

#### نگاه نو

### واکاو ی‌ک‌تردید!



حمید نظری\*

● ایران خاستگاه مجموعه‌ای از زمین‌لرزه‌های ویرانگر با نزدیک به ۱۳۰ هزار کشته پیامد ۱۵ زمین‌لرزه با بزرگای تقریبی هفت، یک زمین‌لرزه در هر هفت سال و بیش از ۵۰ زمین‌لرزه با بزرگای ۶٫۹- شش ریشتری، یک زمین‌لرزه در هر دو سال و نابودی و ویرانی ۱۱ شهر، به‌طور نسبی در هر ۱۰ سال یک شهر بوده است. افزایش روزافزون جمعیت به‌ویژه در گستره شهری، ساخت‌وساز ضعیف و نبود یا اجرای نکردن درست شیوه‌نامه‌ها و آیین‌نامه‌های ساخت‌وساز ازجمله عوامل فزاینده در شمار مرگومیر و آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است. زمین‌لرزه «ازگله» استان کرمانشاه اگرچه آخرین زمین‌لرزه روی‌داده در فلات ایران نیست، ولی سبب‌ساز تکرار دوباره تردیدها و پرسش‌های بسیار در ماهیت این رخداد طبیعی بود. در گذر تاریخ هراس همیشگی انسان از زمین‌لرزه و چرایی آن ریشه در باورها، افسانه‌ها و خرافات مردمان هر سرزمین دارد، نادانسته‌هایی که در گذر زمان بوده به شرایط رنگ‌وبویی گاه موارایی و گاه زمینی به خود گرفته به‌گونه‌ای که گروهی زمین‌لرزه را خواست و برآمده از خشم ماوراءالطبیعه به سبب نافرمانی انسان دانسته و گاه اراده‌ای شیطانی و اهریمنی را در وای آن جستند. شاید از نگاه جامعه‌شناختی دست‌یازیدن انسان به نادیده‌ها را بتوان نشانی از ناتوانی و ترس از نادانسته‌ها دانست؛ نادانسته‌هایی که گاه برآمده از طبیعت و ماهیت رخداد است و گاه برآمده از شرایط اجتماعی در زمان و مکانی خاص و البته می‌توان میل طبیعی انسان در نسبت‌دادن کاستی‌ها، حوادث و ناشناخته‌های محیط پیرامون به قدرت ماوراءالطبیعه در گذشته و دشمنان در زمان حال دانست. از این میان اگرچه بی‌کمان زمین‌لرزه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ طیس- گلشن با بزرگای ۷٫۳ در مقیاس ریشتر نخستین زمین‌لرزه‌ای نیست که چرایی آن در نابسامانی آن سال‌ها آلوده به اهداف سیاسی وارونه و عوام‌فریبانه رقم خورده، ولی بی‌گمان آن را می‌توان ازجمله نخستین زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در فلات ایران‌زمین دانست که تردید و نابوری اجتماعی به نظام حاکم آن روز، رخداد آن را به‌تأدیرستی پیامد دفن زیاله‌های آتمی در کویر مرکزی دانست!

ترویج خرافه و باورهای نادرست، خواسته و ناخواسته با اهداف گوناگون سیاسی- اجتماعی و... در دوره‌های مختلف بسته به ویژگی‌های سرزمینی- سیاسی روز ناشی از نبود شفافیت و وجود شکاف در دیوار اعتماد دولت‌ها و ملت هر- از گاهی رنگی نو بر این باورهای نادرست و نابجا از رخدادهای طبیعی زد به‌گونه‌ای که در زمین‌لرزه سحرگاه پنجم آیدماه ۱۳۸۳ بم با بزرگای ۶٫۳ در مقیاس ریشتر به باور بسیاری زمین‌لرزه پیامد آزمایش‌های موشکی دانسته شد؛ باور نادرستی که شیوع و تکرار آن با توجه به سادگی و در دسترس بودن مبانی علمی در راستی‌آزمایی آن نشان از اهدافی خاص ورای میل به راستی و حقیقت‌جویی دارد؛ باوری که ریشه آن را می‌توان مانند بسیاری دیگر در خرافه، نادانی و گاه سیاست‌ورزی جست. بیشتر زمین‌لرزه‌های رخ‌داده در فلات ایران‌زمین در ژرفایی گوناگون از شش تا ۳۰ کیلومتری جانیابی می‌شوند درحالی‌که تاکنون هیچ انفجار و آزمایش شناخته‌شده، حتی هسته‌ای در ژرفای بیش از چند صدمتری به ثبت نرسیده است. موج حاصل از رهایی تنش ناشی از گسلش در ژرفا (پیامد یک زمین‌لرزه) و یا شکست در لایه‌های سطحی (پیامد یک انفجار با آزمایش هسته‌ای) در ماهیت و نوع به‌طور کامل متفاوت است به‌گونه‌ای که ساده‌ترین دستگاه‌های لرزه‌سنج بسته به بزرگی دامنه موج در جای‌گاهی که زمین‌قابلیت ثبت و تشخیص آن را دارا هستند، برخلاف انفجارهای سطحی و آزمایش‌های هسته‌ای، در رخدادی طبیعی همچون زمین‌لرزه، میزان جابه‌جایی و گسلش و تکرار آن به سطح به‌گونه‌ای کاهنده قابل مشاهده و اندازه‌گیری است.

