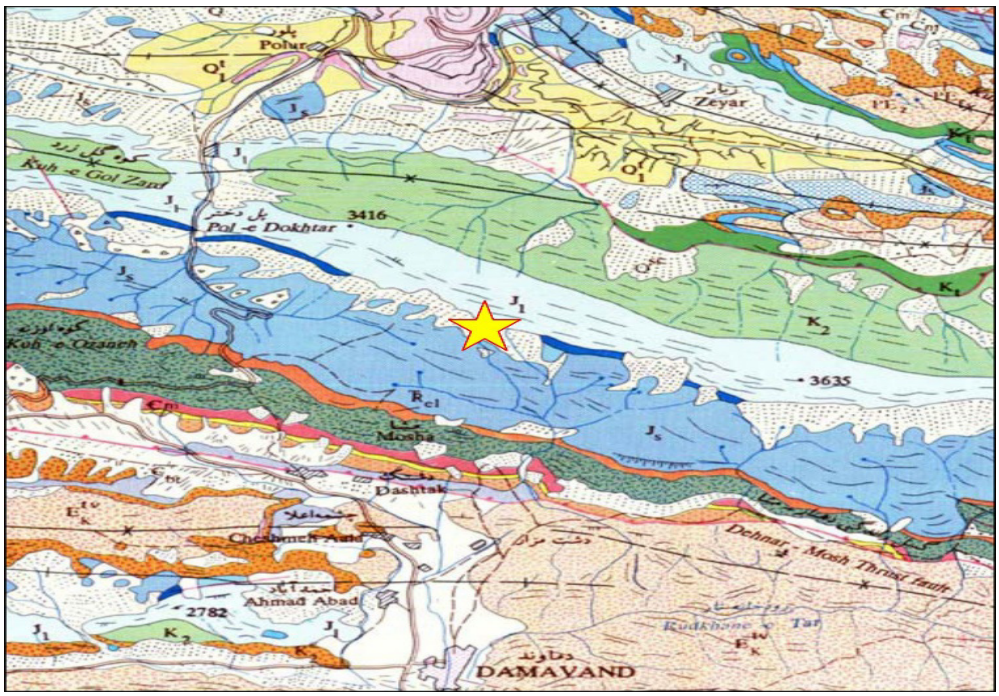
شکل۹– شناسایی گسل مشا (F-16) در نقشه مغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران (سازمان زمین شناسی کشور)

برای بررسی دقیق‌تر زمین‌شناسی رومرکز زلزله از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران و ۱:۱۰۰۰۰۰ دماوند استفاده

شده است(شکل‌های۱۰ و ۱۱). در هر دو نقشه رومرکز زلزله اخیر با فاصله مختصری به سمت شمال گسل مشا قرار گرفته که این وضعیت با در نظر گرفتن شیب صفحه گسل که رو به شمال است منطقی می‌باشد. در این محل عملکرد گسل مشا موجب رانده شدن واحدهای قدیمی دونین(سنگ آهک سازند مبارک)، تریاس(سنگ آهک سازند الیکا)، ژوراسیک(سنگ آهک سازند لار) و نهشته‌های آهکی کرتاسه بر روی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن(سازند کرج) شده است.



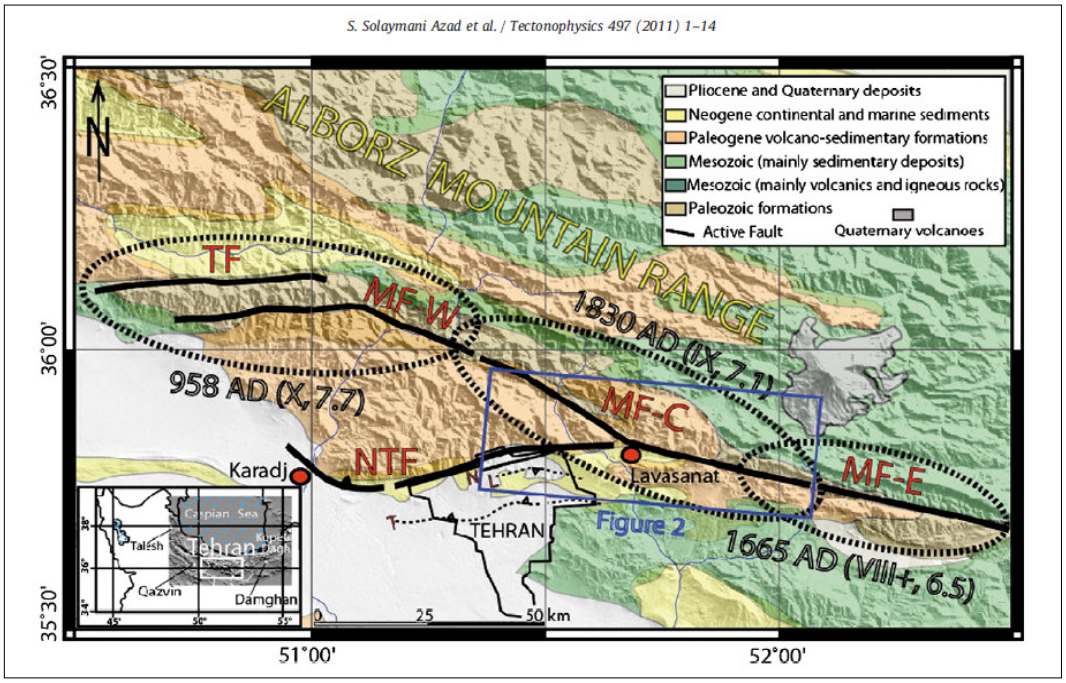
شکل۱۰- موقعیت رومرکز زلزله بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران (سازمان زمین‌شناسی کشور)



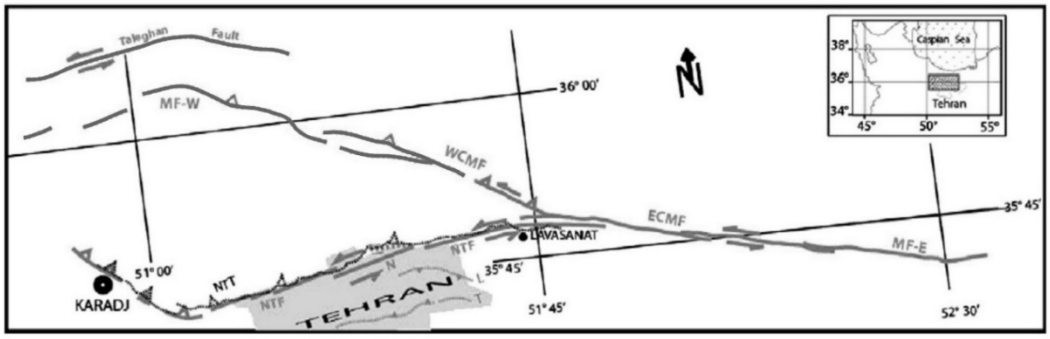
شکل۱۱- موقعیت رومرکز زلزله بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دماوند (سازمان زمین‌شناسی کشور)

تا پیش از زلزله اخیر، جنبایی این قطعه از گسل مشا حدود ۱۹۰ سال پیش یعنی در سال ۱۸۳۰ میلادی موجب رخداد

زمینلرزه‌ای با بزرگای ۷/۱ گردیده بود(شکل۱۲). مکانیسم این گسل همانند گسل شمال تهران از نوع راندگی با شیب به سوی شمال و دارای مولفه امتداد لغز چپگرد است(شکل ۱۳).



شکل۱۲- زمین‌لرزه‌های تاریخی گسل مشا. به تقاطع گسل مشا (MF) با گسل شمال تهران (NTF) توجه شود (Solaymani Azad et al, 2011).



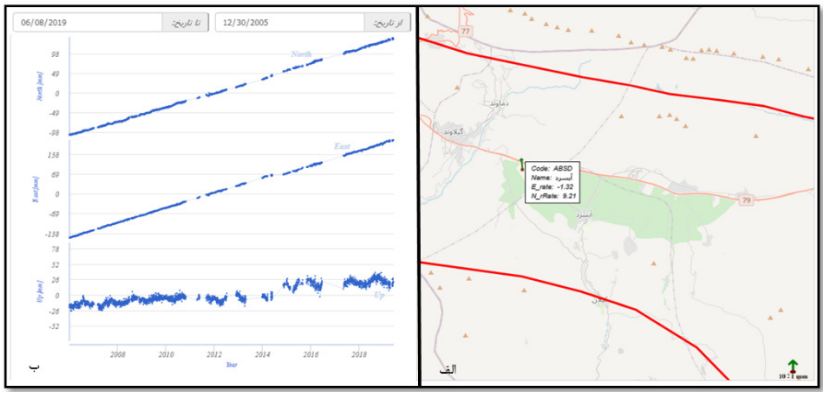
شکل۱۳- نمایش مکانیسم گسل مشا (MF) و گسل شمال تهران (NTF) (برگرفته با تغییر از Solaymani Azad et al, 2011).

۱-۵- برآورد نرخ لغزش در پهنه رومرکزی زلزله دماوند

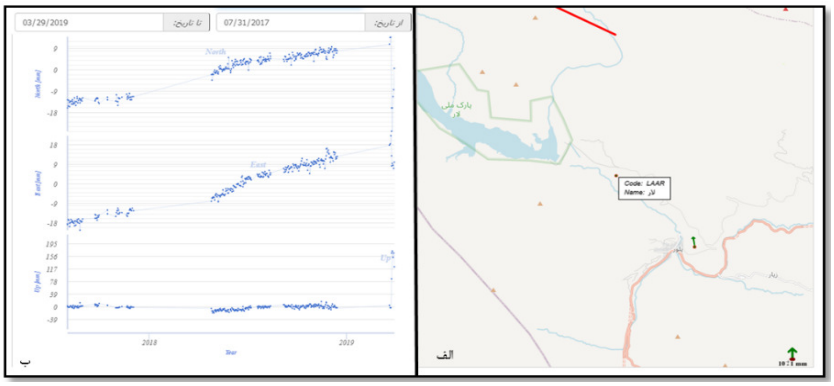
با استفاده از ۳۵ ایستگاه GPS تهران و نوار شمالی آن(در بر گیرندهٔ گسل شمال تهران)، پوشش داده شده است که برخی از این ایستگاه‌ها تنها در دو نوبت (Epoch) سالانه اندازه گیری شده‌اند و برخی دیگر بیش از ۴ نوبت در سال-های مختلف مورد اندازه گیری قرار گرفته اند.

