

# ژئوتکتونیک لرزه‌ای و اثرات ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان

## چکیده:

شمال غرب ایران عموماً و تبریز در آذربایجان شرقی خصوصاً، از مناطق پر عارضه، پرشیب، متحرک و فعال، با ریزش‌ها، رانش‌ها و زمین لرزه‌هاست که این همه نشانگر بحرانی بودن منطقه از نظر حوادث غیر مترقبه، به ویژه زمین لرزه‌هاست. (به قولی تبریز ۹ بار توسط زمین لرزه تخریب گردیده است.) «بارتولد»<sup>۱</sup> خاورشناس روسی در کتاب «تذکره جغرافیای ایران» زلزله را بلای عظیم برای تبریز و تبریزیان یاد کرده و «کروزینسکی» تاریخ نگار روسی، زمین لرزه‌ی سال ۱۷۷۸ (۱۱۹۲ هـ.ق) را با ۸۰۰۰۰ تلفات انسانی در تبریز اعلام می‌کند. (جوادی/ ۹۹/۱۳۵۰).

عوامل چندی بر بحرانی بودن این منطقه از نظر لرزه‌های زمین ساخت دلالت دارد که هر یک از آن‌ها به تنهایی هم می‌تواند، مسبب بسیاری از زمین لرزه‌ها در این خطه گردد. بنابراین در این تحقیق کوشش گردیده که نظر مسؤولین را در برنامه‌ریزی‌های مناسب خود، به این پدیده و تبعات آن

<sup>۱</sup>- Bartold

<sup>۲</sup>- Krusinski

(گسل‌ها، آتشفشان‌ها، حرکات تکتونیکی...) جلب کند و توصیه‌های لازم در خصوص شناسایی این حوادث و شناساندن مناطق پایدار و ناپایدار<sup>۱</sup> و فعال<sup>۲</sup> و متحرک در تکوین، استقرار و توسعه شهری و روستایی ارائه دهد و قدمی کوچک در جهت جلوگیری از تخریب و کشتار این پدیده طبیعی برداشته شود. بدون شناسایی پدیده‌های ساخت زمین شناسی و تکتونیکی در محیط‌های طبیعی، امکان طرح و اجرای هیچ‌گونه برنامه‌های منسجم و طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله، توسط مدیریت‌های شهری نخواهد بود.

بنابراین، این تحقیق نه تنها یک راه کار در جهت حفظ و حراست شهر، شهرک، روستا از حوادث زمین لرزه‌ای است، بلکه به عنوان یک الگوی مناسب در تهیه یک منوگرافی واقعی در تحقیق پدیده‌های گوناگون تکتونیکی و زمین ساختی در دست تهیه و اجراست.

#### واژه‌های کلیدی:

زمین ساخت، زمین لرزه، گسل، صفحات قاره‌ای و اقیانوسی، هورست، گراین

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

<sup>۱</sup>- Stable, et, instable

<sup>۲</sup>- Activ et, mobile

## مقدمه

بررسی کارشناسانه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که عوامل بسیاری در تولد حرکات تکتونیکی و منطقه‌ای، به ویژه زمین‌لرزه‌ها موثر است. تکتونیسین‌ها معمولاً حرکات تکتونیکی را به دو بخش حرکتهای کند و آرام، و حرکتهای تند و سریع تقسیم می‌کنند (زمانی / ۱۳۸۳ / ۷۷).

الف- حرکتهای کند و آرام که حرکتهای «قرونی» هم خوانده می‌شود، حرکتهایی است که آثار خود را در بلند مدت نشان می‌دهند. از جمله این حرکتهای تکتونیک صفحه‌ای، کوه زایی، زمین زایی، ایزوستازی را می‌توان نام برد. گرچه این حرکتهای نیز به تولید زمین‌لرزه‌ها و تبعات آن یعنی گسل‌ها، سبب می‌گردند، با این همه هدف اصلی این تحقیق نیستند.

ب- حرکتهای تند و سریع: حرکتهایی است که به طور آنی پدیدار گشته و به خسارات زیادی منجر می‌گردد (نمونه آن: زمین‌لرزه ۶/۴ ریشتری بم، با ده‌ها پس‌لرزه و پیش‌لرزه در بهمن ۱۳۸۲ با بیش از ۴۰۰۰۰ نفر کشته، زمین‌لرزه ۱۳۸۳ زرنده با ۶۰ پس‌لرزه ۳/۵ ریشتری و اخیراً نیز زمین‌لرزه ۵/۹ ریشتری سراوان از جمله این حرکتهای گسل‌ها، آتشفشان‌ها و گسلش‌ها، تنها به عنوان عامل تولید بعضی زمین‌لرزه‌ها مطرح گردیده است.

عوامل چندی بر بحرانی بودن منطقه از نظر لرزه‌های زمین‌ساخت دلالت دارند، که اهم آن‌ها به قرار زیر است: (زمانی / ۱۳۸۳ / ۱۷۰)

- ۱- تمایل دریای سرخ به گسترش و تبدیل آن به یک اقیانوس بزرگ.
- ۲- فعال بودن کوه‌های جوان منطقه نظیر «مورو»، «میشو» و ...
- ۳- حرکت هرچندگاه گسل کوارترنر تبریز (سن این گسل دونین است).
- ۴- قرارگیری منطقه در انتهای آتشفشانی «سهند- بزمان»
- ۵- قرارگیری منطقه در انتهای زون (آتشفشانی- دگرگونی) سنندج- سیرجان (اسفندقه- مریوان)

در مجموع این تحقیق از چند بخش مطالعاتی زیر تشکیل شده است:

الف- شناسایی علل و معلول زمین‌لرزه‌ای در منطقه (عوامل ۱ الی ۵)

- ب- اثرات ژئولوژی- ژئومورفولوژیکی زمین لرزه‌ها در منطقه  
 ج- اشاره‌ی ملموس به مکانیزم تشکیل زمین لرزه  
 د- مناطق امن و نا امن (پایدار و ناپایدار) از لحاظ زمین لرزه‌ای  
 ه- راه‌های مبارزه با زمین لرزه با توجه به شدت زمین لرزه و داده‌های اطلاع رسانی و آموزش‌های زمین لرزه

### موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه، در محدوده‌ی شمال غرب ایران، بین فروزمین<sup>۱</sup> رودخانه مرزی ارس در شمال و فروزمین تبریز و دریاچه ارومیه در جنوب قرار دارد. قلمرو مورد ذکر در عین حال نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی ۱ روی ۲۵۰۰۰۰ برگ (تبریز- پلدشت) را در اشغال دارد (شکل ۱)

قلمرو مورد مطالعه بین ۳۸ الی ۳۹ درجه عرض شمالی و ۴۵ الی ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدا قرار دارد. مختصات شبکه‌بندی قائم الزاویه منطقه مورد مطالعه ۵۰۰۰۰۰ الی ۶۳۰۰۰۰ متر در جهت شرقی (E) و ۴۲۱۰۰۰۰ الی ۴۳۱۰۰۰۰ متر در جهت شمالی (N) در برگ Nj-38-7 سری Ki551 در نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی (تبریز- پلدشت) ایران، چاپ یکم سازمان جغرافیایی کشور قرار دارد. لذا فاصله‌ی آن از مبدا شبکه قائم الزاویه (U.T.M)<sup>۲</sup>:

$$M \left| \begin{array}{l} X=4210000/4310000 \\ Y=500000/630000 \end{array} \right. \text{KM} \left| \begin{array}{l} X=4210/4310 \\ Y=500/630 \end{array} \right.$$

است.

بدین ترتیب طول منطقه در جهت غربی شرقی ۱۳۰ و عرض آن در جهت شمالی جنوبی ۱۱۰ کیلومتر را شامل می‌شود.

بارزترین عوارض مورفولوژیک منطقه، فرازمین<sup>۳</sup> و فرو زمین‌های پر اهمیت به ترتیب مور و میشو، چاله مرند و دریاچه ارومیه، سیستم‌های گسلی فراوان (شکل ۲)، قلل

1- Graben

2- Universal, Transvers, Mercator

3- Grabens, et, Horsts

مرتفع چون علمدار (۳۱۵۵ متر)، فلک داغ (۳۱۲۵ متر)، مورو (۲۱۸۷ متر)، کیامک داغ (۲۸۴۲) و سهند و سلان (بیش از ۴۸۰۰ متر) است.

ارتفاعات مورد بحث، از سطح دریاچه ارومیه که خود در حدود ۱۲۷۳ متر از سطح دریای آزاد ارتفاع دارد، در حدود ۱۵۰۰ الی ۲۰۰۰ متر است در مقابل، قلمروهای پست نیز در منطقه وجود دارد که از آن جمله است:

شرفخانه در جنوب غرب (۱۳۰۰ متر)، مراد ته در شمال غرب (۱۱۰۰ متر)، علمدار گرگر در شمال (۱۰۰۰ متر)، زلیبرچای در مرکز (۱۲۰۰ متر)

قلمروهای کوهستانی سرگشاده بیشتر از سازنده‌های دوران اول و دوم در حواشی، دوران سوم، و قلمروهای پست جلگه‌ای و چاله‌ها، بیشتر از دوران سوم و چهارم به صورت مخروط افکنه‌ها، تپه‌های ماسه‌ای، (پلایای قم تپه در صوفیان) قلمروهای شور و باتلاقی یعنی پلایاها (پلایای آغ بلاغ، قم تپه، خاصبان و ...) پوشیده است.

### پیشینه‌ی تحقیق

گستره‌ی مورد مطالعه از نظر لرزه‌های زمین‌ساخت به صورت تفصیلی مورد تحقیق قرار نگرفته است. اگر هم در این مورد یک تحقیق کامل و همه جانبه صورت گرفته باشد، نگارنده از آن اطلاعی ندارد. گرچه مطالعاتی از نظر انسانی، منابع آب، آب و هول، زراعت و خاک ... و غیره انجام گرفته است، ولی این تحقیقات مربوط به بخش‌های قابل وصول، یعنی نواحی بی عارضه و راه‌های آسفالتی بوده است. با این همه بعضی اظهار نظرهایی در مورد زمین‌شناسی، تکتونیک و زمین‌لرزه‌های منطقه ارائه گردیده که به صورت فهرست وار به قرار زیر است:

### الف- تحقیقات زمین‌شناسی - تکتونیک

- ۱- دومورگان<sup>۱</sup> بعضی از نمونه‌های سنگی و فسیلی جمع آوری کرده که در تعیین بعدی زمین‌شناسی- تکتونیک منطقه موثر بوده است (زمانی/ پایان نامه دکتری/ ۱۳۵۵/ ۱۴).

- ۲- هوبرت ریبین<sup>۱</sup> (۱۹۳۰) از فرانسه، بعضی مطالعات زمین‌شناسی در منطقه انجام داده و مشاهدات خود را در کتاب «زمین‌شناسی آذربایجان ایران» آورده است. هم او است که برای اولین بار اراضی دونین- پرمین را در منطقه کشف و وجود یک دگر شیب را بین کربونیفر و پرمین در منطقه ذکر کرده است. (رحیم زاده/ ۱۳۷۳ / ۲۹)
- ۳- استاهل<sup>۲</sup> تنها دانشمندی است که ضمن برشماری سازنده‌های مختلف در آذربایجان، برای اولین بار زمین‌لرزه‌های تخریب گرابن تبریز را ناشی از حرکت گسل کوتاه‌تر (رقص گسل) دانسته است. (زمانی/ پایان نامه دکتری/ ۱۳۵۵ / ۱۸)
- ۴- هیأت فرانونی سوگرا<sup>۳</sup> (۱۹۶۵) ضمن بررسی تامین آب تبریز، اظهار نظرهایی در مورد زمین‌شناسی منطقه کرده‌اند. (هیأت سوگرا گزارش تهیه منابع آب تبریز/ ۱۹۶۵/ اداره آبیاری تبریز)
- ۵- دانشمندان زمین شناس ایران از جمله علی درویش‌زاده، جواد حاجیان، فرامرز رحیم‌زاده، مصطفی شهبابی، هر یک به نوبه خود معلومات کلی و جزئی در مورد تکتونیک و ساخت زمین‌شناسی منطقه ارائه داده‌اند (فهرست منابع).

