

تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش : ۱۳۹۵/۱۲/۰۲

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز تحت عنوان :
Recognition of Current Deficiencies in the Seismic
Rehabilitation Procedure of Historical Buildings
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

نارسایی‌های موجود در فرآیند بهسازی لرزه‌ای ابنیه تاریخی

رضا ابویی*

حسین علی رحیمی**

علیرضا پارسائی***

چکیده

عدم وجود بهسازی لرزه‌ای در طرح‌های محافظت و مرمت بناهای تاریخی از یک سو و ویژگی سرزمینی از سوی دیگر بیانگر شناختی ناکارآمد و نوعی ساده اندیشی در امر محافظت است. شناخت ناکافی و استفاده از مراتب بالای در بهسازی لرزه‌ای به ارایه طرح‌های بهسازی لرزه‌ای می‌انجامد که به سبب حجم وسیع مداخله و عدم توجه به ارزش بناها مورد پذیرش اصحاب محافظت قرار نگرفته و بخشی مهم که همانا بهسازی لرزه‌ای است از گردونه محافظت وامیماند. به عبارت دیگر ورود اثربخش بهسازی لرزه‌ای به چرخه محافظت ابنیه تاریخی تنها با شناخت نارسایی‌های موجود در فرآیند بهسازی لرزه‌ای ابنیه تاریخی و تدوین متدولوژی مخصوص به خود امکان پذیر است.

این تحقیق از استدلال منطقی بهره می‌برد و مباحث نظری بهسازی لرزه‌ای در پیوند با اصول محافظت، از ابتدایی‌ترین تا به روزترین رویکردها، مداخله‌ها، راهبردها و راهکارهای بهسازی ارایه می‌شود. بنابراین تحقیق ماهیتی نظری داشته و با رویکردی تحلیلی-تفسیری در نظر دارد با متمایز دانستن بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی از دیگر بناها، ابتدا آن را به دو شاخه تقویت و ترمیم تقسیم کرده و شاخه تقویت را به دلیل هماهنگی بیشتر با محافظت پیشگیرانه در کانون توجه قرار دهد. سپس به بیان تعاریفی نو از ارزش بهسازی لرزه‌ای و ضد ارزش مداخله اقدام می‌کند. ابعاد ضد ارزشی مداخله برای کلیه راهکارها و با هر مرتبه بهسازی شناسایی می‌شود. در ادامه به ترسیم شبکه مداخله براساس ابعاد شناخته شده‌ای مانند نوع بهسازی، شکل مداخله، هزینه بهسازی، محدوده برگشت پذیری و نوع فن آوری برای کلیه راهکارها پرداختیم. در پایان به بیان زیرساخت‌های مورد نیاز برای رهایی از نارسایی موجود در فرآیند بهسازی لرزه‌ای ابنیه تاریخی اشاره می‌شود. از مشخصات بارز این تحقیق می‌توان به تعامل و تقابل دیدگاه‌های علم محافظت ابنیه تاریخی و دانش بهسازی لرزه‌ای در استفاده از راهبردها و راهکارها نام برد.

واژگان کلیدی

بهسازی لرزه‌ای، سطح خطر زلزله، سطح عملکرد بنا، مداخله، ارزش.

*. دانشیار دانشگاه هنر اصفهان. r.abouei@au.ac.ir.

** استادیار دانشگاه یزد. hr.1234@yahoo.com

*** دانشجوی دکتری مرمت بنا و بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان. نویسنده مسئول ۰۹۱۳۳۱۶۰۸۷۶ a.r.p767@gmail.com

مقدمه

که در مدل‌سازی عددی و رفتار غیرخطی مصالح وجود دارد. کار دشواری است، که این مشکلات هم به دلیل مشخص نبودن مشخصات مکانیکی مصالح و هم به دلیل پیچیدگی هندسی این بناها است. تحلیل غیرخطی بهترین روش برای درک صحیح رفتار لرزه‌ای بناهای تاریخی است (Loli, Anastasopoulos & Gazetas, 2015). در ضمن روش‌هایی مدل‌سازی ریز، درشت و همگن نیز توسط نرم‌افزارهای تجاری و غیرتجاری معرفی شده است (Page, 1978: 1267). در ارتباط با کنش‌های لرزه‌ای و اقدامات درمانی، جهت حفاظت و مرمت سازه‌های میراث فرهنگی راهبرد و راهکارهای مؤثری تدوین شده است (کروچی، ۱۳۹۵: ۳۸۰). (Tim L, 2015) تحقیقاتی نیز در مورد راهبردهای کاهش آسیب‌پذیری بافت فرسوده در برابر زلزله انجام شده است (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۷). همچنین جهت بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی متدولوژی خاص با ایجاد ارتباط میان سه معیار هزینه مالی، ظرفیت مقاومت و ارزش معماری نیز تدوین شده است (مشکی، ۱۳۸۱: ۸۷). با این حال متدولوژی اشاره شده ناتوان در ایجاد ارتباط منطقی میان معیارها است و از آنجایی که برپایه توابع نمایی بسط و گسترش یافته، پیچیده و درک آن مشکل است.

رویکردها در مرمت ابنیه تاریخی

سه رویکرد اصلی جهت نگرش به بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی شناسایی شده است، این سه رویکرد، نتیجه بررسی محتوای نگرش‌هایی است که در دو دهه اخیر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این رویکردها به شرح زیر است.

• رویکرد اول ترمیم

رویکرد مرمتی، مبتنی بر مرمت غیر پیشگیرانه است. ایجاد تغییراتی در ساختارهای آسیب‌دیده بناهای تاریخی از جمله بازسازی، بهسازی و در مواردی نوسازی بخش‌های از دست رفته را در راستای استمرار حرکت تاریخی آن قلمداد و مجاز می‌دانند (وطنی اسکویی، ۱۳۹۰: ۹).

• رویکرد دوم تقویت

رویکرد مرمتی مبتنی بر مرمت پیشگیرانه است. ایجاد تغییراتی در ساختارهای آسیب‌پذیر بناهای تاریخی از جمله بازسازی، بهسازی را در راستای استمرار حرکت تاریخی آن قلمداد و مجاز می‌دانند (وطنی اسکویی، ۱۳۹۰: ۹).

