از اعماق

دانشی جدید برای بررسی خطر زلزله

پیش‌بینی آینده با بررسی گذشته

بهرام عکاشه*

● همان‌گونه که همه ما می‌دانیم، کشور ما زلزله‌خیز است. اگر به تاریخ زلزله‌های کشورمان مراجعه کنیم، می‌بینیم بارها زلزله‌های کوچک و بزرگ و ویرانگری در کشور ما روی داده است. به روش‌های بسیار متفاوتی می‌توان به وقوع زلزله‌ها در یک منطقه پی برد و آنها را شناخت و بررسی کرد، از جمله روش‌های دستگاهی، گزارشی، تاریخی و دیرینه‌شناسی.

برای اظهارنظر در مورد زلزله، داشتن داده‌های مربوط به یکصد سال و ۲۰۰سال گذشته کافی نیست، بلکه باید از داده‌های حاصل از دیرینه‌زلزله‌شناسی هم استفاده کرد. اهمیت این شاخه جدید علم در این است که ما با دانستن رویدادهای زلزله‌ای که در نیم‌میلیون‌سال پیش یا یک‌میلیون‌سال پیش، در یک منطقه خاص روی داده است، به تاریخچه زلزله‌های آن منطقه پی برده و در نتیجه به اطلاعات بسیاری درباره ساختار زمین‌شناسی منطقه و احتمال زلزله‌خیزی آن پی می‌بریم. لازم به ذکر است که این داده‌ها و اطلاعات گوناگون، از علوم مختلف مانند زمین‌شناسی یا روش‌هایی مانند ترانشه‌زدن به دست می‌آید. پس بدون داشتن اطلاعات دیرینه‌زلزله‌شناسی اظهارنظرهای ما بسیار ابتدایی خواهد بود.

تهیه نقشه‌های زلزله‌خیزی بسیار مهم و حیاتی است. اولین‌بار در سال ۱۹۶۲ (یعنی حدود ۵۰سال پیش) توانستیم نقشه زلزله‌خیزی جهان را تهیه کنیم. در آن سال‌ها، فقط در اروپا می‌شد چنین پژوهش‌هایی انجام داد یا نقشه زلزله‌خیزی منطقه‌ای را رسم کرد. در کشور خود ما هم حدود ۵۰ سالی است که شبکه زلزله‌نگاری تاسیس شده و ما توانسته‌ایم به فعالیت‌های پژوهشی در این زمینه بپردازیم و در چهار، پنج‌سال اخیر هم توانستیم شبکه‌ای خاص در کشور خودمان راه‌اندازی کنیم. اکنون به جرات می‌توانیم بگوییم ما با داشتن این شبکه زلزله‌نگاری، در هر روز حدود ۴۵زلزله را ثبت می‌کنیم که البته بیشتر آنها خفیف است و محسوس نیست. ما هم‌اکنون در کشورمان به دست‌کم چندصد پایگاه زلزله‌نگاری برای ثبت اطلاعات نیاز داریم تا ببینیم وضعیت مناطق مختلف کشور از لحاظ زلزله‌خیزی چه شکلی است. اما باید به این نکته هم توجه کرد هر زمانی که می‌خواهیم درباره زلزله‌خیزی یک منطقه (مثل شهر تهران یا استان فارس یا...) اظهارنظر کنیم، حتما به داده‌های دستگاهی، تاریخی و به‌خصوص داده‌های دیرینه‌زلزله‌شناسی نیاز داریم. رشته دیرینه‌زلزله‌شناسی، علم جدید و نوینی است و لازم است تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گیرد زیرا این شاخه علمی، کم‌کم و در آینده نزدیک، به یک رشته مستقل تبدیل می‌شود و بدون داشتن اطلاعاتی درباره وضعیت زلزله‌خیزی یک منطقه در چندصدمیلیون‌سال گذشته تا چندصدهزارسال پیش، به هیچ‌وجه نمی‌توان درباره احتمال زلزله‌خیزبودن آن اظهارنظر کرد، یعنی هیچ اطلاعاتی درباره محدوده مکانی و زمانی خطر یا بزرگی و شدت آن نداریم. اما به کمک دیرینه‌زلزله‌شناسی می‌توانیم اظهارنظرهایمان را دقیق‌تر کنیم. رشته علمی زمین‌شناسی و زلزله‌شناسی در کشور ما جوان است. علم ژئوفیزیک در سال‌های ۱۳۳۶ و ۱۳۳۷ در کشور ما پایه‌گذاری شد. یکی از دلایلش هم آن بود که لازم بود نقشه جهانی از مناطق زلزله‌خیز جهان تهیه شود. در سال‌های بعد هم به کمک شبکه زلزله‌نگاری جهانی، یک شبکه زلزله‌نگاری در تهران تاسیس کردیم و به کمک همین شبکه بود که دریافتیم تهران به‌شدت در معرض خطر زلزله است. در هر حال، همه اطلاعات مربوط به زلزله‌های دستگاهی، تاریخی و دیرینه‌شناسی باید فراهم شود تا انسان بتواند به دقت درباره احتمال لرزه‌خیزی یک منطقه اظهارنظر کند که قابل‌قبول باشد و ستاد بحران هم بتواند در این زمینه فعالیتی انجام دهد. با توجه به اینکه بیش از ۸۰درصد شهرهای ما در معرض خطر زلزله است، لازم است با استفاده از دانش‌های جدید، درباره احتمال زلزله‌خیزی یک منطقه اطلاعات کافی را به دست آوریم. اما اکنون پرسشی که پدید می‌آید این است که دانشمندان چگونه می‌توانند تشخیص دهند که در دوره زمانی خاص در گذشته، در یک منطقه‌ای زلزله‌ای روی داده است یا خیر. برای این کار روش‌های متفاوتی وجود دارد از جمله بررسی‌های زمین‌شناختی. همان‌گونه که می‌دانید زمین از لایه‌هایی ساخته شده است که معمولا مرتب و منظم روی هم قرار دارند اما در برخی مواقع می‌بینیم این لایه‌ها جابه‌جا شده‌اند که همین موضوع نشان‌دهنده این است که زلزله‌ای در اینجا روی داده است. اگر ما بتوانیم به روش‌های زمین‌شناختی، سن این لایه‌ها را تخمین بزنیم، به‌راحتی می‌توانیم درباره زمان وقوع این زلزله‌ها اظهارنظر کنیم. برای مثال زمانی که برجی را می‌سازند، برای آماده‌سازی پی ساختمان، زمین را تا عمق زیاد می‌کنند. در پی برخی از ساختمان‌ها، آثار و نشانه‌هایی از وجود گسل یا تغییرجهت لایه‌ها مشاهده شده که نشان‌دهنده وقوع زلزله است و به همین دلیل، خطر زلزله‌خیزی در این مناطق بیشتر است و باید به این موضع توجه کرد. اگر خدای‌ناکرده زلزله‌ای در تهران روی دهد، با کمال تاسف باید گفت ویرانی‌های آن بسیار خواهد بود و به همین دلیل باید با استفاده از علوم جدید مانند دیرینه‌زلزله‌شناسی، به احتمال وقوع زلزله در شهرهای مختلف کشور پی برد و برای مقابله با پیامدهای آن چاره‌اندیشی کرد.

