

انتخاب روش های سیستم بهینه برای بهبود لرزه ای و افزودن عمودی

ساختمان های موجود

چکیده: این مقاله، روش جدیدی برای انتخاب راه حل مطلوب بهبود لرزه ای ساختمان های بتون آرمه موجود برای ارتفاع زیاد ساخت و ساز بنایی است که با استفاده از سه روش تصمیم گیری چند معیاری متفاوت (MCDM)، (یعنی روشهای VIKOR, ELECTRE, TOPSIS) اجرا شده است. این کاربرد روش با اشاره به دو بررسی موردی می باشد. اولین مداخله بر روی یک سازه بتن آرمه مقیاس سه بعدی کامل انجام گرفت که با دستگاه های حفاظت لرزه ای متفاوتی و اساسا بر مبنای بر مصالح فلزی بود که عملکرد آن به طور آزمایشی در پروژه تحقیقی قبلی، مورد ارزیابی قرار گرفت. تمامی روشهای بکار رفته MCDM، نتیجه مشابهی ارائه کرد که نقش اصلی آن توسط پنل های برشی آلومینیوم برای بهبود لرزه ای سازه تحلیل شده، ایفا می گردد.

از سویی دیگر، سیستم های ساخت سنتی و ابداعی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت تا تعداد طبقات ساختمان های بنایی موجود، افزایش یابد. بازدهی این مداخله ها در بهبود رفتار ساخت اصلی، در یک ساختمان اصلی جنوب ایتالیا، مورد بحث قرار گرفته است. نتایج بررسی که با استفاده از سه روش MCDM بدست آمده است به عنوان نتایج راه حل مطلوبی می باشد که به عنوان راه حل مطلوبی محسوب می شود که با بکار بردن سه روش تصمیم گیری چند معیاری متفاوت (MCDM) (یعنی روشهای VIKOR, ELECTRE, TOPSIS) حاصل شده که همواره راه حل هایی مشابه راه حل های برندگان رقابت ارائه می کند.

به طور کلی، نقش اصلی این مقاله در زمینه مداخله اصلاح سازه ای، با استفاده از سه روش MCDM می باشد که هر کدام هم از نظر مبنای نظریه ای و هم نتایج ارائه شده، متفاوت می باشد. سه رده بندی بین گزینه های موجود ارائه کند که با بیشترین قطعیتی راه حل های ارتفاع زیاد و تحکیم مطلوب ارائه کند.

2- روش های تصمیم گیری چند معیاری (MCDM):

روش های تصمیم گیری چندمعیاری (MCDM)، ابزارهایی ریاضیاتی می باشند که حل یک مساله تصمیم را از طریق انتخاب جایگزینی راه حل مطلوب یک تعداد معیار، امکان پذیر می سازد. بنابراین، یک تحلیل چند

معیاری، شامل فرمول بندی گزینه تسهیلات یک مداخله طبق بیشترین معیار است که به طور مستقل یا در تعامل با هم مورد بررسی قرار گرفته اند. تمامی مسائل تصمیم در رابطه با یک ارزیابی چندمعیاری با در نظر گرفتن عوامل زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است:

- یک «هدف» یا یک مجموعه «هدف» که هدف کلی که باید حاصل شود را نشان می دهد.
- یک تصمیم گیرنده (DM) یا یک گروه تصمیم گیرنده (DMS) که در فرآیند انتخاب نقش دارند که مسوول فرآیند ارزیابی می باشند یک مجموعه راه حل های تصمیم که عوامل اصلی می باشند و راه حل هایی که همزمان کمترین فاصله از A^+ و بیشترین فاصله از A^- را دارند. اولین مرحله کاربردی این روش، نیاز دارد که ماتریس تصمیم D ، از اجزای بی بعد تشکیل شود تا هریک از معیارهای دیگر با واحدهای متفاوت را مقایسه کند. این، یک ماتریس R ایجاد می کند که از پارامترهای Y_{ij} تشکیل یافته که به صورت زیر محاسبه می شود:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n a_{kj}^2}} \quad (1)$$