• رویکرد سوم موزه‌ای

رویکرد کاملاً محافظتی و موزه‌ای هرگونه دخل و تصرف در بناهای تاریخی را مغایر با شأن آن و جایز نمی‌دانند (یوکیلتهو، ۱۳۸۷: ۳۴۵). از آنجایی که اصل مرمت و مرمت پذیر بودن بناهای تاریخی را پذیرفته‌ایم جایی برای پرداختن به رویکرد سوم در این تحقیق وجود ندارد. از این رو می‌توان گفت تنها دو رویکرد ارائه شده در

برای کشورهای واقع در مناطق لرزه‌خیز دنیا گزینه‌ای مؤثرتر از بهسازی لرزه‌ای جهت افزایش ایمنی لرزه‌ای و کاهش آسیب‌پذیری وجود ندارد. از این جهت بهسازی لرزه‌ای بناهای با ارزش تاریخی، بخش عمده فعالیت‌های مرسوم در مرمت ابنیه تاریخی در کشورهایی است که با پدیده زلزله مواجهند. بهسازی لرزه‌ای کنونی مجموعه‌ای از ضوابط، مقررات، روش‌ها و تکنیک‌هایی را شامل می‌شود که برای افزایش ایمنی لرزه‌ای بناهای موجود و نه لزوماً تاریخی تدوین شده و به کار گرفته می‌شود. به عبارتی نشریات و دستورالعمل‌های بهسازی لرزه‌ای، به دلیل ویژگی ساختاری و متفاوت هر بنا در ارایه راهبرد و راهکار خاص، جهت ابنیه تاریخی ناتوان است، به گونه‌ای که بهسازی لرزه‌ای بناهای فرهنگی تاریخی را خارج از محدوده کاربرد خود بر می‌شمارند. لذا فرآیند بهسازی لرزه‌ای در این بناها به دلیل وجود محدودیت‌ها کاملاً متفاوت از دیگر بناها و مستلزم تدوین متدولوژی خاص است و معیار ارزش، مهم‌ترین معیار در پذیرش یا عدم پذیرش راهبرد و راهکارها در این متدولوژی است، هر چند کنوانسیون‌ها و منشورها در تعاریف و سنجش ارزش‌ها با یکدیگر اختلاف نظر دارند و از دکتین واحدی تبعیت نمی‌کنند.

ارزش بنا هرچه برآورد شود باید پذیرفت که با اعمال روش‌های بهسازی لرزه‌ای که مستلزم مداخله و تغییر در ابعاد مختلف ارزشی بنا خواهد بود، از ارزش اولیه آن کاسته، ولی در عوض با افزایش طول عمر لرزه‌ای آن به ارزش، دوام و بقای بنا افزوده شود.

سؤال پژوهش این است، انتخاب راهکار بهینه برای بهسازی لرزه‌ای ابنیه تاریخی، که هر بنا ارزش و محدودیت‌های گوناگونی دارد، چگونه است؟

روش تحقیق

این تحقیق از روش استدلال منطقی بهره می‌برد، مباحث نظری بهسازی لرزه‌ای در پیوند با اصول محافظت، از ابتدایی‌ترین تا به روزترین رویکردها، مداخله‌ها تا راهبرد و راهکارهای بهسازی ارائه می‌شود. بنابراین تحقیق ماهیتی نظری داشته و با رویکردی تحلیلی-تفسیری به تأمل در ساختارهای نظری بهسازی لرزه‌ای، تجزیه و تحلیل ابعاد مختلف آن در بناهای تاریخی و همچنین به ریشه‌های تشکیل و نحوه تکوین آنها پرداخته و تلاش می‌کند با پرده‌برداری از ماهیت بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی، با شناخت نارسایی‌ها و کاستی‌های موجود راه را برای ورود آگاهانه به چرخه محافظت هموار کند.

پیشینه تحقیق

تحلیل رفتار لرزه‌ای بناهای تاریخی به دلیل مشکلاتی

گروه دوم، بناهای تاریخی که نیازمند بهسازی لرزه‌ای است و راهکارهای بهسازی لرزه‌ای مستلزم مداخله در ابعاد گوناگون بناست. لذا شناخت مداخله با توجه به تحدیدهای مرمتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مداخله

مداخله در حوزه محافظت آثار تاریخی به معنای داخل شدن در روند طبیعی زندگی اثر و انجام اقدامات و اعمال تغییراتی بر آنهاست (Staniforth, 2010:52). که می‌تواند منجر دراز شدن عمر یا وارد آمدن آسیب بر آنها شده و چون فعالیتی است که روند طبیعی میان تشکیل تا تخریب آثار را دستخوش تغییر قرار داده و نوعی دخالت در این روند قلمداد شده، از واژه مداخله استفاده می‌شود. با این حال در فرهنگ محافظت نوین، مداخله، هر فعالیتی را در بر می‌گیرد که موجب اختلال، تعرض یا تغییر در یک اثر شود (Icomos New Zeland, 1993:2010). این تغییر از نظر بصری در آثار تاریخی به اشکال مختلف پنهان، آشکار و تجویزی دیده می‌شود.

• مداخله پنهان

مداخله درون سازه‌ای (تصویر ۲) به گونه‌ای از مداخله اطلاق می‌شود که شکل ظاهری و فیزیکی بنا، پس از مرمت و بهسازی لرزه‌ای نیز همانند شکل بنا پیش از مرمت و بهسازی لرزه‌ای باشد به عبارتی در پوسته خارجی و نما فرآیند بهسازی لرزه‌ای اعمال شده قابل رؤیت نیست.

• مداخله آشکار

با شیوه مداخله آشکار (تصویر ۳) باید اقدام به الحاق اعضای



تصویر ۱. دو رویکرد مطالعاتی در مرمت بناهای تاریخی. مأخذ: نگارندگان.