### ب- تحقیقات زمین‌لرزه‌ای

بارتولد و کروزینسکی به زمین‌لرزه سال ۱۷۷۸ تبریز اشاره و تلفات انسانی را ۸۰۰۰۰ نفر ذکر کرده‌اند. شاردن به تخریب کامل تبریز، محمد تقی خان حکیم به زمین‌لرزه (۷۹۹ میلادی)، حمداله مستوفی در (نزهه القلوب) به زمین‌لرزه (۸۵۸ میلادی)، ناصر خسرو به زمین‌لرزه سال (۱۰۴۲)، قطران شاعر به زمین‌لرزه (۱۶۴۰ میلادی) اشاره کرده‌اند و آن را ناشی از حرکت قدیم و جدید گسل تبریز دانسته‌اند. (جوادی/ ۱۳۵۰ / ۹۹)

1- Hubert, Rieben  
2- Stahle  
3- Sograh

## روش کار

در مطالعات زمین‌لرزه‌ای از روش‌های گوناگون استفاده می‌شود. همچنان‌که در بین تکتونیسین‌ها و زلزله‌شناسان‌ها هم معمول است، در این تحقیق از روش‌های ژئولوژیک و ژئومورفولوژیک بهره گرفته شده است. (از تغییر شکل ساخت‌ها، سازنده‌ها و ناهمواری‌های سطح زمین در اثر زمین‌لرزه‌ها)

کار میدانی و مشاهدات عینی بعضی پدیده‌های ژئومورفولوژیک از جمله برجستگی‌های گسلی، خشک شدن بعضی چشمه‌ها، ایجاد چشمه‌های جدید، دره‌های منطبق بر خطوط گسل مانند دره دیز در نزدیکی جلفای تبریز و قطور چای در خوی، ریزش‌هایریال رانش‌ها و لغزش‌ها در منطقه، می‌تواند در شناسایی مکان‌های زلزله خیز جهت دهنده باشد.

مراجعه به وسایل کمکی نظیر نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و تکتونیکي مانند نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی ۱ روی ۲۵۰۰۰۰ منطقه و نقشه (سایز موتکتونیک) ۱ روی ۲۵۰۰۰۰ ایران و عکس‌های هوایی منطقه، از دیگر روش‌هایی است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. زیرا صاحب نظران می‌دانند که هم به جهت وسعت منطقه و هم به جهت عظمت پدیده‌ها، تنوع ساخت‌های ژئولوژیکي، تکتونیکي، قبل از مراجعه به منطقه‌ی مورد تحقیق، شناسایی چون و چند منطقه در روی این چنین مدارک و اسناد ضروری است. در شناسایی زمین‌لرزه‌ها و تبعات آن یعنی گسل‌ها، روش زمین‌شناسی از اولویت برخوردار است. تماس غیر عادی (کنتاکت آنورمال) لایه‌ها و سنگ‌ها با جنس، رنگ ترکیب و ضخامت‌های متفاوت، می‌تواند در تثبیت گسل‌ها و در نتیجه تثبیت مکان‌های زلزله‌خیز موثر باشند. به علاوه نوع سازنده‌ها نیز می‌تواند آشکارا فعال و متحرک بودن منطقه را به ظهور رساند (تصویر ۱-۲)

## بحث

در مجموع این تحقیق از چند بخش مطالعاتی زیر تشکیل شده است:

### الف- شناسایی علت و معلول زمین لرزه‌ها در منطقه

علل زیادی در منطقه دخالت دارند که بعضی زمین‌ساختی، بعضی مورفولوژیک و بعضی دیگر مربوط به حرکت‌های تکتونیکی است. در زیر اختصاراً به بعضی از علل فوق اشاره می‌شود:

#### الف-۱) مشخصات زمین‌ساختی و خاصه‌های تکتونیکی منطقه

محققین زمین‌شناس ایران می‌دانند که آذربایجان از نظر ساخت، یک واحد مرکب است؛ زیرا در ساختمان آن، گسیختگی‌ها، چین خوردگی‌ها، آتش فشان‌ها به طور وسیعی شرکت دارند. اغلب کوه‌های منطقه به صورت فرازمین در امتداد گسل‌های بزرگ تکوین یافته‌اند و دشت‌ها نیز به صورت فروزمین هستند. به عنوان مثال، چاله دریاچه ارومیه بین دو گسل بزرگ تبریز و زربینه رود افتادگی پیدا کرده (علی درویش‌زاده/ ۱۳۷۴) همچنین چاله قزل اوزن مابین هورست‌های طالش و طارم ایجاد گردیده است. هورست‌های مورو، میشو، طارم در زنجان، قافلانکوه در میانه با گرابن‌های مربوط، به صورت ردیفی در اثر عملکرد گسل‌های عظیم به وجود آمده‌اند. کوه سهند و سبلان و سارای در شمال شرق دریاچه ارومیه، در اثر فعالیت‌های ماگمائی در زمان‌های اخیر (پلیستوسن) درزون آتشفشانی (سهند- بزمان) به وجود آمده‌اند. (سلطانی سیسی/ گزارش نقشه زمین‌شناسی / ۱۳۸۴ / ۱۹) بنابراین می‌توان اذعان کرد که همه گونه سازندهای دوران اول تا چهارم از قبیل خروج بازلت‌ها در ماکو، توف‌ها و لاواها در پای سهند در کندوان و آذرشهر، سازندهای نظیر سازند قم در مسیر راه تبریز به اهر (ورزقان)، به عبارت دیگر همه گونه ساخت‌های زمین‌شناسی اعم از دگرگون، آتشفشانی و رسوبی در منطقه وجود دارد.

#### الف-۲) تمایل دریای سرخ به گسترش

با گشایش دریای سرخ، صفحه قاره‌ای عربستان در جهت شمال شرق حرکت می‌کند و صفحه کوچک آذربایجان را بین دو صفحه مقاوم توران در شمال شرق و عربستان و آفریقا در جنوب غرب مانند دو لبه منگنه فشرده و به تولید گسل‌ها و زمین‌لرزه‌ها راه باز می‌کند.



