

## شواهد زمین لرزه و امکان شناسایی رخداد‌های گذشته با تمرکز بر زمین لرزه طبس

حمیده امینی<sup>\*۱</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰)

### چکیده

رخداد انواع زمین لرزه‌ها، علاوه بر تأثیرگذاری بر ساکنان مناطق تأثیر پذیرفته از آن زمین لرزه، انواع سازه‌های ساخته شده توسط بشر، محیط زیست و زمین منطقه تأثیر پذیرفته از آن رویداد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. مجموعه این اطلاعات، دربرگیرنده میزان تخریب و خسارات انواع سازه‌ها، و کلیه تغییرات محیطی شامل جابجایی‌ها، سنگ‌لغزش‌ها، زمین لغزش‌ها، روانگرایی‌ها، تغییرات شیمیایی و سطح آب در چاه‌ها، رودخانه‌ها و چشمه‌ها، و بسیاری موارد مرتبط دیگر می‌باشد. مطابق مطالعات جهانی، با به‌کارگیری این اطلاعات، امکان برآورد شدت در هر یک از مناطق تأثیر پذیرفته از هر رخداد زمین لرزه و همچنین، رومرکز آن زمین لرزه، و در صورت موجود بودن اطلاعات کافی، امکان برآورد پارامترهای مه‌لرزه‌ای زمین لرزه از جمله مختصات و بزرگای مه‌لرزه‌ای، و اطلاعات چشمه زمین لرزه نیز فراهم خواهد بود؛ که این امر، به‌ویژه در استخراج اطلاعات زمین لرزه‌های گذشته که اطلاعات ناچیزی از آن‌ها موجود است یا اطلاعاتی از آن‌ها وجود ندارد، شایان توجه است. در این مطالعه، با تمرکز بر زمین لرزه طبس که در شامگاه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷، در منطقه طبس واقع در شرق ایران رخ داد، توصیفات مرتبط با زمین لرزه جمع‌آوری و توضیح داده می‌شود. این زمین لرزه کم‌عمق که در ناحیه‌ای به وسعت ۱۱۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع احساس شد، حدود ۱۵۰۰ واحد مسکونی و ۳۰ حلقه قنات را ویران کرد. گرچه این رخداد در ناحیه کم‌جمعیتی رخ داد، رقم کلی تلفات انسانی آن بیش از ۲۰۰۰۰ نفر بود و مسبب ویران شدن کامل ۹۰ روستا و خساراتی به ۵۰ روستای دیگر شد. از جمله تغییرات محیطی آن، می‌توان به ۸۵ کیلومتر گسلش سطحی ناپیوسته با سازوکار رانندگی، جابجایی‌های قائم و افقی به‌ترتیب تا حدود ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر مرتبط با این رخداد اشاره کرد. در این مطالعه، بررسی منطقه با بررسی نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مرتبط با منطقه رخداد زمین لرزه، آغاز؛ و محل‌هایی جهت بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از رسوبات به‌منظور تعیین سن مطلق رخداد‌های احتمالی گذشته پیشنهاد می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** شواهد و توصیفات گزارش شده زمین لرزه، زمین لرزه‌های دیرینه، شدت زمین لرزه، زمین لرزه طبس، ایران

## ۱ مقدمه

از زمین‌لرزه رخداد، امکان برآورد شدت زمین‌لرزه در مناطق تأثیر پذیرفته از آن رویداد و رومرکز زمین‌لرزه، فراهم خواهد شد. این برآوردها، با استناد به مجموعه اطلاعات جمع‌آوری شده از میزان تخریب و خسارت ایجاد شده از رخداد در انواع سازه‌های موجود در هر منطقه انجام می‌شود (گرونتال، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۸). همچنین، با مدنظر قراردادن نوع سازه‌ها و میزان تأثیرپذیری آن‌ها، علاوه بر برآورد شدت زمین‌لرزه در رومرکز و هر یک از مناطق تأثیر پذیرفته از آن، امکان بررسی جنبه‌های مختلف زمین‌لرزه توسط متخصصان مختلف به‌طور ویژه متخصصان سازه و ساختمان و ژئوتکنیک هم فراهم خواهد بود.

## ۲-۱ میزان اثرگذاری رخداد زمین‌لرزه بر طبیعت منطقه

چنانچه ذکر شد، فاکتور دیگر مؤثر در بررسی و استخراج اطلاعات مرتبط با رخداد یک زمین‌لرزه، میزان تأثیرپذیری زمین و محیط اطراف آن از رخداد زمین‌لرزه مدنظر است. این فاکتور، بدون درنظر گرفتن اثرات رخداد بر روی انسان‌ها و سازه‌های ساخته‌شده توسط انسان‌ها، کلیه تغییرات محیطی، شامل جابجایی‌ها، سنگ‌لغزش‌ها، زمین‌لغزش‌ها، روانگرایی‌ها، تغییرات شیمیایی و سطح آب در رودخانه‌ها و چشمه‌ها، و سایر موارد مرتبط با محیط که تحت تأثیر زمین‌لرزه ایجاد می‌شود را در بر می‌گیرد (میچتی و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷؛ گوئریر و همکاران، ۲۰۱۵). به‌طور خاص، در مناطقی که زمین‌لرزه در بخش‌های خالی از سکنه رخ می‌دهد، بررسی‌های دقیق‌تر و استخراج اطلاعات بیشتر از آن رخداد با استفاده از این اطلاعات امکان‌پذیر خواهد بود. به‌کارگیری این اطلاعات، امکان برآورد شدت زمین‌لرزه، هم برای هر یک از مکان‌های تأثیر پذیرفته از زمین‌لرزه و هم رومرکز

علم زلزله‌شناسی، علمی جدید است. اطلاع از زمین‌لرزه‌های رخ داده در گذشته و مطالعات لرزه‌خیزی در مناطق مختلف از جمله مطالعات کلیدی و کاربردی در این رشته محسوب می‌شود؛ به‌گونه‌ای که با مدنظر قرار دادن اطلاعات زلزله-شناسی در کنار سایر اطلاعات زمین‌شناسی، جغرافیایی، ژئوفیزیکی، ژئوتکنیکی و حتی اطلاعات انسانی و اجتماعی، می‌توان به تجزیه و تحلیل دقیق‌تری از اطلاعات گذشته در کنار اطلاعات حال در مناطق مختلف دست یافت. اولین و مهم‌ترین اطلاعات مرتبط با هر زمین‌لرزه، اطلاع از زمان وقوع، مختصات جغرافیایی منطقه رخداد زمین‌لرزه و بزرگای آن می‌باشد به‌گونه‌ای که برنامه‌ریزی‌های مدیریت بحران، جهت مدیریت آن رخداد بر مبنای این اطلاعات انجام خواهد گرفت؛ و با به‌کارگیری این اطلاعات، وابسته به تأثیرگذاری آن بر روی افراد، زمین-شناسی منطقه و انواع سازه‌های ساخته‌شده در آن منطقه، تدابیر مدیریتی متفاوتی برای رفع مسائل پیش‌آمده ناشی از آن رویداد درنظر گرفته خواهد شد. دو فاکتور اساسی در بررسی میزان اهمیت رخداد یک زمین‌لرزه در هر منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ میزان اثرگذاری آن رخداد بر سازه‌های ساخته‌شده توسط بشر و همچنین، میزان اثرگذاری آن بر زمین و در واقع، طبیعت منطقه تأثیر پذیرفته از رخداد است.

## ۱-۱ میزان اثرگذاری رخداد بر سازه‌ها

تأثیر رخداد زمین‌لرزه بر سازه‌ها و میزان تخریب و خسارات ساختمانی ایجاد شده از آن رخداد به عواملی از جمله بزرگای زمین‌لرزه، شدت زمین‌لرزه، مقاومت سازه‌ها و میزان رعایت اصول مربوط به ساختمان‌سازی در منطقه مورد نظر، مرتبط می‌باشد. مطابق مطالعات جهانی انجام شده، با مدنظر قرار دادن انواع سازه‌هایی که در هر منطقه ساخته می‌شوند و میزان تأثیرپذیری هر یک از این سازه‌ها

جدول ۱. لیست زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیشتر از ۶ در گستره‌ای به مرکزیت کانون دستگامی زمین‌لرزه طبس.

longitude	latitude	year	month	day	magnitude	depth	hour	Minute
59.30	33.30	763	1	1	7.5	0	0	0
59.20	33.90	1066	5	1	6.5	0	0	0
58.70	34.30	1678	1	1	6.5	0	0	0
56.30	31.20	1875	5	1	6.0	0	0	0
56.00	32.00	1911	4	18	6.2	0	18	14
57.10	34.50	1918	3	24	6.3	0	23	14
57.31	34.58	1933	10	5	6.0	0	13	29
56.02	32.10	1933	11	28	6.2	0	11	9
58.92	33.47	1941	2	16	6.1	0	16	39
58.70	33.70	1947	9	23	6.7	35	12	28
59.02	34.04	1968	8	31	7.4	13	10	47
58.25	34.10	1968	9	1	6.3	14	7	27
59.23	33.86	1976	11	7	6.4	13	4	0
57.38	33.24	1978	9	16	7.3	34	15	35

جدول ۲. پارامترهای چشمه مرتبط با زمین‌لرزه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ طبس برآورد شده توسط محققان مختلف.