تصویر ۱ در عدم درک کافی پدیده بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی نقش مهمی داشته‌اند. برای ورود به این موضوع نگرش بدیع همراه با نوآوری نیاز داریم. تا به شناختی نو، از مرمت لرزه‌ای سازه‌های تاریخی دست یابیم. در این نگرش می‌توان پس از بررسی راهبرد و راهکارهای گوناگون بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی، بناها را به دو گروه تقسیم کرد.

گروه اول، بناهای تاریخی که به علت پایین بودن سطح خطر منطقه یا ویژگی و کیفیت خاص بنا، بهسازی لرزه‌ای ضرورتی ندارد. برای این دسته از بناها بهتر است وارد بحث لرزه‌ای نشده و صرفاً محافظت سازه‌ای تحت بارهای ثقیلی، مدنظر قرار گیرد.



تصویر ۲. مداخله پنهان در مرمت ستون‌های کاخ عالی قاپو. عکس: ابویی، رضا، ۱۳۹۵.



تصویر ۳. مداخله آشکار در مرمت برج خرقان. عکس: ابویی، رضا، ۱۳۹۵.



تصویر ۴. نصب دیوار پشت بند مسجد جامع ساوه. عکس: ابویی، رضا، ۱۳۹۵.

تقویتی در پوسته‌های داخلی و خارجی شود به گونه‌ای که نمایان است و بی‌گمان بنای بهسازی شده دیگر اصالت و ساختار فیزیکی اصیل اولیه را نخواهد داشت.

• مداخله تجویزی

مداخله تجویزی (تصویر ۴) مداخله‌ای قابل اطمینان است که به شکل سینه به سینه آموزش و در بناها اجرا شده است. با بازخوانی و درک اهمیت و نقش سنت، آیین‌ها و جریان‌های اجتماعی و نسبت آنها با مرمت سنتی که پیش از مرمت مدرن سال‌های متمادی رواج داشته است. به جهت یافتن قواعد، اصول، و راهکارهای کارآمد ساده، به فرآیند بهسازی لرزه‌ای کمک می‌کند. برخی از راهکارهای تجویزی برای بهسازی سازه‌های بناهای تاریخی عبارت است:

- افزایش کیفیت مصالح بنایی از طریق اصلاح ملات یا واحدهای بنایی
- بهسازی دیوارهای باربر از طریق کاهش ارتفاع یا طول آزاد، رفع انفصال دیوار
- بهسازی سقف از طریق کاهش وزن و انسجام و اصلاح نحوه قرارگرفتن سقف بر روی دیوارها
- بهسازی اتصالات دیوارهای باربر به یکدیگر، سقف و تیغه‌ها
- بهسازی سیستم کلاف بندی
- نصب دیوار پشت بند

نگاهی به نارسایی‌ها

جستجو و انتخاب راهکار بهینه از میان مجموعه راهکارهای ممکن نیازمند به دانش تصمیم‌گیری است. دانشی که ضمن شناسایی متغیرهای تصمیم و محدودیت‌های موجود

احساس می‌شود.

سنجش ناقص از راهکارهای بهینه در بهسازی لرزه‌ای
در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای ترمیم، تقویت و بهبود عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها، توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته است. در تقویت سیستم سازه‌ای پیوستگی و عملکرد یکپارچه عناصر و قطعات اضافه شده با عناصر موجود، نقشی اساسی در ایمنی بناهای تحت تلاش‌های ناشی از زلزله دارد. با توجه به اینکه در هنگام رخداد زلزله، عناصر سازه‌ای در معرض تلاش‌های رفت و برگشتی قرار می‌گیرند، لازم است عناصر اتصال و رابط بین اعضای موجود و اضافه شده به منظور تقویت و ترمیم، طراحی مناسبی برای انتقال تلاش‌ها و واکنش‌های رفت و برگشتی داشته باشند (وطنی اسکویی، ۱۳۹۰: ۱۸). با توجه به این مطالب می‌توان بهسازی بناهای تاریخی را از دو منظر مورد بررسی قرارداد.

• بهسازی متمرکز

در یک بنای تاریخی با انسجام نسبی مناسب، اما با ضعف مقاومتی، می‌توان با بهسازی تعداد محدودی از اعضا، سختی و مقاومت را افزایش داد، خصوصاً مابقی اعضا که مورد بهسازی قرار نگرفته‌اند می‌توان آنها را به عنوان اعضا و اجزای غیر اصلی، با توجه به تغییر مکان‌های تحمیل شده در حین زلزله کنترل کرد. از مزایای این روش کاهش محدوده مداخله جهت بهسازی است.

• بهسازی توزیع شده

راهکار دیگر در بهسازی بناهای تاریخی، استفاده از اعضا و اجزای تقویتی به صورت توزیع شده در کل بناست، این نوع بهسازی علاوه بر انسجام بخشی مناسب به کل بنا، توزیع یکنواخت‌تری از ظرفیت را در کل بنا در بر خواهد داشت و نیروی اعمالی به شالوده نیز به شدت کاهش می‌یابد. سیستم‌های سازه‌ای تقویت شده با عملکرد یکپارچه علاوه بر اقتصادی بودن، مقاومت و عملکرد مناسب‌تری نسبت به زمانی که دو قسمت سازه (تقویت یافته و موجود) به طور جداگانه در برابر کنش‌های ناشی از زلزله قرار می‌گیرند از خود نشان می‌دهد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵: ۱۸). بی‌گمان سومین نارسایی را می‌توان عدم وجود اتفاق نظر بر شیوه تقویت لرزه‌ای در بناهای تاریخی برشمرد.

شیوه و نوع مداخله نادرست در بهسازی لرزه‌ای بناهای

تاریخی

درباره آثار تاریخی باید به پذیریم، بنایی که در گذشته ساخته شده است تاکنون تنش‌های زیادی را پذیرفته است. از این رو برای بهسازی لرزه‌ای این سازه‌ها با انتخاب سطح

در صدد دستیابی به هدف است. راهکار و شکل مداخله جهت بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی با هدفی متفاوت نسبت به دیگر بناها مطرح می‌شود، لذا دارای متغیرهای تصمیم و محدودیت‌های مختص به خود است. درک ناقص از هدف بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی باعث سردرگمی در شناخت متغیرهای تصمیم و محدودیت‌هاست. نگاهی به نارسایی‌ها، گواهی بر این ادعاست.