***پیشکسوت علم زلزله‌شناسی ایران**

بررسی‌های پارینه‌لرزه‌شناسی در منطقه ورداورد تهران

پیش‌درآمدی بر چرایی پژوهش‌های زمین‌شناسی زمین‌لرزه در کشور

کلانشهرهایی خفته بر بستر گسل‌های لرزه‌زا

تنها پایگاه حفاظت‌شده مطالعات پارینه لرزه‌شناسی کشور در معرض نابودی است!

حمید نظری*

تمامی پژوهش‌های مرتبط با زمین‌لرزه با هدف اساسی دستیابی به یکی از کهن‌ترین آرزوهای انسان، یعنی پیش‌بینی این رخداد طبیعی سترگ است. از این‌رو اینگونه پژوهش‌ها با دو رویکرد پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و پیش‌بینی‌های میان‌مدت و بلندمدت انجام می‌شود. پیش‌بینی زمان رخداد زمین‌لرزه‌های سترگ ویرانگر آینده یا به عبارتی مناسب‌تر، برآورد احتمال رخداد زمین‌لرزه‌های سترگ در گستره‌های تجمع انسانی و صنعتی، از آرزوهای دیرین انسان است که با وجود گذشت سالیان دور و پیشرفت چشمگیر دانش و فناوری، همچنان در هاله‌ای از احتمال باقی است. اگرچه از زمین‌لرزه در گستره‌های شهری، چون کابوسی دهشتناک یاد می‌شود ولی نگاه گذرا و طبیعت فراموشکار انسان سبب می‌شود حوادث دهشتناک و آنچه را که بر گذشتگان رفته است، فراموش کنیم. اگرچه تیرگی‌ها و نگرانی‌ها هر از گاهی با جنبش دوباره بخش خفته‌ای از زمین رنگ تازگی به خود می‌گیرد.