(S.V.: Slip Vector azimuth; D: Depth; S: Strike; R: Rake)

	S	Dip	R	S.V.	D	Mw	Method
Akasheh and Eshghi, 1980	234	16	185	20			First motion
Niazi and Kanamori, 1981	330	30	110	36	-	7.4	Surface wave moment
Berberian et al., 1979	332	31	110	36	-	-	First motion
Harvard CMT	328	33	107	38	11	7.4	Centroid moment tensor
Walker et al., 2003	355	16	155	19	9	7.2	Body-wave inversion

روی سازه‌های دست‌ساز بشر و محیط زیست تأثیر پذیرفته از زمین‌لرزه، ارائه می‌شود. علاوه بر این، با استناد به لرزه‌خیز بودن منطقه، جهت ارتقاء اطلاعات زلزله‌ای منطقه، با بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی امکان وجود زمین‌لرزه/ زمین‌لرزه‌های رخ داده در گذشته نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

محققانی که زمین‌لرزه رخ داده در ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ (۱۹۷۸/۰۹/۱۶)، در منطقه طبس را مورد مطالعه قرار دادند، معتقدند که این زمین‌لرزه با ۸۵ کیلومتر گسلش سطحی ناپیوسته ناشی از فعال شدن سیستمی گسلی با ساز و کار راندگی بوده که قبل از رخداد زمین‌لرزه شناخته شده نبوده است (بربریان و همکاران، ۱۹۷۹b؛ نیازی و کاناموری، ۱۹۸۱). واکر و همکاران (۲۰۰۳)، با مطالعه عوارض

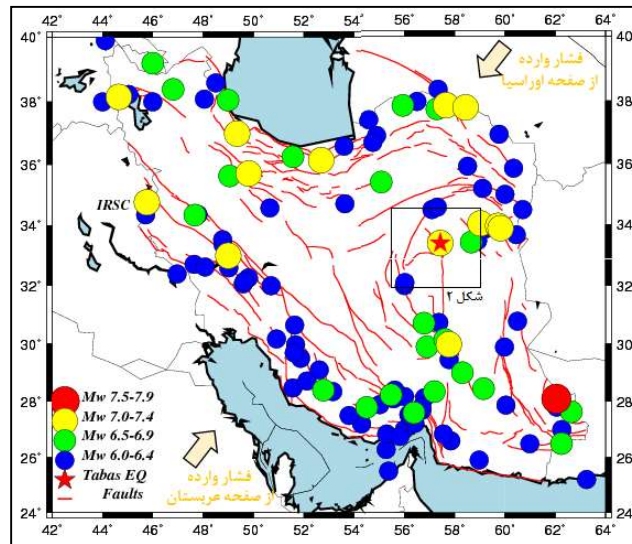
زمین‌لرزه را فراهم می‌کند که این مقادیر شدت برآورد شده با عنوان شدت‌های مه‌لرزه‌ای شناخته می‌شوند. علاوه بر این، در صورت جمع‌آوری اطلاعات کافی از یک رخداد، امکان برآورد پارامترهای مه‌لرزه‌ای زمین‌لرزه مورد نظر از جمله مختصات و بزرگای مه‌لرزه‌ای و اطلاعات چشمه زمین‌لرزه نیز فراهم خواهد بود (بکان و همکاران، ۲۰۰۵؛ ماسون و جیمینس، ۲۰۰۸؛ گاسپرینی و همکاران، ۲۰۱۰).

### ۳-۱ زمین‌لرزه انتخابی و برخی اثرات زمین‌لرزه حاصل از آن

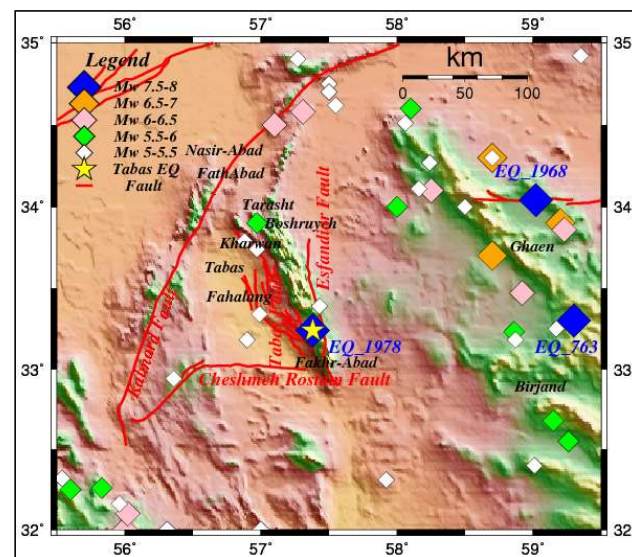
در این بررسی، با تمرکز بر زمین‌لرزه رخ داده در ۲۵ شهریور ماه سال ۱۳۵۷ در منطقه طبس و بررسی لرزه‌خیزی این منطقه، شرح مفصل‌تری از اثرات ناشی از زمین‌لرزه بر

طبس یافتند و ارتباط بین شکستگی‌های زمین‌لرزه با رشد چین‌های همراه با زمین‌لرزه، را به دست آوردند. پس از این زمین‌لرزه، این سیستم گسلی به علت موقعیت آن در منطقه طبس، گسل طبس نام‌گذاری شد (بربریان، ۱۹۸۳؛ حسامی و همکاران، ۲۰۰۳).

زمین‌ریخت‌شناسی و داده‌های لرزه‌ای ثبت‌شده توسط شبکه‌های لرزه‌نگاری، مکانیسم گسل عامل زمین‌لرزه را راندگی کم شیب (۱۲ درجه) با مؤلفه راستگرد بیان کردند. آن‌ها همچنین با جمع‌آوری و مطالعه ریخت‌شناسی زمین، شواهدی مبنی بر چین‌خوردگی فعال طولانی مدت را در



شکل ۱. موقعیت رخداد‌های ثبت‌شده با بزرگای بیش از ۶ در کاتالوگ زمین‌لرزه‌های ایران از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۲ [برگرفته از زارع و همکاران، ۲۰۱۴؛ اطلاعات مرکز لرزه‌نگاری کشوری (<http://irsc.ut.ac.ir/>)، اطلاعات دستگاه باند پهن پژوهشگاه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (<http://www.iiees.ac.ir/raise/>)].



شکل ۲. موقعیت زمین‌لرزه‌های با بزرگای ۵ در منطقه‌ای به مرکزیت کانون دستگاهی زمین‌لرزه طبس.

همکاران، ۲۰۱۰؛ قدرتی امیری و رضویان عامری، ۲۰۰۸؛ جلال‌الحسینی و همکاران، ۲۰۱۷؛ مهدویفر و همکاران، ۲۰۱۲؛ شعبانی و میرزایی، ۲۰۰۷؛ زارع، ۲۰۱۴) انجام شده است، هر یک از مناطق این سرزمین باید با دقت بیشتری از نظر پتانسیل لرزه‌خیزی مورد بررسی قرار گیرند. در شکل ۱ موقعیت رومرکز زمین‌لرزه‌های با بزرگ‌های بیش از ۶ در منطقه ایران از سال ۱۹۰۰ که ایستگاه‌هایی در بخش‌هایی از جهان ثبت شدند، نشان داده شده است. یکی از زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالای ۷، زمین‌لرزه‌ای است که در ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ (۱۹۷۸/۰۹/۱۶)، در منطقه طبس در شرق ایران رخ داد (ستاره در شکل ۱) و تمرکز مطالعات در این بررسی، بر روی این زمین‌لرزه می‌باشد (کادر نشان داده شده در شکل ۱؛ شکل ۲).

مطابق گزارش‌های ارائه شده، این زمین‌لرزه، بدون هیچ‌گونه پیش‌لرزه‌ای، در شامگاه، زمانی که اکثر ساکنان شهر و روستاهای پیرامون آن پس از کار روزانه در منازل به سر می‌بردند، روی داد. سابقه تاریخی شهر طبس به قبل از اسلام برمی‌گردد؛ در آن زمان این شهر، به‌عنوان پل ارتباطی خاور- شمال‌خاور با باختر بوده است، و راه اصلی و سوق‌الجیشی پارت به پاسارگاد از این شهر می‌گذشت. نوع معماری و بافت حاکم بر ساخت و ساز این منطقه استفاده از خشت و گل به عنوان ماده اولیه ساختمانی بود که اصولاً در مقابله با نیروهای افقی ناشی از جنبش زمین‌لرزه مقاومت چندانی ندارند.

## ۲-۲ لرزه‌خیزی منطقه

با توجه به عدم وجود شواهد محکم مبنی بر رویداد زلزله در منطقه رومرکزی زمین‌لرزه طبس (شکل ۲)، اعتقاد بر این است که این منطقه، از سال ۱۹۰۰ تا زمان رخداد این زمین‌لرزه، فاقد زمین‌لرزه/ زمین‌لرزه‌های ویرانگر بوده است؛ جدول ۱ لیست زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۶ و شکل ۲ موقعیت زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیش از ۵ در این

این زمین‌لرزه در عمق کم و در ناحیه‌ای به وسعت ۱۱۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع احساس شد و موجب ویرانی حدود ۱۵۰۰ واحد مسکونی و ۳۰ حلقه قنات شد (بربریان، ۱۹۸۳). علیرغم رخداد زمین‌لرزه در ناحیه‌ای کم جمعیت، ۹۰ روستا به‌طور کامل ویران شدند و ۵۰ روستای دیگر هم دچار خساراتی شدند؛ همچنین، رقم کلی تلفات انسانی این زمین‌لرزه بیش از ۲۰۰۰۰ نفر برآورد شد (بربریان، ۱۹۷۹b). علاوه بر این، از شواهد مرتبط با این زمین‌لرزه، جابجایی‌های قائمی تا حدود ۱۵۰ سانتی‌متر و جابجایی‌های افقی تا حدود ۳۰۰ سانتی‌متر، اندازه‌گیری و گزارش شده است. در بخش‌های بعد، شرح مفصل‌تری بر توصیفات گزارش شده از زمین‌لرزه ارائه خواهد شد.