انگاره‌های دیگری مانند تولید مصنوعی زمین‌لرزه با روش‌هایی همچون «هارپ» با تابش امواج رادیویی- الکترومغناطیسی از فضا، اگرچه از نظر تئوری شاید ناممکن نباشد، ولی به‌هیچ‌روی امکان تولید دگرشکلی و شکست در ژرفای چند کیلومتری پوسته زمین را متشابه آنچه در زمین‌لرزه‌هایی مانند بم با ژرفای کانونی حدود هفت کیلومتر یا کرمانشاه با ژرفای کانونی حدود ۳۰ کیلومتر با زمین‌لرزه‌های آذرماه همدک کرمان را نخواهد داشت. اگرچه وجود همبستگی و پیوند زمین‌لرزه به‌ویژه در بزرگا و دوره بازگشت رخداد آن برای زمین‌لرزه‌های بزرگ با دوره‌های یخچالی و میان‌یخچالی پیش از این شناخته شده است، ولی پیوستگی رخداد زمین‌لرزه با گرما و سرما، باد، شرایط آب‌وهوایی با شب و روز نیز از جمله مواردی است که بیش از آنکه پای در حقیقت و بنیانی علمی داشته باشد ریشه در عوام‌فریبی و خرافه دارد. بنابراین شاید پرریزها نباید اگر ارتقا دانش عمومی، سرمایه‌گذاری در تخصیص منابع لازم مالی و انسانی در تحقیق و توسعه در آمایش سرزمین، به همراه ساخت‌وساز مناسب را ازجمله گریزگاه‌های میان و بلندمدت پیش‌روی کشور در رویارویی با رخداد ناگزیر زمین‌لرزه بدانیم!

✱ **دانشیار و معاون پژوهشی پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور**



دکتر خلیل سرکاری‌نژاد\*

وقوع زلزله مغرب و ویرانگر در شمال-غرب ایران، در ۱۰ کیلومتری جنوب ازگله-سرپل ذهاب، با بزرگی ۷٫۳ ریشتر، همراه باهزارپس‌لرزه و در ژرف مرکز ۱۱کیلومتری زمین، در تاریخ ۲۱ آبان ۱۳۹۶ منجر به ازدست‌دادن بیش از ۵۰۰ نفر از هم‌وطنان عزیزانمان شد. این زلزله تخریب و آسیب‌دیدگی بیش از ۳۰هزارو ۵۰۰ واحد مسکونی در شمال-غرب کشور را به‌همراه داشت. شدت این زمین‌لرزه به اندازه‌ای بود که امواج آن در شیراز به‌صورت سه موج لرزه‌ای حس شد. قیل از زمین‌لرزه ویرانگر شمال غرب ایران، زلزله‌های متعددی در هشتم و نهم آبان با شدت بسیار کمتری، در استان فارس، واقع در جنوب‌غرب را چندین بار لرزاند. سؤال اساسی آن است که چه پیوند قانونمندی بین زلزله‌های با قدرت کم در جنوب‌غرب با زلزله برقدرت شمال-غرب وجود دارد؟ آیا زلزله کم‌قدرت در جنوب‌غرب نشانی از پیش‌لرزه شمال‌غرب بوده است. هدف از این نوشتار، بررسی عواملی است که از دیدگاه دانش زمین‌شناسی ساختاری منجر به حرکت گسل‌های زلزله‌زا می‌شود و توضیح اینکه روند کوه‌زایی را که منجر به زلزله می‌شود، به‌صورت‌کلی واکاوی کرده و سپس به جزئیاتی چون انواع زون گسلش، قدرت زلزله و میزان تخریب (با توجه به بزرگی زلزله) بپردازیم تا بتوانیم پهنه‌ترین روش را برای کاهش خطرات زمین‌لرزه انتخاب کنیم. در خاتمه تأکیدی است بر این موضوع که جنوب‌غرب ایران و مشخصا شیراز و حومه نیز در خطر زلزله‌های ویرانگر است و باید قبل از وقوع زمین‌لرزه به فکر راهکار مقابله با آن بود تا آنچه در واقعه اسفبار زلزله شمال‌غرب زاگرس روی داد، از آن در جنوب‌غرب زاگرس پیشگیری شود.