از نگاه لرزه زمین‌ساختی و خطر زمین‌لرزه، کشور ایران با قرارداشتن در کمربند لرزه‌ای که از بلندی‌های آلپ در باختر تا هیمالیا در سوی خاوری کشیده شده است، در میان ۱۰ کشور نخست خطرپذیری رخداد زمین‌لرزه جای دارد. در ساختار اداری کشور، مراکز پژوهشی، دانشگاهی و چند سازمان مانند سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله و مهندسی زلزله، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و موسسه ژئوفیزیک، مسوولیت راهبردی بررسی‌های زمین‌لرزه را در حوزه ثبت و گزارش ویژگی‌های عددی/ مکانی رخداد و همچنین مطالعات لرزه‌زمین‌ساختی و پیش‌نشانگری را عهده‌دار هستند. با توجه به رشد روزافزون جمعیت، پیشرفت‌های صنعتی و گسترش مناطق شهری به‌ویژه در بخش‌های در حال توسعه و استراتژیک کشور، آشکار می‌شود افزون بر ثبت و گزارش زمین‌لرزه (که با بهره‌گیری از شبکه‌های لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری فراهم می‌آید)، شناخت روزافزون گسل‌های جنبا و رفتار لرزه‌ای آنها در گستره ایران از نیازهای پایه و بنیادین دیگر در اجرای پژوهش‌های زمین‌شناختی زمین‌لرزه‌هاست.

شناسایی پارامترهای عددی گسله‌های لرزه‌زای کشور به‌ویژه گسله‌های جنبای پیرامون کلانشهرهایی چون تهران، کرج، تبریز، مشهد و کرمان و شناخت هرچه بیشتر سرچشمه‌های لرزه‌ای، جست‌وجوگر اهداف بلندی خواهد بود، مانند:

۱- برآورد مکان رخداد زمین‌لرزه احتمالی

۲- زمان رخداد لرزه‌ها برای هریک از سامانه‌های پویا

۳- بزرگای زمین‌لرزه احتمالی آتی حاصل از جنبش دوباره یک گسل جنبا.

در بررسی رخدادهای لرزه‌ای آینده، در نگاه راهبردی کوتاه‌مدت و میان‌مدت، پژوهش‌هایی از این دست با رویکرد کوتاه‌مدت با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری و پیش‌نشانگرهایی همچون شبکه‌های لرزه‌نگار و سنجنده‌های ژئودینامیکی، امواج رادار، پیش‌نشانگرهای شیمیایی و الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد و در پیش‌بینی‌های میان و درازمدت، به زمین‌شناسی زمین‌لرزه پرداخته می‌شود.