فرهنگ حاکم و ضرورت بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی

نخستین نارسایی عبارتست از اینکه اغلب برنامه‌های گسترده بهسازی لرزه‌ای، پس از زمین لرزه‌های بزرگ و مخرب اجرا شده است، یعنی در زمانی که میزان توجه عموم مردم و سطح آگاهی آنان از ریسک در بالاترین سطح قرار دارد، عملیات ترمیم بناهای آسیب دیده در زلزله و تقویت بناهایی که هیچ آسیبی بدان‌ها وارد نشده بود، بر پایه آیین‌نامه‌هایی که شاید پس از وقوع زلزله تا حدودی تغییر یافته بودند به یک برنامه بهسازی اساسی انجامیده است. در ایتالیا پس از زلزله‌های ۱۹۷۶ میلادی در فریولی و سال ۱۹۸۰ در ایرپینیا منجر به یک برنامه اساسی بهسازی برای تقویت و ترمیم بناهای سنگی شد (Coburn, 1995: 14).

سهل‌انگاری و پذیرش دانش غیر بومی و غیر اقتصادی

اجرای برنامه‌های بهسازی به کاهش عمده خسارت‌های ناشی از وقوع زمین لرزه‌های آینده، در کشورهایی که توانسته‌اند آنها را اجرا کنند، می‌انجامد. اما این برنامه‌های بهسازی پرهزینه هستند و می‌توان از عدم تأمین کافی و به موقع منابع مالی به عنوان دومین نارسایی نام برد (محبی مقدم، ۱۳۸۷: ۱۶۶).

معیارهای پذیرفته شده برای ساختمان‌های فاقد ارزش و اهمیت تاریخی شامل هزینه ترمیم یا تقویت بیش از ۸۰٪ ارزش مادی باقی‌مانده از ساختمان نیست. البته بناهایی که دارای ارزش تاریخی هستند از این معیارها فارغ هستند. اما با این حال ناچاریم محدودیت در منابع مالی را از شاخص‌های مهم در بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی برشماریم (محبی مقدم، ۱۳۸۷: ۱۶۶).

برنامه‌های پیش فرض و پذیرفته شده برای بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی، جداساز لرزه‌ای است که بسیار پرهزینه و زمان‌بر است. با این راهبرد و محدودیت منابع موجود باید شاهد نابودی غالب آثار با ارزش تاریخی بود. برای کارا بودن بهسازی لرزه‌ای نیازمند راهبردها و راهکارهای نو به همراه شجاعت و تصمیم‌گیری متولیان هستیم. اکنون نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتری برای یافتن روش‌های کم هزینه‌تر ایمن‌سازی (ترمیم، تقویت) بناهای تاریخی

عدم توجه به سطوح قابل پذیرش در بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی

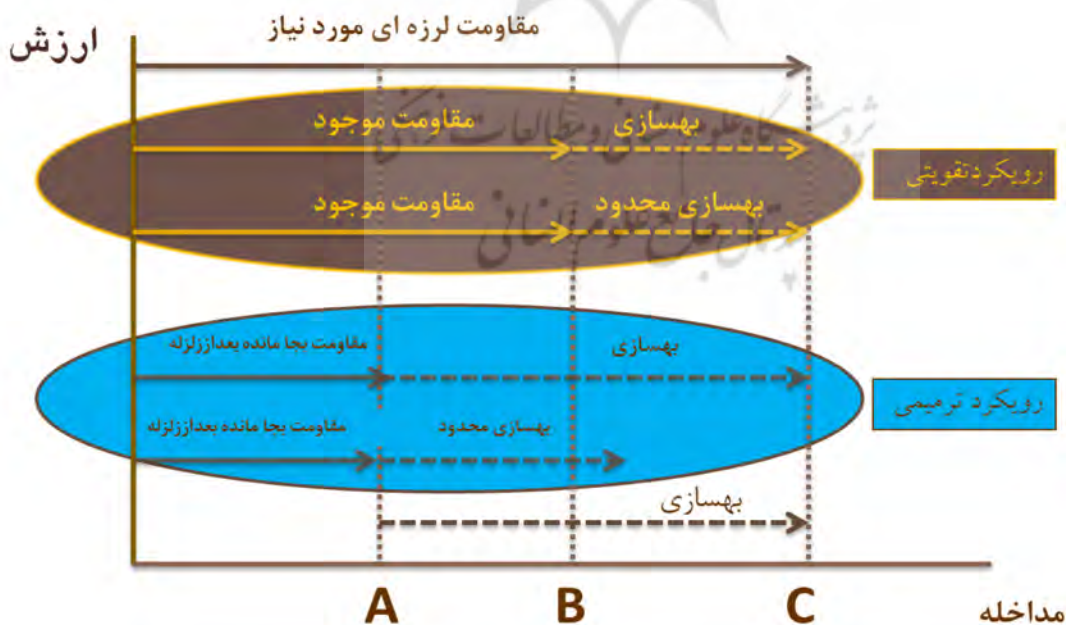
نارسایی پنجم عدم وجود هدف مشخص و مبتنی بر اصول مرمتی در بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی است. برای دستیابی به هدف بهسازی، نیازمند تعریف سطوح عملکرد و خطر زلزله هستیم. برای انواع مختلف بناهای تاریخی براساس کاربری و اهمیت آنها می‌توان سطوح مختلف عملکرد در نظر گرفت. همچنین با در نظر گرفتن محل قرارگیری این بناها، می‌توان زلزله‌های مختلفی را به عنوان زلزله طرح، تعریف کرد. و با توجه به هدف بهسازی از مراتب مختلف بهسازی مطابق نمودار ۱ برای عملیات بهسازی اقدام کرد. هر سطح بهره‌برداری در یک ساختمان خاص، نیازمند تلفیقی از محدودیت لازم برای ایجاد خسارت در عناصر سازه‌ای و غیرسازه‌ای را تشریح می‌کند (FEMA 273, 1998: 16).