کوه‌زاد زاگرس با طول‌هزار و ۵۰۰کیلومتر در مرکز و قسمتی از کوه‌زایی آلپ-همالیاست و از جنوب‌غرب تا شمال‌شرق ایران کشیده شده است. کمربند کوه‌زایی آلپ-همالیای آرایایی از رشته‌کوه‌های زلزله‌خیز است که در راستای حاشیه جنوبی اوراسیا گسترش یافته است. این کمربند از جابه تا سوماترا امتداد یافته و سپس از طریق همیالیا و دریای مدیترانه از اقیانوس اطلس خارج می‌شود و در این مسیر، آلپ، کوه‌های کارپات، کوه‌های آسیای کوچک و ایران، هندوکش، همیالیا و کوه‌های جنوب شرق آسیا را شامل می‌شود. کوه‌زاد زاگرس تحت‌تأثیر برهم‌کنش پیچیده تنش‌های برشی افقی و تنش‌های عمودی فزاینده قرار دارد و در اثر برخورد پی‌سنگ گنیسی قاره آفریقا-عربستان با پوسته پی‌سنگ گنیسی ریز-قاره ایران و فروانش پوسته اقیانوسی تیتین در زیر ریز-پوسته قاره‌ای ایران شکل گرفته است؛ منظور از کوه‌زایی عبارت است از یک پهنه وسیع خطی و یا کمانی و در مقیاس منطقه‌ای و جهانی که تحت‌تأثیر فشارهای تنش‌های برشی افقی و تنش‌های عمودی تکتونیکی قرار گرفته و دچار چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی در طول میلیون‌ها سال شده و دگرشکل می‌شود. گسل‌های ایجادشده در کوه‌زایی زاگرس که اکثرا شکستگی‌های خطی یا خمیده هستند، به دو دسته امتداد-لغز و شیب-لغز قابل تشخیص هستند. در گسل‌های امتداد-لغز، بلوک‌های پوسته حرکتشان افقی است؛ درصورتی‌که گسل‌های شیب-لغز، بلوک‌های پوسته حرکتی عمودی‌ای با شیب کم یا زیاد دارند. اکثر گسل‌های زاگرس، گسل‌های شیب-لغز با شیب کم و به آنها گسل‌های خمیده رورونده می‌گویند. علت رورونده‌امدن آنها در این است که به‌صورت خمیده‌اند و در عمق سطح گسل‌خوردگی کم‌شیب هستند و هرچه عمق کمتر می‌شود، سطح گسل شیب بیشتری پیدا می‌کند و مانند آسانسور و پیوسته، لایه‌های قدیمی‌تر را از عمق به‌همراه خود بالا آورده و روی لایه‌های جوان‌تر قرار می‌دهد. در زاگرس، این گسل‌های شیب- لغز موازی چین‌خوردگی‌های زاگرس، در جهت شمال‌غرب-جنوب‌غرب کشیده شده‌اند و جهت شیب سطح آینه گسل‌ی آنها به‌طرف شمال-شرق است. گسل‌های امتداد-لغز با زاویه زیادی نسبت به گسل‌های شیب-لغز قرار گرفته‌اند و به گسل‌های شیب-لغز اجازه می‌دهند که میلیاردها تن از پوسته و رسوبات روی آنها را از شمال-شرق به‌طرف جنوب‌غرب به مقدار ۲۰٫۳ تا ۳٫۵ سانتی‌متر در سال جابه‌جا کرده و درواقع در جهت جنوب-غرب نقش بولدورز را بازی کنند. اینها، مجموعه‌ای از گسل‌های پیوسته یا گسسته‌ای هستند که سامانه گسلی کوه‌زایی زاگرس را تشکیل می‌دهند. مجموعه گسل‌های شیب-لغز سامانه روراندگی زاگرس، آرایشی قانونمند از گسل‌هایی است که به سبب جنبش‌شناختی، هندسی و مکانیکی با هم مرتبط هستند و حرکت و فعالیت یکی از گسل‌ها، گسل‌های دیگر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و به‌صورت قانونمند وقتی یکی از گسل‌ها فعال می‌شود و حرکت می‌کند، سپس در یک بازه زمانی طولانی غیرفعال شده و گسل دیگری بعد از او به‌صورت دو مارتان جای او را می‌گیرد و فعالیت خود را شروع می‌کند و این روند ادامه پیدا می‌کند. این آریه‌های