تا پیش از دهه ۱۹۷۰ میلادی (دهه ۵۰ خورشیدی)، ارزیابی زمان و مکان خطر زمین‌لرزه در کشورهای پیشرو صنعتی چون ایالات متحده آمریکا، کشورهای اروپایی و اتحاد جماهیر شوروی سابق تنها بر پایه داده‌های به‌جامانده از زمین‌لرزه‌های تاریخی انجام می‌شد. در بیشتر کشورها، داده‌های لرزه‌خیزی مورد استفاده در ارزیابی خطر زمین‌لرزه مشتمل بر داده‌های دستگاهی و تاریخی زمین‌لرزه تنها به چند سده گذشته بازمی‌گردد، بنابراین بسیاری از پهنه‌های گسلی جنبا به‌دور از مراکز تمدنی گذشته و ناشناخته در پهنه‌های کوهستانی یا گستره‌های بیابانی و کویری، فاقد شواهد گزارش‌شده و شناخته‌شده از رخدادهای کهن‌لرزه‌های بزرگ تاریخی هستند. از این میان، حتی در کشورهای با پیشینه تمدنی بسیار و تاریخی طولانی مانند سرزمین‌های دنیای کهن همچون ایران (که در آن زمین‌لرزه‌های تاریخی با قدمت حتی دوهزارسال یا بیشتر نیز ثبت شده است)، مشاهدات تاریخی برای شناسایی تمام گسل‌های لرزه‌زا، به‌هیچ روی کافی نیست. از دیگر سو، از نگاه زمین‌شناختی زمین‌لرزه‌ها، روی گسلی که جنبش‌های لرزه‌ای هر از گاه آن (که با لغزشی پیوسته و گسیخت گاه‌به‌گاه در گذر میلیون ساله همراه است)، حتی یک ثبت چندهزارساله از پیشینه لرزه‌خیزی آن، تنها نشانگر بخش کوچکی از تاریخ لرزه‌خیزی منسوب به آن گسل را در بر می‌گیرد. بنابراین امروزه افزون بر تلفیق داده‌های دستگاهی برآمده از شبکه‌های لرزه‌نگاری و ژئودینامیکی، بخش بزرگی از تاریخ لرزه‌خیزی گسل‌ها فقط از روش‌هایی چون پارینه‌لرزه‌شناسی و به‌عبارتی دیگر زمین‌شناسی زمین‌لرزه قابل دستیابی است. در دوره‌های گوناگون مدیریت کلان بحران‌های طبیعی رخ داده در کشور به‌ویژه در دو دهه گذشته، با تجربه ناگوار برآمده از زمین‌لرزه‌هایی چون زلزله ۳۱ خردادماه ۱۳۶۹ رودبار یا زمین‌لرزه پنج دی‌ماه ۱۳۸۲ بم (که از آن به نام نخستین زمین‌لرزه شهری شناخته‌شده در دوران معاصر ایران‌زمین نام می‌برند)، با تدوین و به‌روزرسانی آیین‌نامه‌های ملی ساختمان، طراحی سازوکار ساختارهای مدیریت بحران استانی و ملی و بومی‌سازی علوم جدید در کشور، گام‌های بزرگی برای بهبود عملکرد مدیریتی و قانونگذاری برداشته شده است. با این‌همه با توجه به گستردگی و جایگاه حساس لرزه زمین‌ساختی کشور از دیدگاه احتمال رخدادهای آتی لرزه‌ای سترگ چون زمین‌لرزه آتی در کلانشهرهایی چون تهران و تبریز و همین‌طور با توجه به میزان جمعیت روزافزون در خطر زمین‌لرزه، بی‌گمان گام نهادن در راستای چنین اهداف بلندی، جز با اراده ملی، تدوین راهبردهای کلان و به‌دور از تغییرات آنی مدیریتی، همگرایی عملی مجموعه‌های سازمانی مرتبط، به همراه به‌کارگیری و تربیت پیوسته و روزافزون نیروی کارشناسی کارآمد و روزآمد، تامین اعتبارات متناسب با خواسته و البته بهنگام و به‌روزرسانی و به‌سامان آوردن ساختارهای سازمانی مراکز پژوهشی و دانشگاهی کشور در همکاری هدفمند، پیوسته و روزافزون بین‌المللی با همتایان بنام جهانی خود در حوزه مطالعات لرزه‌خیزی و زمین‌شناسی زمین لرزه ممکن نخواهد شد. به‌درستی گفته‌اند: آنان که تاریخ را به یاد نمی‌آورند، سزاوار تکرار آنند!

ادامه در صفحه ۱۰

اهمیت انجام پژوهش‌های زمین‌شناختی زمین‌لرزه

زندگی ایمن بر پهنه‌های جنبا

شهریار سلیمانی‌آزاد*

از آنجا که تخلیه سریع انرژی انباشته‌شده در پوسته شکننده کره‌زمین توسط رخداد یک زمین‌لرزه بزرگ که فقط طی چندثانیه صورت می‌پذیرد نیازمند تجمع بسیار بطئی و آرام آن در گذر زمانی بسیار طولانی طی دهه‌ها، سده‌ها و گاه هزاره‌هاست، از این‌رو دوره بازگشت زمین‌لرزه‌های بزرگ و اثرگذار هر منطقه وابستگی بسیار زیادی به آهنگ تجمع انرژی یادشده دارد. به بیان دیگر و به شکلی منطقی، دوره بازگشت زمین‌لرزه‌های بزرگ روی یک پهنه گسلی جنبا و لرزه‌زا بسیار طولانی‌تر از دوره بازگشت زمین‌لرزه‌های کوچک‌تر آن است.