در بعضی از دیدگاه‌ها انتخاب سطح بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی در عمل بر مبنای مهندسی ارزش است. به این معنا که این ابنیه باید به گونه‌ای بهسازی لرزه‌ای شوند که در نهایت ارزش بنا در عمل افزایش یابد، ارزش اولیه بنا در شرایط موجود هرچه برآورد شود، باید پذیرفت که با اعمال روش‌های بهسازی، که مستلزم تغییر در ابعاد مختلف

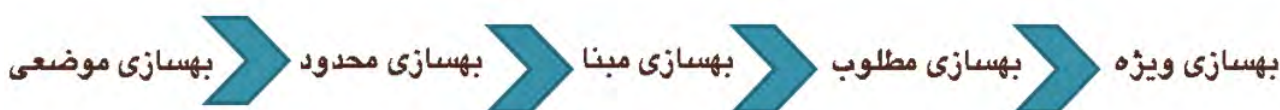


تصویر ۵. شیوه‌های متداول و پذیرفته شده بهسازی لرزه‌ای در مرمت بناهای تاریخی. مأخذ: نگارندگان.

بهسازی لرزه‌ای باید در سازه مداخله (بیرونی، درونی) کنیم. همان‌گونه که در تصویر ۶ نمایش داده شده است پذیرش محافظت و بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی با رویکرد اول (تقویت) به مداخله کمتر نسبت به رویکرد دوم (ترمیم) منتهی می‌شود. هرچند پذیرش تقویت یا ترمیم در بهسازی لرزه‌ای هر بنای تاریخی بسیار پیچیده است.



تصویر ۶. ارتباط و تأثیرپذیری رویکردهای تقویت و ترمیم با دو شاخص میزان مداخله و هزینه است. مأخذ: نگارندگان.

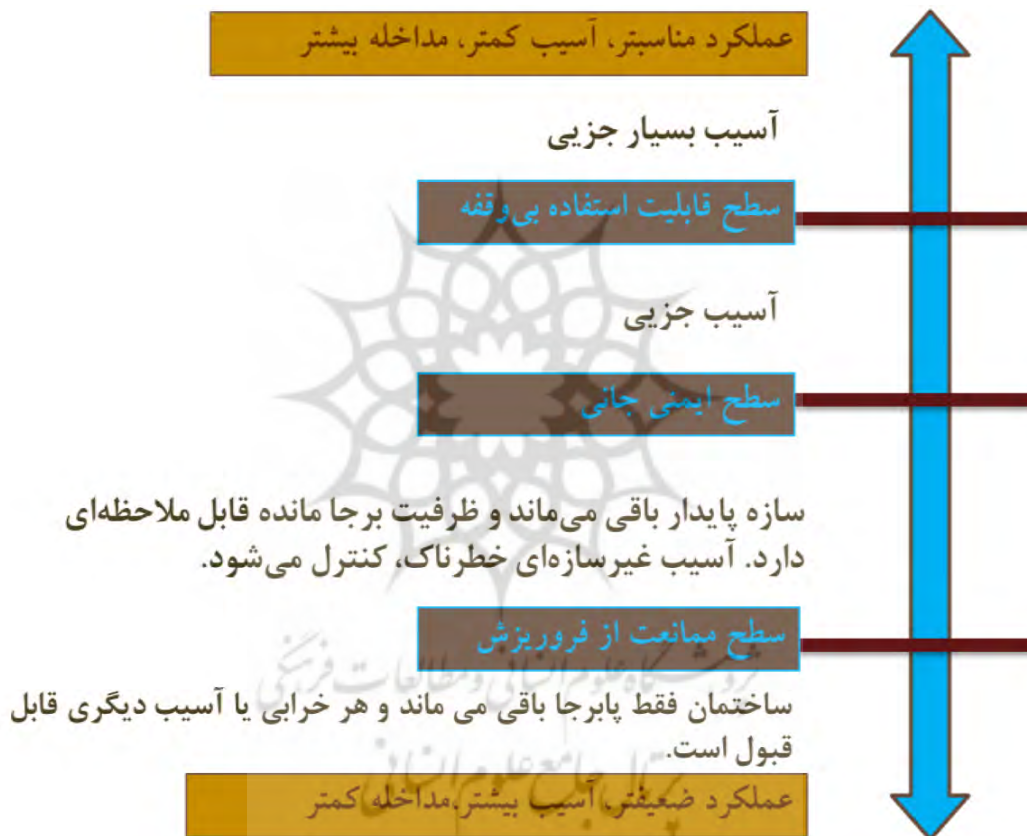


نمودار ۱. بیان‌کننده مراتب اهداف بهسازی لرزه‌ای براساس سطح خطر و عملکرد. مأخذ: نگارندگان.

و از همه مهم‌تر ارزش بناست.

فلسفه نامشخص در بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی از عدم وجود فلسفه‌ای جامع‌نگر در تقویت بناهای تاریخی به عنوان نارسایی ششم نام برده می‌شود. زیرا همان‌گونه که در تصویر ۸ نمایش داده شده است. عوامل متعددی برای بهسازی لرزه‌ای در این‌گونه بناها وجود دارد، اما تمرکز فکری

ارزشی بنا خواهد بود، از ارزش اولیه کاسته، ولی در عوض افزایش طول عمر لرزه‌ای می‌تواند در مقایسه با کاستن از ارزش اولیه حاصل از مداخله در بنا به سبب بهسازی لرزه‌ای افزون‌تر یا حداقل برابری کند. تصویر ۷ بیان‌کننده ارتباط سطح عملکرد با میزان آسیب و مداخله است، در نتیجه تصمیم‌گیری در مورد سطح بهسازی لرزه‌ای موضوعی است چند بعدی و پیچیده و تابعی از حجم مداخله، آسیب‌پذیری



تصویر ۷. سطوح عملکرد و ارتباط آن با میزان آسیب و مداخله. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۸. راهبردها در فلسفه بهسازی لرزه‌ای. مأخذ: نگارندگان.