## ۲ منطقه مورد مطالعه

### ۲-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

موقعیت ایران، در محل همگرایی دو صفحه اصلی زمین، صفحات عربستان و اوراسیا، موجب شده است تا احتمال رخداد زمین‌لرزه در بخش‌های مختلف آن دور از انتظار نباشد. جهت نیروهای وارده از این دو صفحه که در شکل ۱ نشان داده شده است، موجب رخداد زمین‌لرزه‌هایی با بزرگ‌های مختلف در دوره‌های زمانی مختلف در این منطقه شده است. زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای بیش از ۷ رویدادهایی نادری هستند که وقوع آن‌ها در مناطق مختلفی از ایران ثبت شده است و این مطلب بیانگر آن است که در کنار مطالعات مختلفی که تاکنون در بررسی پتانسیل لرزه‌خیزی ایران [به‌طور مثال، نیازی و باسفورد (۱۹۶۸)؛ بنی‌صدر (۱۹۶۹)؛ بربریان (۱۹۷۷)؛ بربریان و مهاجر اشعجی (۱۹۷۷)؛ شجاع طاهری و نیازی (۱۹۸۱)؛ میرزایی و همکاران (۱۹۹۸)؛ توکلی و آشتیانی (۱۹۹۹)؛ معین‌فر و همکاران (۲۰۰۰)؛ شجاع طاهری (۲۰۰۲)؛ حمزه‌لو و همکاران (۲۰۱۲)؛ خداوردیان و همکاران (۲۰۱۶)] و برخی بخش‌های آن (به‌طور مثال، ارجمند و همکاران، ۲۰۱۲؛ قدرتی امیری و

همان‌طور که ذکر شد، وقوع هر زمین‌لرزه، اثرات متفاوتی بر روی انسان‌ها، سازه‌های ساخته‌شده توسط انسان‌ها، و همچنین محیط طبیعی که زمین‌لرزه در آن رخ می‌دهد، ایجاد می‌کند. این اطلاعات، توسط محققان و پژوهشگران در مطالعات و پژوهش‌های مختلفی قابل استفاده هستند. در ادامه، با ارائه شرح خلاصه‌ای بر میزان اثرپذیری بخش‌های مختلف از یک زمین‌لرزه، با تمرکز بر زمین‌لرزه طبس، به برخی از اثرات گزارش‌شده ناشی از این رخداد اشاره خواهد شد.

### ۳-۱ اثرات زمین‌لرزه بر روی انسان‌ها

#### ۳-۱-۱ تعریف

طی رخداد یک زمین‌لرزه، اولین اثر قابل درک، میزان احساس افراد مختلف از آن رخداد است؛ هر چه به مرکز و کانون زمین‌لرزه نزدیک‌تر، درک و احساس آن توسط افراد شدیدتر، و پیرو آن، ترس و وحشت ناشی از آن رخداد بیشتر خواهد بود. گاهی شدت زمین‌لرزه آن‌قدر شدید و یا طولانی مدت است که افراد در زمان حرکت تعادل خود را از دست می‌دهند. در زمان رخداد زمین‌لرزه، افراد تلاش‌هایی جهت خروج از محل‌هایی که در آنجا هستند، به‌عمل می‌آورند که به‌ویژه در محل‌هایی که ازدحام جمعیت در آن‌ها وجود دارد، برخورد افراد با یکدیگر و همچنین، استرس ناشی از رخداد زمین‌لرزه، موجب وارد آمدن آسیب به افراد یا حتی مرگ آن‌ها می‌شود. در چنین مواقعی، مطابق پژوهش‌های انجام شده و توصیه متخصصان امر، تا زمان اتمام لرزش، پناهگیری با رعایت راهکارهای ارائه شده متخصصان این حیطه، جهت حفظ جان افراد، توصیه می‌شود. به‌طور طبیعی، هر چه فاصله از کانون رخداد بیشتر، درک آن توسط افراد کمتری امکان‌پذیر خواهد بود، به‌گونه‌ای که در دورترین مکان‌های قابل احساس از کانون، و شاید تنها افراد حساس و یا آن‌هایی که در طبقات بالایی سازه‌ها و بی‌حرکت هستند، می‌توانند درک احساسی از

محدوده را نشان می‌دهد. مطابق بررسی‌های آمبرسیز و ملویل (۱۹۸۲)، میانگین لغزش ناشی از این زمین‌لرزه نباید بیش از ۱/۷ متر بوده باشد. جهت تکمیل اطلاعات و پی بردن به جزئیات بیشتر از زمین‌لرزه‌های رخ داده در این منطقه، بررسی زلزله‌های گذشته منطقه با استفاده از دیرینه‌زلزله‌شناسی و بررسی‌های دقیق‌تر زمین‌شناسی، ژئودتیکی و ژئوفیزیکی در منطقه پیشنهاد می‌شود.

### ۳-۲ زمین‌لرزه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷

مطالعات صورت گرفته بر روی داده‌های ثبت‌شده از زمین‌لرزه طبس نشان می‌دهند که تقریباً تمامی پس‌لرزه‌های این زمین‌لرزه، هندسه گسل طبس را در سطح زمین دنبال می‌کنند و در بلوک رانده شده قرار گرفته‌اند که می‌تواند بیانگر دگرشکلی شدید بلوک رورانده در گسل‌های رانده باشد. چنانچه، بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند رشته‌کوه‌های چین‌خورده و رانده شتری در خاور ایران مرکزی، بخش رورانده و نابرجایی است که از خاور به سمت باختر در امتداد زون بالاآمده بر روی پی‌سنگ متبلور پرکامبرین رانده شده است؛ و دشت طبس می‌تواند به‌عنوان فرونشستی محاصره شده به وسیله گسله‌های معکوس محسوب شود (کارینگ و شارمن، ۱۹۷۵؛ بربریان، ۱۹۸۲). پارامترهای این زمین‌لرزه نیز، توسط محققان مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله تحقیقات انجام شده در این راستا، می‌توان به استفاده از اولین حرکت امواج، توسط عکاشه و عشقی (۱۹۸۰) و بربریان و همکاران (۱۹۷۹)؛ حرکت امواج سطحی، توسط نیازی و کاناموری (۱۹۸۱)؛ وارون-سازی امواج داخلی، توسط واکر و همکاران (۲۰۰۳)، و همچنین استفاده از تانسور ممان توسط مرکز هاروارد اشاره کرد (جدول ۲).

### ۳ اثرات ناشی از زمین‌لرزه طبس، رخ داده در ۲۵

شهریور ۱۳۵۷

رخداد زمین‌لرزه داشته باشند.

قبل از رویداد زمین‌لرزه بود که باعث تعجب روستائیان شده بود. مطابق گزارش‌های منتشر شده، زمین‌لرزه حتی در تهران و مشهد هم توسط افراد، قابل درک و احساس بود. (نوروزی و همکاران، ۱۳۵۷؛ بربریان، ۱۹۷۹b).

بعد از وقوع این زمین‌لرزه، گزارشی توسط مرکز آمار ایران با در نظر گرفتن تعداد مصدومین و فوت‌شدگان در هر یک از دهستان‌ها و روستاها تهیه شد (مرکز آمار ایران)؛ همچنین، بربریان (۱۹۷۹b) و شارپ و اورسینی (۱۹۷۸)، نیز، گزارشی از درصد تعداد کشته‌های این رخداد در برخی از شهرها را ارائه دادند که همگی بیشترین تلفات را مربوط به طبس (با ۷۰ درصد کشته) و دیپشک (با حدود ۷۰ درصد کشته) و سپس خسروآباد (با ۵۳ درصد کشته)، کُرت (با ۵۷ درصد کشته) و قاران (با ۳۳ درصد کشته) دانستند.

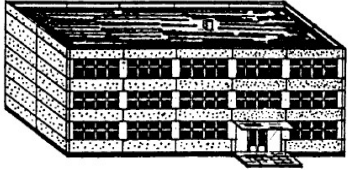

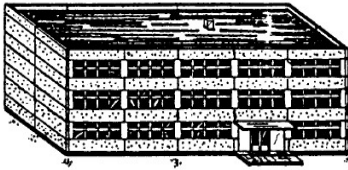

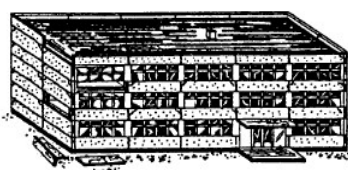

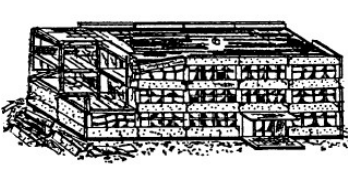



### ۳-۱-۲ گزارش‌های منتشرشده از میزان درک و احساس زمین‌لرزه طبس

مطابق گزارش‌های ارائه شده برای زمین‌لرزه طبس، زمان رخداد این زمین‌لرزه در ساعت ۱۹:۳۸ به وقت محلی، بوده است که اکثر ساکنان شهر و روستاهای پیرامون آن در منازل به سر می‌بردند. حدود دو ساعت بعد از زمین‌لرزه اصلی، ماه گرفتگی به همراه قطع جریان برق و سیاهی شب در ناحیه سبب شد که نجات یافتگان از زمین‌لرزه نتوانند یا به‌سختی نزدیکان خود را از زیر آوار رهایی بخشند. یکی از موارد جانبی که در این زمین‌لرزه گزارش شد رفتار غیرعادی حیوانات اهلی از حدود ۷ یا ۸ ساعت

جدول ۳. انواع سازه‌ها و تقسیم‌بندی آن‌ها بر مبنای میزان آسیب‌دیدگی آن‌ها (برگرفته از گروتال، ۱۹۹۸).

انواع سازه‌ها		محدوده میزان درجه آسیب‌پذیری احتمالی					
		A	B	C	D	E	F
مصالح ساختمانی	قلوه سنگ و سنگهای منطقه	←→					
	خشتی و گلی	█					
	سنگهای ساده	←					
	سنگهای بنایی (بزرگ)	←→					
	واحدهای سنگی ساخته‌شده و تقویت نشده	←→					
	تقویت نشده با طبقات تقویت شده	←→					
	تقویت و محدود شده	←→					
تقویت شده	چهارچوب بدون طراحی مقاومت در برابر زمین‌لرزه	←→					
	چهارچوب با سطح متوسط از طراحی مقاومت در برابر زمین‌لرزه	←→					
	چهارچوب با سطح بالا از طراحی مقاومت در برابر زمین‌لرزه	←→					
	دیوارهای بدون طراحی مقاومت در برابر زمین‌لرزه	←→					
	دیوارهای با سطح متوسط از طراحی مقاومت در برابر زمین‌لرزه	←→					
	دیوارهای با سطح بالا از طراحی مقاومت در برابر زمین‌لرزه	←→					
فلزی	سازه‌های فلزی	←→					
چوبی	سازه‌های چوبی	←→					

جدول ۴. تقسیم‌بندی سازه‌ها بر مبنای میزان خسارت ایجاد شده در آن‌ها طی رخداد زمین‌لرزه؛ راست) بنایی، چپ) بتنی مقاوم‌سازی شده (به‌منظور کسب اطلاعات بیشتر به گرونتال، ۱۹۹۸ مراجعه شود).