### الف-۳) حرکت هرچند گاه گسل تبریز

گسل تبریز با سن دونین است (حسن نبوی / ۱۳۵۵ و افتخار نژاد / ۱۹۷۵). از آن جهت آن را گسل کواترنر گفته‌اند که در دوران چهارم بسیار فعال بوده است و آثار آن در سازندهای سست کمربند جنوبی تبریز دیده می‌شود: (شهرابی / ۱۳۷۳ / ۴۷). بهترین رخنمون این گسل در حوالی فرودگاه تبریز است که در این محل ۴۰ متر رانگی داشته، به طوری که ماران و ماسه‌های میوسن را روی اراضی جدید یعنی کواترنر پخش و پراکنده کرده است: (بربریان / ۱۹۷۶). حرکت هر چند گاه این گسل و شاخه‌های متعدد آن (گسل تسوج، گسل شمالی و جنوبی میشو، گسل خوی، ماکو، گسل زربینه رود و غیره) به تولید زمین‌لرزه‌های شدید راه باز می‌کند. به نظر انصاری (۱۹۶۰) در پلیو- پلیستوسن (اواخر دوران سوم و اوایل دوران چهارم) آتشفشان‌ها (سهند، سبلان، سارای)، گسل خوردگی‌ها و زمین‌لرزه‌های شدید در منطقه روی داده که آثار آن در رسوبات جدید به وضوح و فراوانی دیده می‌شود (تصویر ۱-۲).

### الف-۴) کوه‌های جوان منطقه

«وَتَرَ الْجَالِ، تَحَسَّبَهَا جَامِدَةً وَ هِيَ تَمْرَمَّرُ السَّحَابِ» آیه ۸۸ سوره مبارکه نمل «کوه‌ها را می‌بینی و آن‌ها را ساکن و جامد می‌پنداری، در حالی که آن‌ها مانند ابرها در حال حرکتند».

قرآن کریم ۱۴۰۰ سال پیش و علوم جدید در قرن ۲۰، به ثبوت رسانیده‌اند که کوه‌ها پیوسته توسط حرکت‌هایی به نام حرکت‌های زمین زایی در حال حرکت و ارتفاع یابی هستند. این نیز می‌تواند تولید زمین‌لرزه‌های بزرگ و کوچک را در منطقه باعث شود. به نظر انصاری (۱۹۶۰) حرکت‌های شدید آلیپی از اواخر کرتاسه تا اتوسن در این منطقه پیوسته ادامه داشته است و بعد از الیگوسن رسوبات نظیر سازند قم که امروز در حوالی ورزقان گسترده است، به وجود آمده است. افزون بر آن به طوری که می‌دانیم، آذربایجان در کمربند کوه زایی البرز- هیمالیا- زاگرس قرار داشته و به صورت فلات مرتفع، متحرک است. بعید نیست که تعدادی از زمین‌لرزه‌ها و حرکت گسل‌های قدیم مربوط به این عامل باشد.

## الف- ۵) قرارگیری منطقه در زون آتشفشانی (سه‌پند- بزمان)

حسن نبوی و مصطفی شهبابی، هر دو آتشفشان‌های سارای و سبلان را به غسل تبریز معطوف داشته‌اند. به نظر نگارنده تحرکات درونی این آتشفشان‌ها به ویژه از نظر ژئولوژیکی، سه‌پند و سبلان تقریباً هم سن هستند، ولی از نظر مورفولوژیک سبلان به دلایلی جوان‌تر از سه‌پند است. در زمان‌های اخیر می‌تواند به تولید لرزش‌های شدید امکان دهد. نمونه‌ی آن تخریب صد در صد ویلادره و فعال شدن چشمه‌های آب گرم سرعین در جنوب سبلان است. در این زمین‌لرزه که نگارنده هم حضور داشت، تحولات درونی زمین به مثابه‌ی صداهای ناشی از جریان مواد زیر قشری به وضوح شنیده می‌شد.

## ب- اثرات ژئومورفولوژیکی و ژئولوژیکی زمین‌لرزه‌ها در منطقه

### ب-۱) اثرات ژئومورفولوژیکی

این تنها زمین‌لرزه‌های بزرگ است که می‌تواند اثرات ژئومورفولوژیکی بزرگی در سطح زمین به جای گذارد (زمین‌لرزه دی ماه ۸۳ اقیانوس هند، اخبار رادیویی، ۱۳۸۳) از اشکال مورفولوژیکی زمین‌لرزه‌ها می‌توان: برجستگی‌های گسلی (آئینه گسل)، هورست و گرابن‌ها، خروج مواد مذاب درونی، دره‌های منطبق بر خطوط گسل، دره دیز و قطور چای را نام برد. (زمانی/ ۱۳۷۸ / ۱۲۳)

### ب-۲) اثرات ژئولوژیکی

زمین‌لرزه‌ها می‌توانند اثرات ژئولوژیکی را در منطقه به جای گذارد. حرکت گسل‌های جدید و قدیم، لغزش‌ها، ریزش‌ها و رانش‌ها (در منطقه فراوان است) تغییر مکان تراکما و واریزه‌ها، تولید آبشارهای جدید، بالا و پایین رفتن سواحل دریا و دریاچه، ریزش سقف غارها و ...

## ج- اشاره ملموس به مکانیزم تشکیل زمین‌لرزه‌ها و آموزش زمین‌لرزه در

### منطقه

از نظر مکانیزم دانشمندان و تکتونیستین‌ها به سه نوع زمین‌لرزه معتقد هستند:

### ج-۱) زمین لرزه‌های ناشی از کوچ

این نوع زمین لرزه‌ها از فروریزی سقف غارها و تونل‌های زیرزمینی (گالری‌ها) حاصل می‌شود. در منطقه توپوگرافی کارست به نسبت گسترش دارد. احتمال دارد تعدادی از زمین لرزه‌های محلی منطقه، مربوط به این فاکتور باشد (زمانی/ ۱۳۷۸ / ۱۲۳)

### ج-۲) زمین لرزه‌های ناشی از آتشفشان‌ها

علی رغم غیر فعال بودن ظاهری آتشفشان‌های منطقه، باز فعالیت‌های درونی این آتشفشان‌ها می‌تواند باعث تولید بعضی زمین لرزه‌های محلی گردد نمونه‌ی بارز آن زمین لرزه سرعین در زمان‌های اخیر است (نگارنده حضور داشته است)