گسلی مانند دانه‌های زنجیر به‌صورت نهان و پیدا به حرکت-غرب تا شمال-شرق ایران کشیده شده است. کمربند کوه‌زایی آلپ-همالیای آرایایی از رشته‌کوه‌های زلزله‌خیز است که در راستای حاشیه جنوبی اوراسیا گسترش یافته است. این کمربند از جابه تا سوماترا امتداد یافته و سپس از طریق همیالیا و دریای مدیترانه از اقیانوس اطلس خارج می‌شود و در این مسیر، آلپ، کوه‌های کارپات، کوه‌های آسیای کوچک و ایران، هندوکش، همیالیا و کوه‌های جنوب شرق آسیا را شامل می‌شود. کوه‌زاد زاگرس تحت‌تأثیر برهم‌کنش پیچیده تنش‌های برشی افقی و تنش‌های عمودی فزاینده قرار دارد و در اثر برخورد پی‌سنگ گنیسی ریز-قاره ایران و فروانش پوسته اقیانوسی تیتین در زیر ریز-پوسته قاره‌ای ایران شکل گرفته است؛ منظور از کوه‌زایی عبارت است از یک پهنه وسیع خطی و یا کمانی و در مقیاس منطقه‌ای و جهانی که تحت‌تأثیر فشارهای تنش‌های برشی افقی و تنش‌های عمودی تکتونیکی قرار گرفته و دچار چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی در طول میلیون‌ها سال شده و دگرشکل می‌شود. گسل‌های ایجادشده در کوه‌زایی زاگرس که اکثرا شکستگی‌های خطی یا خمیده هستند، به دو دسته امتداد-لغز و شیب-لغز قابل تشخیص هستند. در گسل‌های امتداد-لغز، بلوک‌های پوسته حرکتشان افقی است؛ درصورتی‌که گسل‌های شیب-لغز، بلوک‌های پوسته حرکتی عمودی‌ای با شیب کم یا زیاد دارند. اکثر گسل‌های زاگرس، گسل‌های شیب-لغز با شیب کم و به آنها گسل‌های خمیده رورونده می‌گویند. علت رورونده‌امدن آنها در این است که به‌صورت خمیده‌اند و در عمق سطح گسل‌خوردگی کم‌شیب هستند و هرچه عمق کمتر می‌شود، سطح گسل شیب بیشتری پیدا می‌کند و مانند آسانسور و پیوسته، لایه‌های قدیمی‌تر را از عمق به‌همراه خود بالا آورده و روی لایه‌های جوان‌تر قرار می‌دهد. در زاگرس، این گسل‌های شیب- لغز موازی چین‌خوردگی‌های زاگرس، در جهت شمال‌غرب-جنوب‌غرب کشیده شده‌اند و جهت شیب سطح آینه گسل‌ی آنها به‌طرف شمال-شرق است. گسل‌های امتداد-لغز با زاویه زیادی نسبت به گسل‌های شیب-لغز قرار گرفته‌اند و به گسل‌های شیب-لغز اجازه می‌دهند که میلیاردها تن از پوسته و رسوبات روی آنها را از شمال-شرق به‌طرف جنوب‌غرب به مقدار ۲۰٫۳ تا ۳٫۵ میلی‌متر در سال جابه‌جا کرده و درواقع در جهت جنوب-غرب نقش بولدورز را بازی کنند. اینها، مجموعه‌ای از گسل‌های پیوسته یا گسسته‌ای هستند که سامانه گسلی کوه‌زایی زاگرس را تشکیل می‌دهند. مجموعه گسل‌های شیب-لغز سامانه روراندگی زاگرس، آرایشی قانونمند از گسل‌هایی است که به سبب جنبش‌شناختی، هندسی و مکانیکی با هم مرتبط هستند و حرکت و فعالیت یکی از گسل‌ها، گسل‌های دیگر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و به‌صورت قانونمند وقتی یکی از گسل‌ها فعال می‌شود و حرکت می‌کند، سپس در یک بازه زمانی طولانی غیرفعال شده و گسل دیگری بعد از او به‌صورت دو مارتان جای او را می‌گیرد و فعالیت خود را شروع می‌کند و این روند ادامه پیدا می‌کند. این آریه‌های