دسته‌بندی خسارت		
برای ساختمان‌های بتنی مقاوم سازی شده	درجه خسارت	برای ساختمان‌های بنایی
	درجه ۱: خسارت بسیار ناچیز تا قابل چشم پوشی (بدون خسارت سازه‌ای و خسارت غیرسازه‌ای ناچیز)	
	درجه ۲: خسارت متوسط (خسارت سازه‌ای ناچیز، خسارت غیرسازه‌ای متوسط)	
	درجه ۳: آسیب قابل توجه و سنگین (خسارت متوسط سازه‌ای و سنگین غیرسازه‌ای)	
	درجه ۴: خسارت بسیار سنگین (خسارت سازه‌ای سنگین و خسارت غیرسازه‌ای بسیار سنگین)	
	درجه ۵: تخریب (خسارت سازه‌ای بسیار سنگین)	

## ۳-۲ اثرات زمین‌لرزه بر روی سازه‌های ساخته

شده توسط انسان‌ها

### ۳-۲-۱ تعریف

با توجه به آنکه سازه‌های ساخت بشر، از چه مصالحی ساخته شده باشند (جدول ۳) (گرونتال، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۸) و میزان اصول ساخت و ساز در سازه تا چه حد رعایت شده باشد، تأثیرپذیری متفاوتی از انواع سازه‌ها از زمین‌لرزه مشاهده خواهد شد. محققان مختلفی میزان درصد تخریب و خسارات ناشی از مجموعه‌ای از زمین‌لرزه‌ها را مورد

بررسی قرار داده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان روسی (۱۸۸۳)، سبیرگ (۱۹۳۰)، وُود و نیومن (۱۹۳۱)، ریشتر (۱۹۵۸)، مِدودوو و همکاران (۱۹۶۴)، گرونتال (۱۹۹۲) و (۱۹۹۸) را نام برد. با استناد به آنکه جدیدترین اصلاحات مربوط به توصیفات مرتبط با تأثیرپذیری سازه‌ها از زمین‌لرزه توسط گرونتال (۱۹۹۸)، ارائه شده است و سازه‌های غالب در منطقه رومرکزی زمین‌لرزه طیس، سازه‌های بنایی و تا حدودی بتنی و مقاوم بودند، برای این زمین‌لرزه، می‌توان آخرین تقسیم‌بندی ارائه شده توسط



اشاره شده است. اغلب خانه‌هایی که در رومرکز زمین‌لرزه و نزدیک آن قرار داشتند، به‌طور کامل ویران شدند، به‌گونه‌ای که در شهر قدیم طبس با ساختمان‌های خشت و گلی، حدود ۸۵ درصد از جمعیت آن کشته شدند. رقم کلی تلفات انسانی این زمین‌لرزه بیش از ۲۰۰۰۰ نفر برآورد شد (بربریان، ۱۹۷۹b). مناطق با بیشترین تأثیرپذیری افراد و سازه‌ها از این زمین‌لرزه، شامل طبس، گُرت، خسروآباد، فهالنج، دیهشک و ابراهیم‌آباد، با تخریب تقریباً ۱۰۰ درصد خانه‌ها و کشته شدن بیش از ۵۰٪ سکنه مواجه بودند (جدول ۵). مطابق این گزارش، طبس به‌طور کامل ویران شد؛ در خسروآباد، دیوار سالمی بر جای نماند و گُرت، به کلی خراب شد و فقط آب انبار گنبدی قدیمی آن سالم ماند (بربریان، ۱۹۷۹a) (شکل ۳).

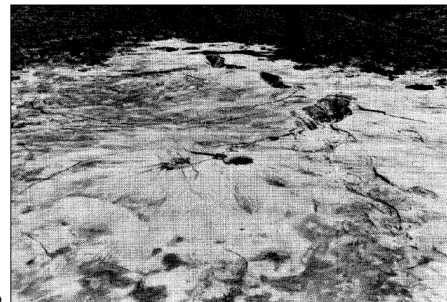
گرونتال (۱۹۹۸) که مرتبط با میزان تأثیرپذیری و خسارات وارده بر هر دو سازه‌های بنایی (جدول ۴- راست) و سازه‌های بتنی و مقاوم‌سازی شده (جدول ۴- چپ) است را جهت بررسی اطلاعات در محل‌های مختلف تأثیر پذیرفته از زمین‌لرزه مدنظر قرار داد.

### ۲-۲-۳ گزارش‌های منتشرشده از میزان خسارات ساختمانی ناشی از زمین‌لرزه طبس

کامل‌ترین گزارش از تأثیرپذیری سازه‌های ساخته شده توسط بشر از این زمین‌لرزه، توسط بربریان (b, ۱۹۷۹a)، منتشر شده است. در این گزارش، به تفکیک شهرها و روستاهای متأثر از زمین‌لرزه، علاوه بر بیان تعداد و درصد کشته‌ها به میزان آسیب‌دیدگی و فروریختن ساختمان‌ها نیز



شکل ۳. تصاویری از تخریب سازه‌های ساخته بشر در مناطقی که گزارش تخریب کامل سازه‌ها طی رخداد زمین‌لرزه طبس داده شده است؛ الف) گُرت، ب) فهالنج [برگرفته از بربریان (۱۹۷۹b)].



شکل ۴. مثال‌هایی از بیشینه اثرات ناشی از زمین‌لرزه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷؛ الف) شکستگی و روانگرایی در غرب چاه صادق (بربریان، ۱۹۷۹a)؛ ب) شکستگی کانال آب بصورت رورانده در فهالنج در حدود ۲۰ کیلومتری جنوب طبس (بربریان، ۱۹۷۹b).

جدول ۵. تعداد و درصد کشته‌ها در شهرهای با گزارش بیش از ۵۰ درصد فروریختن خانه‌ها [برگرفته از بربریان (۱۹۷۹b)].

درجه کیفی داده‌ها	درصد خانه‌های فروریخته	درصد کشته‌ها	تعداد افراد کشته شده	نام روستا
A	۱۰۰	۸۵	۱۱۰۰۰	طیس (گلشن)
A	۱۰۰	۶۰	۲۰۰۰	کُریت
A	۱۰۰	۵۰	۵۰۰	خسروآباد
A	۱۰۰	۷۱	۲۵۰۰	فهلنج
B	۱۰۰	۵۳	۸۰	میرعمرو
B	۱۰۰	۵۲	۲۰۰۰	دیهشک
B	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	ابراهیم آباد
B	۷۵	۲۳	۳۳	دهنو فاطمه برات
B	۷۵	۵/۵	۱۶	الله آباد
B	۷۵	۳۰	۳۰۰	دشت غران
A	۷۵	۱۲	۵	فسا بزرگ
A	۷۰	۳/۲	۱۷	چپروک
A	۷۰	۱۷	۱۰۲	اصفهک
C	۶۵	-	-	بهشت آباد
C	۶۰	-	۱	دولت آباد
C	۶۰	-	-	همت آباد
B	۵۵	۱۲	۳۶	پایکوه

### پذیرفته

#### ۱-۳-۳ تعریف

علاوه بر اثرات تخریب و خسارت در سازه‌ها، طی رخداد زمین‌لرزه، اثراتی در محیط طبیعی که زمین‌لرزه در آن اتفاق افتاده است نیز، قابل مشاهده است. این اثرات، موارد مختلفی از جمله شکستگی‌های زمین، جابجایی و لغزش سنگ‌ها، روانگرایی‌ها، تغییرات شیمیایی آب، سایر آنومالی‌های ایجاد شده، سونامی و هرگونه تغییراتی که ناشی از رخداد زمین‌لرزه در سطح زمین ایجاد می‌شود را دربرمی‌گیرد (میجیتی و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۱۵). با استناد به انواع و میزان تغییرات ایجاد شده، امکان بررسی دقیق‌تر هر یک از مناطق تأثیر پذیرفته از رخداد زمین‌لرزه به‌طور جداگانه وجود خواهد داشت. به‌گونه‌ای که گاهی با توجه به میزان بزرگای هر زمین‌لرزه و همچنین، گستره تأثیر پذیرفته از رخداد، مناطقی با

از مناطق دیگر با بیش از ۵۰ درصد تخریب و خسارت، می‌توان به دهنو فاطمه برات، پوشا بزرگ، دشت غران و الله‌آباد، با بیش از ۷۵٪ تخریب (جدول ۵) و کمتر از ۵۰٪ کشته؛ چپروک و اصفهک، با حدود ۷۰٪ تخریب و کمتر از ۵۰٪ کشته؛ بهشت‌آباد، پایکوه، دولت‌آباد، همت‌آباد، بازگ، عباس‌آباد و معظم‌آباد با تخریبی بین ۵۰٪ تا ۶۰٪ اشاره کرد؛ و همچنین، از مناطقی با تخریب و خسارت کمتر از ۵۰٪ می‌توان به جوادیه، زرک، گُرُند، تقی‌آباد، ترقینان، جمز، سورُند، تاشکنان، ده‌شیب، حسن‌آباد، خروان علیا و سفلی، اکبر‌آباد، شیر‌آباد و هواس، با تخریبی بین ۳۰٪ تا ۴۵٪؛ جوخواه، دیهوک، حسین‌آباد، خانیک، مهدی‌آباد، حاجی‌آباد، مَرغوب و بُشرویبه با کمتر از ۳۰٪ تخریب، اشاره کرد (بربریان، ۱۹۷۹b و ۱۹۷۹a؛ شارپ و اورسینی، ۱۹۷۸).