### ج-۳) زمین لرزه‌های ناشی از ساخت‌های زمین‌شناسی و تکتونیک

این نوع ساخت‌ها و تکتونیک می‌تواند عامل تولید زمین لرزه‌های بزرگ و منطقه‌ای گردد. این زمین لرزه‌ها ناشی از فشردگی‌ها، اتساع و شکستگی ساخت‌های قشر زمین هستند. (شکل ۳)

### د- مناطق امن و نا امن (پایدار و ناپایدار) از نظر زمین لرزه‌ای

سنگ‌های ماگمایی، شیست‌های بلورین، مرمرها و سنگ‌های آهکی بلورین و ماسیفی از نظر زمین لرزه، مناطق امن (پایدار) محسوب می‌شوند و خسارات کمی را به خود می‌بینند. در مناطق توفی، تراکامات رسوبی سست، مخروط افکنه‌ها، قلمروهای پرشدگی (انباشتگی) از مناطق غیر امن (ناپایدار) محسوب و خسارات زیادی را متحمل می‌شوند. اگر این موارد مرطوب هم بوده باشد، خسارات دو چندان می‌شود. خطوط گسل از مناطق غیر امن بوده و به نظر علی درویش‌زاده (۱۳۷۰) ۲۰ کیلومتر از طرفین لبه گسل، منطقه خطر محسوب می‌شود و مدیران شهری باید به این امر توجه کنند.

## ه- راه‌های مبارزه با زمین‌لرزه‌ها، داده‌های اطلاع‌رسانی و آموزش‌های زمین‌لرزه‌ای

### ه-۱) راه‌های مبارزه با زمین‌لرزه‌ها

بر حسب معلومات کنونی وقوع زمین‌لرزه‌ها را به طور قطع و یقین نمی‌توان تعیین کرد. در عصر کنونی فقط می‌توان با ترتیبات امنیتی جلو تخریبات وسیع زمین‌لرزه را گرفت.

در مناطق چاله‌ای<sup>۱</sup> در طول خطوط گسل بزرگ، که موجودیت آن‌ها توسط تحقیقات حاصل از به کارگیری اصول و قوانین ژئودزی، زلزله‌شناسی، ژئولوژی و ژئومورفولوژی به اثبات رسیده، نباید بناها و ساختمان‌های مرتفع ساخته شود. لازم است که در این نوع مناطق، از تراکم جمعیت و اسکان‌های بزرگ جلوگیری شود. در قلمروهای زمین‌لرزه‌ای فقط می‌توان بناها را مقاوم ساخت و آن‌را با بتون آرمه با مرکز ثقل نزدیک به زمین با پی عمیق و عریض بنا کرد.

### ه-۲) آموزش زمین‌لرزه‌ای

حرکت‌ها، تخریبات و بعضی تغییرات طبیعی حاصل در سطح زمین در اثناء وقوع زمین‌لرزه‌ها یا بعد از آن، با انجام پرس و جوی کتبی و پاسخ‌های مربوط به مناطق زلزله‌زده، مورد تحقیق و آموزش قرار می‌گیرد. به علاوه یک مطالعه‌ی غیر مستقیم زمین‌لرزه نیز وجود دارد که با مطالعه‌ی زلزله‌سنج‌ها انجام می‌گیرد.

متخصصین زمین‌لرزه که بنام «سیسمولوگ»<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند، در دفترها، انستیتوها و ایستگاه‌های سیسمولوژی که فعالیت دارند، در ابتدا پرسش‌نامه‌های آماده شده‌ی قبلی را (آنکت‌ها) به مردم زلزله‌زده ارسال می‌کنند و جواب‌های دریافتی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. بعضی پرسش‌هایی که در آنکت‌ها نوشته می‌شود، در جدول شماره‌ی ۱ آورده شده است. (جدول از کتاب تک‌تومورفولوژی/ جواد زمانی گرفته شده است)

1- Subsidence

2- Sismologe

## جدول ۱: بعضی پرسش‌های طرح شده بعد از وقوع زمین‌لرزه

۱	مکان	زمین‌لرزه در چه ناحیه‌ای: استان، شهرستان: شهر و ... به وقوع پیوسته است
۲	زمان	روز ..... هفته ..... ساعت ..... دقیقه ..... ثانیه .....؟
۳	فضا	درفضای باز..... در داخل خانه..... در مرتبه چندم ساختمان.....؟
۴	مدت	تعداد ارتشاعات..... پس‌لرزه‌ها..... پیش‌لرزه‌ها.....؟
۵	جهت	شمالی - جنوبی، شرقی - غربی، بالا - پایین، پایین - بالا؟
۶	شدت	شدت زمین‌لرزه به ریشتر و مرکالی (جدول ریشتر و مرکالی ضمیمه است)
۷	اثرات	گسل خوردگی..... چشمه‌های جدید. خشکیدن چشمه‌ها. تخریب؟
۸	صدا	چه صداها و چه نورهایی بهنگام زمین‌لرزه مشاهده شده است؟
۹	آدرس	آدرس کسی که زمین‌لرزه را احساس کرده و به پرسشنامه جواب داده است؟

## و- شدت زمین‌لرزه‌ها

نظر بر این که تغییرات مورفولوژیکی سطح زمین (تخریبات، تلفات انسانی، تغییرات مورفولوژیکی آب‌ها دریاها و چشمه‌ها و ...) با شدت زمین‌لرزه از یک طرف و سازندهای زمین‌شناسی و ساخت‌های و تاسیسات انسانی از طرف دیگر مربوط است، بنابراین در این قسمت جا دارد به طور اختصار، از شدت زمین‌لرزه بحثی کوتاه به میان آید. شدت زمین‌لرزه بر حسب مقیاس‌های معینی اندازه‌گیری می‌شود. از این میان مقیاس ریشتر و مقیاس مرکالی است. در زیر به این دو مقیاس اشاره می‌شود.