تحلیل میدان تغییر شکل ژئودتیک حاکی از آهنگ جابه‌جایی زمین ساخت بسیار ضعیف در حدود ۰٫۵ الی ۲ میلی متر در سال برای مولفه راستالغز چپ گرد از غرب به شرق و کوتاه‌شدگی در نوار شمالی تهران است که می‌تواند به گسل شمال تهران و گسل مشا مربوط باشد. البته آهنگ جابه‌جایی یادشده با حرکت بر روی نوار شمالی تهران اندکی متغیر است و به نظر می‌رسد بخش شرقی(گسل مشا) نوار شمالی تهران از بخش غربی(گسل شمال تهران) آن اندکی فعال‌تر باشد که با

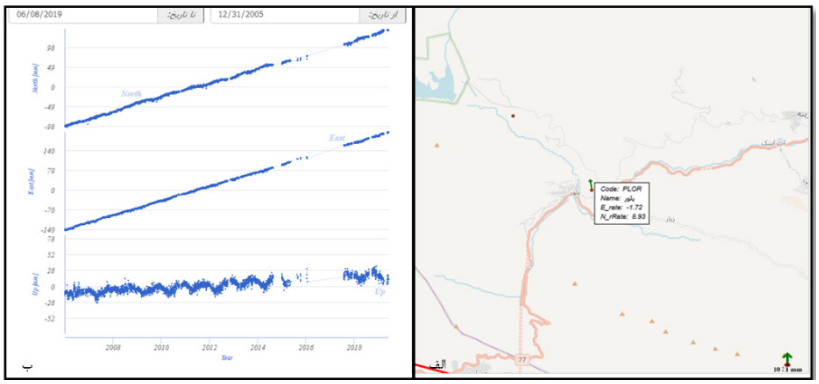
نتایج مطالعات زمین‌شناسی هم همخوانی دارد. در واقع میدان سرعت جابه‌جایی، هیچ نوع حرکت معناداری را برای نوار شمالی تهران و به طور ویژه گسل شمال تهران در گذر ۹۰ کیلومتری از جنوب تهران به شمال تهران را نشان نداده، و تا حدودی حرکت راستا لغز چپ‌گرد و کوتاه‌شدگی برای گسل مشا را در گذر ۱۲۰ کیلومتری از جنوب به شمال نشان داد. درشکل‌های ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ میدان سرعت یکپارچه شبکه ایستگاه‌های دائمی ژئودینامیک و GNSS سازمان نقشه‌برداری کشور نسبت به صفحه اوراسیا و جابه‌جایی سه بعدی سالانه برای ایستگاه‌های آبسرد، لار و پلور نشان داده شده است.



شکل۱۴- الف) میدان سرعت یکپارچه شبکه ایستگاه‌های دائمی ژئودینامیک و GNSS سازمان نقشه برداری کشور نسبت به صفحه اوراسیا بانضمام دستگاه آبسرد ب) جابجایی سه بعدی سالانه ایستگاه



شکل۱۵- الف) میدان سرعت یکپارچه شبکه ایستگاه‌های دائمی ژئودینامیک و GNSS سازمان نقشه برداری کشور نسبت به صفحه اوراسیا (ایستگاه لار) ب) جابجایی سه بعدی سالانه ایستگاه

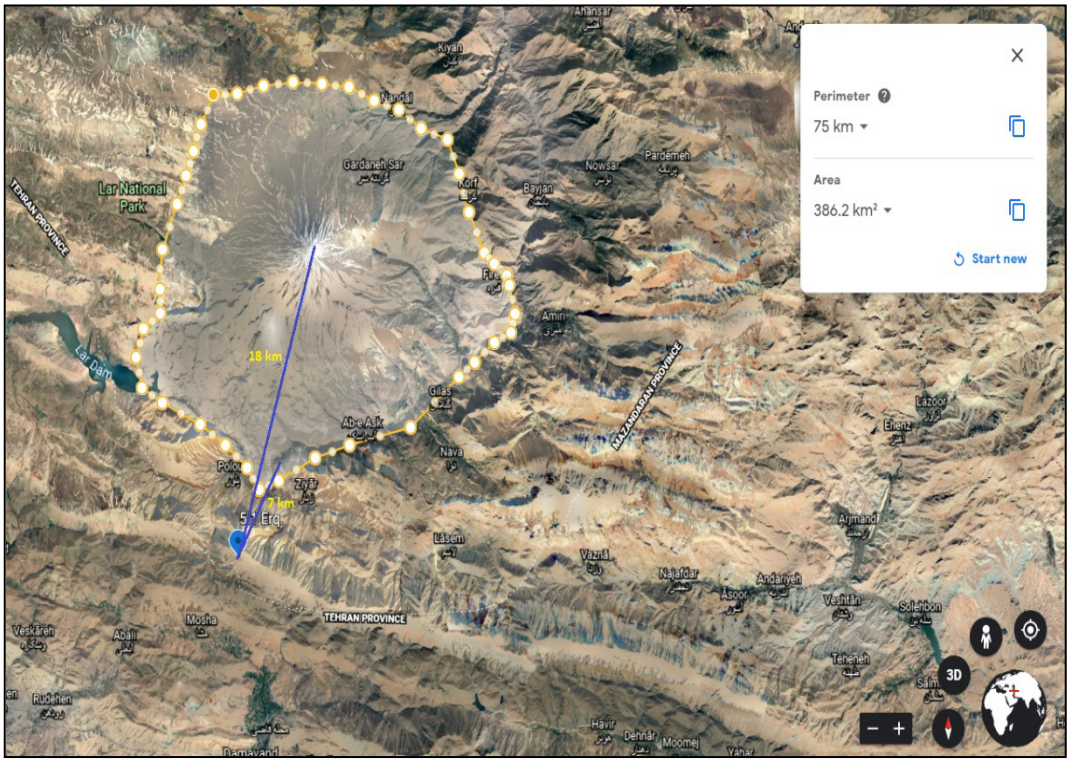


شکل ۱۶- الف) میدان سرعت یکپارچه شبکه ایستگاه‌های دائمی ژئودینامیک و GNSS سازمان نقشه‌برداری کشور نسبت به صفحه اوراسیا (ایستگاه پلور) ب) جابجایی سه بعدی سالانه ایستگاه

۲-۵- زلزله دماوند و آتشفشان دماوند

با توجه به مجاورت رومرکز زلزله در پایه ارتفاعات قله آتشفشانی دماوند، بعد از رخداد این زمین‌لرزه، ارتباط آن با وقوع و تحریک آتشفشان مورد توجه قرار گرفت. در شکل ۱۷ موقعیت رومرکز زلزله (پس‌لرزه‌های این زلزله نیز در همان نقطه و در راستای گسل مشاء در طول ۷ کیلومتری متمرکز شده‌اند) و مخروط آتشفشانی دماوند نشان داده شده است. فاصله رومرکز از پای ارتفاعات مخروط آتشفشانی بر اساس مورفولوژی مشهود آن ۷ کیلومتر و از نقطه مرکزی آن ۱۷ کیلومتر است. بنظر می‌رسد دلایل زیر معرف عدم ارتباط زلزله ۵٫۱ دماوند با فعالیت آتشفشانی باشد:

- پس‌لرزه‌ها و خردلرزه‌های بازه زمانی رخداد ۵٫۱ دماوند و رویدادهای چند روز قبل و بعد آن نشان می‌دهد که رخدادها روی گسل مشاء متمرکز و جهت بندی شده‌اند.
- سازوکار کانونی زلزله ۵٫۱ از نوع امتداد لغز است در حالی که در اثر انفجارات درونی دیگ ماگما و شکستگی سنگ پوشش آن، امکان سازوکار جهت دار متصور نیست و فشار از نقطه کانونی به همه ایستگاه‌های لرزه‌نگاری خواهد بود.
- جانمائی خردلرزه‌های با بزرگی ۲٫۵ و بالاتر(در بازه زمانی رخداد ۵٫۱ دماوند)، پراکندگی در اطراف مخروط آتشفشانی را بصورت محاطی نشان نمی‌دهد.
- در صورتی که منظور این باشد، رخداد زمین لرزه ۵٫۱ می‌تواند آتشفشان را تحریک کند؟، بنظر می‌رسد که بزرگی این زمین‌لرزه در حدی نیست که بتواند گسیختگی عمقی را برای خروج و فوران ماگما فراهم نماید.



شکل۱۷- موقعیت رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند و قله و ارتفاعات آتشفشانی دماوند

۶- لرزه خیزی گستره رومرکز و اطراف آن

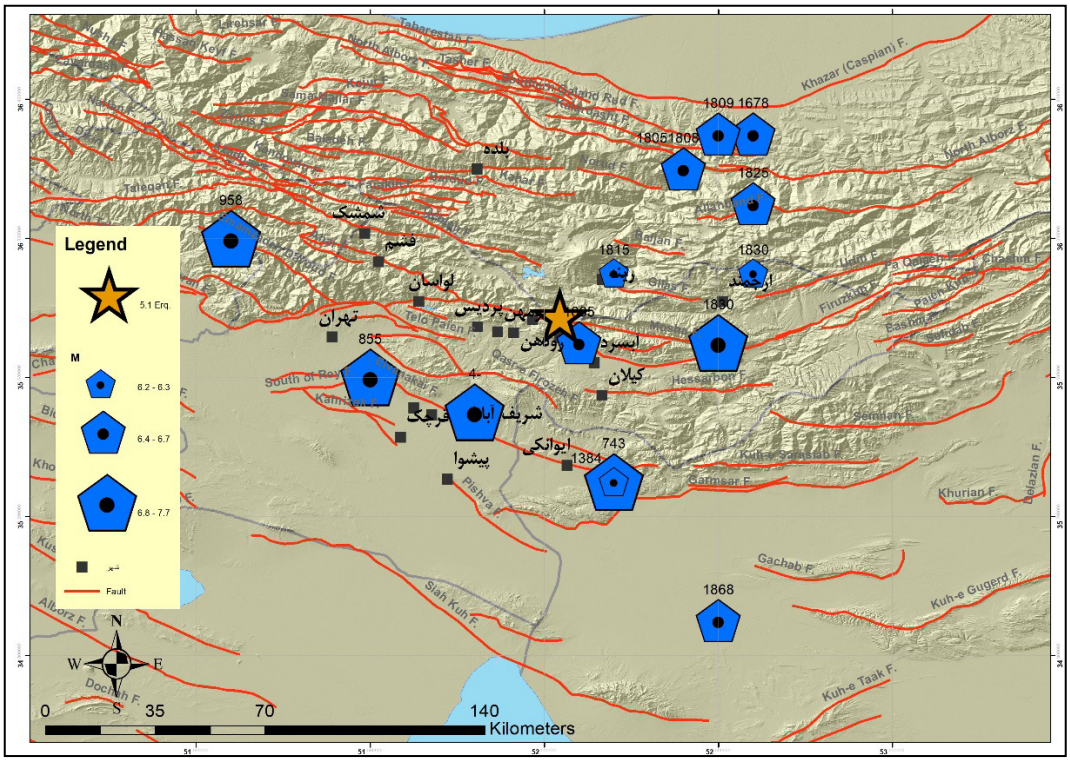
لرزه‌خیزی محدوده رومرکز تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف نقطه رومرکزی در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است.

۶-۱- زلزله‌های تاریخی

مشخصات ۱۵ زلزله تاریخی رخ داده در این پهنه(شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز) در جدول۲ و موقعیت آنها در شکل ۱۸ نشان داده شده است.