در بررسی این موضوع که آیا یک ساختگاه، شهر یا... از دیدگاه رخداد زمین‌لرزه در معرض خطری جدی است یا خیر همیشه و در گام نخست، این پیشینه لرزه‌خیزی است که به‌عنوان سندی محکم توسط متخصصان به‌کار گرفته می‌شود. یعنی اگر یک منطقه در گذشته حتی یک زمین‌لرزه بزرگ را تجربه کرده باشد پتانسیل تجربه‌کردن دوباره آن را نیز به‌حتم داراست. برپایه نتایج برآمده از پژوهش‌های انجام‌پذیرفته طی سالیان گذشته در کشور، آهنگ تجمع انرژی زمین‌لرزه‌ای در بسیاری از مناطق ایران بسیار آرام و در نتیجه دوره بازگشت زمین‌لرزه‌های بزرگ نیز در بیشتر موارد طولانی است. از این‌رو، عدم ثبت زمین‌لرزه‌ای بزرگ طی بازه زمانی چنددهه گذشته، یعنی از زمان شکل‌گیری شبکه‌های لرزه‌نگاری مناسب یا حتی در طی تاریخ شکل‌گیری یک شهر یا... الزاما گویای ایمن‌بودن آن از دیدگاه خطر زمین‌لرزه نیست. در چنین شرایطی، یکی از کارآمدترین ابزارها در تعیین و شناسایی مناطق دارای پتانسیل خطر زمین‌لرزه و نیز در تعیین میزان خطر یادشده انجام پژوهش‌های مرتبط با اثرات به‌جامانده از فعالیت‌های زمین‌لرزه‌ای گسل‌ها در گذشته‌های نه‌چندان دور است. انجام اینگونه از بررسی‌های زمین‌شناختی آشکارکننده اطلاعات ارزشمندی از مکان‌های بالقوه خطرناک‌تر و نزدیک‌تر به سرچشمه‌های لرزه‌زا یعنی گسل‌های جنبا از یک‌سو و نیز نمایانگر شواهد مرتبط با مقدار بیشینه بزرگایی است که هر یک از آنها به‌صورت بالقوه قادر به ایجاد آن هستند.

به دلیل ژرف‌نبودن بیشتر زمین‌لرزه‌های بزرگ در پوسته شکننده ایران، شکل‌گیری شکستگی‌ها و جابه‌جایی‌ها روی پهنه‌های گسلی مرتبط با آنها به‌همراه رشد دیگر ساختارها، در گذر زمانی طولانی و به‌تدریج اختلاف ارتفاعاتی را در سطح زمین به شکل رشته‌کوه‌ها پدید آورده است. از سوی دیگر، اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران‌زمین نیز از دیرباز عاملی مهم در تمرکز روستاهای قدیمی و شهرهای جدید برآمده از رشد آنها در کنار این رشته‌کوه‌ها برای حل بحران آب بوده است. غافل از اینکه این نزدیک‌ترشدن هرچه بیشتر به پهنه‌های گسلی جنبا در کنار ساخت‌وساز ابنیه عمدتا نامقاوم، ما ایرانیان را روزبه‌روز در مقابل رخداد زمین‌لرزه‌ها آسیب‌پذیرتر کرده است. در طی سالیان گذشته نیز با توجه به بی‌توجهی غیرقابل انکار برخی برنامه‌ریزان غیرمتخصص شهری و... به‌ویژه در برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های آب زیرزمینی و در نتیجه شکل‌گیری فرونشست زمین در دشت‌ها (در مناطقی همچون جنوب تهران) یا تزریق بی‌برنامه و بیش از حد فاضلاب‌های شهری و... در خاک‌های مساله‌دار و ناتراوایی (همچون مناطقی از سبزوار)، مشکلی دیگر بر مشکلات پیشین پهنه‌های شهری و پرجمعیت در مناطق لرزه‌خیز افزوده است. به طوری که، ترک‌خوردن بطئی ساختمان‌ها یا نشست ناهمگون پی سازه‌ها در چنین مناطقی آنها را نسبت به قبل در مقابل رخداد زمین‌لرزه‌هایی حتی با بزرگای متوسط نیز آسیب‌پذیرتر می‌نماید.

در مجموع، تنها راه برای زندگی ایمن در مناطق جنبا و لرزه‌خیز (همچون بسیاری از مناطق ایران)، ساخت‌وساز مقاوم و گاه فاصله‌گرفتن منطقی از پهنه‌های خطرناک‌تر است. روزگاری بشر از بارش باران هم آزار و آسیب فراوان می‌دید، ولی با کمی فاصله‌گرفتن از مسیل‌ها و ساخت و تعبیه شیروانی و ناودان برای محل اسکان خود بر آن چیره شد. از این‌رو، شناسایی هرچه دقیق‌تر گستره‌های در معرض خطر رخداد زمین‌لرزه و نیز برآورد هرچه صحیح‌تر میزان خطر آنها (با بهره‌گیری از پژوهش‌هایی همچون مطالعات پارینه‌لرزه‌شناسی) نیز امری است مهم تا بر این اساس با ارایه داده‌هایی هرچه قابل اعتمادتر به متخصصان و متولیان ساخت‌وساز بتوان آنها را در طراحی و اجرای ساختمان‌هایی هرچه مقاوم‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر یاری کرد. باشد که هم جان عزیز و هم دارایی مردم در پناه خدا و درایت متخصصان و مسوولان ایمن بماند.