عکس: محمد ظاه‌الشیخ/میزان

شش‌ریشتری، ۱۰ برابر دامنه موج زلزله پنج‌ریشتری است و دامنه موج هفت ریشتری، ۱۰۰برابر زلزله پنج‌ریشتری است؛ به‌عبارت‌دیگر میزان انرژی آزادشده زلزله شش‌ریشتری، معادل منهای ۳۰ کیلوئن انفجار هسته‌ای است و میزان انرژی آزادشده زلزله با بزرگی هفت، معادل منهای یک مکائن انفجار هسته‌ای است. برای مقایسه، بمبی که در سال ۱۹۴۵ میلادی روی هیروشیما انداخته شد، براساس گزارش‌های موجود نزدیک به منهای ۱۵ کیلوئن قدرت داشته است؛ ۳۱ برابر انرژی آزادشده زلزله‌ای با بزرگی شش و معادل انرژی آزادشده زلزله‌ای با بزرگی هفت است. امروزه از مقیاس بزرگی گشتاور به‌جای مقیاس ریشتر استفاده می‌شود و برای زلزله‌های با بزرگی پنج بسیار دقیق‌تر است و براساس انرژی کرنش الاستیک یا کشسان آزادشده توسط زلزله و گسلش محاسبه می‌شود. همان‌طور که قبلا گفته شد، خزش گسلی را زلزله‌های تدریجی می‌نامند که مقدار بزرگی آنها ممکن است به اندازه یک زلزله مغرب به بزرگی ۷٫۲ تا ۶ برسد و پی‌سازه‌ها و جاده‌ها را به‌تدریج تخریب کند. ما هرگز این خزش تکتونیکی را احساس نمی‌کنیم. یکی از سامانه‌های گسلی که درحال‌حاضر مکانیسم زلزله تدریجی یا خزش تکتونیکی را به نمایش می‌گذارد، سامانه خزش سبزیوشان در شمال‌غرب شهر شیراز است که می‌توان از روی شواهد ساختاری روی صفحه گسل چندین حرکت گسلی را به‌صورت خراشیدگی یا خط آینه گسلی که بر اثر حرکت دو صفحه گسلی روی هم‌دیگر که در گذشته شکسته و به‌روی یکدیگر کشیده است، تشخیص داد یا از علم دیرینه‌لرزه‌شناسی برای زلزله‌های تاریخی کمک گرفت. بردار نیروی وارده جهت گسلش یا حرکت این گسل‌ها به دو نیروی تنش‌های برشی‌افقی و تنش‌های عمودی،فشارشی تقسیم می‌شوند. تنش برشی بسیار مخرب‌تر از تنش عمودی است و سبب دگرشکلی چرخشی می‌شود. تنش‌های برشی‌افقی و تنش‌های عمودی که در اثر فشار و حرکت تدریجی پوسته گنیسی قاره‌ای آفریقا-عربستان به‌طرف شمال-شرق، به مقدار ۲۳ تا ۳۵ میلی‌متر در سال خیمه تشکیل شده است و مانند دانه‌های زنجیر به هم‌دیگر پیوند دارند. این قطعات گسلی با زلزله‌های مغربی (با بزرگی ۶٫۵، ۶٫۲، ۶٫۰، ۴٫۲) شیراز و اطراف آن را لرزانده است. گسل سبزیوشان بعد از زمین‌لرزه ۱۳۷۱، به خواب زمستانی فرورفته و ممکن است دوباره از خواب بیدار شود و با زلزله‌ای با بزرگای ۶٫۵ تا ۷٫۲، شیراز و حومه را بلرزاند و تخریب کند. فعال‌شدن گسل‌های پی‌سنگی ژرف کوه‌زایی زاگرس که در حوضه کششی که در حدود ۲۹۰ تا ۲۰۰میلیون سال قبل شکل گرفته است و از آنها به‌عنوان گسل‌های فسیلی نام برده می‌شود، اکثرا از سامانه قطعات شیب-لغز و امتداد-لغز تشکیل شده‌اند و به‌توانند گسل‌های کم‌عمق مربوط به حرکت نوردپذیر نمک هرم‌ز را در عمق ۱۰کیلومتری و کمتر را به فعالیت وادار کند. هر

# رخداد زلزله قانونمند را بهتر بشناسیم

بررسی عواملی که از دیدگاه دانش زمین‌شناسی ساختاری منجر به حرکت گسل‌های زلزله‌زا می‌شود