جدول۲- مشخصات زلزله‌های تاریخی اطراف رومرکز زلزله دماوند بزرگی ۵٫۱

Long	Lat	Year	Mag.
51.8	35.5	4-	7.6
52.2	35.3	743	7.2
51.5	35.6	855	7.1
51.1	36	958	7.7
52.2	35.3	1384	6.3
52.1	35.7	1665	6.5
52.6	36.3	1678	6.5
52.4	36.2	1805	6.5
52.4	36.2	1808	6.5
52.5	36.3	1809	6.5
52.2	35.9	1815	6.2
52.6	36.1	1825	6.7
52.5	35.7	1830	7.1
52.6	35.9	1830	6.2
52.5	34.9	1868	6.4



شکل۱۸- موقعیت زلزله‌های تاریخی در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند

از میان زلزله‌های تاریخی، زلزله ۱۸۳۰ با بزرگی ۷٫۱ به‌عنوان آخرین زلزله تاثیرگذار بر شهر تهران، حائز اهمیت است.

علاوه بر آن در سال ۱۶۶۵ میلادی نیز در حوالی رومرکز زلزله دماوند، زمین لرزه ای با بزرگی ۶٫۶ رخ داده است.

زمینلرزه ۱۶۶۵ م .، دماوند

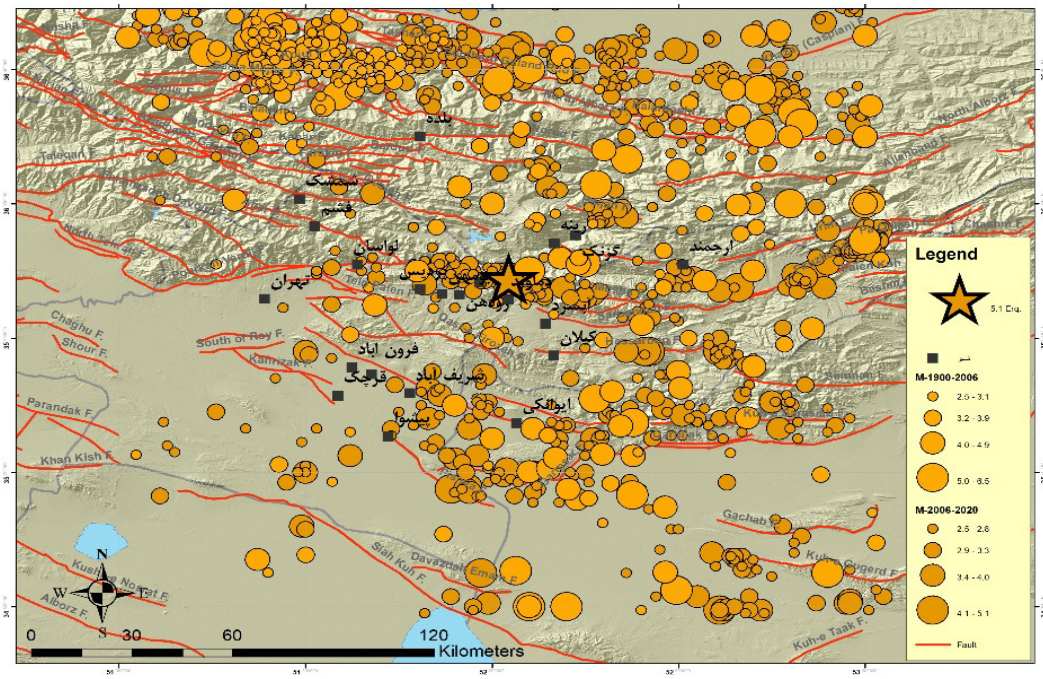
زمین‌لرزه ویرانگری در دماوند و توابع آن روی داد. زمین‌لرزه خانه‌ها و ساختمان‌های بسیاری را در دماوند ویران کرد. بزرگی این زمین‌لرزه M_S = ۶/۵ تخمین زده شده است (آمبرسیز و ملویل ، ۱۹۸۲).

زمینلرزه ۱۸۳۰ م. (۲۷ مارس)، دماوند – شمیرانات

مناطق شمیرانات و دماوند در خاور تهران در اثر این زلزله بطور کامل ویران شدند. در حدود ۷۰ روستا که در سوی خاوری جاجرود و در امتداد راه‌هایی که از طریق دماوند به سمنان و دامغان می‌رود، جای داشتند ویران شدند. دامنه آسیب‌ها تا جاجرود گسترش داشت که کاروانسرای آن در اثر لرزه درهم کوبیده شد و در تهران بسیاری خانه‌های کهنه فرو ریخت و حدود ۳۰ تن را کشت. شماری از عمارت‌های اعیانی و نیز ساختمان کهنه سفارت بریتانیا به سختی آسیب دیدند و دیواره‌های باغ سفارت با خاک یکسان شد. زلزله به شماری از ساختمان‌های همگانی در آمل، ساری و دامغان آسیب‌هایی رساند و سنگریزش‌هایی به راه انداخت که گردنه‌ها را در راه‌های هزار و تالار رود به شمال را بست. زمین‌لرزه تا باکو حس شد و پس‌لرزه‌های شدیدی به دنبال داشت که مایه آسیب‌های افزون‌تری در منطقه شمیرانات شد. بزرگی این زمین‌لرزه M_S = ۷/۱ و شدت I_0 = VIII$^+$ تخمین زده شده است (آمبرسیز و ملویل ، ۱۹۸۲).

۶-۲- زلزله‌های دستگاهی

در شکل ۱۹ زلزله‌های دستگاهی ثبت شده در شعاع ۱۰۰ کیلومتری رومرکز نشان داده شده است. دو دوره ثبت زلزله از ۱۹۰۰ تا حال حاضر، در نظر گرفته شده است، دوره ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۶ و دوره ۲۰۰۶ تا حال حاضر، مشخصه این دو دوره، تعداد کم زلزله‌های کوچک در دوره اول و بر عکس تعداد بسیار بالای آن در دوره دوم بدلیل استقرار دستگاه‌های بیشتر است.



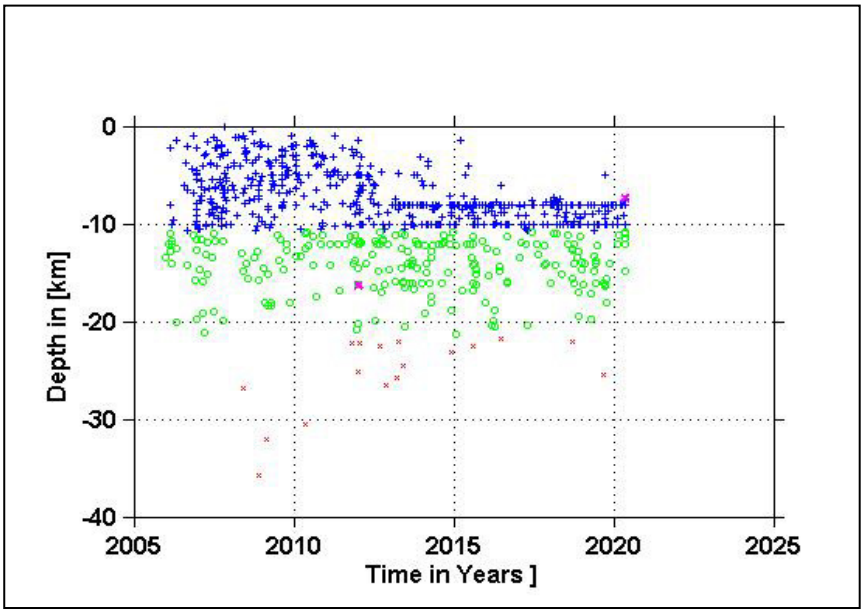
شکل۱۹- زلزله‌های دستگاهی ثبت شده در ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند

در شکل ۱۹ دو دوره ثبت زلزله‌ها با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است. دوره اول از ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۶ و دوره دوم از ۲۰۰۶ تا حال حاضر (۱۵ – می – ۲۰۲۰) است. در دوره اول کاتالوگ زلزله‌های دستگاهی بدلیل تعداد کم ایستگاه‌ها در داخل کشور، تعداد زمین‌لرزه‌های ثبت شده کم و بزرگی آنها اغلب از ۴ به بالاست. زلزله‌های تا ۱۰۰ کیلومتری اطراف زمین‌لرزه ۵٫۱ دماوند(رخداد ۱۹-۲-۱۳۹۹)، در بازه زمانی ۱۹۳۰ – ۲۰۰۶ ، ۲۸۵ رخداد را شامل می‌شود. از این تعداد دو زلزله با بزرگی بیش از۶ (آخرین زلزله با بزرگی بالای ۶ در این گستره زمین‌لرزه بلده کجور با بزرگی ۶٫۳ بوده است، سال ۲۰۰۴، و زلزله ۶٫۶ در شرق استان مازنداران در حوای شهر بابل در سال ۱۹۵۷ رخ داده است)، ۲۵ زلزله در بازه بزرگی ۵-۶ ، ۷۵ زلزله در بازه ۴-۵ و بقیه زیر ۴ می‌باشند.

در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا زمان رخداد زلزله ۵٫۱ دماوند، ۷۵۰ زلزله با بزرگی ۲٫۵ و به بالا رکورد شده‌اند. دو زلزله ۵ و ۵٫۱(زلزله دماوند)، بزرگترین زلزله‌های ثبت شده در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند هستند. ۲۰ رخداد بین ۴ تا ۵ و بقیه کوچکتر از ۴ هستند.

۶-۳- عمق کانونی متوسط زلزله‌ها و دوره بازگشت زلزله با بزرگی ۵ (برمبنای داده‌های لرزه‌ای)

محدوده مورد مطالعه در ایالت لرزه‌زمین‌ساختی البرز مرکزی می‌باشد، زلزله‌های این ناحیه عموماً کم عمق است. بر اساس نقشه تهیه شده از پراکنش عمقی زلزله‌های اطراف(بازه ۲۰۰۶ تا زمان رخداد زلزله ۱.۵ دماوند)، مشخص می‌شود که عمق کانونی عمده زلزله‌های رخ داده در بازه عمقی ۵ تا ۱۵ کیلومتر است(شکل ۲۰).