***دکترای زمین‌شناسی ساختمانی- پارینه‌لرزه‌شناسی از دانشگاه Montpellier فرانسه**
پژوهشگر سازمان زمین‌شناسی کشور

ارزیابی بررسی‌های زلزله‌های باستانی در محوطه کاوش‌های تپه «سیلک» کاشان

بقایای فراموش‌شده محوطه‌ای تاریخی

مسعود مجرب*

رویدادهای تاریخی نقش مهمی را در برآورد لرزه‌خیزی، پیش‌بینی زلزله و به‌طورکلی در علم زلزله‌شناسی مهندسی بازی می‌کنند. هرچند امروزه با پیشرفت زلزله‌شناسی دستگاهی، گامی مهم در این رشته برداشته شده است، ولی همچنان برای بررسی زلزله‌های تاریخی نیازمند روش‌ها و علوم دیگری چون باستان‌شناسی و دیرینه لرزه‌شناسی هستیم. مطالعه زلزله‌های باستانی کمک شایانی به تعیین دوره بازگشت زلزله‌های مخرب، تعیین مناطق آسیب‌دیده باستانی و تعیین بزرگای بیشینه زلزله‌های بزرگ سرشتی می‌کند.

مطالعه زمین‌لرزه‌های مخرب قدیمی نشان داده که این زلزله‌ها، سکونتگاه‌های باستانی مهمی را از بین برده‌اند. این امر ضرورت شناسایی زلزله‌های باستانی در کشور را ضروری می‌سازد. هدف اصلی متن حاضر دستیابی به پاسخ این پرسش است که آیا محوطه باستانی «سیلک» در اثر یک یا چند زمین‌لرزه تاریخی تخریب شده است؟ و آیا با به‌کارگیری باستان‌شناسی و تلفیق آن با زلزله‌شناسی مهندسی، امکان بررسی این زلزله‌ها وجود دارد؟ به‌هر ترتیب، امروزه محققان توانسته‌اند با تلفیق این دو علم به نتایج قابل اعتمادی دست یابند. ضمنا مجموع علم باستان‌شناسی و زلزله‌شناسی را باستان‌شناسی لرزه‌ای می‌نامند. بررسی تاریخ لرزه‌خیزی «سیلک» نشان از یک منطقه تقریبا آرام لرزه‌ای دارد. هرچند زلزله‌های ویرانگری در طول تمدن‌های این منطقه به‌وقوع پیوسته است، ولی عموما می‌توان آنها را جزو زلزله‌های متوسط طبقه‌بندی کرد. شهر کاشان به‌گفته مرحوم استاد «نیکلاس آمبرسیز» (۱۹۸۲) در دوره فرمانروایی خلفا، یعنی از ۶۲۲ تا ۱۲۵۸ میلادی، دوتاپنج زلزله مهم را تجربه کرده است. بر اساس شواهد باستان‌شناسی لرزه‌ای، هرگاه در یک کاوش لرزه‌ای به شواهد زیر برخورد کنیم، احتمالا یک مخاطره طبیعی اتفاق افتاده است.

۱- ترک‌کردن یک منطقه مسکونی و متروک شدن آن

۲- فروریختن دیوارهای خشتی

۳- چرخش و جابه‌جایی ستون‌ها و دیوارها

۴- اسکلت‌هایی که با وضعیت غیرمتعارف دفن شده‌اند

۵- خردشدن سفال‌ها و فروافتادن خمره‌های بزرگ

۶- اثرات آتش‌سوزی وسیع

۷- ایجاد شکاف، ترک و بهم‌ریختگی زمین

بررسی‌های باستان‌شناسی و بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد محوطه باستانی «سیلک» در اثر چندین زلزله مخرب که قبل از میلاد مسیح رخ داده‌اند، تخریب شده است. مجموعه شواهد یافت‌شده برای این مدعا، گردآوری مدارک کافی همچون زمان ترک سکونتگاه به‌علت یک حادثه طبیعی، فروریختن دیوارها و سقف، حالت غیرمتعارف اسکلت‌ها، ترک و شکستگی روی استخوان‌ها و ترک و شکاف در زمین است. مطالعه آثار خرابی و شواهد باستان‌شناسی لرزه‌ای نشان داد که زلزله‌ای در پنج‌هزارو۵۰۰سال پیش، با بزرگای ۷، تپه «سیلک» را به‌کلی ویران کرده است. البته باید توجه شود که بزرگای تخمینی توسط روابط تجربی و بر اساس روابط بین شدت زلزله و مساحت پهنه تخریب‌شده، به‌دست آمده است. همچنین مسبب این رویداد، گسل کاشان است.