کدام از این گسل‌ها می‌توانند معادل منهای ۳۰ کیلوئن تا منهای یک مکائن انرژی هسته‌ای را آزاد کنند. تعدادی دیگر از گسل‌های فعال و درعین‌حال خطرناک نیز وجود دارند که می‌توانند انرژی کرنش الاستیک یا کشسان ذخیره‌شده مخربی را آزاد کنند و گسل‌های دیگر را تحت‌تأثیر قرار دهند. گسل‌های فعال و خطرناک در استان فارس عبارت‌اند از گسل سروستان (با داشتن فعالیت لرزه‌ای با بزرگی ۵، ۶٫۴، ۷٫۵) و گسل کره‌بس (با فعالیت لرزه‌ای با بزرگی ۴٫۱، ۴٫۷). گسل‌های فعال دیگر عبارت‌اند از گسل سلطان (۴٫۴) که از وسط رودخانه خشک شیراز می‌گذرد و بعضی از خانه‌های قدیمی شیراز را روی این گسل بنا کرده‌اند و جابه‌جایی خزشی دربی این ساختمان‌ها به‌وضوح قابل مشاهده است. گسل راهدار (۶٫۳، ۵٫۲، ۵٫۱، ۴٫۹، ۴٫۶) نیز یکی‌دیگر از گسل‌های فعال است. این قطعات گسلی تحت انباشتگی فزاینده تنش‌های عمودی و افقی قرار دارند. تعدادی از این گسل‌ها و نه‌تمامی آنها، گسل به‌اثررسیده پی‌سنگی هستند که قسمتی از پوسته قاره‌ای گنیسی آفریقا-عربستان را به‌صورت شکنا قطع کرده‌اند، ولی عمق آنها آنقدر زیاد نیست تا حالت نوردپذیر به‌خود بگیرند. گسل‌های پی‌سنگی گنیسی از سطح زمین تا عمق چهار کیلومتری حالت شکنا دارند. از عمق چهار تا ۱۵ کیلومتر به‌علت افزایش حرارت با افزایش عمق پوسته حالت گذار بین شکنا-نوردپذیر را به خود می‌گیرند. با افزایش عمق از ۱۵ تا ۳۵ کیلومتری و نیز افزایش حرارت ۶۵۰-۴۵۰ درجه سانتی‌گراد، پوسته، کاملا حالت نوردپذیر و با خمیرسان دارند. گسل‌خوردگی شکنا زلزله‌زا است، ولی ادامه این حرکت گسلی در عمق ۱۵ تا ۳۵ کیلومتری زمین نوردپذیر است و تشکیل پهنه برشی را می‌دهد. سطح گسل‌خوردگی این سامانه‌ها در میلیون‌ها سال حالت کششی داشته‌اند و بعد از برخورد پوسته آفریقا-عربستان با پوسته ریز-قاره ایران به حالت فشارشی تغییرشکل داده‌اند. جابه‌جایی این گسل‌ها می‌تواند انرژی ذخیره‌شده در سنگ‌های دارای انرژی کرنش الاستیک و یا کشسان را ناکهان آزاد کند. این انرژی آزادشده سبب می‌شود که سطح زمین نزدیک به منبع زلزله تکان‌های شدیدی خورده و امواج به سطح زمین برسند. این امواج که در اثر آزادشدن انرژی به‌طورموسط سرعت شش کیلومتر در ثانیه را دارند، موقعی که از لایه‌های زمین به هوا می‌رسند در اثر اصطکاک با هوا، صدای شدیدی به‌همراه تخریب را از خود بروز می‌دهند. علت آنکه به‌همراه زمین‌لرزه صدای بم و وحشتناک به گوش ما می‌رسد به‌دلیل این اصطکاک است. با توجه به این اصل که «زلزله ما را نمی‌کشد، بلکه ساختارهای سست‌بنیان این کار را انجام می‌دهند»، گسل‌های فعال فارس سه هدف هم‌زمان را دنبال می‌کنند: در مرحله اول درهم‌کوبیدن و تخریب ساختمان‌های قدیمی مسکونی و غیرمسکونی مقاوم‌نشده شیراز، اطراف شیراز، شهرها و دهات در محدوده شدت لرزش باتوجه به حرکت گسلی. دومین هدف، بعضی از سازه‌های شهرک مهر امام‌رضا، لپویی و صدرا به‌دلیل رعایت‌نکردن مقررات و یا نادیده‌گرفتن ضوابط مربوط به تاب‌آوری ساختمان‌ها در مقابل زلزله، به‌ویژه ضوابط آیین‌نامه دو هزارو ۸۰۰ که به‌علت افزایش آوردن هزینه ساخت، کیفیت پایین مصالح، ضعف در اتصالات سازه‌ای یا سقف سنگین سبب می‌شود در اثر زلزله، سازه‌هایی با مقاومت ضعیف از حالت الاستیک یا کشسانی که فقط سازه می‌لرزد و بعد به حالت اولیه خود برمی‌گردد، به حالت پلاستیک یا نوردپذیر و غیرقابل بازگشت تغییر شکل دهد که به‌معنای آن است که مقاومت سازه درهم‌شکسته شده و تخریب یا دچار آسیب‌دیدگی شدید می‌شود؛ همان‌گونه که در بعضی از سازه‌های شمال‌غرب کوه‌زایی زاگرس در اثر زلزله‌ای با بزرگی ۷٫۳ درهم کوبیده شد. هدف سوم، آبارت‌مان‌های ساخته‌شده و بیمارستان جدید درحال ساخت در طول بل‌بزرگ‌ها حسین الهاشمی که روی رسوبات گچی، مارن رسی و ماسه سنگی تشکیلات رسوبی رازک و در مسیر گسل بنا شده است. این رسوبات نءتنها در مقابل زلزله مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند، بلکه به‌دلیل رفتار غیرمقاوم، خود به زون تشدیدکننده لرزه تبدیل می‌شوند و امواج زلزله را تقویت می‌کنند و با تشدید نیروهای افقی برشی را افزایش می‌دهند. بررسی حالت شارش غیرمقاوم می‌تواند نمایانگر عدم‌مقاومت این رسوبات در نگهداری پی‌سازه‌ها باشد. حال سؤال این است که چه باید کرد؟