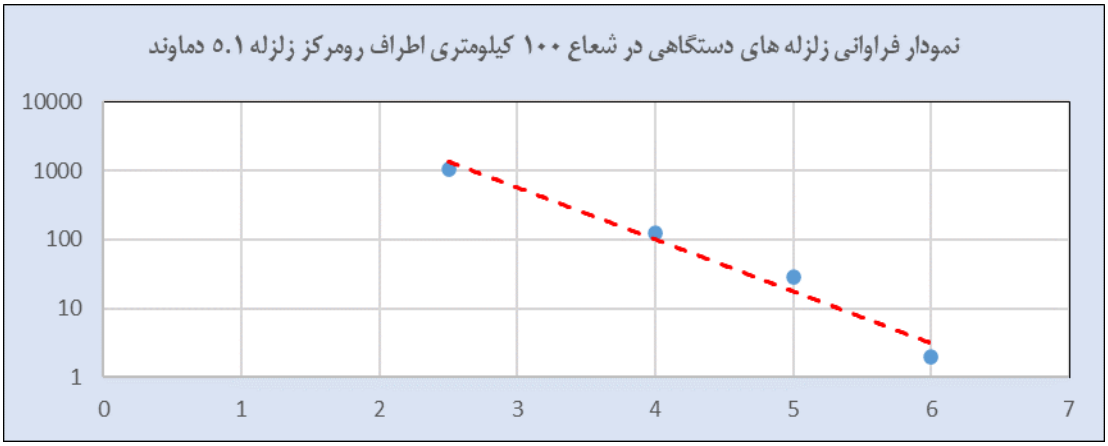


شکل ۲۰- نمودار عمق کانونی زلزله‌ها برحسب زمان

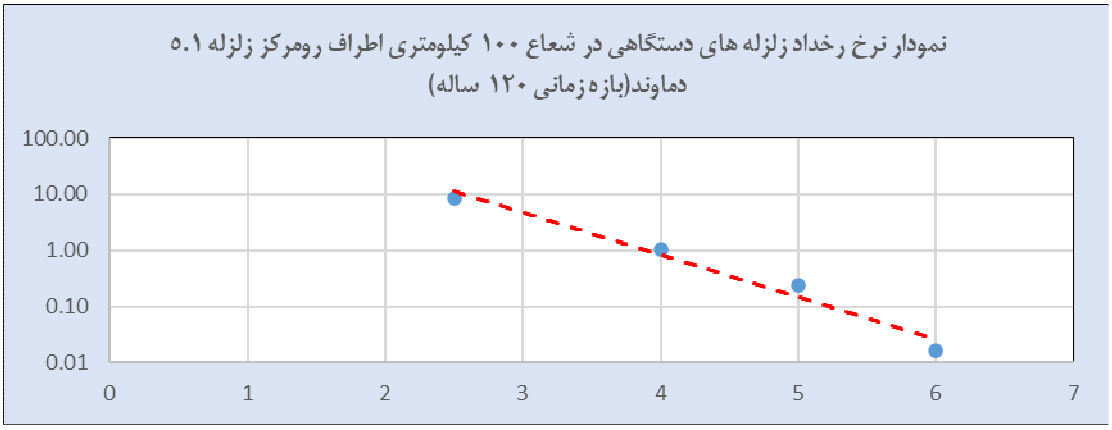
بر طبق شکل۲۰، ۲۶ زلزله از کل زلزله‌های رخداده در عمق ۲۰ تا ۴۰ کیلومتری، ۶۳ رخداد در عمق ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری و مابقی رویدادها تا عمق ۱۵ کیلومتری پخش شدگی دارند.

دوره بازگشت برای زلزله ۵ در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز تعیین گردید. آهنگ رخداد لرزه ای λ براساس زمین‌لرزه مبنا و تعداد رویداد لرزه‌ای در بازه زمانی معین (دوره زمانی کاتالوگ) محاسبه شد. آهنگ رخداد برای زلزله ۵ و بزرگتر از آن ۰٫۲۴برآورد شد که معادل دوره بازگشت ۴٫۱۳ سال و بطور تقریب دوره بازگشت زلزله‌های ۵(معادل زلزله

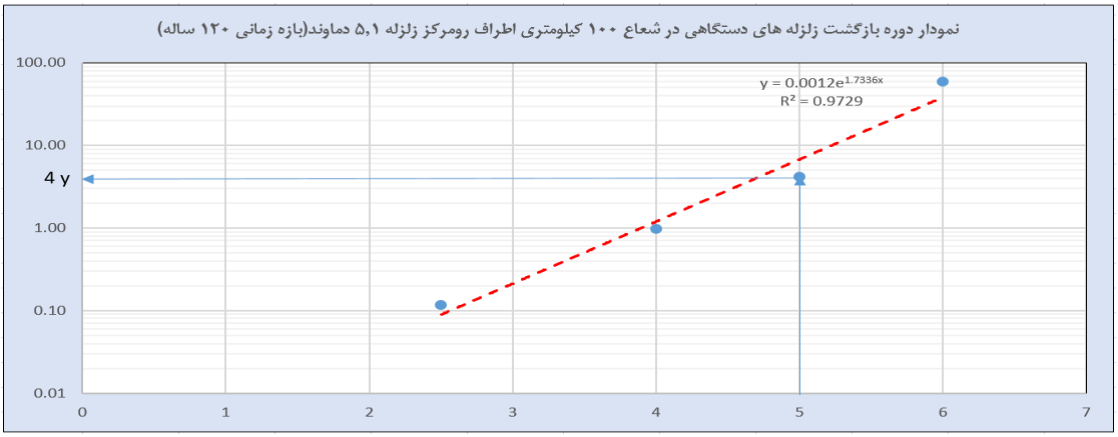
دماوند) یا بالاتر از آن ۴ سال تخمین زده می‌شود(هر ۴ سال یک زلزله با بزرگی ۵ یا بزرگتر از آن در گستره ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند رخ می‌دهد). در شکل ۲۱ نمودارهای فراوانی، نرخ رخداد و دوره بازگشت زلزله‌های دستگاهی نشان داده شده است. از نمودار نرخ و دوره بازگشت شکل ۲۱، برای زلزله با بزرگی ۴ و بزرگتر از آن دوره بازگشت ۱ ساله بدست می‌آید.



الف



ب

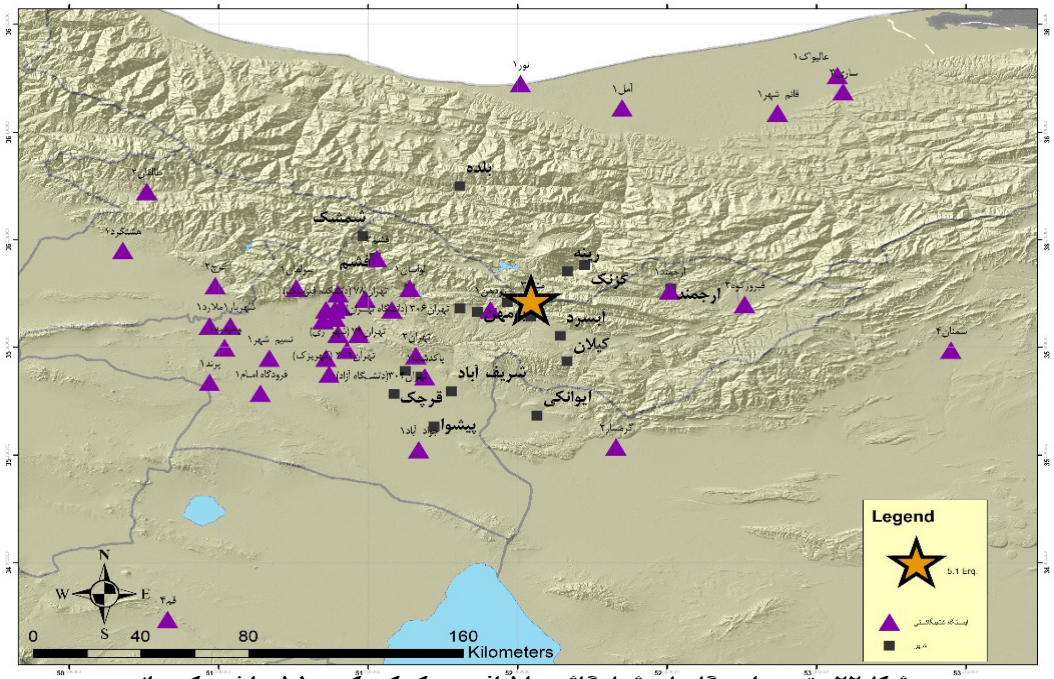


پ

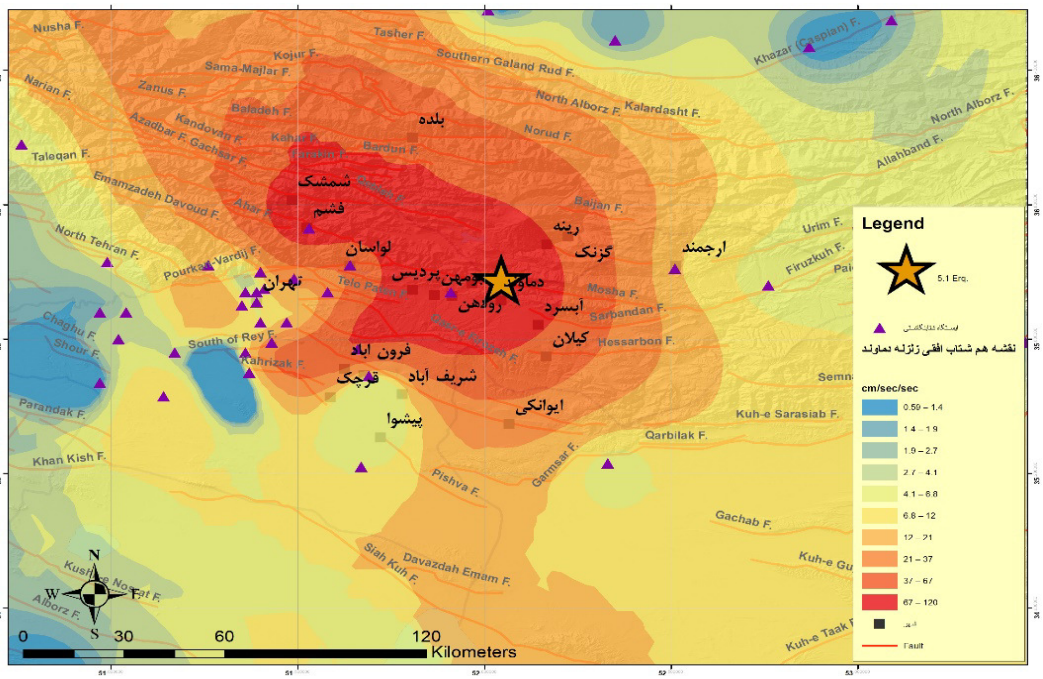
شکل ۲۱- نمودارهای فراوانی(الف)، آهنگ رخداد(ب) ودوره بازگشت زلزله‌های دستگاهی بر اساس تعداد رخداد(دوره ۱۲۰ ساله) (پ)

۷- شتاب‌های ثبت شده زلزله ۵٫۱ دماوند

براساس گزارش شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تعداد ۴۰ ایستگاه(در جدول ۳۸ ایستگاه) رکورد جنبش زمین ناشی از رخداد زلزله ۵٫۱ دماوند را ثبت کرده‌اند. ایستگاه قم۴، در فاصله ۱۸۰ کیلومتری و ایستگاه ساری در فاصله مستقیم ۱۳۰ کیلومتری از جمله ایستگاه‌های دوری هستند که زلزله را ثبت کرده اند. ایستگاه مشاء۲ و ایستگاه بومهن نیز نزدیک‌ترین ایستگاه به رومرکز زلزله هستند(ایستگاه دماوند بعلت قطعی برق متاسفانه رکورد ثبت نکرده است). در شکل ۲۲ توزیع ایستگاه‌های شبکه شتابنگاری که رکورد ثبت کرده اند، نشان داده شده است.