مهم‌ترین دستاورد نگارنده و تیم همکاران در پژوهش حاضر، ثبت زلزله‌ای در پنج‌هزارو۵۰۰سال پیش در محدوده باستانی «سیلک» است. از این‌رو مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی از محوطه باستانی «سیلک» نشان داد که در پنج‌هزارو۵۰۰سال پیش، شواهدی چون وضعیت نامتعارف دفن اسکلت‌ها، فروافتادن دیوارها، خشت‌های شکسته، ظروف سفالی شکسته، خمره‌های بزرگ واژگون‌شده و شکسته و همچنین وجود ترک و شکاف‌هایی وجود دارد که معرف یک زلزله مخرب در منطقه باستانی «سیلک» و اطراف آن است. در کاوش‌های ضلع شرقی زیگورات سیلک، تعدادی اسکلت انسانی با وضعیت دفن نامتعارف مشاهده شد. در این محوطه جمعا پنج‌اسکلت یافت شده است که وضعیت دفن آنها نه به‌صورت اسلامی و نه به‌صورت پیش از اسلام (یعنی به‌صورت جنینی) است. همراه این اسکلت‌ها که با وضعیت غیرعادی دفن شده بودند، هیچ وسیله و زیورآلاتی دفن نشده بود. همچنین در این محوطه تعداد زیادی خمره‌های آذوقه پیدا شده است که تمامی آنها در یک انبار واژگون شده‌اند. با تعیین سن سفال‌ها و اسکلت‌ها که توسط گروه باستان‌شناسی دکتر «شهمیرزادی» انجام گرفت، قدمت سفال‌ها و اسکلت‌ها، پنج‌هزارو۵۰۰سال و برابر با لایه پنج‌دوره سوم «سیلک» تخمین زده شد. به‌طورکلی نتایج پژوهش حاضر، ضرورت انجام بررسی‌های باستان‌شناسی لرزه‌ای را در دیگر مناطق باستانی کشور از جمله محوطه باستانی «شادیاخ»، «سگزآباد»، «گودین تپه» و «تمدن مارلیک» آشکار می‌کند.

***دکترای مهندسی معدن دانشگاه تهران**

افق‌های تاریک

اهمیت پژوهش روی زلزله‌های دیرینه کشور

گمشده در تاریخ

مهدی زارع*

● ۱- با مرور تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران متوجه می‌شویم در سال ۸۵۵ میلادی زمین‌لرزه قومس (در محدوده‌ای که امروز شهر دامغان در استان سمنان قرار دارد)، به صورت زمین‌لرزه‌ای مهیب و بسیار مخرب رخ داده که عملا تمام منطقه (به‌ویژه شهر صددروازه) را تخریب کرده است. خرابه‌های این شهر هم‌اکنون به صورت بی‌حفاظ و کاملا بی‌حصار (!) در نزدیکی ایستگاه راه‌آهن دامغان قرار دارد. گرچه باستان‌شناسان به دلیل خاصی از نوع سانحه طبیعی در مورد این خرابی اشاره نکرده‌اند، ولی می‌توان احتمال داد که همین زمین‌لرزه ۸۵۵میلادی (مقارن با قرن دوم‌هجری قمری)، موجب خرابی مسجد مذکور شده باشد. مرحوم استاد «نیکلاس آمبرسیز» و «چارلز ملویل» در کتاب باارزش «تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران» با توجه به گستردگی خرابی‌ها، بزرگای ۸/۰ را برای این زمین‌لرزه بزرگ پیشنهاد کرده‌اند. البته تاکنون پژوهش جدید و دقیقی از این دیدگاه در محدوده استان مذکور انجام نشده و بنابراین واضح نیست که این زمین‌لرزه واقعا بزرگای ۸/۰ داشته یا نه و بررسی‌های بعدی زلزله‌شناختی، باستان‌زلزله‌شناسی و دیرینه‌لرزه‌شناسی می‌تواند کمک بزرگی به تدقیق پاسخ این سوال کند.

۲- حفاری‌های انجام‌شده توسط روانشاد استاد «عزت‌الله نگهبان» بنیانگذار علم باستان‌شناسی نوین در ایران، در نزدیکی سگزآباد بویین‌زهرا (استان قزوین) و همچنین همین پژوهش‌ها در محوطه تپه‌نصفی (مارلیک) در شمال رودبار (گیلان) و نیز در محوطه باستانی قیطریه در شمال تهران، نشان از رخداد زمین‌لرزه‌ها در هزاره‌های قبل از میلاد مسیح در این نواحی داشته است. آنچه که به‌عنوان سوال جدی از زمین‌لرزه‌های مخرب قبلی در محدود تهران همچنان وجود دارد از طریق کاوش‌های باستان‌زلزله‌شناسی و بررسی گورها و دخمه‌های قدیمی و با صرف هزینه و اختصاص بودجه‌های پژوهشی به چنین پژوهش‌هایی امکان‌پذیر خواهد شد.