#### ۳-۳ اثرات زمین‌لرزه بر روی زمین مناطق تأثیر

این امر، رخداد زمین‌لرزه‌های مختلف ثبت شده با بزرگ‌گای متفاوت در بخش‌های مختلف آن است (شکل ۱). با توجه به آنکه شروع ثبت زمین‌لرزه‌ها توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری در جهان از حدود سال ۱۹۰۰ و در ایران از سال ۱۹۵۷ بوده است، با فرض آنکه در این بازه زمانی، کلیه زمین‌لرزه‌های با بزرگ‌گای بالا ثبت شده باشند، بررسی بیشتر و دقیق‌تر زمین‌لرزه‌های رخ داده قبل از این زمان، از ضروریات بررسی‌های زلزله‌شناسی در هر یک از مناطق ایران خواهد بود. علاوه بر این، با استناد به آنکه دستگاه‌های ثبت‌کننده زمین‌لرزه‌ها از ابتدا، دارای دقت بالایی نبوده‌اند و با پیشرفت این علم، تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده آن، هر روزه بر کیفیت و دقت ثبت رخدادها اضافه می‌شود، بررسی دقیق‌تر کلیه زمین‌لرزه‌های ثبت شده با استفاده از روش‌های جدید، از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود.

از جمله مواردی که می‌تواند به تکمیل اطلاعات هر زمین‌لرزه کمک کند، اطلاع از شواهد و توصیفات مرتبط با زمین‌لرزه، شامل میزان تخریب و خسارات سازه‌های دست‌ساز بشر و همچنین تغییرات محیطی ناشی از هر زمین‌لرزه می‌باشد. به گونه‌ای که هر چه توصیفات مرتبط با یک رخداد زمین‌لرزه برای تعداد شهرها و روستاهای تأثیر پذیرفته بیشتری گزارش شود و موجود باشد، نتایج بیشتر و دقیق‌تری از آن زمین‌لرزه استخراج خواهد شد. جهت افزایش اطلاعات توصیفی مرتبط با زمین‌لرزه‌های گذشته، نیازمند یافتن شواهدی از اثرات ناشی از وقوع زمین‌لرزه‌های گذشته در مناطق تأثیر پذیرفته از زمین‌لرزه مدنظر خواهیم بود. اولین گام جهت دستیابی به این شواهد، بررسی کاتالوگ زمین‌لرزه‌ها، شواهد زمین‌شناسی و انواع تصاویر، عکس‌ها و نقشه‌های تهیه شده در هر منطقه می‌باشد.

در ادامه، با بررسی در منطقه رخداد زمین‌لرزه طبس، موقعیتی جهت بازدید صحرایی و بررسی‌های جزئی‌تر پیشنهاد می‌شوند.

بیشترین تأثیرپذیری از زمین‌لرزه، جهت استخراج جزئیات بیشتر انتخاب و مطالعات بر روی آن‌ها دنبال می‌شوند.

## ۳-۳-۲ گزارش‌های منتشرشده از اثرات زمین‌لرزه طبس بر زمین مناطق تأثیر پذیرفته

از جمله مثال‌هایی از تغییر شکل‌های ایجاد شده طی رخداد زمین‌لرزه طبس، می‌توان به ۸۵ کیلومتر گسیختگی سطحی ناپیوسته که در آن اثر گسل در سطح زمین قابل مشاهده نبود، همچنین، فروریختن بیش از ۲۰ قنات مرتبط با این زمین‌لرزه، شکستگی و روانگرایی در غرب چاه صادق و شکستگی کانال آبی در فهالنج در جهت رواندگی گسل اشاره کرد (بربریان (۱۹۷۹ا)) (شکل ۴). علاوه بر این، مطابق گزارش بربریان (۱۹۷۹ا)، در خسروآباد، چشمه‌هایی خشک شدند؛ در چپروک، خروان سفلی و خرو، زمین‌لغزش و ریزش سنگ از کوه، همراه با کاهش جریانات آب در چشمه‌ها گزارش شد؛ در پایکوه و آزمیقان، آب قنات افزایش یافت؛ در عباس‌آباد، اکبرآباد، بهشت‌آباد، حلوان و پوشای بزرگ قنات‌ها ریزش پیدا کردند. جابجایی قائمی نیز، نزدیک خسروآباد با اندازه تقریبی ۴۰ سانتیمتر در امتداد شکستگی‌ها توسط عکاشه و عشقی (۱۹۸۰) گزارش شد. در زمان کنونی، به‌کارگیری روش‌های جدید در کنار بررسی‌های دورسنجی و صحرایی بیشتر می‌تواند منجر به شناسایی شواهد بیشتری از این زمین‌لرزه یا زمین‌لرزه‌های رخ داده قبل از این رخداد در این منطقه شوند.

## ۵ امکان بررسی زمین‌لرزه‌های رخ داده در گذشته در منطقه طبس

### ۵-۱ تعریف

چنانچه اشاره شد، موقعیت ایران در منطقه همگرایی دو صفحه عربستان و اوراسیا، از جمله دلایلی به شمار می‌رود که بیانگر پتانسیل لرزه‌خیزی در این منطقه می‌باشد و شاهد

## ۲-۵ بررسی امکان شناسایی زمین لرزه‌های رخ داده

### در گذشته در منطقه طبس

در این مطالعه، با مدنظر قرار دادن اطلاعات موجود، از جمله نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای و همچنین، مدنظر قرار دادن شواهد مختلف مشاهده و گزارش شده، مرتبط با این زمین لرزه، گستره تأثیر پذیرفته از رخداد زمین-لرزه طبس مورد بررسی قرار گرفت. از جمله شواهد ناشی از زمین لرزه در یک منطقه، ایجاد جابجایی در برخی مناطق تأثیر پذیرفته از وقوع زمین لرزه می‌باشد. بررسی تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌های زمین‌شناسی، امکان یافتن برخی از این مکان‌ها را فراهم می‌کنند. بنابراین، در این مطالعه، با تمرکز بر مناطقی که بیشترین آسیب را طی زمین لرزه طبس متحمل شدند، موقعیتی شامل شواهدی از مجموعه جابجایی‌هایی در آبراه‌ها و واحدهای زمین‌شناسی، نزدیک علی‌آباد در شمال باختری شهر طبس جهت بررسی‌های آتی دقیق‌تر پیشنهاد شد (شکل ۵). با استناد به جابجایی‌های مختلفی بین ۲۰ تا بیشتر از ۱۰۰ متر، امکان ارتباط این جابجایی‌ها با زمین لرزه طبس یا سایر زمین لرزه‌های گذشته رخ داده در این منطقه وجود دارد.

با استناد به آنکه حضور جابجایی در آبراه‌های یک منطقه می‌تواند بیانگر زمین لرزه/ زمین لرزه‌هایی باشد که طی رخداد آن‌ها، این جابجایی‌ها ایجاد شده‌اند، پیشنهاد می‌شود که در ادامه بررسی زمین لرزه‌های به وقوع پیوسته در این منطقه، پس از بررسی‌های دقیق‌تر و بازدیدهای صحرائی در منطقه، محل‌هایی جهت نمونه‌برداری انتخاب و از رسوبات دارای شواهد زمین لرزه‌ای، به منظور بررسی قابلیت نسبت دادن آن‌ها به زمین لرزه/ زمین لرزه‌های رخ داده در گذشته، نمونه‌هایی برداشت و سن مطلق آن‌ها اندازه‌گیری شود. با استخراج شواهد و اطلاعات کافی از بخش‌های مختلف منطقه تأثیر پذیرفته از زمین لرزه و تعیین سن مطلق آن‌ها، علاوه بر مشخص شدن زمان حدودی وقوع

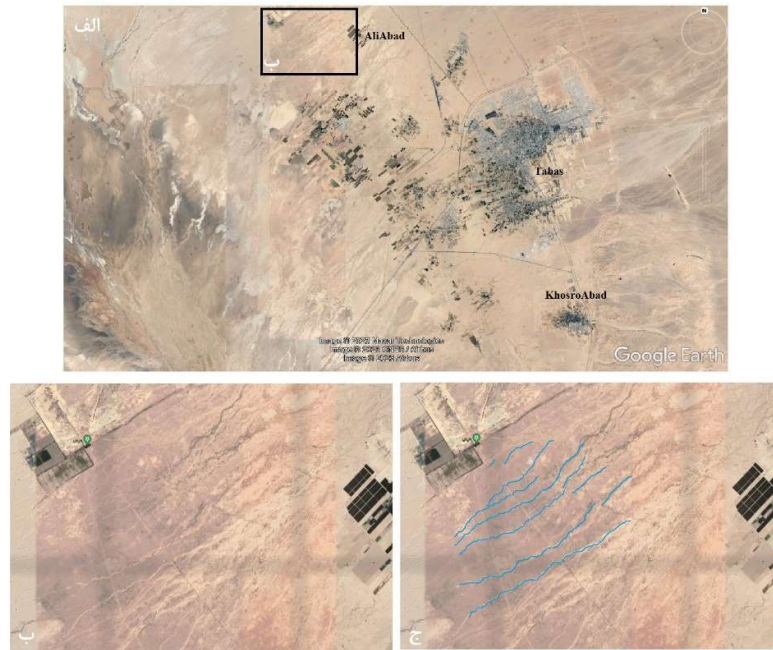
این رویدادها و پاسخگویی به این سؤال که آیا جابجایی‌های ایجاد شده می‌توانند ناشی از یک یا چند رخداد زمین-لرزه باشند، ممکن است بر تعداد زمین لرزه‌های موجود در کاتالوگ زمین لرزه‌های منطقه مورد مطالعه نیز اضافه گردد. بنابراین، با فراهم شدن امکان شناسایی زمین لرزه‌هایی که در گذشته دور رخ داده‌اند، حتی زمین لرزه‌هایی که رخداد آن‌ها قبل از نصب دستگاه‌های لرزه‌نگاری بوده و به علت عدم وجود اطلاعات کافی از آن‌ها، در لیست زمین لرزه‌ها وجود ندارند، امکان اضافه شدن در کاتالوگ زمین لرزه‌ها را پیدا می‌کنند.