شکل۲۲- توزیع ایستگاه‌های شتابنگاشتی اطراف رومرکز که رکورد زلزله را ثبت کرده اند



شکل۲۳- نقشه هم‌شتاب افقی بیشینه زلزله ۵٫۱ دماوند

از شکل ۲۳ می‌توان دریافت که از ایستگاه‌های ثبت کننده رکورد، ۵ ایستگاه در استان مازندران، ۳ ایستگاه در استان البرز، ۲ ایستگاه در استان سمنان، ۱ ایستگاه در استان قم و ۲۹ ایستگاه در استان تهران قرار دارند. ایستگاه‌های با بیشینه شتاب افقی ثبت شده شامل رودهن ۱، مشاء۳ و فشم ۲ می‌باشد. در محدوده شهری تهران نیز ایستگاه پارک غزال نسبت به بقیه ایستگاه‌های شهر، عدد بیشتری(۶۲ سانتیمتر بر مجذور ثانیه) ثبت کرده است. جهت‌یافتگی بیشینه شتاب افقی بین ایستگاه‌های مشاء و فشم، یادآور گسل مشا–فشم و راستای آن نیز می‌باشد.

۷-۱- شدت زلزله ۵٫۱ دماوند

از مهمترین روبط شدت، رابطه بین شدت زمین‌لرزه و شتاب زمین است که توسط ریشتر ارائه شده و عبارت از :

$$Log\gamma = \frac{i}{3} - \frac{1}{2}$$

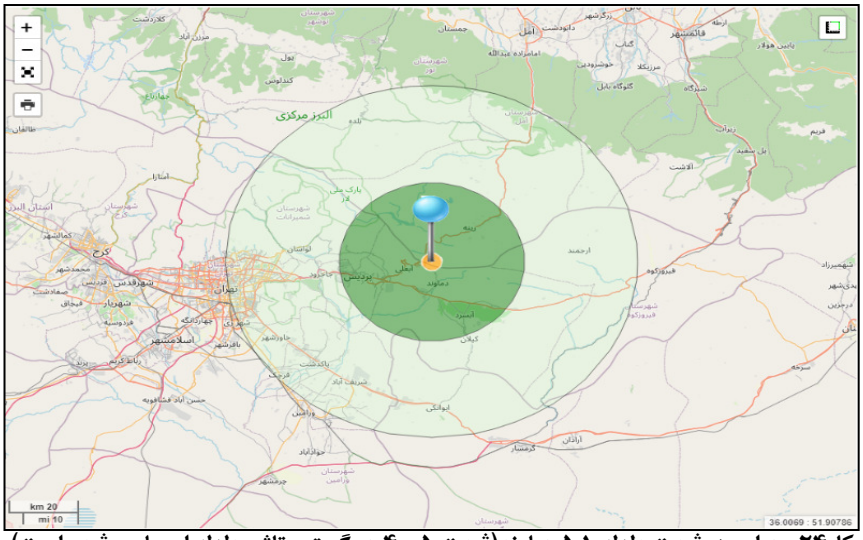
که در آن i شدت بر اساس مرکالی اصلاح شده و γ شتاب زمین بر حسب گال(Cm/s^2) است. با جاگذاری شتاب‌های ثبت شده توسط شبکه شتابنگاری در این رابطه شدت بیش از ۷ برای نقطه کانونی و شدت بیش از ۶ را برای ایستگاه پارک غزال تهران برآورد می‌کند که با واقعیت‌ها متفاوت و نشان‌دهنده تقریبی بودن رابطه‌های اینچنینی است. براساس روابط تجربی کار شده توسط ایمانی ۱۳۸۱ و بخش زلزله مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای بزرگی ۵ شدت تخمینی بجز نقطه رومرکزی که شدت ۶ را در مقیاس مرکالی اصلاح شده بدست می‌دهد، تا شعاع ۲۵ کیلومتری از رومرکز شدت ۵ و تا شعاع ۵۵ کیلومتری شدت ۴ را برآورد می‌کند که با واقعیت‌ها نیز سازگاری بهتری دارد(هر چند که در این روابط نیز نادیده گرفتن اثرات شرایط ساختگاهی و جهت‌یافتگی و ... موجب تقریب گاه بالا نیز می‌شود) (جدول ۳).

جدول۳- رابطه بین بزرگی زلزله ۵ و شدت و ابعاد دوایر هم شدت

$i_0 = \left(\frac{M_s}{1.12}\right)^{\frac{6}{5}}$	I (MM)	M_s	$\rho = \sqrt{1+1I^2}$	R(circle)	A(circle)	r^2	Y (km)	X (km)	S (ellipse km²)
6	6	5	2.14	0.27	0.23	0.07	0.186	0.399	0.233
6	5	5	1.87	22.67	1614.25	513.83	16.573	31.005	1614.245
6	4	5	1.61	53.94	9139.58	2909.22	42.476	68.491	9139.576
6	3	5	1.38	97.60	29923.76	9525.04	83.128	114.583	29923.756
6	2	5	1.18	158.55	78977.89	25139.46	145.763	172.469	78977.887
6	1	5	1.05	243.67	186525.21	59372.87	237.928	249.541	186525.208

برمبنای مقادیر جدول ۳، در شکل ۲۴ دوایر هم شدت تقریبی رسم شده است. شدت ۶ (فقط روی نقطه رومرکزی)، شدت ۵ با شعاع حداکثر ۲۵ کیلومتر و شدت ۴ با شعاع حداکثر ۵۵ کیلومتر تخمین زده شده‌اند.

در جدول ۴ تشریح جدول مرکالی اصلاح شده و نیز در ادامه آن تعاریف انوع ساختمان‌های از نوع A تا D آورده شده است. براین اساس مراکز جمعیتی اطراف رومرکز نیز تفکیک شده و در ادامه در خصوص اطلاعات کلی آنها توضیحاتی داده شده است. بنظر می‌رسد که در محدوده شهر تهران بر پایه جدول ۴، شدت ۴ احساس شده باشد که مجددا ذکر می‌گردد که این شدت حسب نوع خاک متفاوت خواهد بود. در ارزیابی‌های اولیه، برآورد سریع شدت ، هر چند با تقریب نیز مهم می‌باشد.



شکل۲۴- دوایر هم‌شدت زلزله ۵٫۱ دماوند(شدت ۵ و ۴ در گستره تاثیر زلزله احساس شده است)

جدول۴- تشریح جدول مرکالی اصلاح شده و تعریف نوع ساختمان‌ها

شدت I	تشریح شدت درجات مرکالی اصلاح شده
۴	در طی روز در فضای بسته توسط عده زیادی حس و در فضای باز توسط عده معدودی قابل احساس است. در شب ممکن است عده ای از خواب بیدار شوند . بشقابها،پنجره ها و دربها سر و صدا می کنند و دیوارها ترک می دهند. زلزله همانند برخورد یک کامیون سنگین با ساختمان است . در اتومبیل های ایستاده ارتعاش قابل درک است.
۵	زلزله توسط هر فردی قابل احساس است . بسیاری از خواب بیدار می شوند . برخی از بشقابها ، پنجره ها وغیره شکسته می شوند . گچ کاری های ساختمان ترک می خورند . اشیای ناپایدار واژگون می گردند . سروصدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می شود و آونگ ساعتها متوقف می گردند . دربها باز و بسته می شوند و امتداد حرکت زمین لرزه قابل درک است.
۶	زلزله توسط بسیاری از افراد حس می شود و بسیاری از مردم وحشت زده به فضای باز پناه می آورند . اشیای سنگین جابجا می شوند . و قطعات از گچ کاری کنده می شود . دودکش ها فرو می ریزند وخسارات جزئی به بار می آید . افراد به حالت نامتعادل قدم می زنند و یا می ایستند . پنجره ها ،دربها و بشقابها شکسته می شوند. ساختمان های خشتی و ضعیف ترک برمی دارند و زنگ های کوچک به صدا در می آیند .
۷	مردم وحشت زده به فضای باز فرار می کنند . خسارت بسیار کمی در ساختمانهایی که خوب طراحی و ساخته شده اند وارد می شود . به ساختمان های متوسط و معمولی خسارات جزئی و متوسط وارد میگردد. خسارات قابل ملاحظه ای در ساختمان های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود . خسارت به ساختمان های نوع D شامل ترک و فروافتادن گچ کاریها است و آجرهای سست لق می شوند.ترک هایی در ساختمان های نوع C به وجود می آید . ایستادن مشکل می شود و اتانیه شکسته می شوند . زنگ های بزرگ به صدا در می آیند . زهکشهای سیمانی آبرسانی خسارت می بینند . لغزشهای کوچک اتفاق می افتد .
۸	خسارت در ساختمانهایی که طراحی ویژه شده اند بسیار جزئی است و در ساختمان های معمولی نوع C با فروریزش های جزئی همراه است و در ساختمان های ضعیف نوع D بسیار شدید است دیوار های جداکننده به خارج از قاب های ساختمان پرتاب می شوند . دودکش ها ،ستون ها ،دیوار ها و دودکش های کارخانه ها و سنگهای یادبود سقوط می کنند اشیای سنگین واژگون می گردند تغییراتی در سطح آبها ایجاد می شود. ماسه و گل به مقدار کم بیرون زده می شود راندگی مشکل می گردد ترکهایی در زمین های مرطوب و شیب های ملایم ایجاد می شود تغییراتی در آب و درجه حرارت چشمه ها و چاهها ایجاد می شود . خانه های اسکلت دار بر روی سطح پی حرکت می کنند و شاخه های درختان شکسته می شوند.
۹	خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان هایی که طراحی ویژه شده اند ،ایجاد می شود ساختمان های اسکلتی خوب طراحی شده کج می شوند . ساختمان بر روی پی تغییر مکان می دهد ترک های آشکار در زمین ایجاد می گردد . خطوط لوله زیرزمینی شکسته شوند.وحشت عمومی بر مردم غالب می شود . ساختمان های نوع D ویران می گردند و بر ساختمان های نوع C خسارت سنگین وارد می گردد و گاهی کاملاً فرو می ریزند . ساختمان های نوع B خسارت جدی می بینند و خسارت اساسی به پی وارد می گردد . در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می آیند
۱۰	سازه های چوبی خوب ساخته شده ویران می شوند .بسیاری از سازه های اسکلت دار بنایی به همراه پی ویران می شوند .در زمین ترکهای بزرگی ایجاد می گردد .خطوط راه آهن کج می شوند .زمین لغزشهای قابل ملاحظه ای در کنار رودخانه و شیب های ملایم اتفاق می افتند.آب سروصداهای زیادی می کند خسارات جدی به سدها و مخازن وارد می گردد. در زمین ، لغزش های بزرگ اتفاق می افتد و آب از مخازن و کانالها و رودخانه ها دریاچه ها و غیره بیرون ریخته می شود.
۱۱	ساختمان ها کمی استوار باقی می مانند . پلها ویران می گردند . خطوط لولهٔ زیرزمینی کاملاً غیر قابل استفاده می شوند.خطوط راه آهن به شدت کج می شوند . زمین باتلاقی می شود . لغزشهایی در زمین های نرم ایجاد می شود.
۱۲	خسارت کلی . امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند . اشیا به هوا پرتاب می شوند و سنگهای بزرگ جابجا می گردند

ساختمان نوع A : طراحی، ساخت و ملاط ساختمان مناسب؛ ساختمان تقویت شده در جزئیات و به گونه ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی مقاوم باشد و اجزا ساختمان با استفاده از فولاد و بتن و ... به یکدیگر متصل شده اند.