استفاده از دانش زمین‌شناسی ساختاری به‌منظور شناخت هرچه بیشتر گسل‌های فعال به‌صورت ریزساختاری از نظر جنبش شناختی، هندسی و مکانیکی و برآورد جهت و مقدار نسبی تنش و کرنش فزاینده به گسل‌ها، واکاوی ریسک‌پذیری مناطق و تهیه نقشه‌های ارزیابی خطر تخریب لرزه‌ای و ارزیابی مقاومت مصالح در پیوند با نقشه‌های ساختاری. – همچنین اجرای کامل و دقیق ضوابط مربوط به تاب‌آوری سازه‌ها در مقابل زلزله. – همچنین اجرای همه تخصص‌های در اینجا تأکید می‌شود اجرای همه تخصص‌های یادشده در ارتباط مستقیم با یکدیگر و نه به‌صورت مجزا و جزیره‌ای و مدیریت‌نشده، می‌تواند سرزمین ما را در مقابل زلزله‌های مغرب و بنیان‌های زمین کند. ✱ **استاد بخش علوم زمین دانشگاه شیراز**

#### زاویه دید

### درس‌هایی از زلزله‌های اخیر کشور



مه‌ر ترضی بسطامی\*

۱- گرچه بیمارستان‌ها طبق آیین‌نامه ۲۸۰۰، دارای اهمیت بسیار زیادی هستند، ولی متأسفانه هفت باب بیمارستان در پنج سال گذشته در سه زلزله ورزقان (۶٫۴)، براجازن (۵٫۷) و سرپل ذهاب (۷٫۳)، آسیب جدی و حتی سازه‌ای دیدند. با توجه به اینکه سازمان مجری ساخت ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی متولی ساخت بیمارستان‌ها نیز هست، لازم است در این صلاحیت تجدیدنظر شود. نکته جالب این است که بیمارستان‌های جدیدتر بیشتر آسیب دیده‌اند! بنابراین سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران باید در روند ساخت ساختمان‌های مهم دولتی نظیر بیمارستان‌ها تجدیدنظر کنند.

۲- آسیب‌های وارده به مسکن مهر در زلزله‌های سال ۱۳۹۳ مورموری ایلام، ۱۳۹۱ اهر-ورزقان و ۱۳۹۶ شمال بجنورد و زلزله اخیر سرپل ذهاب درخور تأمل است. جالب است از حدود هفت‌هزارو ۵۰۰ واحد مسکن مهر در شهرک گلستان بجنورد، سه‌هزارو ۹۷۱ واحد متحمل خسارت جزئی تا کلی شده‌اند. همین موضوع در عملکرد ساختمان‌های مسکن مهر در شهر ورزقان در جریان زلزله سال ۱۳۹۱ اهر-ورزقان نیز شایان تأمل بود؛ به نحوی که اکثر دیوارهای غیرسازه‌ای (دیوارهای میان‌فایی) فروریخته بودند. نکته جالب درباره کیفیت ساخت واحدهای مسکن مهر گلستان شهر بجنورد این است که در اسفند گذشته، سنگ‌نماهای این واحدها به علت آلودگی کارکردن غلنک برای ساخت محوطه‌سازی فروریخته بود؛ در بررسی مقدماتی که در محل انجام گرفت، مشاهده کردیم که نصب سنگ‌های نما فاقد حداقل اصول فنی بوده است و بعضا پشت سنگ‌های نما با نخاله و زباله‌های ساختمانی ری شده بود. حداقل سؤالاتی که مطرح است، این است که آیا این حجم عظیم از ساخت‌وسازهای مسکن مهر دارای مهندسان ناظر، پیمانکار و مجری ذی‌صلاح بوده است؟ آیا مسکن و شهرسازی که وظیفه نظارت عالیه دارد، حداقل وظایف نظارتی خود را انجام داده است؟ نماینده مدعی‌العموم با کشف این حقیقت که بخشی از این ساختمان‌ها فاقد کیفیت لازم طبق استانداردها و آیین‌نامه‌های کشور هستند، چه وظیفه‌ای دارد؟ با توجه به لرزه‌خیزی اکثر مناطق کشور و کیفیت تقریبا مشابه ساخت و اجرای این ساختمان‌ها، لزوم توجه جدی مسئولان به این ساختمان‌ها را بیش‌ازپیش یادآوری می‌کند.