### ۶ بحث

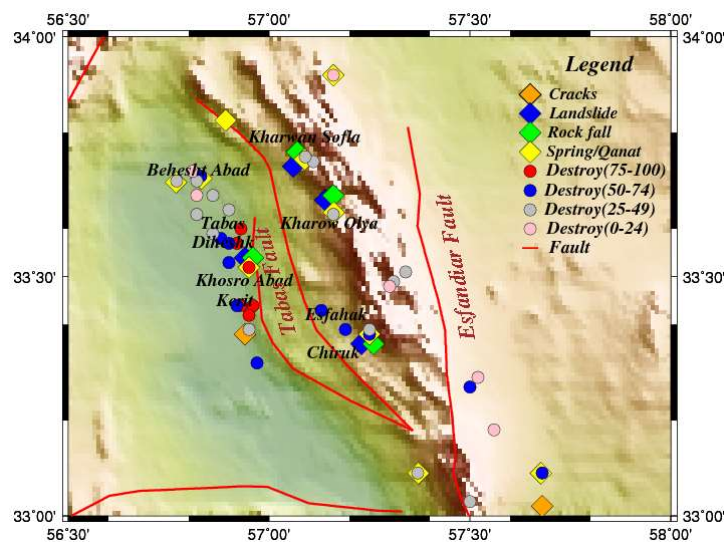
رخداد زمین لرزه‌ها، به ویژه رویدادهایی با بزرگای بیشتر از ۵، وابسته به تأثیرگذاری آن بر روی افراد، زمین‌شناسی منطقه، و انواع سازه‌های ساخته شده در آن منطقه، تدابیر مدیریتی متفاوتی برای رفع مسائل پیش آمده ناشی از آن رویداد می‌طلبند. دو فاکتور اساسی که در بررسی میزان اهمیت رخداد یک زمین لرزه در هر منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ (۱) میزان اثرگذاری آن رخداد بر سازه‌های ساخته شده توسط بشر و (۲) میزان اثرگذاری آن بر زمین و در واقع، طبیعت منطقه تأثیر پذیرفته از وقوع زمین لرزه هستند. این اطلاعات، می‌توانند کلیه موارد شامل میزان تخریب و خسارات انواع سازه‌ها، کلیه تغییرات محیطی، از جابجایی‌ها، سنگ لغزش‌ها، زمین-لغزش‌ها، روانگرایی‌ها، تغییرات شیمیایی و سطح آب در رودخانه‌ها و چشمه‌ها، و سایر موارد مرتبط را دربرگیرند. مطابق مطالعات جهانی انجام شده (گروتال، ۱۹۹۲ و همکاران، ۱۹۹۸؛ میچتی و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷؛ گوئریر و همکاران، ۲۰۱۵)، با استفاده از اطلاعات توصیفی مرتبط با زمین لرزه با توجه به میزان تأثیر پذیری از آن رخداد، برآورد شدت در رومرکز زمین لرزه و در هر یک از مناطق تأثیر پذیرفته از آن زمین لرزه، امکان پذیر می‌باشد. علاوه بر این،

زمین‌لرزه نیز، فراهم خواهد شد (بکان و همکاران، ۲۰۰۵؛ ماسون و جیمس، ۲۰۰۸؛ گاسپرینی و همکاران، ۲۰۱۰). این اطلاعات، به‌ویژه در استخراج جزئیاتی از زمین‌لرزه‌های

در صورت جمع‌آوری اطلاعات کافی از وقوع یک زمین‌لرزه، امکان برآورد پارامترهای مه‌لرزه‌ای زمین‌لرزه از جمله مختصات و بزرگای مه‌لرزه‌ای و اطلاعات چشمه



شکل ۵. محلی دارای شواهد جابجایی در گستره تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه طبس در مختصات حدود  $33^{\circ}38'21''$  و  $56^{\circ}49'50''$ : الف) موقعیت محل نسبت به شهر طبس؛ ب) منطقه از نزدیکتر، ج) آبراه‌های منطقه که جابجایی‌هایی در آنها مشاهده شده است و مقادیری از ۲۰ تا ۱۰۰ متر را شامل می‌شوند.



شکل ۶. موقعیت محل‌هایی که شواهدی از تغییرات محیطی زمین‌لرزه‌ای شامل شکستگی، زمین‌لغزش، ریزش سنگ، تغییرات در آب چشمه‌ها و قنات‌ها و همچنین، میزان تخریب و خسارات ساختمانی با درصد‌های متفاوت برای آن‌ها گزارش شده است.

زمین‌لرزه‌هایی در گذشته وجود داشته است؛ بدین منظور، جهت تکمیل اطلاعات زمین‌لرزه‌های به‌وقوع پیوسته در این منطقه، بررسی زلزله‌های گذشته منطقه با استفاده از دیرینه-زلزله‌شناسی و بررسی‌های دقیق‌تر زمین‌شناسی، ژئودتیکی و ژئوفیزیکی در منطقه پیشنهاد می‌شود.

با مدنظر قرار دادن این امر که هر رخداد زمین‌لرزه، اثراتی بر روی انسان‌ها، سازه‌های دست‌ساز بشر، و محیط طبیعی که زمین‌لرزه در آن رخ داده است، ایجاد خواهد کرد، در این مطالعه، ابتدا شرح مختصری بر اثرپذیری هر منطقه از رخداد زمین‌لرزه و پس از آن شرحی بر اثرات زمین‌لرزه انتخابی، طبس، ارائه شد. از آنجایی که با توجه به موقعیت زمین‌شناسی منطقه، لرزه‌خیزی منطقه و میزان بزرگای زمین‌لرزه به‌وقوع پیوسته، میزان تأثیرپذیری زمین منطقه از رویداد متفاوت خواهد بود؛ و همچنین، با مدنظر قرار دادن نوع ساختمان‌ها و کیفیت ساختمان‌سازی آن‌ها، میزان تخریب و خسارات متفاوتی را در مناطق مختلف تأثیر پذیرفته از رویداد زمین‌لرزه می‌توان داشت، امکان گزارش توصیفات متفاوت از اثرپذیری زمین‌لرزه در بخش‌های مختلف منطقه دور از انتظار نخواهد بود. مطابق گزارش‌های منتشر شده از زمین‌لرزه طبس، از نظر درک انسانی، شدت رخداد به‌حدی بود که تا تهران و مشهد هم احساس شد. با استناد به گزارش‌هایی که توسط مرکز آمار ایران و بربریان (۱۹۷۹b) منتشر شد که در آن‌ها به تعداد کشته‌ها و مصدومین این حادثه برای هر شهر و روستا اشاره شده است؛ بیشترین تلفات این رویداد به منطقه طبس، دیهشک، خسروآباد، گُریت و قاران نسبت داده شده است. گزارش‌ها، همچنین اشاراتی به میزان تخریب و خساراتی که این زمین‌لرزه به بار آورده است، داشتند (بربریان، ۱۹۷۹b و ۱۹۷۹a). مطابق این گزارش‌ها، در طبس، گُریت، خسروآباد، فهالنچ، دیهشک و ابراهیم‌آباد، تخریب تقریباً ۱۰۰ درصدی خانه‌ها گزارش شد و مطابق انتظار، با فاصله گرفتن از رومرکز زمین‌لرزه، درصد تخریب و خسارات

رخداده در گذشته هر منطقه که اطلاعات ناچیزی از آن‌ها موجود است یا اطلاعاتی از آن‌ها وجود ندارد، شایان توجه است.

موقعیت ایران، در محل همگرایی دو صفحه عربستان و اوراسیا، موجب شد تا احتمال رخداد زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای متفاوت در بخش‌های مختلف آن دور از انتظار نباشد (شکل ۱). بررسی هر یک از این زمین‌لرزه‌ها و زمین‌لرزه‌های احتمالی رخداده در گذشته هر منطقه به تکمیل اطلاعات در کاتالوگ زمین‌لرزه‌های آن منطقه جهت برآوردهای دقیق‌تر خطر زمین‌لرزه کمک خواهد کرد.

تمرکز این مطالعه بر بررسی اثرات رخداد زمین‌لرزه‌ها بوده است. با محوریت قراردادن زمین‌لرزه طبس که در ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ (۱۹۷۸/۰۹/۱۶)، در منطقه طبس در شرق ایران رخ داد (شکل ۱ و ۲)، سعی بر آن شد تا اطلاعات قابلیت درک بهتری پیدا کنند. این زمین‌لرزه کم‌عمق، در ناحیه‌ای به وسعت ۱۱۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع احساس شد و حدود ۱۵۰۰ واحد مسکونی و ۳۰ حلقه قنات را ویران کرد (بربریان، ۱۹۸۳). زمین‌لرزه در ناحیه‌ای کم جمعیت رخ داده و مسبب ویرانی کامل ۹۰ روستا و وارد آمدن خساراتی به ۵۰ روستای دیگر شد. رقم کلی تلفات انسانی این زمین‌لرزه بیش از ۲۰۰۰۰ نفر برآورد شد (بربریان، ۱۹۷۹b). مطابق گزارش منتشر شده، در کنار ۸۵ کیلومتر گسلش سطحی ناپیوسته با ساز و کار راندگی، جابجایی‌های قائمی تا حدود ۱۵۰ سانتی‌متر و افقی تا حدود ۳۰۰ سانتی‌متر، ناشی از این رخداد اندازه‌گیری شده است.