ساختمان نوع B : طراحی، ساخت و ملاط خوب؛ ساختمان تقویت شده؛ اما در جزئیات بگونه ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی نمی تواند مقاوم باشد.

ساختمان نوع C : طراحی و ساخت و ملاط معمولی وساختمان درمقابل نیروهای جانبی مقاوم نیست.

ساختمان نوع D : مصالح ضعیف از قبیل خشت، ملاط نامرغوب و ضعیف، استانداردهای ساخت رعایت نشده و از نظرجانبی در مقابل نیروهای افقی مقاوم نیست.

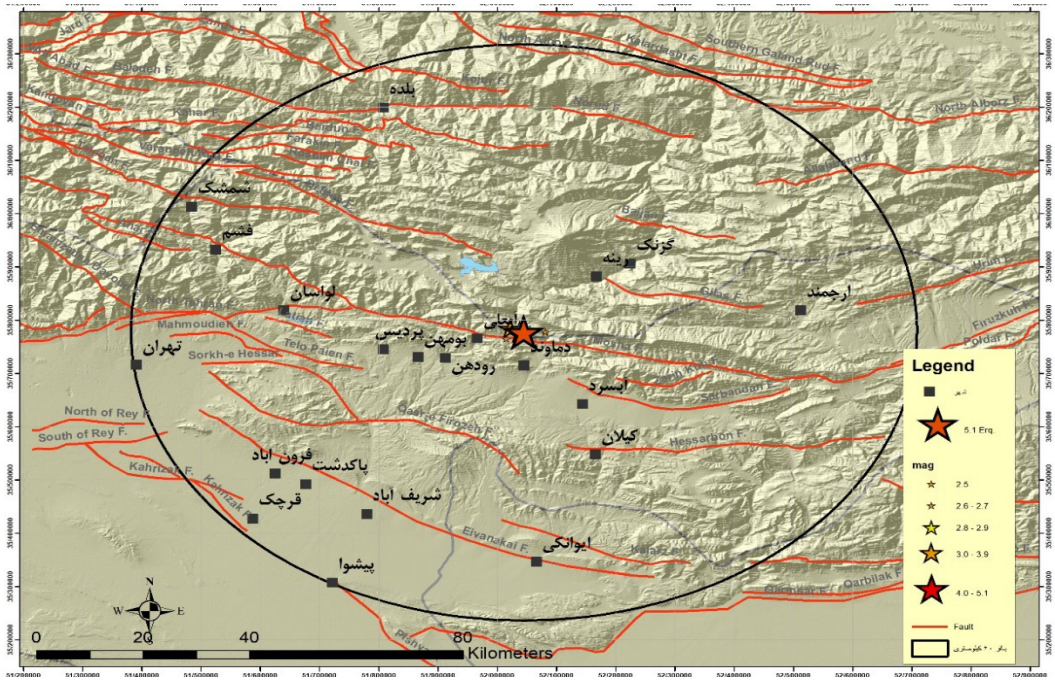
۸- مراکز جمعیتی و واحدهای مسکونی اطراف رومرکز

در بخش ۷ این گزارش ذکر گردید تا شعاع ۶۰ کیلومتری بر اساس روابط تجربی می‌توان برای زلزله ۵,۱ شدت ۴ را در نظر گرفت. در این شدت زلزله محسوس و همانطور که در جدول ۴ (تشریح جدول مرکاری اصلاح شده آمده است) توسط تعداد زیادی از مردم احساس می‌شود. بر همین اساس مراکز جمعیتی واقع در این شعاع(شعاع ۶۰ کیلومتری از رومرکز زلزله ۵,۱ دماوند) در دو بخش شهری و روستائی مورد بررسی قرار گرفت.

۸-۱- مراکز جمعیتی و واحدهای مسکونی شهری

تا شعاع ۶۰ کیلومتری از رومرکز زلزله ۵,۱ دماوند، ۲۱ شهر واقع شده اند. موقعیت آنها در شکل ۲۳ نشان داده شده است. شهر تهران(جمعیت ۸،۶۹۳،۷۰۶ طبق آمار ۱۳۹۵) و پاکدشت پر جمعیت‌ترین و شهرهای بلده و گزنک کم جمعیت‌ترین شهرهای اطراف رومرکز زلزله هستند

کل جمعیت شهری ساکن در فاصله ۶۰ کیلومتری اطراف رومرکز ۹،۵۵۱،۲۷۲ نفر(آمار ۱۳۹۵) می‌باشد که در ۳،۱۲۸،۴۸۰ واحد مسکونی ساکن هستند(نسبت جمعیت شهری به واحد مسکونی ۳,۰۵ می‌باشد). از این میان تعداد ۳۰۲،۹۸۷ واحد فاقد اسکلت می‌باشد که طبعا" در مقابل زلزله‌های بزرگ استقامت کمتری را خواهند داشت. با احتساب ضریب ۳,۰۵ جمعیت به‌ازای هر واحد، تعداد کل جمعیت ساکن در واحدهای فاقد اسکلت ۹۲۴،۱۱۰ نفر خواهد بود که جمعیت قابل ملاحظه‌ای در برآوردهای ریسک زلزله تهران و اطراف آن است.

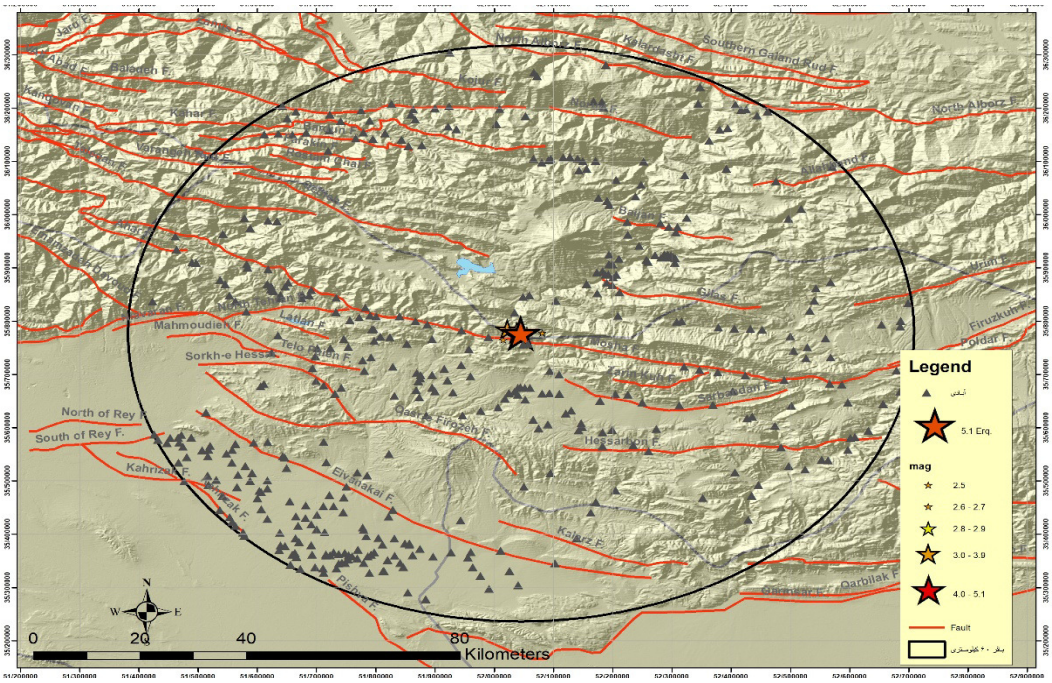


شکل۲۵- موقعیت شهرهای واقع در شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵,۱ دماوند

۸-۲- مراکز جمعیتی و واحدهای مسکونی روستائی

در شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله، ۴۲۹ آبادی قرار گرفته است، قیامدشت با جمعیت ۳۶،۴۴۶ نفر پرجمعیت‌ترین آنها است. اغلب مراکز روستائی کم جمعیت هستند. تعداد کل جمعیت ساکن در تمام آبادی‌های اطراف

رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند، ۴۰۲،۶۱۸ نفر(برطبق آخرین سرشماری و آمار نفوس و مسکن مرکز آمار ۱۳۹۵) ساکن هستند. این تعداد در ۱۱۱،۶۹۵ واحد مسکونی زندگی می‌کنند که از میان این تعداد از واحدهای مسکونی ۴۲،۸۴۳ واحد فاقد اسکلت می‌باشد. نسبت جمعیت به واحد مسکونی روستائی در شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف زلزله ۵٫۱ دماوند، ۳٫۶ می‌باشد که بر این اساس تعداد ۱۵۴،۲۳۴ نفر جمعیت روستائی در واحدهای مسکونی کم مقاوم در برابر زلزله سکنی گزیده‌اند.



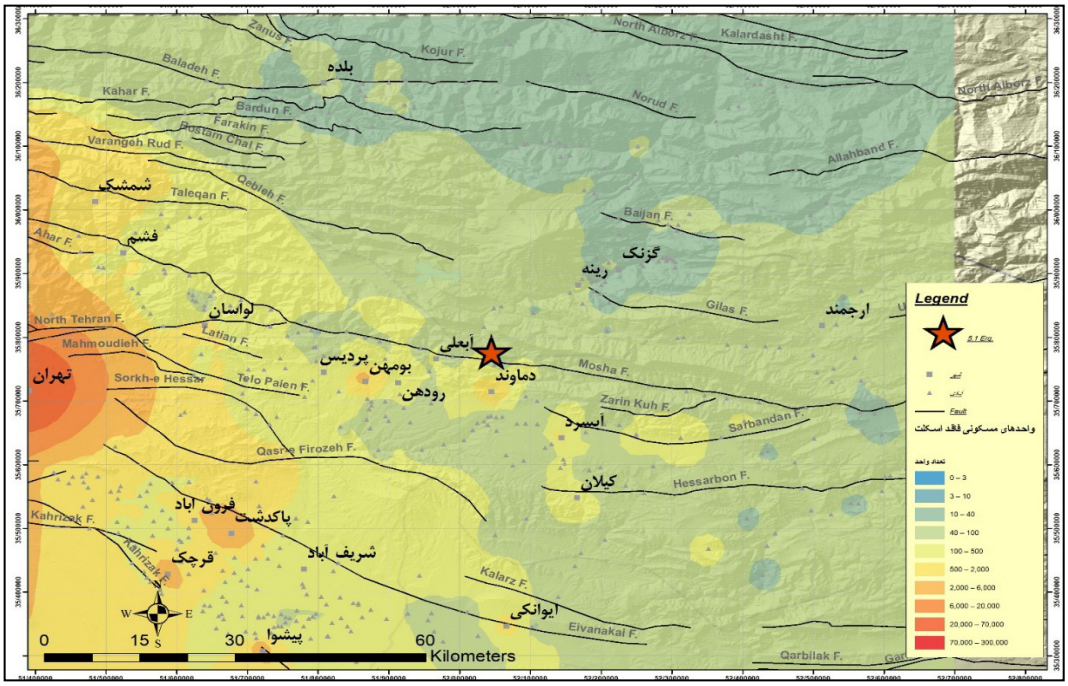
شکل۲۶- موقعیت آبادی‌های واقع در شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله ۵٫۱ دماوند