(مقیاس ریشتر از زمین‌شناسی عمومی سیروس شفیقی و حسن مدنی صفحه ۳۹۸ و مقیاس مرکالی از مبانی زمین‌شناسی دکتر علی درویش‌زاده و دیگران صفحه ۵۸ اخذ شده است.)

## مقیاس مرکالی در ۱۹۳۱

- یک درجه مرکالی: زمین‌لرزه‌های بسیار خفیف است و تنها با آلات و ادوات مربوط دریافت می‌شود.
- دو درجه مرکالی: زمین‌لرزه‌های بسیار خفیف است؛ در طبقه فوقانی ساختمان‌ها توسط انسان احساس می‌شود.

- سه درجه مرکالی: زمین لرزه خفیف است و توسط افراد معین احساس می شود. لرزه های آن شبیه ارتعاشات ناشی از عبور یک اتومبیل از نزدیکی ها است.
- چهار درجه مرکالی: زمین لرزه با شدت متوسط است و توسط تعداد کمی از انسان ها در داخل خانه ها احساس می شود. تمام کسانی که در خارج از خانه هستند، لرزش ها را احساس می کنند. اشیاء خانه به طور خفیف حرکت و درها شروع به صدا کردن می کنند.
- پنج درجه مرکالی: زمین لرزه شدید است، خواه در داخل و خواه در خارج از خانه ها از طرف هر کس احساس می شود. ساخت ها حرکت می کنند و اشیاء آویزان می شوند و مانند آونگ به حرکت در می آیند. درها باز و بسته می شود. کشتی ها به حالت ارتعاش و حرکت در می آیند.
- شش درجه مرکالی: زلزله شدید است و با ترس از طرف هر کس احساس می شود. کتاب ها از قفسه و تابلوها از دیوارها فرو می افتند. در بعضی از دیوارها ترک هایی روی روکش های گلی حاصل می شود.
- هفت درجه مرکالی: زمین لرزه بسیار شدید است و در خانه های سالم ترک هایی ایجاد می شود.
- هشت درجه مرکالی: زمین لرزه تخریب گرا بن بوده، خانه ها و ساقه های درختان به حرکت در می آیند. معابد، مساجد، روی پی خود وارون می شوند. در دیواره ی سالم ترین خانه ها شکاف هایی ایجاد می شود.
- نه درجه مرکالی: زمین لرزه بسیار تخریب گرا بن است و ساخت های سنگین تخریب می شوند.
- ده درجه مرکالی: زمین لرزه ویرانگر است و لوله های گاز و آب و غیره و حتی ریل آهن ها منحرف و تخریب می شوند. در روی زمین شیارها و ترک های وسیع به وجود می آید.
- یازده درجه مرکالی: جزو آفات و بلا یا محسوب می شود و هیچ گونه ساختمان پا برجا نمی ماند. روی زمین گسل ها ایجاد می شود. از شیارها و حفره های ایجاد شده آب های گلی توأم با شن و ماسه خارج می شود. در قلمروهای پرشیب ریزش ها، لغزش ها و رانش ها ایجاد می شود.

- دوازده درجه مرکالی: یک آفت بزرگ به شمار می‌آید و از تأسیسات انسانی هیچ یک سالم باقی نمی‌ماند. چهره‌ی زمین تغییر کرده، آبشارها و دریاچه‌ها ایجاد می‌شود. مجاری رودها تغییر می‌کند و بعضی چشمه‌ها خشک و بعضی چشمه‌های جدید ایجاد می‌شود. تغییرات مهم افقی در زمین به وجود می‌آید. البته در استفاده از مقیاس فوق باید با احتیاط عمل کرد. زیرا بناهای ساخته شده توسط انسان متفاوت است و به علاوه شدت و تخریب زمین‌لرزه به نوع ساخت‌های زمین شناسی نیز مربوط می‌شود.

### مقیاس ریشتر

انرژی آزاد شده از طریق زمین‌لرزه فوق العاده زیاد است (چندین میلیون برابر انرژی یک بمب اتمی استاندارد) بنابراین شدت زمین‌لرزه تابع انرژی آن است. انرژی زمین‌لرزه بر حسب ارگ (دین بر سانتی متر مربع) بیان می‌شود. معروف‌ترین فرمولی است که توسط «گولیتسین»<sup>۱</sup> ارائه گردیده است، به قرار زیر است:

$$E = H^2 PV \left(\frac{a}{T}\right)^2$$

در این فرمول E انرژی زمین‌لرزه، V سرعت سیر امواج، P جرم مخصوص قسمت‌های بالایی پوسته زمین، a دامنه موج و T زمان تناوب ارتعاشات است. بر این اساس «ریشتر» زمین‌لرزه‌ها را به نه گروه به شرح جدول زیر تقسیم بندی کرده است:

جدول ۲: تقسیم بندی زمین لرزه‌ها بر اساس درجه ریشتر

درجه	معادل	انرژی آزاد شده
۱	معادل ۱۷۰ گرم	T.N.T
۱/۵	معادل ۹۰۶ گرم	T.N.T
۲	معادل ۵/۸۸۹ کیلوگرم	T.N.T
۲/۵	معادل ۲۸/۵۳۹ کیلوگرم	T.N.T
۳	معادل ۱۷۹/۸۴۱ کیلوگرم	T.N.T
۳/۵	معادل ۹۰۱/۴۷۰ کیلوگرم	T.N.T
۴	معادل ۶ تن	T.N.T
۴/۵	معادل ۳۲ تن	T.N.T
۵	معادل ۱۹۹ تن	T.N.T
۵/۵	معادل ۱۰۰۰ تن	T.N.T
۶	معادل ۶۲۷۰ تن	T.N.T
۶/۵	معادل ۳۱۵۵۰ تن	T.N.T
۷	معادل ۱۹۹۰۰۰ تن	T.N.T
۷/۵	معادل ۱۰ <sup>۶</sup> تن	T.N.T
۸	معادل ۱۰ <sup>۶</sup> × ۶۷۲۷ تن	T.N.T
۸/۵	معادل ۱۰ <sup>۶</sup> × ۳۱/۵۵ تن	T.N.T
۹	معادل ۱۰ <sup>۶</sup> × ۱۹۹ تن	T.N.T