با استناد به عدم ثبت رخدادهایی با بزرگای بالا در منطقه رومرکزی این زمین‌لرزه (شکل ۲؛ جدول ۱)، اعتقاد بر این است که این منطقه، از سال ۱۹۰۰ تا زمان رخداد زمین‌لرزه طبس، فاقد زمین‌لرزه‌های ویرانگر بوده است. با این وجود، با در نظر گرفتن پتانسیل لرزه‌خیزی منطقه و رخداد زمین‌لرزه طبس با بزرگای بیش از ۷ در این منطقه، امکان رخداد

پیشنهاد می‌گردد. در صورتی که این شواهد بیانگر رخداد/رخدادهایی از زمین‌لرزه‌های گذشته منطقه باشند، امکان اضافه کردن تعداد زمین‌لرزه‌های موجود در کاتالوگ زمین‌لرزه‌های منطقه وجود خواهد داشت و یا با منطبق بودن این جابجایی‌ها با رخداد‌های قرن اخیر می‌توان اطلاعات آن‌ها را تدقیق کرد. امید است که هم در این منطقه و هم در سایر مناطق با قابلیت لرزه‌خیزی بالا در ایران، بتوان رخداد‌هایی در گذشته را شناسایی کرد و موجب ارتقاء اطلاعات مه‌لرزه‌ای و کاتالوگ زمین‌لرزه‌ها شد.

#### ۷ نتیجه‌گیری

مطابق مطالعات انجام شده، طی وقوع زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای مختلف، تحت‌تأثیر عوامل مختلفی از جمله، موقعیت زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی منطقه، شواهدی از آن رویداد قابل مشاهده خواهند بود. این شواهد، می‌توانند شامل درصدهای متفاوتی از تخریب و خساراتی در سازه‌های ساخته شده توسط بشر (دروسی، ۱۸۸۳؛ سبیرگ، ۱۹۳۰؛ وود و نیومن، ۱۹۳۱؛ ریشر، ۱۹۵۸؛ مدودوو و همکاران، ۱۹۶۴؛ گرونتال، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۸) یا تغییر در محیط طبیعی زمین (میجیتی و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷؛ گوئریر و همکاران، ۲۰۱۵) در هر یک از مناطق تأثیر پذیرفته از آن رویداد باشند. در این مطالعه، علاوه بر ارائه توضیحاتی در ارتباط با تأثیرپذیری مناطق از رخداد زمین‌لرزه‌ها، با تمرکز بر زمین‌لرزه به‌وقوع پیوسته در ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ (۱۹۷۸/۰۹/۱۶) در منطقه طبس در شرق ایران، شواهد گزارش و مستند شده از این زمین‌لرزه جمع‌آوری و ارائه شدند. مثال‌هایی از شواهد گزارش شده از این رخداد در شکل‌های ۳، ۴ و ۶ نشان داده شده‌اند. گرچه این منطقه از زمان ثبت دستگاهی (سال ۱۹۰۰) تا زمان رخداد این زمین‌لرزه، فاقد زمین‌لرزه/زمین‌لرزه‌های ویرانگر بوده است، با استناد به وقوع زمین‌لرزه طبس با بزرگای بیشتر از ۷، زمین‌شناسی منطقه، و شواهدی از رخداد زمین‌لرزه‌ای،

ساختمانی کاهش یافت. ۸۰ کیلومتر گسیختگی سطحی ناپیوسته، فروریختن بیش از ۲۰ قنات، خشک شدن چشمه‌ها، زمین‌لغزش، ریزش‌سنگ‌ها، شکستگی و روانگرایی از جمله تغییرات محیطی متناسب به این زمین‌لرزه بودند. مطابق مجموعه گزارش‌ها و اطلاعات منتشر شده از زمین‌لرزه طبس، موقعیت برخی از شهرها و روستاهای تأثیر پذیرفته از این زمین‌لرزه که شواهدی از تغییرات محیطی زمین‌لرزه‌ای (به‌طور مثال، شکستگی، زمین‌لغزش، ریزش سنگ، تغییرات در آب چشمه‌ها و قنات‌ها) برای آن‌ها گزارش شده است، در کنار شهرها و روستاهایی که دچار درصدهای متفاوتی از تخریب و خسارت ساختمانی شدند، در شکل ۶ به نمایش در آمدند. تمامی موارد گزارش شده، امکان وقوع طی رخداد‌های گذشته را هم دارند؛ و بنابراین، با به دست آوردن شواهدی از اثرپذیری این منطقه طی رخداد/رخداد‌های زمین‌لرزه، و تعیین سن آن‌ها، به تکمیل اطلاعات زمین‌لرزه در این منطقه کمک شایانی خواهد شد که به‌طور قطع، هر یک از این بررسی‌ها نیازمند زمان و هزینه می‌باشند.

به‌منظور شروع بررسی‌های دقیق‌تر برای مطالعات آتی در این منطقه، در این مطالعه، با بررسی عکس‌ها، نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مرتبط با منطقه رخداد زمین‌لرزه، شواهدی از جمله جابجایی در رسوبات و آبراهه‌های منطقه شناسایی شدند و جهت بررسی دقیق‌تر منطقه و استخراج اطلاعات بیشتر از منطقه، محلی جهت بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از رسوبات جهت تعیین سن مطلق آن‌ها برای نسبت دادن به زمین‌لرزه/زمین‌لرزه‌های رخ داده در گذشته، پیشنهاد شد (شکل ۵). محل معرفی شده در شمال باختری طبس (منطقه با بیشترین تأثیرپذیری از زمین‌لرزه)، در حوالی علی‌آباد قرار دارد. در این منطقه مجموعه‌ای از جابجایی‌های رودخانه‌ای مشاهده می‌شود که شاید بتوان آن‌ها را به رخداد‌ها زمین‌لرزه گذشته نسبت داد و بنابراین، بررسی دقیق‌تر و نمونه‌برداری جهت سن‌یابی از این منطقه

- of Persian Earthquake, Cambridge University Press.
- Arjmand Noshahr, A., Nouri, Gh. and Azadi Hir, M., 2012, Seismic Hazards Assessment of North-west of Iran, Ardabil city, 15 WCEE LISBOA 2012.
- Bakun, W., Aagaard, B., Dost, B., Ellsworth, W., Hardebeck, J., Harris, R., Ji, C., Johnston, M., Langbein, J., Lienkaemper, J., 2005, Implications for prediction and hazard assessment from the 2004 Parkfield earthquake. *Nature*, 437:969-974.
- Banisadr, M., 1969, The Seismicity of Iran, 1900-1969. Ph.D. Thesis, Imperial College, London.
- Berberian, M., 1979a, Earthquake faulting and bedding thrust associated with the Tabas-e-Golshan (Iran) Earthquake September 16, BSSA, Vol.69, No.6, pp. 1861-1887.
- Berberian, M., 1979b, Tabas-e-Golshan (Iran) catastrophic earthquake of 16 September 1978; A preliminary field report, Pergamon Press Ltd., Disasters, V.2, No.4, pp. 207-219.
- Berberian, M., 1977, Historical Seismicity (Pre 1900) Map of Iran, 1:5,000,000. In: Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part III. Geological Survey of Iran, Report No. 40, ColorMap.
- Berberian, M. and Mohajer-Ashjai, A., 1977, Seismic Risk Map of Iran, A Proposal, Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part III. Geological Survey of Iran, 40, 121-150.
- Berberian, M., Asudeh, I., Bilham, R.G., Scholz, CH. & Soufleris, C., 1979, Mechanism of the main shock and the aftershock study of the Tabas-e-Golshan (Iran) earthquake of September 16, 1978; A preliminary report, *Bulletin of the Seismological Society of America*, V. 69, No. 6, pp. 1851-1859.
- Berberian, M., 1982, Aftershock tectonics of the 1978 Tabas-e-Golshan (Iran) earthquake sequence: a documented active 'thin- and thick-skinned tectonic' case. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 68, 499-530.
- Berberian, M., 1983, Contribution to the seismotectonics of Iran (part IV): In commemoration of the 50th anniversary of the Pahlavi dynasty. Ministry of Industry and Mines, Geological Survey of Iran, Report No. 52.
- De Rossi, M., 1883, Programma dell'osservatorio ed archivio centrale geodinamico presso il R. Comitato Geologico d'Italia. *Bull Vulcanismo Ital*, 10:3-128.
- قابلیت رخداد زمین‌لرزه‌هایی بزرگ در زمان‌های گذشته را دارا می‌باشد. بنابراین، بررسی‌های دقیق‌تر در این منطقه از ضروریات محسوب می‌شود. در این بررسی، مطالعات بر روی این منطقه با بررسی تصاویر ماهواره‌ای و زمین‌شناسی شروع شد. از آنجایی که حضور جابجایی‌ها در رسوبات و آبراهه‌های منطقه، می‌تواند از شواهد رویدادهای احتمالی قدیمی در هر منطقه‌ای باشند، در این مطالعه، موقعیتی در منطقه علی‌آباد در شمال باختری شهر طبس که بیشترین تأثیرپذیری از وقوع زمین‌لرزه طبس را داشته است معرفی شد تا با بررسی‌های دقیق‌تر و بیشتر در مطالعات آتی بتوان جزئیات کامل‌تری از زمین‌لرزه‌های گذشته در این بخش از منطقه کسب کرد.
- تقدیر و تشکر**
- با تشکر از داوران محترم که با نظرات سازنده خود موجب ارتقاء سطح مقاله شدند؛ این مقاله، حاصل طرح پژوهشی بنیادی به شماره ۳۱۰۶۹/۱/۰۱ می‌باشد.
- منابع**
- حسینی هاشمی، ب.، منصوری، ب.، کلانتری، ا.، سروقدمقدم، ع.ر.، فرشچی، ح.ر. و همکاران، گزارش زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ با بزرگای ۷/۳ در منطقه سرپل ذهاب استان کرمانشاه، ۱۳۹۶، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران.
- نوروزی، ع.ا.، مهاجرآشجعی، ا.، پیمان، م.، تقی‌زاده، غ.ع.، ۱۳۵۷، پس‌لرزه‌ها، گسترش خسارات و گزارش صحرایی زلزله بزرگ طبس در شرق ایران، سازمان انرژی اتمی ایران، شماره ۷۷، انجمن نفت ایران.
- گزارشی از زلزله طبس- مهر ۱۳۵۷- سازمان برنامه و بودجه- مرکز آمار ایران
- Akasheh, B., Eshghi, I., 1980, The Tabas (Iran) Earthquake of 16 September 1978, *PAGEOPH*, Vol. 119 (1980/81).
- Ambraseys, N.N., Melville, C.P., 1982, A history