۸-۳- جمع‌بندی جمعیتی و کیفیت واحدهای مسکونی

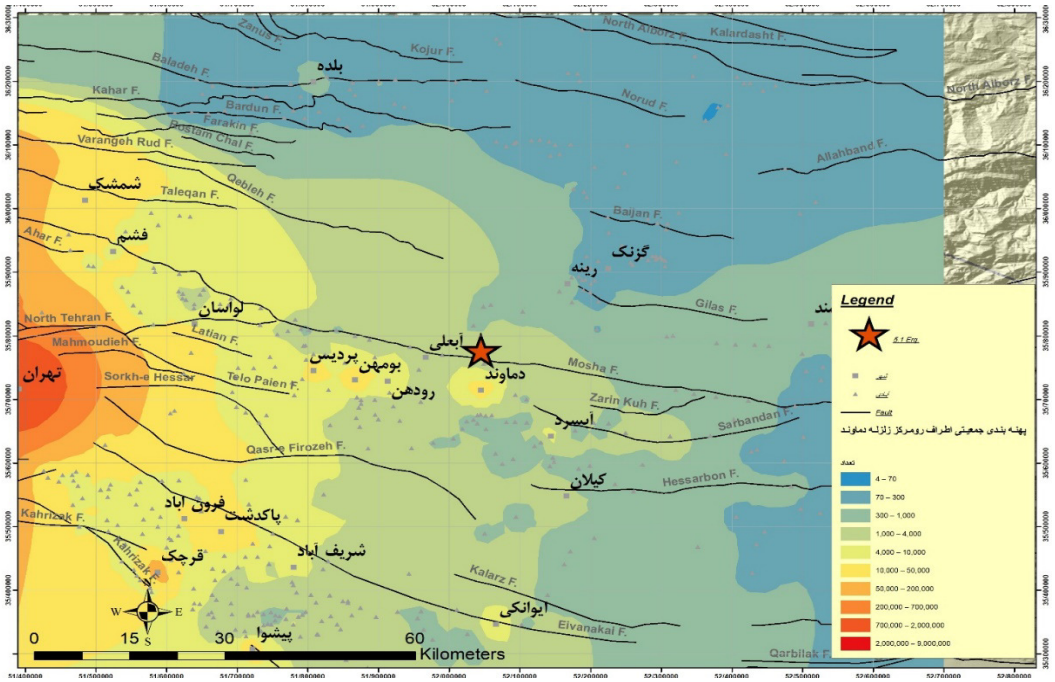
شرق و شمال شرق تهران به‌ویژه محدوده لواسانات تا دماوند، زون لرزه‌خیزی و فعالی است. در این ناحیه گسل‌های شمال تهران و مشاء با هم تلاقی داشته و تشکیل گره تکتونیکی فعالی را داده‌اند. عمده ترین زلزله‌های اطراف کلان شهر تهران در شرق آن رخ می‌دهد. لزوم توجه جدی به‌ویژه به این گستره امر اجتناب‌ناپذیری است.

بطور کلی جمعیت واقع در شعاع تاثیر زلزله ۵٫۱ دماوند، ۹،۹۵۳،۸۹۰ نفر(شهری و روستائی) می‌باشد، این تعداد جمعیت در ۳،۲۴۰،۱۷۵ واحد مسکونی(آمار ۱۳۹۵) سکنی گزیده‌اند. از این تعداد واحد مسکونی، تعداد ۱،۸۴۸،۲۱۸ واحد دارای اسکلت فولادی، ۱،۰۴۱،۵۲۲ واحد دارای اسکلت بتنی و ۳۴۵،۸۳۰ واحد فاقد اسکلت هستند. نسبت جمعیت به واحدهای مسکونی بطور متوسط ۳٫۲ می‌باشد که در یک دید کلی نزدیک به ۱،۱۵۰،۰۰۰ نفر جمعیت در واحدهای با مقاومت و استحکام کم در برابر زلزله زندگی می‌کنند و معرف ریسک بالای جمعیتی در این ناحیه است. انتظار می‌رود، چنین واحدهائی در برابر نیروهای بزرگتر زلزله دچار خسارت جدی شوند. در شکل ۲۷ نقشه پهنه‌بندی جمعیتی در مسافت ۶۰ کیلومتری به مرکزیت زلزله ۵٫۱ دماوند نشان داده شده است. در شکل ۲۸ نیز پراکندگی تعداد واحدهای مسکونی فاقد اسکلت در آن شعاع نشان داده شده است. در این دو شکل تعداد بالای جمعیت و واحدهای مسکونی در

تهران نمایان است.



شکل۲۷- نقشه پهنه‌بندی تعداد جمعیت در شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف زلزله ۵٫۱ دماوند



شکل۲۸- نقشه پهنه‌بندی تعداد واحدهای مسکونی فاقد اسکلت در شعاع ۶۰ کیلومتری اطراف زلزله ۵٫۱ دماوند

۹- خسارت‌های ساختمان ها و زیرساخت‌ها در زلزله ۵٫۱ دماوند

۹-۱- بخش ساختمان

با توجه به آخرین اخبار ارسالی از گروه‌های ارزیاب و مسئولین محلی تا لحظه نگارش این گزارش، در زلزله رخداده تخریب کامل یا فروریزش ساختمانی مشاهده نشده است و آسیب‌های رخ داده بصورت سطحی در غالب بروز ترک‌های برشی در دیوارها رخ‌نمون داشته است. با وجود احساس شدید زلزله در سطح شهر تهران و شهرهای اطراف، به گفته مسئولین، موردی از فروریزش و آسیب جدی در این شهر دریافت نشده است.

تنها در برخی از منازل مسکونی منطقه رخداد و نواحی پیرامونی، علی‌الخصوص در منطقه دماوند و شهر گیلاوند شاهد بروز ترک‌خوردگی در دیوار و ریزش‌های جزیی در اندودها (گچکاری) بوده‌ایم. همچنین زلزله در این مناطق موجب ریزش اسباب و وسایل برخی از منازل که به درستی مهار نشده بودند گردیده است.

بر اساس مشاهدات، دو مورد محل نگهداری احشام در روستاهای هویر و مومج از توابع دماوند تخریب شده است. همچنین در برخی روستاهای دیگر مانند دمادشت، شاهد ترک‌خوردگی برخی دیوارهای منازل بوده‌ایم. همچنین از مناطق پیرامون کانون زلزله مانند وادان گزارشی از تخریب دریافت نشده است و آسیب‌ها در حد ترک‌خوردگی دیوار برخی منازل بوده است.

همچنین پس از پیگیری‌ها و بازدیدهای مسئولین محلی در مناطق حاشیه ای محور هراز که در نزدیک کانون زلزله بوده، از جمله پلور، گزنک، رینه و لاریجان، آسیب جدی گزارش نشده است. ولی برخی از منازل قدیمی دچار ترک‌خوردگی جزئی گردیده‌اند که ارتباط این ترک‌خوردگی‌ها با زلزله مذکور قابل تایید نیست. بدین ترتیب می‌توان بیان نمود که در استان مازندران- شهرستان آمل بعنوان نزدیک‌ترین شهرستان در این استان به کانون زلزله، در روستاهای بایجان، صقرچی، گزنک، لاسم و در روستای زیارت نیز بعنوان مرکز زمین‌لرزه خسارات جدی ناشی از زلزله مشهود نبوده است.

با توجه به جمع‌بندی آسیب‌های رخ داده، می‌توان نقش نوسازی ساختمان‌ها و بالا بودن تعداد منازل دارای اسکلت و منازل بهسازی شده در منطقه را در کاهش خسارات و آسیب‌ها بسیار مهم برشمرد.

۹-۲- راه‌ها و محورهای مواصلاتی

بنا بر اعلام مسئولین سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور، زلزله مذکور موجب ریزش سنگ در یک لاین محور هراز بعنوان محور شریانی مهم ارتباطی بین تهران و شمال کشور، در محدوده شهر آبعلی شده که این مشکل سبب انسداد نقطه‌ای و اختلال در عبور و مرور این لاین محور هراز گردیده است که با اعزام نیروهای راهداری در ساعات اولیه عملیات پاکسازی و بازگشایی محور صورت گرفته است. در شکل ۲۹ این ریزش قابل مشاهده است.

شکل۲۹- ریزش در محور هراز در محدوده شهر آبعلی در اثر زلزله

همچنین بنابر اعلام مسئولین، زلزله مذکور موجب ریزش در محور شمیرانات استان تهران در محدوده منطقه کمرخانی شده و بدنبال آن یک لاین این محور بطور کامل برای ساعاتی مسدود گردیده است. با اعزام نیروها پاکسازی این محور صورت گرفته و محور بازگشایی شده است. گزارش دیگری مبنی بر وقوع ریزش در محورهای منطقه دریافت نشده است.

۱۰-مدیریت بحران زلزله ۵٫۱ دماوند

شدت این زمین‌لرزه به دلیل عمق کم در بسیاری از مناطق استان و همچنین استان‌های مازندران و البرز، احساس گردید و باعث ایجاد رعب و وحشت در میان تعدادی از مردم شد و تعدادی سراسیمه از منازل خود به کوچه و خیابان‌ها آمدند و شب را تا صبح در خیابان سپری کردند(شکل ۳۰). براساس اظهارات رئیس پلیس راهور تهران، ترافیک در خیابان‌های تهران بعد از وقوع زلزله ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یافت و صف‌های طولانی در پمپ بنزین‌های تهران تشکیل گردید(شکل ۳۱).

شکل ۳۰- حضور مردم در خیابان‌ها پس از وقوع زلزله

شکل ۳۱- صف خودروها در پمپ بنزین‌ها بعد از وقوع زلزله ۵٫۱ دماوند

۱۰-۱-اقدامات اولیه

بلافاصله پس از وقوع زلزله، وزیر کشور از استاندار تهران و رئیس سازمان مدیریت بحران خواست سریعاً تیم‌های مجهز امدادی به منطقه ارسال شوند و امدادرسانی سریع و بهینه به آسیب دیدگان احتمالی، با رعایت کامل پروتکل‌های

بهداشتی و مراقبتی درباره بیماری ویروس کرونا در منطقه دماوند تهران انجام گردد. ارزیابی سریع از خسارات و اقدام به موقع جهت حل مشکلات مردم نیز مورد تاکید ایشان قرار گرفت. استاندار تهران نیز از مردم تهران خواستند تا صبح هوشیاری لازم را داشته باشند. پس از زلزله عوامل اجرایی، امدادی، خدماتی و انتظامی از هلال‌احمر، اورژانس، ستاد بحران، فرمانداری، نیروی انتظامی و... به مناطق زلزله‌زده اعزام شدند و تمامی دستگاه‌ها به حالت آماده‌باش درآمدند.