### نتیجه گیری و پیشنهادها

توجه اندکی به مطالعات سیستماتیک (لرزه‌های زمین‌ساخت) منطقه شمال غرب ایران، روشن می‌دارد که این منطقه یک منطقه بحرانی از نظر زمین‌لرزه‌ای، یا به عبارت دیگر فعال و متحرک است. ساخت‌های نامتعادل زمین‌شناسی، گل خوردگی‌های شدید به ویژه عبور شاخه‌ای بزرگ از گسل زاگرس، یعنی گسل کواترنر تبریز از منطقه، قرارگیری منطقه در زون آتشفشانی (سه‌ند-بزمان)، حرکت صفحه قاره‌ای عربی به شمال شرق در اثر گشایش دریای سرخ و در تنگنا قرار دادن شمال غرب ایران، برخورد چین خوردگی‌هایی چند نظیر البرز-زاگرس و کوه‌های مرکزی در فلات آذربایجان، همگرایی صفحه اقیانوسی دریای عمان سالانه در حدود ۵ سانتی متر در زیر صفحه



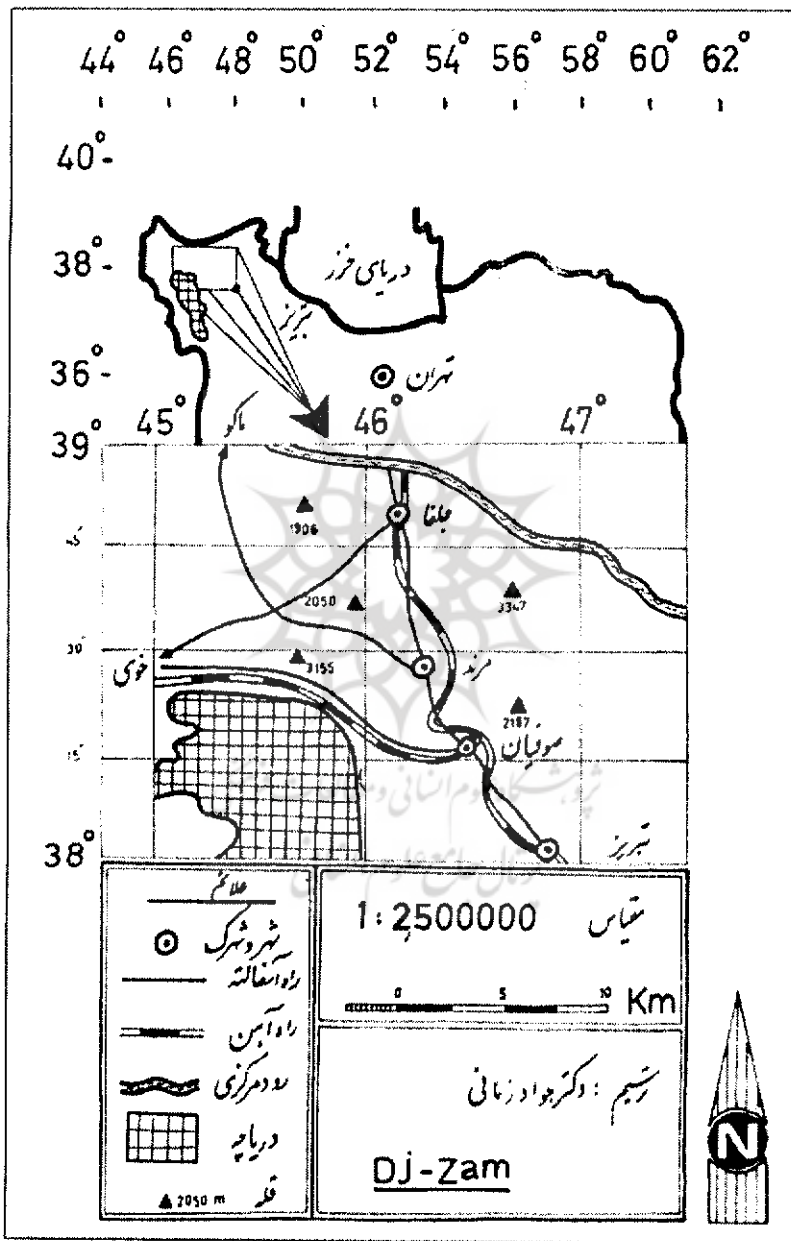
قاره‌ای ایران (علائی طالقانی / ۱۳۸۱ / ۳۶۲) و مقاومت صفحه توران در شمال شرق و صفحه اقیانوسی دریای خزر در شمال غرب، از جمله عواملی است که به فعال بودن منطقه و تولید زمین‌لرزه‌های شدید راه باز می‌کند. بعضی از این داده‌ها نه تنها با کار میدانی، بلکه از مطالعه کارشناسانه‌ی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه هم تأمین گردیده است.