۳- نکته بسیار قابل توجه درباره تپه باستانی هگمتانه در همدان این است که هرچند میزان کاوش‌ها بسیار محدود و فقط مرتبط به بخش‌هایی از این تپه باستانی بود، ولی همین حفریات قبلی به دقت و به‌صورت فنی محافظت نمی‌شوند و عملا حتی سقف ساده‌ای نیز بر بخش مهمی از حفریات قبلی کشیده نشده است. در صورت ادامه حفاری‌ها، چه‌بسا بتوان اطلاعات بسیار باارزش دیگری از چنین محدوده‌هایی یافت.

۴- محدوده تاریخی سلماس یکی از جالب‌ترین نواحی شمال غربی ایران است. در ۱۷اردیبهشت سال ۱۳۰۹شمسی، زمین‌لرزه سلماس با بزرگای ۷/۲ با کشته‌شدن دوهزارو۵۰۰نفر از هموطنان در این شهر و اطرافش همراه شد. سلماس در منطقه‌ای با تنوع قومی و مذهبی جالب قرار دارد. در این زلزله علاوه بر مسجدهای متعدد، حدود ۴۰ کلیسا نیز ویران شد. کلیسای روستای ملحم و قبرستان آن، همچنان و بیش از ۸۰ سال پس از زمین‌لرزه مزبور ساماندهی نشده است. اول بار در اردیبهشت ۱۳۷۲ و به‌تازگی در بازدید مجددی که در آذر۹۲ از سلماس و حومه داشتم، متاسفانه مشاهده کردم بسیاری از قبرهای قبرستان تاریخی مسیحیان روستای ملحم با بیل مکانیکی و یکجا (به امید یافتن گنج!) حفر شده و عملا این محدوده نیز به صورت کاملا رها و بدون حفاظ و البته بدون انجام هرگونه پژوهش میدانی و جدید رها شده است. تنها پژوهشی که در چنین محدوده‌ای و با نگاه تخصصی زلزله‌شناختی انجام شده است، مربوط است به استاد دکتر «مانویل بربریان» در دهه ۵۰شمسی.

۵- زمین‌لرزه ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ در ۳۶سال قبل، با بزرگای ۷/۴ با کشته‌شدن حدود ۴۰درصد از ساکنان (۱۴هزارو۸۰۰نفر از جمعیت حدود ۳۶هزارنفری) شهرستان طبس (طبس و روستاهای تابعه، مطابق سرشماری ۱۳۵۵) همراه بود. البته در خود شهر طبس در هنگام حادثه حدود ۱۳هزارنفر ساکن بودند که در زلزله حدود ۹هزارنفر (۷۰درصد) کشته شدند. این یکی از بیشترین میزان تلفات در هنگام زلزله در یک شهر است. جالب اینکه این زلزله در ساعت ۱۹:۰۴ به وقت ایران روی داد و نه در نیمه‌شب. در گذشته طبس، همچنان این علامت سوال و ابهام وجود دارد که زمین‌لرزه قبلی چه زمانی رخ داده است انجام پژوهش‌های دیرینه‌لرزه‌شناسی روی گسل طبس می‌تواند پاسخی به این سوال به دست دهد.

۶- زمین‌لرزه بم در پنجم‌دی ۱۳۸۲ با بزرگای ۶/۵ در شهری با حدود ۸۰هزار جمعیت رخ داد که حدود ۳۳هزارنفر کشته شدند (حدود ۴۰درصد). در گذشته تاریخی بم نیز تا حدود دوهزارو۵۰۰سال، هیچ اشاره‌ای به زمین‌لرزه‌ها وجود ندارد. تنها در کاوش‌های باستانی در سال‌های اخیر بوده است که نشان داده شده در «تل آتشی دارستان» در ۲۰کیلومتری شرق بم و «تپه باستانی بیدران» در ۲۰کیلومتری غرب بم در هزاره پنجم تا هزاره سوم قبل از میلاد مسیح، تمدنی وجود داشته که به دلایلی (احتمالا زمین‌لرزه‌ها؟) نابود شده است. سوالات زیادی در مورد چنین زمین‌لرزه‌های مهم قبلی، وجود دارد که در صورت پاسخ به این سوالات، می‌توان در مورد بازگشت زمین‌لرزه‌های شدید و اصلی و همچنین خطر و ریسک زمین‌لرزه در ایران ارزیابی دقیق‌تر و مناسبی در آینده انجام داد.

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