۱۰-۲-عملیات نجات آسیب‌دیدگان وامدادرسانی

در ساعت‌های اولیه رخداد زلزله بنا بر اظهارات وزیر بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تمام مراکز اورژانس کشور، هلال‌احمر و بخش‌های درمانی با صد در صد ظرفیت در آماده‌باش کامل قرار گرفتند و بیمارستان‌های فیروزگر، حضرت رسول(ص)، امام خمینی (ره)، امام حسین (ع) و شهدای تجریش در تهران و بیمارستان‌های پل سفید، دماوند و فیروزکوه به خدمت‌رسانی به مصدومان پرداختند.

شهرداری تهران نیز علاوه بر آماده باش کلیه نیروهای خدماتی و امدادی، درب کلیه بوستان و پارک‌ها بر روی شهروندانی که مایل بودند شب را بیرون از منزل بمانند گشود و ۵۲ سوله ورزشی الزهرا (س) شهرداری تهران آماده پذیرش شهروندان قرار گرفت(شکل۳۲). ستاد مدیریت بحران شهرداری به مردم اعلام نمود اپلیکشن شهر آماده را نصب کنند و از نکاتی که در ارتباط با زلزله در آن ذکر شده استفاده کنند. (در این اپلیکیشن مراکز امن ذکر شده است).

بعد از وقوع زلزله تهران وزیر ورزش و جوانان دستور داد درب‌های استادیوم آزادی، تختی، کشوری، شیرودی و انقلاب برای استقرار مردم باز شود. طبق اظهارات مسئولین نیروی انتظامی پلیس پیشگیری پایتخت، گشت‌های ویژه پلیس را برای جلوگیری از سرقت منازل به محلات شهر تهران اعزام کرد.

فرمانده کل ارتش جمهوری اسلامی به فرماندهان نیروهای ارتش در تهران، دستور داد آمادگی کامل برای کمک به ستاد بحران را داشته باشند و یگان‌های ارتش در تهران و اطراف، در حالت آماده برای کمک‌رسانی قرار گرفتند.

شکل۳۲- اسکان مردم در فضای سبز، پارک‌ها و خودروهای شخصی خود

۱۰-۳-مصدومیت و تلفات جانی

طبق اعلام مسئولین اورژانس، این رخداد دو کشته(یک مرد ۶۰ ساله حین فرار بر اثر تروما از ناحیه سر و یک زن ۲۱ ساله بر اثر ایست قلبی) و ۲۳ مصدوم به همراه داشت که ۱۲ تن مصدومیت جدی و ۱۱ نفر مصدوم ناشی از ترس یا فرار داشتند که در محل درمان و یا پس از اعزام به مراکز درمانی ترخیص شدند.

براساس اظهارات وزیر ارتباطات پس از وقوع زلزله تماس‌های صوتی شهر تهران چندین برابر شد و مصرف اینترنت کاهش چشمگیری داشت و در شهر دماوند ترافیک شبکه صوتی کشور حدود ۱۴ برابر و در شهر تهران ۹ برابر رشد داشت و برای دقایقی شبکه به حالت اشباع رسید و برقراری تماس‌های صوتی بسیار مشکل شد.

۱۰-۴-نقاط ضعف و قوت

در این رخداد مواردی از جنبه‌های ضعف و قوت مدیریت بحران حادثه مشاهده گردید که ذکر می‌گردد

نقاط ضعف

هرچند که در مقایسه با زلزله ملارد(آذرماه ۱۳۹۶) رفتار و عکس العمل مردمی مناسب تر بود اما در مواردی کمبود اطلاعات کافی عمومی از نحوه برخورد صحیح هنگام وقوع زلزله مشاهده گردید که شامل:

- عدم حفظ خونسردی و سراسیمگی در خروج از منازل و مسدومیت تعدادی از آنها
- ایجاد صف‌های طولانی در تعدادی از جایگاه های سوخت خودرو
- ایجاد ترافیک موضعی در نقاطی از سطح شهر
- بروز شایعات در زمینه زلزله بزرگتر و ارتباط زلزله به آتشفشان دماوند(در سطح محدود)
- عدم رعایت فاصله اجتماعی و استفاده از ماسک برای جلوگیری از شیوع بیشتر ویروس کرونا پس از زلزله(در برخی از موارد)

نقاط قوت

- حضور به موقع تیم‌های امدادی در مناطق زلزله‌زده
- ارائه به موقع هشدارها توسط مسئولین و تکذیب به هنگام شایعات
- راه‌اندازی اپلیکیشن شهر آماده جهت راهنمایی صحیح شهروندان
- بازگشایی به موقع مراکز اسکان موقت(ورزشگاه‌ها و بوستان‌ها) به روی مردم
- نقش مناسب رسانه ها و بویژه صدا و سیما در اطلاع رسانی مناسب، مصاحبه با کارشناسان در حیطه های تخصصی فنی، اجتماعی و روانشناسی

۱۱-پیشنهادات

زلزله ۱۹-۲-۱۳۹۹ با بزرگی ۵,۱ دماوند، آخرین زلزله محدوده اطراف شهر تهران و بویژه شرق و شمال شرق تهران مسلما نخواهد بود. این زون همانطور که در متن این گزارش بدان اشاره شد، زون فعال لرزه‌ای و بویژه در محدوده تلاقی گسل شمال تهران و مشاء از منطقه لواسانات تا دماوند و بسمت شرق شهر دماوند است. در همین چند سال اخیر

نیز در محدوده فیروزکوه، رودهن، دماوند رخداد چندین خردلرزه، موجب نگرانی‌هایی مبنی بر فعالیت گسل مشاء گردید. براین اساس با توجه به مجموعه مطالب ذکر شده در این گزارش و تجربیات زلزله‌های پیشین و اطلاعات موجود در خصوص لرزه‌خیزی محدوده و با نگاهی به اهمیت کلانشهر تهران، موارد زیر را بعنوان پیشنهادات ذکر می‌گردد. اجرای موارد پیشنهادی بسیار ضروری تلقی شده و تاکید موکد بر عملیاتی کردن موارد پیشنهادی بعمل می‌آید.

- ضرورت دارد تا مطالعات پیش‌نشانگرهای زلزله با مجهز نمودن ایستگاه‌هائی با اولویت کلانشهر تهران و در فاز اول در شرق و شمال شرق آن آغاز گردد. این وظیفه از چندین سال پیش به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران سپرده شده است که متاسفانه بدلیل عدم حمایت مالی و یا کمبود منابع، هنوز وارد مرحله جدی عملیاتی نشده است.
- ایستگاه‌های لرزه‌نگاری و شتابنگاری و GPS بر روی گسله‌های اطراف تهران تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری باید به ۳ تا ۴ برابر تعداد کنونی افزایش یابد. مکان‌یابی استقرار ایستگاه‌ها، تامین نیروی انسانی و کارشناسی و ملاحظات پشتیبانی باید بطور جد مد نظر قرار گیرد.
- بطور ویژه محدوده تلاقی گسل شمال تهران و مشاء و فعالیت گسل‌های این منطقه باید با نصب تجهیزات لرزه‌نگاری دقیق و ایستگاه‌های GPS تحت پایش برخط قرار گیرد.
- آموزش عمومی مردم، با الزام جدی از سوی سیمای جمهوری اسلامی ایران در زمان‌های پربیننده و بویژه در لابلای برنامه‌های پرمخاطب مورد توجه قرار گیرد. رفتار سراسیمه مردم در زمان رخداد، هر چند نسبت به زلزله ملارد(آذر ۱۳۹۶) بهتر بود(شاید هم شدت کمتری در تهران نسبت زلزله ملارد حس شد)، اما بطور وضوح بیانگر نیاز ضروری به ارتقاء سطح و میزان آموزش‌های عمومی بود.
- طبق آمار مرکز آمار ایران(سال ۱۳۹۵)، در فاصله ۶۰ کیلومتری اطراف زلزله ۵٫۱ دماوند، ۱۱۱،۶۹۵ واحد مسکونی روستائی قرار دارد که از آن میان ۴۲،۸۴۳ واحد فاقد اسکلت است(۳۸٪ کل واحدهای مسکونی روستائی استحکام پائینی در برابر زلزله دارند)، نسبت جمعیت به واحد مسکونی همانگونه که در گزارش نیز ذکر گردید ۳٫۶ می‌باشد. بعبارتی دیگر در محدوده اطراف زلزله ۵٫۱، بیش از ۱۵۰ هزار نفر در واحدهای فاقد مقاومت مناسب در برابر زلزله زندگی می‌کنند(آمار ۱۳۹۵)، این امر بوضوح معرف میزان ریسک لرزه‌ای در ناحیه اطراف زلزله دماوند است. ضرورت دارد تا نسبت به تغییر جدی و سریع کیفیت واحدهای مسکونی روستائی اقدام جدی و بر طبق برنامه معینی انجام شود.
- پایش آتشفشان دماوند، بعنوان یک ضرورت با محوریت سازمان زمین شناسی و با همکاری نهادهای تخصصی دیگر باید در اسرع وقت اجرائی گردد. امر شروع آتشفشان دماوند، با رخداد سیل و زلزله، بوی بد تهران و ... همیشه بعنوان شایعات همراه مخاطرات و رخدادها مطرح گردیده و متاسفانه اقدام قابل ملاحظه ای هم برای پایش بی هنجاری های لرزه ای، خروج گاز و صورت نگرفته است.

" درخواست بعمل می آورد که موارد پیشنهادی مورد توجه قرار گیرد. این رفتار که با رخداد مخاطرات، بصورت مقطعی، به مخاطرات توجه نمائیم و پس از چند مدتی، اقدامات اساسی مورد نیاز مجددا مغفول بماند، رفتار شایسته ای نیست.(" مولف گزارش و همکاران ")

منابع:

۱. *بحیرائی، ساره.، عباسی، م.ر.، الماسیان، م. ۱۳۸۶، تحلیل ساختاری گسل مشا در گستره شمال خاور تهران، فصلنامه علوم زمین، سال شانزدهم، شماره ۶۴.*

۲. *جمور، ی.،هاشمی طباطبایی، س.، صدیقی، م.، نانکلی، ح.، ۱۳۸۹- برآورد آهنگ GPS حرکات زمین ساخت نوار شمالی تهران بزرگ با نگرشی ویژه به گسل شمال تهران، علوم زمین، ۸ صفحه.*

۳. *نقشه تکتونیک ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ایران، سازمان زمین شناسی کشور*

۴. *نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، سازمان زمین شناسی کشور*

۵. *نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دماوند، سازمان زمین شناسی کشور*

۶. *نقشه مغناطیس هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، سازمان زمین شناسی کشور*

۷. *داده های شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی*

۸. *داده های مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران*

۹. *داده های GPS سازمان نقشه برداری*

۱۰. Solaymani, S., Ritz, J.F. and Abbasi, M., 2011. Left-lateral active deformation along the Mosha–North Tehran fault system (Iran): Morphotectonics and paleoseismological investigations. Tectonophysics 497 (2011) 1–14.

http://ipgn.ncc.org.ir/default.aspx