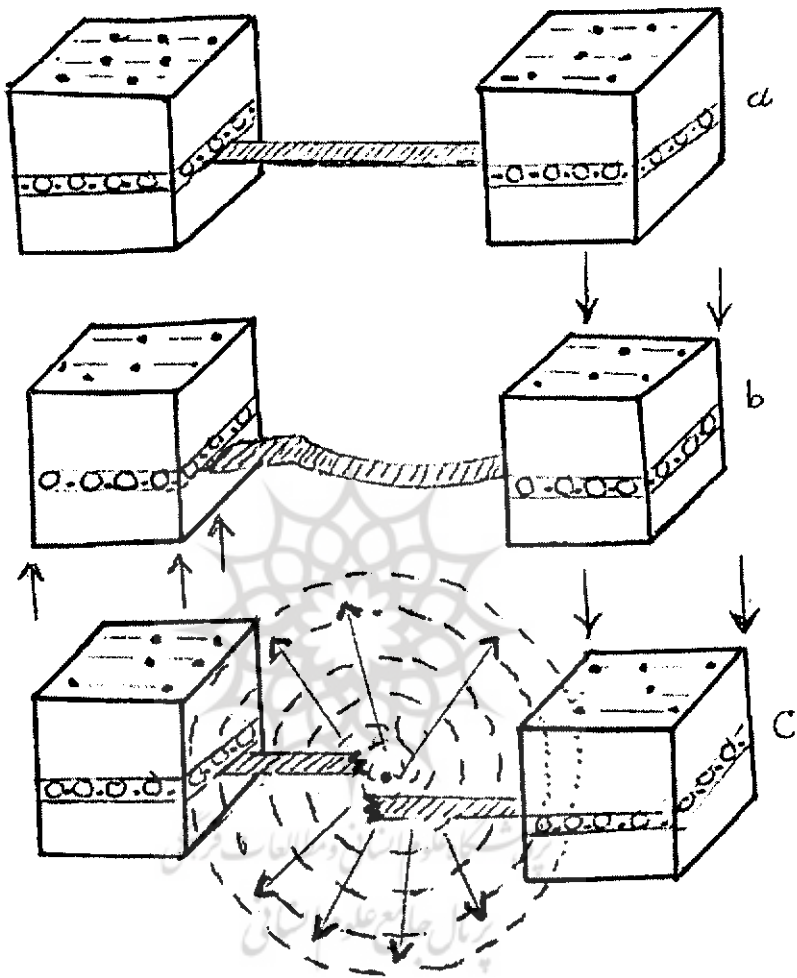
### پیشنهادها

از آنجایی که هدف این تحقیق شناسایی عوامل ساختی و تکتونیک مولد زمین‌لرزه‌ها و ارائه‌ی تدابیری جهت امن سازی مناطق شهری و روستایی است، لذا نظر مسؤولین و مدیران شهری و روستایی را در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای خود، به توصیه‌های زیر جلب می‌کند:

- ۱- اگر چنان که تأسیسات جدیدی در دست ساختمان باشد، اولاً از مناطق گسل خیز اجتناب باید کرد. دوم، دست کم ۲۰ کیلومتر از لبه گسل فاصله داشته باشد، سوم، ساختمان سازی ترجیحاً از مناطق پرشدگی، سازندهای سست، آبرفت‌های منفصل رسی، نمکی، مخروط افکنه‌ها و غیره که در اثر جذب رطوبت پف کرده و تغییر ماهیت نشان می‌دهند، اجتناب کرد.
- ۲- در شهرهایی مانند تبریز که سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی به سطح نزدیک است، ترتیبات امنیتی از نظر زمین‌لرزه در نظر گرفته شود. زیرا در غیر این صورت احتمال مرطوب شدگی و تغییر شکل تراکومات توسط زمین‌لرزه شدید است.
- ۳- در ساخت مسکن‌ها نباید گل بیشتری به کار برده شود؛ به علاوه نباید از بلوک‌های گرد مدور - به ویژه در روستاها که از بستر رودهای نزدیک جمع‌آوری شده است - استفاده گردد.
- ۴- متخصصین فنی ساختمان‌ها، نوع و جهت ساختمان‌ها را نسبت به نوع و جهت زمین‌لرزه‌ها و گسل‌ها با پی‌های عریض و عمیق با بتون آرمه هماهنگ کنند؛ زیرا گزارش‌هایی که بعد از وقوع زمین‌لرزه دریافت شده، نشان داده است که ساختمان‌هایی که نسبت به حرکت دو لبه یک گسل جهت مناسب داشته و در ساخت آن‌ها از مصالح ساختمانی واقعی و بتون آرمه استفاده شده، پابرجا مانده است.

شکل ۱- نقشه راهنمای شهر مورد مطالعه (تبریز - پلدشت)





شکل ۳- یک تجربه در تولید زمین لرزه تکنونیکی

- (A) تیغه فولادی ما بین دو بلوک  
 (B) حالت الاستیکی میله در اثر حرکت بلوک  
 (C) شکست میله و ایجاد ارتعاشات

## منابع و ماخذ

- ۱- ابدالیان، سیروس: «تکتونیک ایران»، انیستیتوی جغرافیایی ایران، ۱۹۶۲
- ۲- پ، بلروش، پومرول: «مبانی زمین شناسی»، ترجمه دکتر علی درویش زاده و دیگران، ۱۳۶۹.
- ۳- جداری عیوضی، جمشید: «ناحیه شمال غربی ایران یک واحد بزرگ ژئومورفولوژی»، پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۳۶۳.
- ۴- جوادی، شفیع: «تبریز و پیرامون»، چاپ مهر، ۱۹۷۱ (۱۳۵۰)
- ۵- حاجیان، جواد: «زمین شناسی ایران (پالتوسن، اتوسن)» ۱۳۷۵.
- ۶- درویش زاده، علی: «زمین‌شناسی ایران برای رشته جغرافیا»، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۷۴.
- ۷- رحیم زاده، فرامرز: «زمین‌شناسی ایران (الیگوسن، میوسن و پلیوسن)»، ۱۳۷۳
- ۸- زمانی، جواد: «پایان نامه دکتری: ساختمان و ژئومورفولوژی کوه‌های میشو در شمال غرب ایران»، ترکیه، استانبول، ۱۳۵۵.
- ۹- زمانی، جواد: «طرح تکتو- مورفولوژی»، چاپ اول، نشر خوارزمی، ۱۳۸۳.
- ۱۰- زمانی، جواد: «طرح مصوب گسل‌ها و ساخت‌های گسلی و اثرات ژئومورفولوژیکی آن در آذربایجان»، ۱۳۷۸.
- ۱۱- سلطانی سیسی، غلامعلی: «گزارش نقشه زمین‌شناسی ارومیه در مقیاس»، ۱۳۸۴.
- ۱۲- شفیقی، سیروس و مدنی، حسن: «زمین‌شناسی عمومی»، ۱۳۶۹.
- ۱۳- شهبازی، مصطفی: «زمین شناسی مهندسی و ژئوتکتونیک» انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.
- ۱۴- علائی طالقانی، محمود: «ژئومورفولوژی ایران»، چاپ اول، نشر قومس، ۱۳۸۱.

15- Rieben, H. 1930: Contribution a la geologie de L Azarbaijan, Persan.

16- Sogreah, 1965: Etude Sur le developpement de L Utilisation des souterraines dans le zone de Tabriz.

17- Stahl, A, F: 1911. Persien, Handbuch, der regional Geologie, Cite6, Heidelberg. S: 1-5