- Gasperini, P., Vannucci, G., Tripone, D. & Boschi, E., 2010, The Location and Sizing of Historical Earthquakes Using the Attenuation of Macroseismic Intensity with Distance, *BSSA*, Vol. 100, No. 5A, pp. 2035–2066.
- Ghodrati Amiri, G. and Razavian Amrei, S.A., 2008, Seismic hazard assessment of Gilan province including Manjil in Iran, The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, 2008, Beijing, China.
- Ghodrati Amiri, G., Mahmoodi, H., and Razavian Amrei, S.A., 2010, Probabilistic Seismic hazard assessment of Tehran based on arias intensity, *IJE Transactions B: Applications* Vol. 23, No. 1.
- Grünthal, G. (ed) 1992, European Macroseismic Scale 1992 (up-dated MSK-scale). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Conseil de l'Europe, Conseil de l'Europe.
- Grünthal, G., (ed) 1998, European Macroseismic Scale 1998, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Seismologie. Conseil de l'Europe, Conseil de l'Europe 15, 99.
- Guerrieri, L., Michetti, A.M., Reicherter, K., Serva, L., Silva, P.G., Audemard, F., Azuma, T., Baiocco, F., Baize, S., Blumetti, A.M., Brustia, E., Clague, J., Comerci, V., Esposito, E., Gurpinar, A., Grutzner, C., Jin, K., Kim, Y.S., Kopsachilis, V., Lucarini, M., McCalpin, J., Mohammadioun, B., Morner, N.A., Okumura, K., Ota, Y., Papathanassiou, G., Pavlides, S., Perez López, R., Porfido, S., Rodríguez Pascua, M.A., Rogozhin, E., Scaramella, A., Sintubin, M., Tatevossian, R. & Vittori, E., 2015, Earthquake Environmental Effect for seismic hazard assessment: the ESI intensity scale and the EEE Catalogue, *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia*, V. XCVII.
- Hessami, K., Jamali, F. and Tabassi, H., 2003, Major active faults of Iran, Seismotectonic department, seismology research center.
- Jalalhosseini, S.M., Zafarani, H., Zare, M., 2017, Time-dependent seismic hazard analysis for the Greater Tehran and surrounding areas, *Journal of Seismology*, V. 22, PP. 187-215, DOI 10.1007/s10950-017-9699-4.
- Karig, D. E. and Sharman, G. E., 1975, Subduction and accretion in trenches, *Bull. geol. Soc. Am.*, 86, 371-389.
- Khodaverdian, A., Zafarani, H., Rahimian, M., and Dehnamakic, V., 2016, Seismicity parameters and spatially smoothed seismicity model for Iran. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 106(3), 1133-1150.
- MahdaviFar, M., Fatemi Aghda S.M., Bagheri, V., 2012, Seismic Landslides Hazard Zonation of Sarein, Iran using Fuzzy Logic System, *Proceedings of the 10th Anniversary of ICL, Kyoto*
- Medvedev, S., Sponheuer, W., Kárník, V., 1964, Neue seismische Skala Intensity scale of earthquakes, 7. Tagung der Europäischen Seismologischen Kommission vom 24.9. bis 30.9. 1962. Jena, Veröff Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena, 77:69-76.
- Michetti, A.M., Esposito, E., Gurpinar, A., Mohammadioun, B., Mohammadioun, J., Porfido, S., Rogozhin, E., Serva, L., Tatevossian, R., Vittori, E., Audemard, F., Comerci, V., Marco, S., McCalpin, J. and Morner, N.A., 2004, The INQUA Scale, An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment, *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 67.
- Michetti, A.M., Esposito, E., Guerrieri, L., Porfido, S., Serva, L., Tatevossian, R., Vittori, E., Audemard, F., Azuma, T., Clague, J., Comerci, V., Gurpinar, A., McCalpin, J., Mohammadioun, B., Mörner, N.A., Ota, Y. & Rogozhin, E., 2007, Intensity scale ESI 2007. In: Guerrieri L, Vittori E (ed) *Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia*, Servizio Geologico d'Italia, Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Rome, 74p.
- Mirzaei, N., Gao, M., and Chen Y.T., 1998, Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces. *J. Earthquake Prediction Research*, 7, 465-495.
- Moinfar, A.A., Naderzadeh, A., and Maleki, E., 2000, A new seismic hazard map for the implementation in the national physical planning of Iran. *Earthquake Hazard and Seismic Risk Reduction*, 289-296.
- Musson, R., Jiménez, M., 2008, Macroseismic estimation of earthquake parameters. *NERIES project report, Module NA4, Deliverable D, 3*
- Niazi, M. and Basford, J.R., 1968, Seismicity of Iranian Plateau and Hindu Kush region. *Bulletin of Seismological Society of America*, 58, 417-426.
- Niazi, M. & Kanamori, H., 1981, Source parameters of 1978 Tabas and 1979 Qainat, Iran, earthquakes from long-period surface waves, *BSSA*, 71, 1201–1213.

- Richter, C.F., 1958, Elementary seismology.
- Shabani, E. and Mirzaei, N., 2007, Probabilistic Seismic Hazard Assessment of the Kermanshah-Sanandaj Region of Western Iran, Earthquake Spectra, Volume 23, No. 1, pages 175–197.
- Hamzehloo, H., Alikhanzadeh A., Rahmani, M., and Ansari, A., 2012, Seismic hazard maps of Iran. 15th World Conferences on Earthquake Engineering (WCEE).
- Sharp, R., Orsini, N., 1978, Preliminary report on the Tabas, Iran earthquake of September 16, 1978, US Geological Survey, California ([https://www.eeri.org/lfe/pdf/Iran\\_Tabas\\_PrelimReport\\_Nov78.pdf](https://www.eeri.org/lfe/pdf/Iran_Tabas_PrelimReport_Nov78.pdf), 20 Aug 2013).
- Shoja-Taheri, J., 2002, Attenuation relations for peak and response spectra of horizontal acceleration from strong-motion records for the main seismic zones of the Iranian plateau, Seismological Research Letters, 73, 242, SSA Meet. Suppl.
- Shoja-Taheri, J. and Niazi, M., 1981, Seismicity of the Iranian Plateau and bordering regions, Bulletin of the Seismological Society of America, 71, 477-489.
- Sieberg A., 1930, Geologie der Erdbeben, Handboch der Geophysic 4:552–554.
- Silva, P.G., Michetti, A.M., Guerrieri, L., 2015, Intensity Scale ESI 2007 for Assessing Earthquake Intensities, Encyclopedia of Earthquake Engineering, DOI 10.1007/978-3-642-36197-5\_31-1
- Tavakoli, B. and Ghafory-Ashtiany, M., 1999, Seismic hazard assessment of Iran. Annali di Geofisica, GSHAP Special Volume.
- Walker, R., Jackson, J., Baker, C., 2003, Surface expression of thrust faulting in eastern Iran: source parameters and surface deformation of the 1978 Tabas and 1968 Ferdows earthquake sequences. Geophysical Journal International 152, 749–765.
- Wood, H.O., Neumann, F., 1931, Modified Mercalli intensity scale of 1931. Seismological Society of America.
- Zare, M., 2014, Seismic and Tsunami hazard in the shorelines of Khark Island, Persian Gulf, Iran, Second European conference on earthquake engineering and seismology, Istanbul Agu., 25-29.

## Evidence and description of the earthquake and the possibility of finding the paleo-earthquake concentrating on the Tabas Earthquake

Hamideh Amini <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 20 September 2022, Accepted: 21 December 2022)

### Summary

Earthquakes with a large magnitude affect people, man-made buildings and environments. This information can be a dataset of the earthquake description consisting of people's feelings, the building damages, and the effects on the earth. For the building damages, different types of buildings should be considered to find the best dataset of the earthquake. For the effects on the earth, various environmental effects such as the displacements, landslides, rock falls, liquefactions, surface and chemical changes on the rivers and springs, etc. should be considered; more information of more situations, more accurate exports of the earthquake. According to global research in this field, using this information can be useful to assess the macroseismic intensity of the affected areas and the epicentral earthquake. Moreover, having a good dataset of these descriptions, the macroseismic parameters of the earthquake can also be estimated. It can be useful especially for the earthquakes with low or/ and lack of information in the earthquake catalogs and also paleo-earthquakes. This study concentrates on the Tabas earthquake, which occurred on September 16, 1978, in the Tabas region located in eastern Iran. This was a shallow earthquake felt in a region with 1130000km<sup>2</sup> total affected area. Such as every large earthquake, several phenomena were observed related to this event. For example, it destroyed 1500 building units and 30 Qantas. Although the epicenter of the earthquake was located in a situation with a poor population, it destroyed or severely damaged 90 villages and slightly damaged other 50 villages. The surface rupture of this event was extended for about 85km with no connection on the surface with a trust mechanism. Moreover, 150cm vertical displacement and 300cm horizontal displacement were reported for this event. According to these descriptions of Tabas earthquake with magnitude more than 6, occurring more earthquakes in the past can be usual for this region; then, more investigation on this field is necessary. Therefore, in this study, primarily investigation on this region was started using the available maps (e.g. geology map) and images (e.g. Landsat) and for the following researches the locations near Ali Abad in NW of Tabas were suggested for the field study and sampling to date their absolute ages.

**Keywords:** Macroseismic description, Paleo-earthquake, Earthquake Intensity, Tabas, Iran

---

\*Corresponding author:

hiamini@ut.ac.ir