و اندیشه بیشتر حول افزایش مقاومت، سختی درکل سازه و کاهش نیروی زلزله است هرچند کاهش نیروی زلزله کمتر مورد توجه است.

به طور کلی معیارهای بهسازی در یک بنا باید به گونه‌ای انتخاب شوند که به توان به سطح عملکرد مورد نظر رسید. شایان ذکر است با افزایش شکل‌پذیری می‌توان تا حدی کمبود مقاومت را جبران کرد ولی با افزایش تغییرشکل، آسیب در عناصر غیرسازه‌ای و تزیینات که قابلیت تغییر شکل زیاد ندارند،

لرزه‌های بناهای جدید به ندرت بیش از یکصد سال لحاظ می‌شود. در مقابل بر این باوریم که طول عمر لرزه‌ای در بناهای تاریخی نامحدود است. از سویی مواد و مصالح مورد استفاده در تقویت لرزه‌ای نیز دارای طول عمر مشخص است و پس از طی این دوره، باید به‌توان در تقویت‌های لرزه‌ای آتی آنها را به‌سادگی و بدون آنکه تغییری در بنا ایجاد کنند، ابتدا برداشت و سپس با مواد و مصالح جدید جایگزین کرد این ارتباط در تصویر ۹ بیان‌کننده شاخص‌های بهسازی لرزه‌ای و مقایسه طول عمر طرح بهسازی با طول عمر اثر تاریخی و تعداد دفعات برگشت‌پذیری است، اگرچه اغلب اختلافی میان میل به برگشت‌پذیری و اثربخشی بهسازی لرزه‌ای وجود دارد (Crochi, 1988: 312).

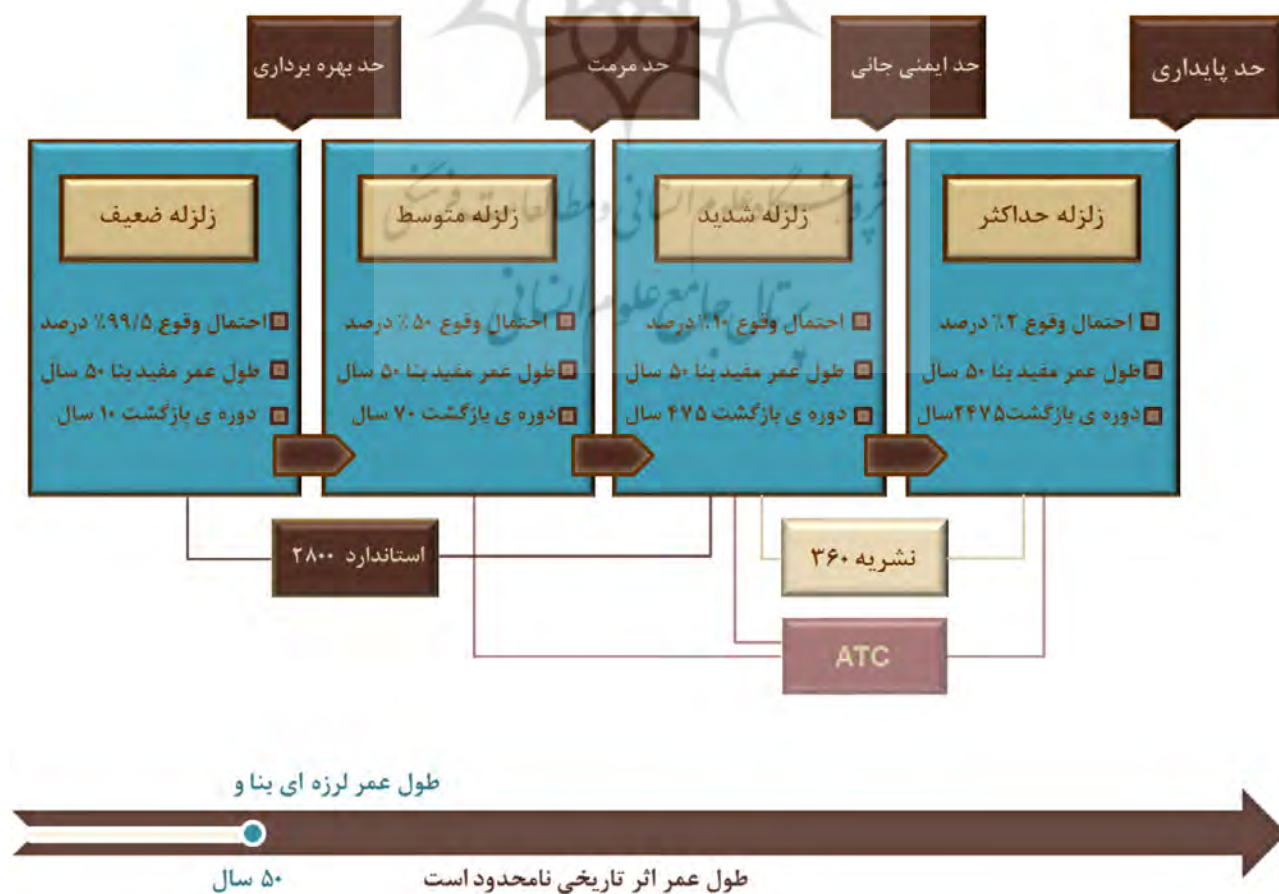
بحث

شناخت متغیرهای تصمیم به همراه محدودیت‌ها در دستیابی به هدف بسیار مؤثر است. در تصویر ۱۰ محدودیت‌های موجود در فرآیند بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی به تصویر کشیده

افزایش خواهد یافت. ارزان‌ترین و ساده‌ترین روش افزایش مقاومت جانبی و افزایش سختی بنا است هرچند ممکن است بهترین روش نباشد. تعیین اینکه استفاده از کدام روش در طرح تقویت باید صورت گیرد مستلزم مشورت دقیق با متخصصین است، تا انتظارات مورد نظر برای عملکرد مناسب بنا در هنگام رخداد زلزله محقق شود (Coburn, 1995: 398).

تقابل شاخص طول عمر لرزه‌ای و اصل برگشت‌پذیری در بناهای تاریخی

نارسایی هفتم تقابل شاخص‌های طول عمر لرزه‌ای در بناهای تاریخی، مواد و مصالح مورد استفاده و طول عمر آنها در بهسازی لرزه‌ای، سرعت رشد تکنولوژی و ابداعات و نوآوری‌های جدید و اصل برگشت‌پذیری است. به نحوی که جملگی باعث راهیابی معادلات پیچیده و چند متغیره در پدیده بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی است. تخمین طول عمر لرزه‌ای در بناهای با ارزش تاریخی و بناهای جدید کاملاً متفاوت است به گونه‌ای که طول عمر



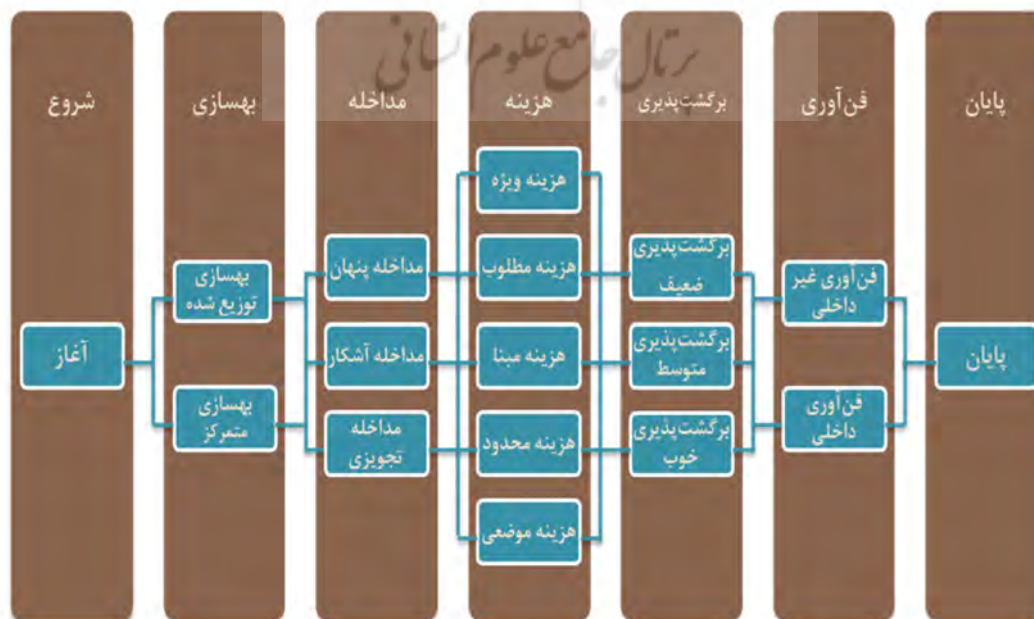
تصویر ۹. طول عمر اثر و اصل برگشت پذیری. مأخذ: نگارندگان.

لرزه‌ای نیست. با آنچه در مورد روند ارزش بهسازی لرزه‌ای و ضد ارزش مداخله گفته شد، این نتایج به دست می‌آید که متغیرهای تصمیم ارزش‌ها و ضد ارزش‌ها و تابع هدف بهسازی لرزه‌ای ابنیه تاریخی در عمل ارزش حداکثری در پایان فرآیند است.

شده است. اثربخشی فرآیند در گروهی انتخاب‌هایی جامع‌نگر در هربخش است. مرور پیشینه تحقیق و مبانی نظری بیانگر آن است که با وجود نیروی متخصص و دسترسی قابل قبول به نرم افزار و مدارک فنی، مشکل تجزیه و تحلیل در فرآیند بهسازی



تصویر ۱۰. فرآیند بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۱۱. شبکه ضد ارزش در کلیه راهکارها. مأخذ: نگارندگان.

رابطه (۱)

$$V_T \geq V_0$$

رابطه (۲)

$$V_0 + V' - V'' \geq V_0$$

رابطه (۳)

$$V' - V'' \geq 0$$

رابطه (۴)

$$V' \geq V''$$

تعیین V_0 یا ارزش اولیه بنا به شدت پیچیده و حتی تخمین آن، چالشی بزرگ است. با حذف ارزش اولیه به صورت ارزشی ثابت از رابطه ۲، رابطه ۴ به وجود می‌آید. در پایان رابطه ۴ را شرط پذیرش بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی با رویکرد تقویت است.

به این معنا که ابنیه باید به گونه‌ای بهسازی لرزه‌ای شوند که در نهایت ارزش بنا افزایش یابد. ارزش اولیه بنا در شرایط موجود و پیش از بهسازی هر چه برآورد شود باید پذیرفت که با اعمال راهکارهای بهسازی شاهد تغییرات گسترده و ضدارزشی به میزان V خواهیم بود. مسیر ضد ارزشی که راهکارها به سبب مداخله طی می‌کنند مطابق تصویر ۱۱ شبیه سازی می‌شود. در مقابل افزایش مرتبه بهسازی لرزه‌ای مطابق تصاویر می‌تواند عامل افزایش ارزش طول عمر لرزه‌ای به میزان V شود، در نتیجه اگر ارزش اولیه بنا قبل از بهسازی لرزه‌ای V_0 برآورد شود و ارزش بنا پس از بهسازی لرزه‌ای V_T باشد بهسازی لرزه‌ای در بناهای تاریخی زمانی توجیه می‌یابد که روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) برقرار باشد.

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نارسایی‌های نمودار ۲ که از مرور ادبیات موضوع و از دیدگاه‌های مبتنی بر اصول محافظت و طول عمر لرزه‌ای بناهای تاریخی حاصل شده و دسته‌بندی محتوایی آنها، نشان از فقدان متدولوژی، در برخورد با پدیده‌ای موسوم به بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی دارد.

تنوع بالای مشخصات سازه‌ای، معماری و تزیینات، قبل و پس از بهسازی، همگی باعث شده‌اند که قضاوت مهندسی و ضوابط تجویزی حرف اول در انتخاب طرح‌های بهسازی بزنند. راهکارهای مختلفی برای بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی معرفی و برخی اجرا شده‌اند که الزاماً راهکارهای انتخابی، ارزشمندترین راهکار نیست. انتخاب راهکار مناسب در بهسازی لرزه‌ای ابنیه تاریخی برای هر بنا، مستلزم خرد جمعی به همراه متدولوژی خاص با مشخصات زیر است :

- راهکار مناسب بهسازی، بایست براساس متدولوژی مبتنی بر ارزش انتخاب شود.
- تدوین معیاری، برای سنجش ارزش ایجاد شده به واسطه افزایش طول عمر لرزه‌ای براساس هریک مراتب بهسازی است.
- تدوین معیاری، برای سنجش ضد ارزش به وجود آمده توسط مداخله برای هریک از راهکارهای بهسازی موجود است.
- معرفی الگویی که توانایی پردازش همزمان معیارهای ارزشی و ضد ارزشی، راهکارهای موجود را دارد.
- تکوین و گسترش الگو به جهت استخراج راهکار بهینه است.
- الگو قابلیت تطابق با راهکارهای آتی را داشته باشد.

سخن آخر در پاسخ به سؤال پژوهش آن است که، هر کشوری در بهسازی لرزه‌ای بناهای تاریخی روایت خود را داشته و به عبارت دیگر بدون فرهنگ و دانش بومی بر آمده از نیازها و ضرورت‌ها و مشخصات فنی و عمومی، هیچ راهکار مناسبی متصور نیست. لذا ایجاد تیم‌های تصمیم‌گیری با عنوان کارگروه‌های استانی، متشکل از مرمت‌گران و مهندسان عمران آشنا به سازه‌های تاریخی و مفاهیم محافظت به منظور الویت‌بندی ابنیه تاریخی جهت بهسازی لرزه‌ای، انتخاب راهکار بهینه براساس متدولوژی مبتنی بر ارزش از میان راهکارهای پیشنهاد شده به همراه نظارت مستمر بر فرآیند بهسازی لرزه‌ای هریک از بناهای تاریخی پیشنهاد می‌شود.

مهم ترین نارسایی ها چه هستند؟

مهم ترین نارسایی های قابل برشماری در مطالعه و بررسی پیشینه تحقیق

تقابل شاخص، طول عمر لرزه های با اصل برگشت پذیری	فلسفه نامشخص در بهسازی لرزه های بناهای تاریخی	عدم توجه به سطوح قابل پذیرش در بهسازی لرزه های	شیوه و نوع مداخله نادرست در بهسازی لرزه های بناهای تاریخی	سنجش ناقص از راهکارهای بهینه در بهسازی لرزه های	سهل انگاری و پذیرش دانش غیر بومی و غیر اقتصادی	فرهنگ حاکم و ضرورت بهسازی لرزه های بناهای تاریخی
---	---	---	---	--	---	--

نمودار ۲. اهم نارسایی ها در فرآیند بهسازی لرزه ای. مأخذ: نگارندگان.

فهرست منابع

- ایمانی، بهرام و همکاران. ۱۳۹۵. راهبردهای کاهش آسیب پذیری بافت های فرسوده در برابر زلزله. باغ نظر، ۱۳ (۳۹) : ۸۲-۶۷.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۶. دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های بنایی غیر مسلح موجود. نشریه شماره ۳۷۶. انتشارات معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، دفتر نظام فنی اجرایی
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۵. دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود. نشریه شماره ۳۶۰. انتشارات معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، دفتر نظام فنی اجرایی
- شرکت خدمات مدیریت ایرانیان. ۱۳۹۰. تجربیات و درس های بهسازی لرزه ای. چاپ اول. تهران : علم و ادب.
- کروچی، جورجو. ۱۳۹۵. حفاظت و مرمت سازه های میراث معماری. ت : باقر ایت الله شیرازی و مهرداد حجازی. تهران : دفتر پژوهش های فرهنگی.
- محبی مقدم، بهروز. ۱۳۸۷. آشنایی با روش های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود. چاپ اول. تهران : فدک ایستاتیس.
- مشکی، حسین. ۱۳۸۱. ارایه فرآیند مقاوم سازی لرزه ای در بناهای تاریخی. تهران : پژوهشکده زلزله.
- وطنی اسکویی، اصغر. ۱۳۹۰. روش ها و جزییات اجرایی بهسازی ساختمان ها در برابر زلزله. چاپ سوم. تهران : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- یوکیلهتو، یوکا. ۱۳۸۷. تاریخ محافظت معماری. ت : محمدحسن طالبیان و خشایار بهاری. چاپ اول. تهران : روزنه

- Coburn, A., et al. (1995). *Technical Principles of Bulding for Safty*. London: Intermediate Technology Publications.
- Crochi, G. (1988). *The Conservation and Structural Restoration of the Architectral Heritage*. Southampton: Computational Mechanics Publications.
- FEMA306. (1998). *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings*.
- FEMA356. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*.
- Icomos New Zealand (New Zealand National Committee of the International Council on Monuments and Sites). (1993).
- Loli M., Anastasopoulos I. & Gazetas, G. (2015). *Nonlinear analysis of earthquake fault rupture interaction with*

historic masonry buildings. Bulletin of Earthquake Engineering, 13, (1): 83-95.

- Lourenco, P. B. (2001). *Analysis of Masonry Structures with Interface Elements*. Delft: Delft University of Technology.
- Page, A.W. (1978). *Finite element model for masonry*. ASCEJ.Struc. Div., 2011. (104) (8): 1267-1285.
- Staniforth, S. (2010). *Slow Conservation, Studies in Conservation*, (55): 74-80.
- Tim L. G. Michiels.)2015(. *Seismic Retrofitting Techniques for Historic Adobe Buildings*. International Journal of Architectural Heritage, 9 (8): 1059-1068.