۳- نکته بعدی عملکرد مهندسان دارای پروانه اشتغال از سازمان نظام مهندسی است. اصلاح اساسی ساختار اعطای پروانه به مهندسان طراح، ناظر و مجری الزامی است. بعضی از مهندسان در سال‌های دور بدون امتحان و فقط با ارائه مدارکی موفق به کسب پروانه اشتغال به کار مهندسی شده‌اند. بعضی از مهندسان در بعضی مقاطع مدارک غیرمرتبط داشته‌اند. اکثریت بدون توجهی از مهندسان پروانه‌دار، حداقل تسلط به ضوابط آیین‌نامه‌ها و مقررات ملی ساختمان را ندارند. پیشنهاد می‌شود تمدید پروانه‌های تمام مهندسان منوط به امتحانات جامع حرفه‌ای زیر نظر دانشگاه‌های مادر استان‌ها شود. با توجه به تغییرات مکرر آیین‌نامه‌ها، حداکثر اعتبار این امتحان و به‌تبع هر پروانه، سه سال باشد.

۴- سازمان نظام مهندسی و اداره استاندارد بر مصالح ساختمانی نظارت صحیحی ندارد. متأسفانه نتیجه نمونه‌گیری‌هایی که در چند روز اخیر از بتن‌های بعضی ساختمان‌های فروریخته به عمل آمد، نشان می‌دهد مقاومت بعضی از بتن‌ها در شهر سرپل‌ذهاب حدود دو کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بوده است و در بخشی از بیمارستان اسلام‌آبادغرب، حدود ۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بود؛ درحالی‌که بتن دارای مقاومت زیر ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بتن نبوده و ملات محسوب می‌شود!

۵- در توسعه‌های جانیابی مناسب صورت نگرفته است. هنگامی که دقیق‌تر، الگوهای خرابی را در شهرهای واقع‌شده در مناطق زلزله‌ای خرابی بررسی می‌کنیم، متوجه می‌شویم که الگوی خرابی تابع شرایط خاک و بستر است. به‌عنوان مثال بیشترین خرابی‌ها در شهر ورزقان در حاشیه رودخانه رخ داد. همین مسئله در شهرک گلستان بجنورد نیز رخ داد و در زلزله ۷٫۲ریشتری بجنورد، گسل‌های گسترده‌ای به واحدهای مسکن مهر وارد شد. متأسفانه این موضوع در زلزله اخیر سرپل ذهاب نیز منجر به خرابی‌ها و آسیب‌های جدی به خانه‌های مهندسی‌ساز جدید و همچنین مسکن مهر شهرهای اسلام‌آبادغرب و شهرک شهید شریودی سرپل ذهاب شد. متأسفانه اکثر موارد بالا در سایت‌های جدید دیده می‌شود که در چند سال اخیر گسترش یافته‌اند. رخ داده‌اند، بنابراین با انتخاب نامناسب مکان‌های توسعه شهری در سال‌های اخیر، آسیب‌پذیری بعضی شهرها را افزایش داده‌ایم.

۶- متأسفانه حتی در زلزله‌های متوسط هم زیرساخت‌ها متحمل خسارت‌های درخور توجهی شدند. لزوم اجرای برنامه‌های افزایش ایمنی زیرساخت‌ها و شیران‌های حیاتی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. آسیب‌های جدی به پل‌ها، پست‌های برق و شبکه‌های آب و فاضلاب نمونه‌هایی از این آسیب‌هاست.

✱ **دانشیار پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله**