



فرایند ایمن سازی لرزه‌ای بافت‌های تاریخی* مطالعه موردی: روستای نایبند

محمد مهدی هادیان^{۱*}، محسن سرتیپی پور^۲

^۱ کارشناس ارشد بازسازی پس از سانحه، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

^۲ استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۳/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۹/۳)

چکیده

در کشور ما علی‌رغم وجود تعداد زیاد بافت‌های تاریخی در معرض زلزله، تحقیق جامع و روش‌مندی در زمینه کاهش آسیب‌پذیری آنها صورت نگرفته و اسناد موجود عمدتاً به توصیف تجربه‌های پراکنده مقاوم‌سازی در مقیاس تک بناها اکتفا کرده‌اند. نایبند در ۲۰۰ کیلومتری طبس، روستایی با ارزش‌های تاریخی است که در مجاورت گسل بزرگ نایبند قرار دارد. به دلیل وجود بافت منحصربه‌فرد کالبدی و شکل‌گیری روابط اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی و پیروی از الگوهای بومی ساخت و ساز در تعامل با آن و همچنین اجرای طرح جابه‌جایی ساکنین و تخلیه بافت، این روستا گزینه خوبی جهت مطالعات ایمن‌سازی لرزه‌ای است تا بتوان از فرایند تعریف شده برای آن به عنوان الگویی برای دیگر بافت‌های تاریخی استفاده کرد. فرایند معرفی شده در این مقاله دارای دو بخش اصلی می‌باشد. بخش اول به شناخت آسیب‌پذیری‌های کالبدی روستا در برابر زلزله اختصاص دارد که طی آن با مطالعه تطبیقی ۱۹ روش تحلیل آسیب‌پذیری، در نهایت روش FAMIVE که در سطح جهانی از اعتبار بالایی برخوردار است، انتخاب و انواع آسیب‌پذیری‌ها از طریق آن استخراج گردید. در بخش دوم، نظر به تنوع خصوصیات بناهای تاریخی و لزوم بهینه‌بودن سطح مداخله در آنها، سطوح هدف عملکردی به صورت روش‌مند پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی

مقاوم‌سازی، بافت تاریخی، ارزیابی آسیب‌پذیری، مدیریت بحران، سطوح هدف عملکردی.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول تحت عنوان "مطالعه و امکان‌سنجی مقاوم‌سازی روستای تاریخی نایبند" است که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۰ به راهنمایی دکتر اکبر حاجی ابراهیم زرگر و مشاوره نگارنده دوم دفاع گردیده است. نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از زحمات بی‌دریغ و تلاش‌های بی‌وقفه و بدون چشم‌داشت دکتر Dana D'Ayala و دکتر Viviana Novelli - از اساتید محترم دانشگاه Bath انگلستان - در راستای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

** نویسنده مسئول: همراه: ۰۹۱۳۳۵۱۲۱۹۲، شماره: ۰۲۱-۲۲۴۳۱۶۳۰، E-mail: mmahdian@gmail.com

مقدمه

کالبدی به صورت روش مند برای بناها پیشنهاد می‌گردد. با وجود چنین فرایندی از هدر رفت منابع و امکانات، جابه‌جایی بی‌مورد سکونتگاه‌ها و اتخاذ تصمیمات آنی و غیرروش‌مند جلوگیری به عمل آمده و ابهامات در زمینه تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در خصوص آینده بافت‌ها نیز برطرف می‌شود. در این راستا، مقاله پیش رو در پی پاسخ دادن به سوالات زیر است:

- روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری‌های لرزه‌ای بناهای تاریخی و ویژگی‌ها و امکانات آنها چگونه است؟
- نوع آسیب وارده به بناهای ناپیید هنگام بروز زلزله چگونه خواهد بود؟
- برای پیشگیری و به حداقل رساندن آسیب در بافت تاریخی ناپیید، چگونه و در چه سطوح کالبدی باید مداخله انجام شود؟

علی‌رغم اینکه مسئله آسیب‌پذیری بافت‌های تاریخی کشور در برابر زلزله، موضوع جدیدی نیست، اما کم‌توجهی و فقدان وجود برنامه‌های جامع در زمینه ایمن‌سازی آنها باعث شده هنگام بروز سوانح، بناهای زیادی تخریب و به میراث فرهنگی صدمات جبران‌ناپذیری وارد گردد. از نگاه کلی، اقدامات در زمینه کاهش آسیب‌پذیری بناها می‌بایست در دو بخش نرم‌افزاری (مدیریتی - ایمن‌سازی) و سخت‌افزاری (مهندسی - مقاوم‌سازی)، در قالب دیدی کل‌نگر و یکپارچه انجام پذیرند. متأسفانه تاکنون در کشور ما فرایند جامعی در زمینه ایمن‌سازی بافت‌های تاریخی تدوین نشده و اقدامات استحکام بخشی صرفاً با دید سازه‌ای و مهندسی در مورد تک بناها صورت گرفته است.

این مقاله فرایندی را معرفی نماید که طی آن با ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری‌های لرزه‌ای در مقیاس بافت، سطوح مداخله

روش تحقیق

- مصاحبه با مسئولین سیاسی و اجرایی شهرستان طبس، اعضای شورای اسلامی و ساکنین روستا
- مصاحبه به روش دلفی با اساتید متخصص
- مطالعه اسناد، مدارک و تحقیقات در رابطه با موضوع پژوهش شامل روش‌های مختلف ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای، شاخص‌های تعیین‌کننده اولویت بناها در فرایند ایمن‌سازی و سطوح هدف عملکردی لرزه‌ای

معرفی روستای ناپیید

روستای ناپیید در استان یزد، شهرستان طبس بر فراز مرتفع‌ترین بخش زیست بوم منطقه واقع شده است. این روستا در ۲۲۰ کیلومتری جنوب شهر طبس (مرکز شهرستان) و ۱۸۰ کیلومتری شمال شهر راور (از استان کرمان) و به فاصله ۲ کیلومتری جاده کرمان به خراسان قرار دارد. براساس سرشماری سال ۱۳۸۵، جمعیت روستا ۴۸۴ نفر در قالب ۱۳۳ خانوار می‌باشد. روستا به دلیل نزدیکی به کویر و قرارگیری در میانه و گلوگاه (نای) راه کویری،

این تحقیق در پی کشف اتفاقات و روابط رخ داده در گذشته و برنامه‌ریزی برای آینده است. در فرایند ایمن‌سازی بافت‌های تاریخی، آن بخش که مربوط به شناخت آسیب‌پذیری‌ها (درد) و اولویت‌های استحکام بخشی است، جنبه تحقیقی داشته و بخش برنامه‌ریزی از آنجا که در پی شناخت سطوح بهینه مداخله در بناها (درمان) است، جنبه طرح‌ریزی برای آینده دارد.

با توجه به روش تحقیق مورد استفاده در تجربیات حاصله از کشورها و به جهت آنکه ماهیت پژوهش توصیفی بوده و سوالات آن جنبه اکتشافی دارد در آن از روش‌های کمی و کیفی استفاده شده تا امکان شناخت متغیرهای متعدد و تأثیرگذار بر فرایند ایمن‌سازی بافت‌های تاریخی و بررسی آنها فراهم شود. ابزارهای گردآوری اطلاعات مورد نیاز در پژوهش در دو بخش میدانی و کتابخانه‌ای شامل موارد زیر بوده‌اند:

- تهیه و ثبت تصاویر از بافت و بناها که نتیجه فعالیت‌های میدانی در روستا است.
- فرم‌های پیمایش میدانی روش FAMIVE در قالب فایل Excel
- پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط ساکنین روستا



تصویر ۱- پیکر روستای ناپیید.

ماخذ: (Tabas-news.blogfa.com)

بر اساس مطالعه انجام شده در ناحیه می توان مقادیری به شرح مندرج در جدول ۱ برای شتاب ثقل زمین لرزه بر اساس دوره های بازگشت گوناگون پیشنهاد نمود. مقادیر ارائه شده در جدول ۱، به منظور طراحی سازه ها و محاسبات آسیب پذیری لرزه ای در استان یزد مورد استفاده قرار می گیرد.

همان گونه که در تصویر ۳ مشهود است، روستای نایبند در منطقه دارای خطر نسبی بالا قرار گرفته است. به عنوان نمونه، برای دوره بازگشت ۴۶۰ سال، فعالیت گسل ها با بیشینه شتاب ثقل $0.28/g$ تا $0.32/g$ (برابر با $9/8$ متر بر مجذور ثانیه) در محدوده روستا پیش بینی می شود.

بنا بر اطلاعات اخذ شده از شبکه شتاب نگاری زلزله ایران (۲۰۰۹-۱۹۷۸)، دوزمین لرزه در سال ۲۰۰۵ در محدوده روستا رخ داده که اولی دارای شتاب ثقل $0.11/g$ و دومی دارای شتاب ثقل $0.16/g$ بوده اند. جدول ۲ مشخصات شتاب ثقل زمین لرزه ها را نشان می دهد.

آسیب پذیری های کالبدی بافت های تاریخی

ساختمان های تاریخی عمدتاً با استفاده از مصالح بنایی و دیوار باربر بنا گردیده اند. هر چند گذشتگان تمهیداتی برای مقاومت در برابر تکان های زلزله اندیشیده اند، اما چه به لحاظ تجربی و چه به لحاظ محاسباتی، این گونه بناها همچنان آسیب پذیر بوده و در زلزله های گذشته بیشترین حجم خسارات را در مناطق شهری و روستایی به خود اختصاص داده اند.

یکی از روش های پیش بینی و تعیین خسارات وارده به بنا در اثر زلزله، استفاده از مکانیزم های شکست از پیش تعریف شده است. جدول ۳ انواع مختلف این مکانیزم ها را که در اثر ثبت شواهد زمین لرزه های گذشته به دست آمده اند، نشان می دهد. مکانیزم ها به نوبت از بالاترین تراز بنا محاسبه می گردد و شرایط متفاوت اتصالات در تعیین آنها در نظر گرفته می شود. پارامترهای ضروری تأثیرگذار بر شناسایی مکانیزم ها و وسعت رخداد آنها، به ابعاد واحدها، تناسبات دیوار، چیدمان پنجره ها، کیفیت اتصالات در گوشه ها و وضعیت سازه های افقی بستگی دارد. این مسئله نه تنها وسعت مشارکت دیوار جانبی در

جدول ۳- توصیف فیزیکی خسارات و مکانیزم های محتمل.

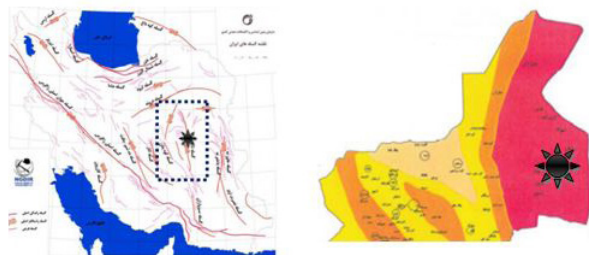
مکانیزم	تصویر عمومی مکانیزم	توصیف فیزیکی رخداد مکانیزم
G		تخریب سطح فوقانی پنجره، ایجاد قوس افقی در نما و ریزش مصالح به بیرون
B2		به دلیل عدم وجود کلاف و فقدان اتصال مناسب نما، دیوار شروع به جدا شدن از هر دو دیوار کناری می کند و بخشی از دیوارهای کناری نیز همراه با نما فرو می ریزند.

این گلوگاه را بند آورده است، از این رو نایبند نامیده می شود. محل استقرار بافت و مسکن در ارتباط با دامنه نسبتاً پرشیب کوه های نای بندان بوده و قسمتی از مسکن را دیواره طبیعی کوهستان تشکیل می دهد. این امر با توجه به سابقه تاریخی دشت لوت که محل چپاولگران بلوچ و افغان بوده، از نظر امنیتی کاملاً توجیه پذیر است. در نایبند، به علت کمبود زمین، ساختمان های مختلف بسیار به هم فشرده می باشند.

سایکس (از مشاهیر خاورشناس انگلیسی) در سال ۱۳۶۳ از اولین تجربه دیدارش از روستا چنین می گوید: «هنگامی که به سختی از بیابان وسیع گذشتیم، منظره ای از دور نمایان شد که بی شباهت به سرزمین جن و پریان نبود!... حقیقت این است که نگارنده هرگز چشم اندازی زیباتر و دل فریب تر از دورنمای نایبند هنگام ورود از شمال مشاهده نکرده است» (طرح بهسازی بافت با ارزش روستای نایبند، ۱۳۸۷).

ویژگی های لرزه ای نایبند

وجود گسل های متعدد در این منطقه به ویژه مجاورت روستا با گسل ۶۰۰ کیلومتری نایبند، از مهم ترین خطرات پیش روی منطقه به شمار می رود.



تصویر ۲- چپ: موقعیت گسل های اصلی در اطراف روستا. مأخذ: (سازمان زمین شناسی)، راست: نقشه پهله بندی لرزه ای استان یزد. روستای نایبند در پرخطرترین منطقه قرار گرفته است. مأخذ: (ادیب و دیگران، ۱۳۸۵، ۱۴۰)

جدول ۱- مقادیر شتاب ثقل زمین در ناحیه مورد مطالعه بر اساس دوره های بازگشت متفاوت.

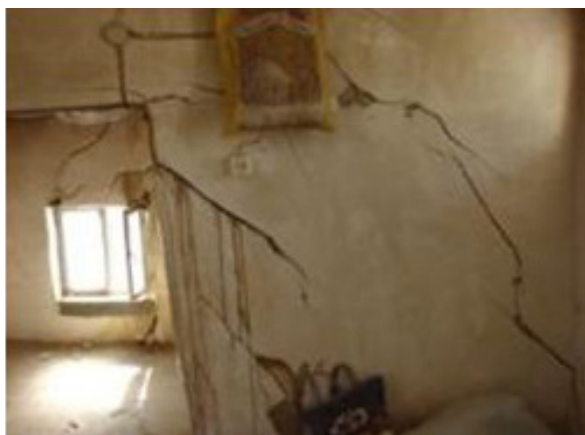
دوره بازگشت (سال)	بیشینه شتاب ثقل زمین لرزه بر اساس دوره بازگشت بر حسب g				
	خطر نسبی بالا	خطر نسبی نسبتاً بالا	خطر نسبی متوسط	خطر نسبی پایین	خطر نسبی خیلی پایین
۲۳۰۰	۰/۵-۰/۶	۰/۳۶-۰/۵۰	۰/۲۲-۰/۳۶	۰/۱۲-۰/۲۲	۰/۰۶-۰/۱۲
۱۹۰۰	۰/۴۴-۰/۵۰	۰/۳۴-۰/۴۴	۰/۲۰-۰/۳۴	۰/۱۰-۰/۲۰	۰/۰۴-۰/۱۰
۹۵۰	۰/۳۶-۰/۴۰	۰/۲۶-۰/۳۶	۰/۱۴-۰/۲۶	۰/۱۰-۰/۱۴	۰/۰۴-۰/۱۰
۴۶۰	۰/۲۸-۰/۳۲	۰/۲۲-۰/۲۸	۰/۱۴-۰/۲۲	۰/۰۸-۰/۱۴	۰/۰۳-۰/۰۸
۴۲۰	۰/۲۶-۰/۳۲	۰/۲۰-۰/۲۶	۰/۱۴-۰/۲۰	۰/۰۸-۰/۱۴	۰/۰۲-۰/۰۸
۲۰۰	۰/۲۰-۰/۲۴	۰/۱۶-۰/۲۰	۰/۱۰-۰/۱۶	۰/۰۴-۰/۱۰	۰/۰۲-۰/۰۴

مأخذ: (ادیب و دیگران، ۱۳۸۵، ۱۴۰)

جدول ۲- زلزله های ثبت شده توسط ایستگاه نایبند.

ایستگاه	شماره رکورد	تاریخ ثبت	بیشینه شتاب ثقل (PGA) بر حسب m/s^2
نایبند	۳۷۸۹	۲۰۰۵/۵/۲۲	۰/۱۱
نایبند	۳۹۰۳	۲۰۰۵/۱۱/۱۳	۰/۱۶

مأخذ: (شبکه شتاب نگاری زلزله ایران، ۲۰۰۹-۱۹۷۸)



تصویر ۳- وجود ترک‌های قطری در نما و دیوارهای داخلی.

یا عدم وجود عناصر استحکام بخش عاملی تعیین کننده در ایراد انواع خسارات محتمل است (D' Ayala, Esperanza, 2002, 4).

مکانیزم‌های شکست مشاهده شده در روستای نایبند

تعدادی از بناهای نایبند در اثر زمین لرزه سال ۲۰۰۵ خسارت دیده‌اند که با توجه به خصوصیات سازه‌ای، مکانیزم‌های مختلفی برای آنها اتفاق افتاده است. در زیر تعدادی از این بناها و آسیب‌های کالبدی وارد شده بر آنها در قالب مکانیزم‌های شکست، زاویه ترک‌ها و آسیب‌های وارده به سازه‌های افقی معرفی می‌گردد.

- ساختمان خشتی سه طبقه

این واحد مسکونی در محله گذارگوری واقع گردیده و در نمای ضلع جنوب شرقی آن آثار زلزله مشهود است. ضخامت دیوار در تراز زمین ۳۰ و در تراز بام ۲۷ سانتی متر می‌باشد. خسارات مشاهده شده در این بنا عبارتند از:

- مکانیزم H₂

- ترک‌های افقی

- ترک‌های قطری

لازم به ذکر است که ترک‌ها تا دیوارهای داخلی بنا نیز ادامه پیدا کرده‌اند و خانواده مجبور به تخلیه این قسمت از بنا شده است.

- انبار دو طبقه

این بنا در محله ته واقع گردیده و در نمای شرقی آن آثار زلزله مشهود است. ضخامت دیوار در تراز زمین ۴۰ و در تراز بام ۳۰

مکانیزم	توصیف عمومی مکانیزم	توصیف فیزیکی رخدادهای مکانیزم
C	CORNER FAILURE	ایجاد دو ترک قطری در اطراف گوشه‌ها و شروع ریزش گوشه‌های نما عدم اتصال مناسب دیوار به کف و سقف نیز می‌تواند از دلایل رخداد این مکانیزم باشد
E	VERTICAL STRIP OVERTURNING	ایجاد ترک عمودی سرتاسری در دو طرف پنجره
B ₁	OVERTURNING WITH 1 SIDE WING	به دلیل تفاوت کیفیت اتصالات دیوار نما با دو دیوار جانبی در گوشه‌ها، یکی از دیوارهای جانبی همراهی بیشتری با نما در زمان فروریزش آن میکند.
A	VERTICAL OVERTURNING	در این وضعیت، به دلیل ضعف اتصال نما به دیوارهای جانبی در گوشه‌ها، نما از دیوارهای جانبی جدا شده (ترک عمودی) و از حالت عمودی خارج می‌گردد.
H ₂		در این حالت ترک‌های قطری (خسارت درون صفحه‌ای) در محل سطوح فوقانی و تحتانی بازشوها ظاهر می‌شود.
H		در این حالت ترک‌های قطری (خسارت درون صفحه‌ای) در محل جرزهای دیوار باربر ظاهر می‌شود.

ماخذ: (D' Ayala, Esperanza, 2002, 4)

مکانیزم‌ها را تعیین می‌کند بلکه الگوی خسارت محتمل را نیز مشخص می‌نماید. زمانی که کیفیت اتصالات بلوک‌ها در گوشه‌های ساختمان مورد پیمایش مناسب باشند، بار تخریب^۳ محاسبه شده برای انواع شکست‌های A و D همواره بالا خواهد بود. در واقع نتایج نشان می‌دهند که در صورت وجود اتصال مناسب، در مقادیر پایین بار تخریب، دیوارهای جانبی ترک خواهند خورد و بخشی از این دیوارها به همراه نما همان‌گونه که در تصویر مربوط به مکانیزم‌های B₁ و B₂ نشان داده شده، واژگون خواهند گردید. رخداد هر یک از این دو مکانیزم بستگی به کیفیت اتصالات در دو گوشه نما خواهد داشت. دو پارامتر دیگر، یعنی وجود مهار یا کلاف در بنا و اتصال نما به سازه کف، جهت تعریف مکانیزم‌ها و در ارتباط با میزان بار تخریب موثر خواهند بود. وجود هر یک از این عوامل می‌بایست در تمامی ساختمان‌های تحت پیمایش به صورت مجزا بررسی گردد. وجود

این روش ها همچنین براساس اندازه نمونه ای که روند بر آن اعمال می گردد، متفاوتند. در واقع روش های تجربی براساس شناخت تعداد کمی پارامتر جمع آوری شده از طریق مشاهده تعداد زیادی ساختمان عمل می کنند. در سوی دیگر طیف، روش های تحلیلی که به اطلاعات پیچیده نیاز دارند، برای تعداد کمی از ساختمان ها به کار گرفته می شوند.

نتایج روش های تجربی، کیفی و نتایج روش های تحلیلی، به صورت کمی طبقه بندی می شود. نتایج کمی توصیف دقیق تری از رفتار ساختمان های خاص ارائه می دهند و عموماً برای طبقه بندی رفتار تعداد زیادی از ساختمان ها که خصوصیات یکسانی در نمونه انتخابی^۴ دارند، استفاده می شوند.

برخی از روش های تحلیل آسیب پذیری دارای امکاناتی چون قابلیت کاربری در مقیاس بزرگ و زمان اندک پردازش داده ها هستند. به عنوان مثال روش های VULNUS، FAMIVE Risk و SELENA برای مطالعه بناها در یک بافت تاریخی ابداع گردیده اند. روش های معرفی شده در این پژوهش بر حسب شاخص های مقیاس تحت پوشش، نحوه جمع آوری اطلاعات^۵، سطح اطلاعات مورد نیاز^۶، قابلیت اطمینان^۷، نیازهای اطلاعاتی، حجم نمونه گیری و زمان مورد نیاز، طیف های پاسخ و شرایط خاک^۸، خروجی^۹ و ضریب اطمینان^{۱۰} با یکدیگر مقایسه می گردند. روش مناسب برای تحلیل آسیب پذیری یک بافت تاریخی باید بتواند:

- خصوصیات هندسی و مکانیکی ساخته معماری را جمع آوری کند.
- خصوصیات بستر^{۱۱} ساختمان را به حساب آورد.
- از حداقل قضاوت کارشناسان بهره گیرد.
- ضوابط مکانیکی را برای شناسایی جابه جایی مورد انتظار به کار گیرد.
- فاکتورها را برای به حساب آوردن عدم قطعیت های مرتبط با پاسخ ساخته های معماری فرموله کند.
- منحنی های شکنندگی^{۱۲} را ترسیم و سناریوی خسارت را تعیین نماید.
- در مقیاس بافت قابلیت کاربری داشته باشد.
- اطلاعات را به وسیله مشاهده در محل با استفاده از پیمایش سیستماتیک (کمی و کیفی) جمع آوری کند.
- بین سناریوی خسارت به دست آمده از روش تحلیل آسیب پذیری انتخابی و سناریوی خسارت ساخته معماری مشاهده شده در محل مقایسه ترتیب دهد.
- در مقیاس منطقه ای می بایست بین عدم قطعیت ها و به حداقل رساندن قضاوت کارشناسان، تعادل برقرار کند.
- مراحل محاسبات شناسایی آسیب پذیری لرزه ای را در زمان کوتاه به سرانجام برساند.
- به میزان ضریب اطمینان نزدیک به ۰/۸ برسد (D'Ayala و Novelli V., 2010, 43).

جدول ۵، ویژگی های روش های مختلف تحلیل آسیب پذیری لرزه ای را نشان می دهد و آن دسته از ویژگی ها را که جهت کاربرد

ساختی مترمی باشد. خسارات مشاهده شده در نمای این بنا عبارتند از:

- مکانیزم H₂
- مکانیزم H
- مکانیزم A
- ترک های عمودی
- ترک های قطری

روش های ارزیابی آسیب پذیری بناهای تاریخی

روش های ارزیابی آسیب پذیری طی ۴۰ سال گذشته توسعه پیدا کرده اند. این روش ها رویکردهای متفاوتی برای جمع آوری و تفسیر اطلاعات دارند، هرچند هدف مشترک تمامی آنها اتخاذ رویکردی است که بتواند خسارات آتی ساختمان ها را پیش بینی کند.

به طور کلی تحلیل آسیب پذیری عبارت از پیش بینی آسیب در اثر زلزله با حداقل عدم قطعیت ممکن است. بهترین روش برای این منظور انجام تحلیل آماری بر روی نمونه های زیادی از بناها که در معرض عملکرد لرزه ای یکسانی قرار دارند، می باشد اما چنین حالتی به ندرت پیش می آید و اغلب، داده ها ناقص می باشند بنابراین می توان از روش های تحلیلی پیچیده تر برای برآورد دقیق تر آسیب پذیری لرزه ای ساختمان استفاده کرد. در جدول ۴، روش های مختلف در قالب یک طیف نشان داده شده است.

از یک منظر، روش های ارزیابی آسیب پذیری ابداعی به صورت تجربی (که براساس مشاهده مستقیم و نظرات کارشناسان استوار است) و تحلیلی (شامل مدل های تحلیلی ساده و روندهای پیچیده براساس رویکردهای متفاوت مهندسی)، طبقه بندی می شوند. روش هایی که اجزایی از هر یک از دو گروه را به کار گیرد، هیبرید نامیده می شود.



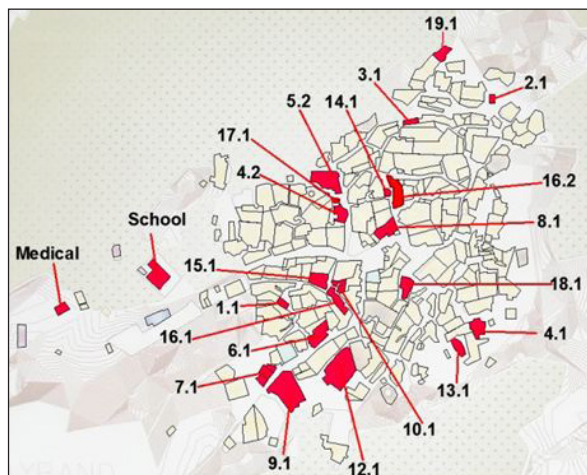
تصویر ۴- خسارت وارده به بنا.

جدول ۴- روش های ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها.

کاربرد	مجموعه های ساختمانی				هزینه
	روش های مجزا	روش های ترکیبی	مدل های ساده	مدل های پیشرفته	
روش ها	روش های تحلیلی با جزئیات کامل	روش های تحلیلی با جزئیات ساده	روش های تحلیلی با جزئیات کامل	روش های تحلیلی با جزئیات ساده	افزایش پیچیدگی روش ارزیابی آسیب پذیری

ماخذ: (D'Ayala D., Novelli V., 2010, 6)

آسیب پذیری شایع^{۲۰}: در این حالت، سطح خسارت، بار تخریب و مکانیزم خسارت، هیچ‌یک بدترین یا میانگین آسیب‌پذیری‌ها نیستند بلکه شایع‌ترین آنها به عنوان نمونه حالتی است که به بهترین شکل نتایج محتمل را توصیف می‌کند. به عبارت دیگر، برای تعدادی دیوار، به رایج‌ترین خسارت یا خسارتی که بیشترین عواقب را در پی دارد، اشاره می‌کند.



تصویر ۶- موقعیت واحدهای برداشت شده (شماره گذاری بر اساس موقعیت بلوک‌های ساختمانی).

با توجه به موارد ذکر شده و امکانات موجود در محل، تعداد ۲۱ ساختمان جهت پیمایش و ثبت اطلاعات انتخاب گردید. تصویر ۶، موقعیت واحدهای برداشت شده را بر روی نقشه بافت روستا نشان می‌دهد.

در مجموع ۳۹ نما (عمدتاً نماهای عمود بر هم) از ۲۱ ساختمان در چارچوب فرم پیمایش میدانی FAMIVE برداشت و با استفاده از نرم‌افزار Excel ثبت گردید تا تحلیل آسیب پذیری بر روی آن صورت بگیرد.

نتایج تحلیل آسیب پذیری لرزه‌ای^{۱۸}

نتایج ارزیابی آسیب پذیری به صورت کمی (بار تخریب، شاخص خسارت و شاخص آسیب پذیری) و کیفی (مکانیزم‌های محتمل شکست و آسیب‌پذیری نهایی بنا) مشخص گردیده‌اند. جدول ۶ نتایج ارزیابی آسیب پذیری بناهای برداشت شده در روستای نایبند را در سه مقیاس زیر نشان می‌دهد:

آسیب پذیری کلی^{۱۹}: اشاره به ضعف‌هایی دارد که در قسمت‌های مختلف بنا وجود دارند یا نماینده بخش اعظم ساختمان به عنوان نمونه، بیش از یک نما همراه با سقف‌ها و کف‌ها می‌شود بنابراین خسارت محتمل بیشترین سطح بنا را در بر خواهد گرفت.

تصویر ۵- فرم پیمایش میدانی بناهای تاریخی در روش FAMIVE در قالب Excell (D' Ayala D., Novelli V., 2010, 33) در این فرم اطلاعاتی همچون موقعیت بنا در بلوک شهری، ویژگی‌های هندسی پلان و نما، موقعیت و ابعاد بازشوها، سیستم‌سازی و جهت‌گیری دیوارها، سقف و کف و ویژگی‌های الحاقات متصل به بنا توسط کاربر وارد می‌شود.

شده دارد. به عبارت دیگر برای ۳۸ درصد نمونه‌های برداشت شده، مکانیزم غالب مورد انتظار، فروریختن نما می‌باشد.

- برای ۱۰ نمونه برداشت شده، مکانیزم B2 مورد انتظار می‌باشد. به عبارت دیگر ۲۶ درصد نمونه‌ها به دلیل ضعف اتصالات در گوشه‌ها به همراه بخشی از دو دیوار جانبی در شتاب‌های ثقل فراتر از بار تخریب فرو می‌ریزند.

- برای ۷ نمونه برداشت شده، مکانیزم D، برای ۳ نمونه مکانیزم G، برای ۲ نمونه مکانیزم E و برای ۲ نمونه دیگر مکانیزم H2 شایع می‌باشد.

شاخص‌های آسیب‌پذیری

- در مقیاس کلی، ۸۵ درصد بناها دارای سطح آسیب‌پذیری شدید و ۱۵ درصد بناها دارای سطح آسیب‌پذیری متوسط می‌باشند.

- در زمینه آسیب‌پذیری نهایی^{۲۲} دیوارها، ۲۸ درصد دارای سطح آسیب‌پذیری بسیار زیاد، ۵۴ درصد زیاد و ۱۸ درصد دارای

آسیب‌پذیری موضعی^{۲۱}: به آسیب‌پذیرترین جزسازه‌ای بنا اشاره دارد که در آن خسارت بخش محدودی از بنا را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. این مقیاس بر ضعف موضعی بخشی از بنا که بار تخریب آن کمتر از بخش‌های دیگر است، تأکید می‌کند.

هریک از مکانیزم‌ها جهت رخداد نیاز به آستانه‌ای از تکان‌های زلزله با مقیاس درصدی از شتاب ثقل زمین دارند که در صورت رسیدن شتاب تکان‌های زلزله به این آستانه، مکانیزم شکست رخ می‌دهد. آگاهی از این آستانه‌ها برای مهندسان محاسب جهت ارائه روش‌های استحکام بخشی بهینه در بناهای تاریخی ضروری می‌باشد. همان‌گونه که از جدول ۶ مشخص است مکانیزم D نیاز به کم‌ترین شتاب ثقل زلزله و مکانیزم‌های B₁، B₂ و H نیاز به بیشترین شتاب ثقل جهت فعال شدن دارند. به عبارت دیگر در اثر رخداد زلزله با شدت‌های کمتر ابتدا مکانیزم D در اغلب بناهای روستا رخ می‌دهد و با افزایش شتاب تکان‌ها، مکانیزم‌های دیگر رخ می‌دهند تا جایی که ساختمان کاملاً فرو بریزد. براساس این روند، مکانیزم‌های شکست مورد انتظار در روستاهای نابیند به شرح زیر است:

- مکانیزم A بیشترین احتمال رخداد را بین نمونه برداشت

جدول ۶- نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای.

شماره برداشت	کلی			شایع			موضعی	
	آسیب‌پذیری	بار تخریب	مکانیزم شکست	آسیب‌پذیری	بار تخریب	مکانیزم شکست	آسیب‌پذیری	بار تخریب
school	MEDIUM	0.22	A	MEDIUM	0.30	H	VERYHIGH	0.09
Medical	HIGH	0.20	A	HIGH	0.19	C	VERYHIGH	0.08
19.1	HIGH	0.21	A	HIGH	0.21	B2	HIGH	0.11
18.1	HIGH	0.21	A	MEDIUM	0.25	B2	HIGH	0.10
17.1	HIGH	0.12	A	HIGH	0.09	G	VERYHIGH	0.06
16.2	HIGH	0.21	A	HIGH	0.24	H2	HIGH	0.11
16.1	HIGH	0.21	A	HIGH	0.23	B2	HIGH	0.11
15.1	HIGH	0.21	A	HIGH	0.07	G	HIGH	0.21
14.1	HIGH	0.23	B2	HIGH	0.12	G	HIGH	0.18
13.1	HIGH	0.17	A	HIGH	0.24	H2	HIGH	0.13
12.1.n				HIGH	0.22	A	HIGH	0.13
10.1	HIGH	0.18	B2	MEDIUM	0.28	H2	HIGH	0.10
9.1	MEDIUM	0.28	A	MEDIUM	0.26	H2	HIGH	0.21
8.1.w				HIGH	0.20	B2	HIGH	0.10
7.1.s				HIGH	0.19	A	HIGH	0.10
6.1	HIGH	0.20	A	HIGH	0.19	E	HIGH	0.13
5.2.E				HIGH	0.16	H2	HIGH	0.15
4.2	HIGH	0.20	B2	HIGH	0.18	H2	HIGH	0.12
4.1	HIGH	0.14	A	HIGH	0.14	B2	VERY HIGH	0.06
3.1	HIGH	0.13	A	MEDIUM	0.25	H2	VERY HIGH	0.06
2.1	HIGH	0.18	B2	HIGH	0.20	H2	HIGH	0.18
1.1.s				HIGH	0.17	A	VERY HIGH	0.07

جدول ۷- بار جانبی مورد نیاز برای رخداد هر یک از مکانیزم ها بر حسب شتاب ثقل زمین (g).

I	H2	H	G	E	D	C	B2	B1	A	شماره ساختمان و جهت گیری
---	0.30	0.30	0.08	0.25	0.23	0.20	0.32	0.32	0.24	school_w
---	0.31	0.30	0.10	0.20	0.15	0.20	0.32	0.32	0.20	school_n
---	0.27	0.30	0.08	0.23	---	0.19	0.31	0.30	0.22	Medical_n
---	0.30	0.30	0.08	0.17	---	0.19	0.31	0.31	0.17	Medical_w
---	0.27	0.27	0.11	---	---	0.19	0.25	0.25	0.20	19.1.S
---	0.20	0.30	0.10	---	---	0.19	0.16	0.17	0.23	19.1.w
0.51	0.27	0.30	0.10	---	---	0.19	0.20	0.21	0.21	18.1.s
0.51	0.30	0.28	0.09	0.19	---	0.19	0.29	0.29	0.20	18.1.e
---	0.25	0.30	0.07	---	0.08	0.18	0.18	0.16	0.17	17.1.e
---	0.28	0.27	0.11	---	0.05	0.18	0.24	0.24	0.07	17.1.s
---	0.20	0.25	0.11	0.17	---	0.20	0.27	0.26	0.18	16.2.se
0.49	0.27	0.30	0.10	---	---	0.21	0.29	0.29	0.25	16.2.w
---	0.20	0.25	0.11	0.17	---	0.20	0.27	0.26	0.18	16.1.se
---	0.26	0.30	0.11	0.21	---	0.20	0.18	0.20	0.25	16.1.Ne
---	0.25	0.30	0.06	0.25	---	0.19	0.30	0.30	0.25	15.1.s
---	0.30	0.30	0.08	0.17	---	0.19	0.30	0.30	0.17	15.1.e
---	0.27	0.30	0.10	0.20	---	0.19	0.19	0.19	0.20	14.1.se
---	0.21	0.27	0.13	0.15	---	0.19	0.28	0.28	0.23	14.1.ne
---	0.21	0.25	0.15	0.18	---	0.19	0.28	0.28	0.20	13.1.w
---	0.28	0.23	0.11	0.16	---	0.19	0.28	0.27	0.15	13.1.n
---	0.17	0.20	0.13	0.19	---	---	0.24	0.23	0.22	12.1.n
---	0.27	0.30	0.11	0.21	---	0.20	0.19	0.22	0.27	10.1.n
---	0.29	0.30	0.08	0.20	---	0.20	0.17	0.19	0.22	10.1.e
0.51	0.29	0.30	0.07	0.26	---	0.23	0.29	0.29	0.29	9.1.w
0.51	0.22	0.29	0.12	0.16	---	0.23	0.29	0.29	0.27	9.1.s
0.49	0.20	0.30	0.10	0.23	---	0.19	0.20	0.21	0.25	8.1.w
---	0.30	0.30	0.10	0.18	---	0.27	0.39	0.39	0.19	7.1.s
---	0.21	0.30	0.15	0.20	---	0.20	0.22	0.22	0.22	6.1.w
---	0.23	0.30	0.10	0.17	---	0.20	0.19	0.19	0.18	6.1.s
---	0.16	0.25	0.15	0.22	---	0.21	0.29	0.29	0.28	5.2.E
---	0.22	0.30	0.09	0.19	---	0.20	0.15	0.18	0.23	4.2.sw
---	0.13	0.22	0.14	0.27	---	0.20	0.25	0.25	0.32	4.2.SE
---	0.18	0.18	0.13	0.17	0.07	0.19	0.17	0.15	0.15	4.1.s
---	0.20	0.18	0.13	0.16	0.06	0.19	0.15	0.13	0.13	4.1.e
---	0.20	0.30	0.14	0.12	0.06	0.34	0.41	0.41	0.08	3.1.N
---	0.30	0.30	0.08	0.19	0.07	0.34	0.32	0.31	0.17	3.1.e
0.51	0.20	0.30	0.12	0.18	---	0.27	0.17	0.20	0.25	2.1.s
0.51	0.21	0.26	0.19	0.18	---	0.27	0.18	0.23	0.34	2.1.e
0.60	0.18	0.30	0.18	0.13	0.07	0.27	0.38	0.38	0.17	1.1.s

- مقاومت در برابر زلزله‌های متوسط با خسارت سازه‌ای و غیر سازه‌ای جزئی
- مقاومت در برابر زلزله‌های بزرگ با خسارت قابل ملاحظه به اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای اما با احتمال اندک برای به خطر افتادن ایمنی جانی
- مقاومت در برابر سطوح شدید زلزله که احتمال وقوع آن وجود دارد، بدون فروریزش

هر سطح عملکرد، شرایطی را جهت محدود کردن ماکزیمم خسارت وارد به سازه، در اثر یک زمین لرزه معین ارائه می‌نماید. سطوح عملکرد به صورت کمی در مدارک مختلف از جمله، پروژه Vision 2000 (SEAOC, 1995) و راهنمای NEHRP (FEMA, 1997) تعریف شده است. مدارک فوق روند مشابهی را برای تعیین عملکرد ساختمان توسعه داده‌اند گرچه از اصطلاحات متفاوتی استفاده کرده‌اند. جدول ۸، خلاصه‌ای از سطوح عملکرد تعریف شده، در این مدارک می‌باشد.

هرچه سطح هدف عملکردی بالاتری برای یک بنا در نظر گرفته شود، میزان مداخله کالبدی در آن افزایش خواهد یافت. بنابراین لازم است این سطوح با توجه به میزان اهمیت بنا به صورت بهینه تعریف گردند. به عنوان مثال سطح عملکردی عملیاتی^{۲۵} برای بناهای باارزش در نظر گرفته نمی‌شود چرا که ماهیت بنا در جریان مقاوم سازی تغییر پیدا می‌کند.

شناسایی اولویت‌ها در فرایند ایمن سازی

بناهای موجود در بافت‌های تاریخی واجد خصوصیات و کیفیات متفاوتی می‌باشند که این ویژگی‌ها می‌بایست جهت تعیین اولویت‌ها مورد توجه قرار بگیرند. در این روستا، علاوه بر بناهای باارزش، ساختمان‌های دیگر خصوصی و دولتی نظیر خانه بهداشت، مدرسه و بناهای نوساز نیز وجود دارند که علاوه بر حضور انسان‌ها در آنها ممکن است در مقاطع قبل، حین و پس از سانحه دارای پتانسیل‌های امداد رسانی و خدمات دهی باشند و می‌بایست در فرایند تصمیم سازی به حساب آیند. با تعریف فرایند ایمن سازی به صورت جامع و هدفمند، ابهامات در مورد تصمیم‌گیری در زمینه آینده سکونتگاه‌ها برطرف می‌شود.

پیرو مطالعات صورت گرفته، معیارهای زیر عواملی هستند که از طرف گروه‌های تخصصی کشورهای مختلف برای تعیین اهمیت بناها جهت مقاوم سازی پیشنهاد گردیده‌اند و می‌بایست در فرایند استحکام بخشی با توجه به محدود بودن منابع و امکانات، تاکید بیشتری بر روی آن‌ها صورت بگیرد. جدول ۹، به صورت خلاصه این عوامل را فهرست می‌کند.

نتایج تحلیل شناخت اولویت‌های استحکام بخشی

پس از مطالعه تجربیات کشورها، در نهایت شاخص‌های وضعیت ثبت، نحوه مالکیت، پتانسیل کاربری در مقطع پس

سطح آسیب پذیری متوسط می‌باشند.
- میانگین شاخص آسیب پذیری^{۲۳} دیوارها مقدار ۸/۰۸ می‌باشد که بیشترین آنها ۲۱/۶۳ و کمترین آنها ۳/۴۵ است.
- میانگین شاخص خسارت^{۲۴} دیوارها مقدار ۱/۲۲ می‌باشد که بیشترین آنها ۱/۵ و کمترین آنها ۰/۶۳ است.

تاب‌آوری بناها در برابر زمین لرزه‌های مختلف

- با همپوشانی نتایج به دست آمده از روش FAMIVE و داده‌های استخراج شده از نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای استان یزد مشخص می‌گردد که ۹۶ درصد بناها در برابر زلزله‌های با دوره بازگشت بیش از ۴۶۰ سال و ۷۸ درصد بناها در برابر زلزله‌های با دوره بازگشت بیش از ۲۰۰ سال تخریب خواهند شد.

بار تخریب

- میانگین بار تخریب بناها در مقیاس کلی، ۰/۱۹ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. به عبارت دیگر در صورت رخداد زلزله با شتاب $0.19g$ بناهای برداشت شده آسیب جدی خواهند دید. این مقدار در مقیاس شایع برابر ۰/۲ و در مقیاس موضعی برابر ۰/۱۲ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد. همچنین میانگین بار تخریب بناهای برداشت شده برابر $0.16g$ است. لازم به ذکر است که میانگین بار تخریب بناهای خشتی و آجری در مقیاس کلی به ترتیب $0.18g$ و $0.21g$ می‌باشد.

تعیین سطوح مداخله

افزایش مقاومت یک سازه لزوماً به معنی افزایش عملکرد آن سازه در برابر زلزله نخواهد بود بلکه گاه می‌توان بدون افزایش مقاومت سازه و با اصلاح بعضی پارامترهای دیگر، عملکرد بهتر و ایمن تری از سازه در برابر زلزله بدست آورد. به منظور تعیین عملکرد سازه، روش طراحی جدیدی به نام «روش طراحی بر اساس عملکرد» ابداع شد. در این روش ضمن معرفی و تعیین سطح عملکردی که از سازه در برابر زلزله، بسته به درجه اهمیت سازه و اقتصاد مسأله انتظار خواهیم داشت، مقدار نقطه عملکرد سازه را بدست آورده و ضمن مقایسه با مقادیر مجاز، خسارت احتمالی سازه را در برابر زلزله پیش بینی می‌کنیم (کرامتی و آل رسول، ۱۳۸۳، ۴). استفاده از این روش در طراحی ساختمان‌ها خصوصاً ساختمان‌های حیاتی که پس از زلزله قادر هستند با ارائه خدمات ویژه نقش بسزایی در مدیریت بحران داشته باشند مانند بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، آتش نشانی‌ها، ساختمان‌های انتظامی و مراکز اورژانس، مدیر بحران را قادر می‌سازد در کوتاه مدت به مهار بحران و یا به تعادل رساندن شرایط بپردازد. در مورد بناهایی که انسان در آنها حضور دارد، اهداف زیر به صورت کلی پیشنهاد می‌گردد:

- مقامت در برابر زلزله‌های خفیف، بدون خسارت

مربوط به یک ساختمان آجری نوساز با ارزش ۴۳ و بیشترین اهمیت مربوط به مدرسه ابتدایی و خانه بهداشت با ارزش ۵۵/۶ می‌باشد.

دسته اول: بناهای موجود در این دسته (ارزش ۵۴/۰۶ تا ۵۵/۶۰) به دو گروه تقسیم می‌شوند: گروه اول آثار تاریخی موجود در روستا هستند که همگی از خشت بنا گردیده‌اند. گروه دوم بناهای دارای پتانسیل خدمات رسانی در مقطع پس از سانحه شامل خانه بهداشت و مدرسه ابتدایی سه کلاسه است که بیشترین میزان اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند.

دسته دوم: عمده بناهای موجود در این دسته (ارزش ۵۱/۳۰ تا ۵۴/۰۶) را سازه‌های خشتی دارای ارزش بالا تشکیل می‌دهند. تصویر زیر تعدادی از بناهای موجود در این دسته را نشان می‌دهند.

از سانحه، ارزش‌های تاریخی و هنری به نسبت منطقه، تعداد ساکنین، ساعات اشغال، کاربری و طبقات جهت تعیین اولویت‌ها انتخاب گردیدند و با انجام تکنیک مصاحبه دلفی و نظر خواهی از اساتید صاحب نظر، به هر یک از این پارامترها و زیر پارامترهای مربوطه وزن داده شد و در نهایت اولویت‌ها از طریق انجام تحلیل GIS مشخص گردیدند.

در ادامه با دسته‌بندی بناها به لحاظ میزان اهمیت با مراجعه به نقشه‌ها و تطابق ارزش هر یک از دسته‌ها با کالبد موجود در بافت، بناهای روستا در ۴ دسته قرار گرفتند. تصویر زیر بناهای موجود در هر یک از ۴ دسته و مقدار ارزش هر دسته بین ۰ تا ۱۰۰ را بر روی نقشه روستا نشان می‌دهد. لازم به ذکر است از بین مقادیر صفر تا ۱۰۰، کم‌ترین اهمیت

جدول ۸- تعریف سطوح عملکرد لرزه‌ای.

حیطه کار تقویتی	کارایی مورد انتظار در زلزله	سطح هدف عملکردی	
		Vision 2000	راهنمای NEHRP
بازسازی کامل	هیچ خسارت قابل ملاحظه‌ای به اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای وارد نشده است. ساختمان برای استفاده و سکونت مناسب است.	Fully Functional	Operational
در اغلب موارد چارچوب‌های سازه‌ای جدید	خسارت زیاد به اعضای سازه‌ای وارد نشده است و این اعضا تقریباً تمام مقاومت و سختی پیش از زلزله خود را دارا هستند. اجزای غیر سازه‌ای ایمن هستند و بیشتر آنها کارایی خود را دارند. ساختمان برای اهداف مورد نظر قابل استفاده می‌باشد.	Operational	Immediate Occupancy
معایب ذاتی از قبیل اتصال نامناسب کف به چارچوب دیوار و دیوارهای مصالح بنایی اصلاح خواهند شد.	خسارت قابل توجه و افت اساسی در سختی اعضای سازه‌ای پدید آمده است، لیکن هنوز حاشیه امنی تا فروریزش باقی است. اعضای غیر سازه‌ای ایمن هستند اما ممکن است قابل استفاده نباشند. ممکن است امکان استفاده از ساختمان قبل از تعمیر وجود نداشته باشد.	Life Safe	Life Safety
مهاربندی و کلاف کردن اجزای آسیب پذیر بنا (به عنوان نمونه جان پناه، دودکش‌ها و مسیرهای تخلیه)	خسارت زیادی به اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای وارد آمده است. مقاومت و سختی اعضای سازه‌ای به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده است. حاشیه کمی تا فروریزش باقی است. خطر ریزش قطعات وجود دارد.	Near Collapse	Collapse Prevention

جدول ۹- عوامل تعیین کننده اهمیت بناها که از طرف گروه‌های مختلف پیشنهاد شده‌اند.

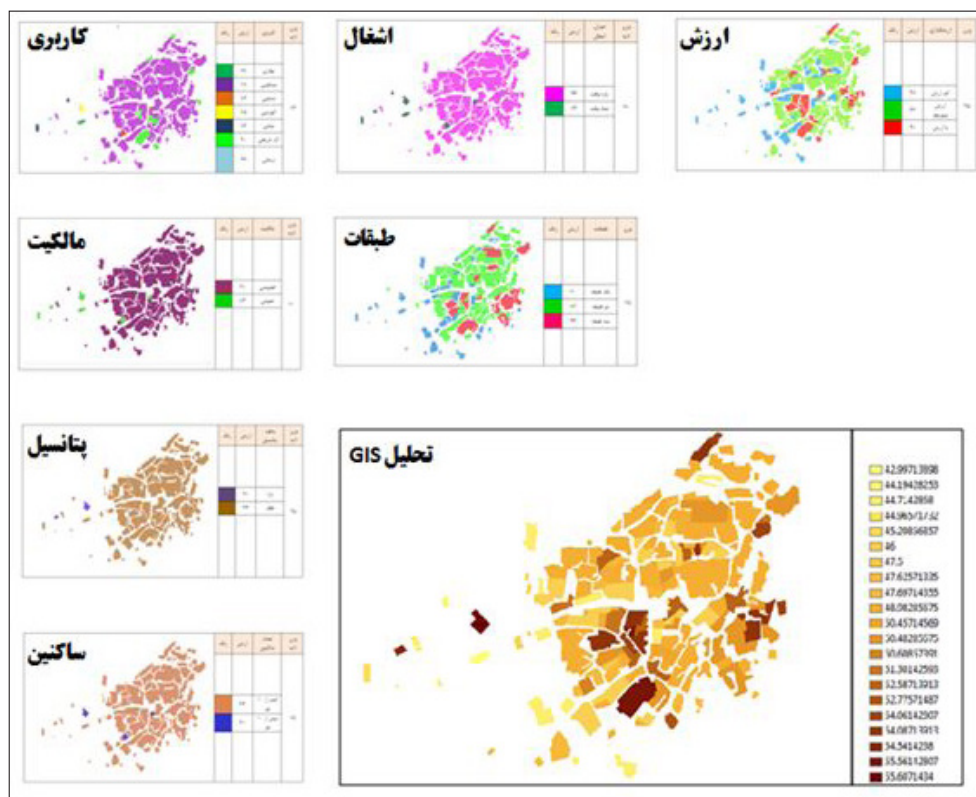
پروژه PERPETUATE (کمیسیون اروپا)	دیپارتمان ساختمان سازی نیوزیلند	جامعه مهندسان زلزله نیوزیلند
درصد اشغال بنا (میزان حضور انسان)	اهمیت بنا در اجتماع، از قبیل بیمارستان‌ها و مدارس	اندازه ساختمان
ارزش فرهنگی و تاریخی ساختمان	اندازه ساختمان	پیچیدگی ساختمان
وجود آثار هنری در ساختمان	سطح کاربری همچون تعداد دفعات اشغال بنا و تعداد نفراتی که از آن استفاده می‌کنند	موقعیت ساختمان در ارتباط با دیگر نهادها، فضاهای عمومی و مخاطرات طبیعی
	واقع شدن در کنار بزرگراه	میزان حضور مردم در ساختمان
	موقعیت، همچون واقع شدن در مناطق پرجمعیت مرکز شهر	نفراتی که زمان را در محدوده اطراف ساختمان سپری می‌کنند
	سن بنا	کاربری
		طول عمر مورد انتظار برای بنا
		موضوعات مورد نظر مسئولان منطقه

تخصیص سطوح هدف عملکردی

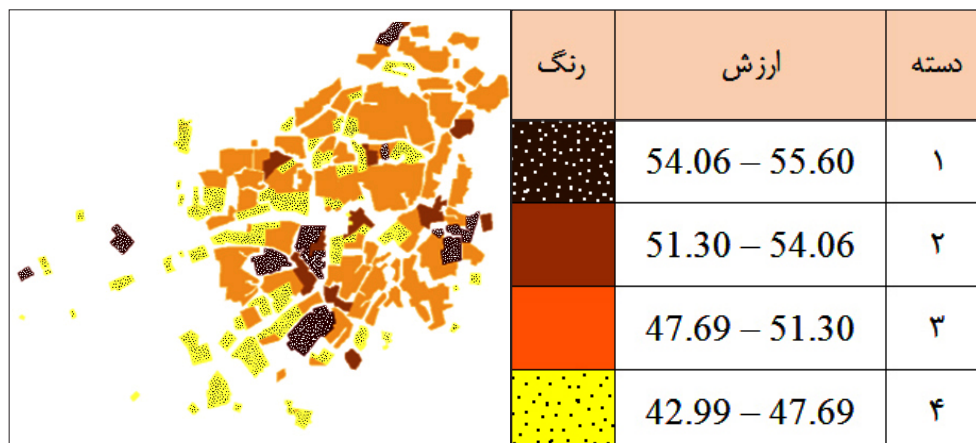
در این بخش سطح هدف عملکرد لرزه‌ای مطلوب جهت هر یک از دسته‌های معرفی شده در بخش شناخت اولویت‌های مقاوم سازی روستا با توجه به ویژگی‌های بناهای موجود در هر دسته انتخاب می‌گردد. در نمودارها، محور عمودی نشان‌دهنده میزان اهمیت بنا در فرایند مقاوم سازی و محور افقی نماینده سطوح هدف عملکردی لرزه‌ای می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به دیدگاه‌های مدیریتی، چشم انداز برنامه مقاوم سازی، تغییر کاربری‌های در نظر گرفته شده برای بنا، این سطوح قابل تغییر است. از آنجا که انتخاب دقیق دوره بازگشت زلزله

دسته سوم: عمده بناهای موجود در این دسته (ارزش ۴۷/۶۹ تا ۵۱/۳۰) را سازه‌های خشتی دارای ارزش متوسط و کم و آن دسته از بناهای آجری که با ارزش تشخیص داده شده‌اند، تشکیل می‌دهند. تصویر ۱۱، تعدادی بناهای موجود در این دسته را نشان می‌دهند.

دسته چهارم: عمده بناهای موجود در این دسته (ارزش ۴۲/۹۹ تا ۴۷/۶۹) را سازه‌های آجری نوساز که اکثراً در ۲۰ سال اخیر ساخته شده‌اند، تشکیل می‌دهند. طبق مشاهدات میدانی پژوهشگر، هرچند که این بناها دارای ارزش تاریخی و هنری نیستند، سازندگان آنها حتی الامکان تلاش نموده‌اند تا نماها با بافت اصلی نایبند سازگار باشد.



تصویر ۷- لایه‌های مختلف اطلاعاتی و نتیجه تحلیل همپوشانی آنها.



تصویر ۸- نقشه دسته بندی بناهای روستا بر حسب اهمیت در فرایند مقاوم سازی.

تلاقی خط سطح هدف عملکردی با خط اهمیت دسته می‌باشد. اهداف عملکردی پیشنهادی در اینجا برای سطح خطر یک، زلزله با احتمال رخداد ۱۰ درصد در ۵۰ سال و به عبارت دیگر دوره بازگشت ۴۷۵ سال (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۵، پیشنهاد گردیده است.

سطوح عملکردی پیشنهادی در اینجا از راهنمای NEHRP برگرفته شده‌اند که در آن چهار سطح پیشنهاد گردیده است.

تجویز شده مستلزم انجام تحلیل هزینه - فایده است و چون تاکنون هیچ برنامه و بودجه‌ای از طرف نهادهای بالادستی جهت استحکام بخشی روستای نایبند تعریف نشده، لذا سعی می‌گردد سطوح عملکردی با توجه اطلاعات موجود و عملکرد در نظر گرفته شده برای بناها در مقطع قبل، حین و بعد از سانحه انتخاب گردند. هدف عملکردی برای هر یک از دسته‌ها به صورت دایره در نمودار نشان داده شده است. محل دایره، مکان



تصویر ۹- تعدادی از بناهای موجود در دسته اول.



تصویر ۱۰- تعدادی از بناهای موجود در دسته دوم.



تصویر ۱۱- تعدادی از بناهای موجود در دسته سوم.



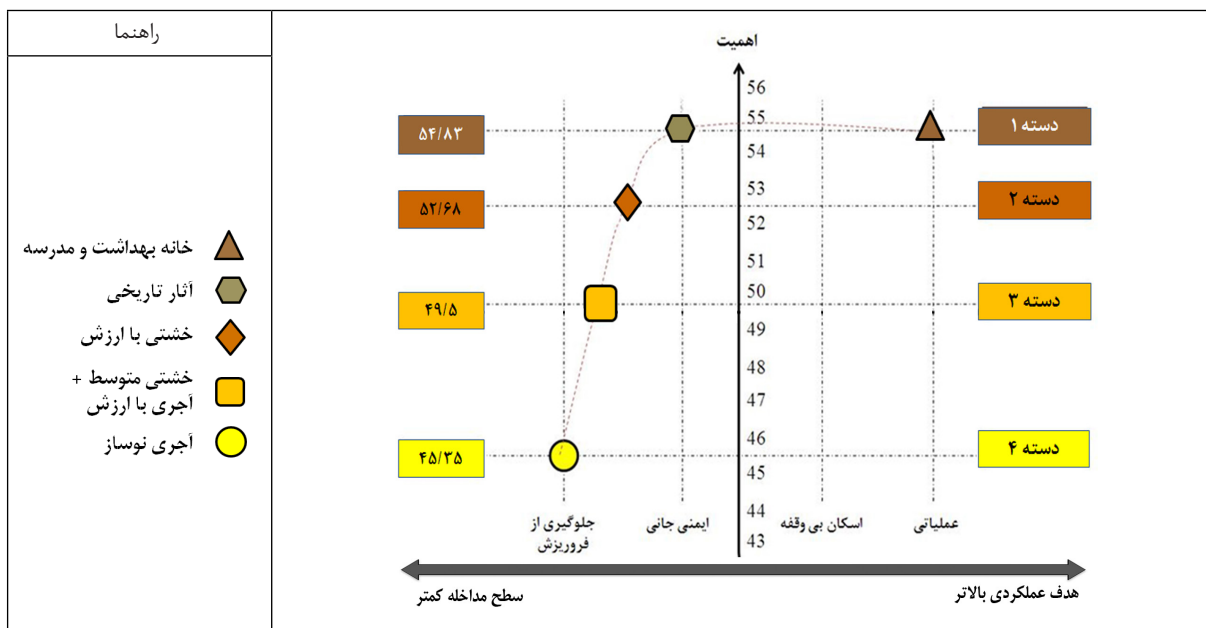
تصویر ۱۲- تعدادی از بناهای موجود در دسته چهارم.

ممکن است قابل استفاده نباشند. امکان استفاده از ساختمان قبل از تعمیر اندک خواهد بود.

در مورد بناهای موجود در دسته دوم یعنی خانه‌های خشتی دارای ارزش زیاد و دسته سوم شامل خانه‌های خشتی با ارزش متوسط و بناهای آجری با ارزش، سطحی بین ایمنی جانی و جلوگیری از فروریزش پیشنهاد گردیده است. در این صورت، کلیت سازه و جان ساکنان حفظ خواهد گردید.

بناهای موجود در دسته چهارم ساختمان‌های آجری نوساز هستند که هیچ‌گونه ارزش تاریخی ندارند. با توجه با محدودیت در بودجه و امکانات طرح‌های مقاوم سازی، سطح هدف عملکردی جلوگیری از فروریزش برای این دسته پیشنهاد گردیده است. با انتخاب این سطح در جریان زلزله، خسارت زیادی به اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای وارد خواهد شد و مقاومت و سختی اعضای سازه‌ای به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا خواهد کرد. در این حالت، حاشیه کمی تا فروریزش باقی می‌ماند و خطر ریزش اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای وجود خواهد داشت.

لازم به ذکر است که این سطوح، رمز مشخصی با یکدیگر ندارند و در واقع به صورت طیف تعریف می‌شوند. در نمودار سطح هدف عملکردی عملیاتی برای بناهای دارای پتانسیل خدمات رسانی در مقطع پس از سانحه یعنی مدرسه و خانه بهداشت متعلق به دسته اول انتخاب گردیده است. از آنجا که این ساختمان‌ها هیچ‌گونه ارزش تاریخی ندارند، می‌توان در آنها تا رسیدن به سطح عملیاتی مداخله صورت داد. در اثر انتخاب سطح عملیاتی، هیچ خسارت قابل ملاحظه‌ای به اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای وارد نمی‌شود و ساختمان برای استفاده و سکونت مناسب خواهد بود. در مورد دیگر بناهای موجود در این دسته یعنی آثار تاریخی، از آنجا که حفظ بافت اصلی بنا یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در فرایند مقاوم سازی است و مداخله در آنها می‌بایست به صورت حداقلی صورت بگیرد، لذا سطح ایمنی جانی پیشنهاد گردیده است. در این سطح، خسارت قابل توجه و افت اساسی در سختی اعضای سازه‌ای پدید خواهد آمد لیکن هنوز حاشیه ایمنی تا فروریزش باقی است. اعضای غیرسازه‌ای ایمن هستند اما



نمودار ۱- سطوح هدف عملکردی لرزه ای پیشنهادی برای زمین لرزه با دوره بازگشت ۴۷۵ سال.

نتیجه

زمینه مقاوم سازی روستا و همچنین توجه به آیین‌نامه‌های مقاوم سازی موجود در کشور را اثبات می‌نماید. بناهای موجود در روستا واجد خصوصیات و کیفیات متفاوتی هستند که این ویژگی‌ها جهت تعیین اولویت‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند. به عنوان نمونه، علاوه بر بناهای با ارزش، ساختمان‌های دیگر خصوصی و دولتی نیز وجود دارند که در مقاطع قبل، حین و پس از سانحه دارای پتانسیل‌های امداد رسانی و خدمات‌دهی می‌باشند و از این رو در فرایند تصمیم سازی به حساب آمدند.

فرایند پیشنهادی در این مقاله، دارای ماهیت نرم افزاری بوده و به جای ایده‌آل گرایی، واقع‌گرایی، به جای هزینه‌های زیاد، انجام هزینه‌های مقرون به صرفه و به جای پیشگیری صرف از بروز آسیب‌های فیزیکی، پیشگیری از بروز آسیب‌های سیستمی و عوارض ثانویه را در پیش گرفته و در پی حفظ هویت تاریخی بناها با توجه به اهمیت و ارزش آنها است.

یافته‌های تحلیل آسیب‌پذیری با استفاده از روش FAMIVE با توجه به نقشه پهنه‌بندی روستا، لزوم سیاست‌گذاری در

از هویت و غنای فرهنگی و تاریخی آن را شکل می دهند؛ لذا توجه به عوامل انسانی در کنار عوامل کالبدی شیوه های نوینی را در استحکام بخشی بافت های تاریخی به وجود می آورد که از آن جمله لزوم استفاده از مشارکت ساکنین در روند مداخله در بافت است. از این رو شناخت صحیح از مشارکت، مزایا و محدودیت ها و نیز بسترهای لازم برای افزایش مشارکت، توان مالی و فنی مردم، اختلافات قومی و نژادی، میزان همیاری در روستا، هزینه های ساخت و ساز و میزان رضایت مردم از مسکن فعلی قبل از هر اقدامی در مورد بافت های تاریخی ضروری می باشد. بدون مشارکت فعال ساکنین، استحکام بخشی این بافت ها با موفقیت همراه نخواهد بود.

موضوع مهم دیگر در فرایند ایمن سازی لرزه ای بافت های تاریخی، انتخاب شایسته و روشمند سطوح مداخله کالبدی بود که با توجه به میزان اهمیت بناها، اولویت های مقاوم سازی، آسیب پذیری های استخراج شده از روش تحلیل آسیب پذیری و چشم انداز در نظر گرفته شده برای بناها، سطوح هدف عملکردی مناسبی برای آنها انتخاب گردید.

اجرای فرایند ایمن سازی بافت تاریخی، مستلزم فراهم بودن بستر آن است. جهت شناخت بستر مقاوم سازی نیاز به شناسایی نقاط قوت و ضعف موجود در بافت و فرصت ها و تهدیدهای پیش روی آن و ساکنین می باشد. بافت تاریخی تنها در سازمان کالبدی آن خلاصه نمی گردد، بلکه ساکنین آن نیز بخش مهمی

پی نوشت ها

- 11 Soil.
- 12 Fragility Curves.
- ۱۳ تصویب شده از طرف کمیسیون اروپا جهت حفاظت بافت های تاریخی اروپا و حوزه دریای مدیترانه
- 14 Rhodes.
- 15 Nocera .
- ۱۶ Umbria (نام منطقه ای در کشور ایتالیا).
- 17 Latipur.
- ۱۸ فرم های پیمایش میدانی در قالب فایل های Excel برای مبتکران روش FAMIVE، دکتر Dana D' Ayala و دکتر Viviana Novelli از اساتید محترم دانشگاه Bath انگلستان ایمیل گردید و ایشان نتایج تحلیل آسیب پذیری را استخراج و ارسال نمودند.
- 19 Global.
- 20 Prevalent.
- 21 Local.
- 22 Final Vulnerability .
- 23 Vulnerability Index.
- 24 Damage Index .
- 25 Operational.

فهرست منابع

- ادیب، احمد و فاطمی عقدا، سید محمود و مهرنهاد حمید (۱۳۸۵)، نقش پهنه بندی لرزه ای در توسعه استان یزد، اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، یزد.
- بنیاد مسکن انقلاب اسلامی یزد (۱۳۸۷)، طرح بهسازی بافت با ارزش روستای نایبند، یزد.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (۱۳۸۵)، دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود، نشریه ۳۶۰، ص ۸.
- کرامتی ابوالقاسم و آل رسول، سهیل (۱۳۸۳)، مقایسه روش های طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

D' Ayala D., Novelli V. (2010), *DELIVERABLE D8: Review and validation of existing vulnerability displacement-based models*, University of Bath.

D' Ayala, D., Speranza, E. (2002), *An Integrated Procedure For The Assessment Of Seismic Vulnerability Of Historic Buildings*, Department

۱ شتاب ناشی از زمین لرزه که به صورت درصدی از شتاب ثقل زمین ($g=9.8$ m/s²) بیان می گردد و در مباحث طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله از این پارامتر بهره گرفته می شود.

2 Peak Ground Acceleration.

3 Collapse Load Factor.

4 Sample.

۵ نحوه جمع آوری اطلاعات بر حسب مشاهده بصری در سایت، پیمایش سیستماتیک (کمی و کیفی)، پیمایش همراه با اندازه گیری در خصوص بناهای خاص و تست های درجا و آزمایشگاهی طبقه بندی می گردد.

۶ سطح اطلاعات مورد نیاز برای روش ها شامل ضروری (در حالتی که اطلاعات ورودی برای عملکرد روش ضروری می باشند)، تکمیلی (در حالتی که دقت خروجی روش را افزایش می دهند) و معتبر (در حالتی که دقت خروجی و روش قابلیت اطمینان آن را افزایش می دهند) می شود.

۷ قابلیت اطمینان توسط کمیت و کیفیت اطلاعات به دست آمده از ساختمان های پیمایش شده (گونه شناسی، مصالح، فرم، ابعاد و جزئیات ساختمانی) تعیین می گردد. برای بافت های تاریخی نظر به این واقعیت که هدف، ارزیابی مجموعه های پیچیده است و به دست آوردن سطح بالای اطمینان در جمع آوری اطلاعات به سادگی مقدور نیست به همین دلیل پهنه ترین حالت برای پروژه، رسیدن به سطح متوسط قابلیت اطمینان با کاهش عدم قطعیت ها از اطلاعات جمع آوری شده به روش مشاهده ای و پیمایش های سیستماتیک و به وسیله برقراری تعادل بین زمان و هزینه حاصل می شود.

۸ در ارزیابی صورت گرفته در مقیاس منطقه ای باید به این نکته توجه داشت در زمان رخداد زلزله، اثر متقابل اجزای سازه ای و خاک بستر یکدیگر در نظر گرفته شود. برخی از روش های ارزیابی با فرض اینکه خاک بستر مستحکم تر از خود سازه است، اثر آن را نادیده می گیرند.

۹ خروجی روش ها بستگی به نحوه ارزیابی روش دارد. اگر روش متعلق به رویکردهای کیفی (تجربی) باشد، نتیجه آن به صورت کلاس های خسارت (Damage Classes) بیان می گردد. در حالتی که رویکرد کمی (تحلیلی) باشد، خروجی آن به صورت نیروی جانبی یا جابه جایی جانبی (Lateral Force/Lat-eral Drift) ارائه می شود.

۱۰ ضریب اطمینان روش های ارزیابی آسیب پذیری بر حسب میزان جزئیات ثبت شده از اجزای سازه ای ساختمان های تحت پیمایش، خصوصیات مصالح و در نظر گرفتن تأثیر بارهای وارده بر زمین و عکس العمل خاک تعیین می گردد. هرچه میزان جزئیات برداشت شده بیشتر باشد (نظیر مدل سازی های کامپیوتری) از یک سو ضریب اطمینان روش بالاتر می رود و از سوی دیگر بر زمان جمع آوری اطلاعات افزوده می گردد و بنابراین به کارگیری روش در مقیاس بافت مناسب نمی باشد.

SEAOC (1995), *Vision 2000 - A Framework for Performance Based Earthquake Engineering*, Vol 1, SEAOC Vision 2000 Committee, California.

Tabas-news.blogfa.com

of Architecture and Civil Engineering, University of Bath.

FEMA (1997), *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency (FEMA), Doc. No. 273, Washington.