در حالیکه a_{ij} اجزای ماتریس تصمیم می باشند. به این ترتیب تمامی اجزای ماتریس، بدون واحدهای ارزیابی می باشند. پس در ماتریس تصمیم موزون V که از اجزای V_{ij} تشکیل یافته است و با ضرب اجزای V_{ij} برای بردار وزن معیار W_j طبق رابطه زیر بدست آمده است:

$$v_{ij} = \omega_j \times r_{ij} \quad (2)$$

پس از آن، این روش نیاز دارد که دو راه حل ایده آل را ارزیابی کنیم. تمام راه حل های در نظر گرفته شده با دو راه حل ایده آل، به عنوان نقاط مجازی در فضای بردار در نظر گرفته می شوند که مختصات آنها، عملکردشان در برابر معیار ایجاد شده می باشد. بنابراین، فاصله ها از هر راه حل و و ایده آل، محاسبه می شود. پس فهرست عملکرد بین راه حل هایی که ایجاد شده است، پارامترهای زیر را در نظر می گیرد:

$$\begin{aligned} S_{i+} &= \sqrt{\sum_{j=1}^m j(v_{ij} - v_{j+})^2} \quad \text{per } i = 1, 2, \dots, n \\ S_{i-} &= \sqrt{\sum_{j=1}^m j(v_{ij} - v_{j-})^2} \quad \text{per } i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (3)$$

راه حلی می توان تعریف کرد که اگر راه حل دیگری وجود داشته باشد که بهتر از آن به یک یا چند معیار پاسخ دهند. این روش شامل مقایسه های بایندی بین راه حل ها با توجه به هر معیار می باشد، این مجموعه روابط می

تواند کامل باشد یا ناقص باشد، وقتی که DM هیچ اولیونی برای راه حلی به نسبت راه های دیگر نداشته باشد.

$$C_{i^+} = \frac{S_{i^-}}{S_{i^-} + S_{i^+}} \quad (4)$$

$$C_{kp} = \sum_{j \in C_{kp}} \omega_j \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

کاربرد این مدل به صورت مراحل ساده ای می باشد که مشابه مراحل روش TOPSIS می باشد. به عنوان اولین مرحله، ماتریس تصمیم، با اجزای بدون بعد طبق رابطه 1 نشان داده می شود. پس از آن، ماتریس تصمیم موزون، براساس عبارت 2 محاسبه می شود که مقادیر V_{ij} ارائه می کند. سپس مجموعه همگرایی C_{kp} و مجموعه واگرایی D_{kp} تعیین می شود. مجموعه همگامی یک راه حل A_{i^+} با توجه با A_p جایگزین از معیاری تشکیل یافته است که پارامتر V_{pj} از ماتریس V ، بیشتر مقدار V_{pj} مطابق آن می باشد. بنابراین، شاخص همگرایی C_{kp} به صورت مجموع معیار وزن هایی است که در مجموعه همگامی لحاظ شده است:

از سویی دیگر، شاخص واگرایی D_{kp} از معادله زیر بدست می آید:

$$d_{kp} = \frac{\max_{j \in D_{kp}} |y_{kj} - y_{pj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{pj}|} \quad (6)$$

شاخص همگرایی، اهمیت راه حل A_{i^+} با توجه به راه حل A_p را نشان می دهد درحالیکه شاخص واگرایی، معنایی متفاوت دارد. بنابراین، تعیین دیگر پارامترهای آستانه ای که برای ایجاد رابطه بهتر اعمال شده، ایجاد شده است. این پارامترها، آستانه همگامی S_c می باشند:

$$S_c = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n \sum_{p=1}^n C_{kp} \quad (7)$$

و آستانه اختلاف S_d به صورت زیر بیان می شود:

$$S_d = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n \sum_{p=1}^n d_{kp} \quad (8)$$

رابطه برتر به صورت زیر بیان می شود:

$$c_{ip} \geq S_c \text{ and } d_{ip} \leq S_d \quad (9)$$

رابطه دوم، ماتریس دیگر E ایجاد می کند که یا مواردی که بر بقیه موارد، غالب است را اختصاص می سازد یا یک گروه جایگزین که تحت تاثیر باقی مانده می باشد را حذف می کند. این ماتریس با قرار دادن یک ماتریس و دست کم ماتریس برتر که باید حذف شود ایجاد می شود چون این راه حل ها بر راه حل های دیگر غلبه دارد. بنابراین، رده بندی جایگزین که به عنوان نتایج نهایی یک روش می باشد را می توان فرمول بندی کرد و جواب بهینه همچون تعداد کمتر اجزای واحد را می توان اختصاصی کرد. در نهایت هم، روش VIKOR (رده بندی مربوطه) براساس تعریف سه پارامتر اسکالر است که رده بندی جایگزین را شکل می دهد. اول اینکه عملکردهای بهینه (aj^+) و بدترین (aj^-) هر راه حلی در برابر معیار مشابه j تعریف شد. پس از اینکه این عملکردها شناسایی شد، محاسبه پارامترهای اسکالر R_i, S_i به صورت زیر انجام می شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^m \frac{\omega_j (a_j^+ - a_{ij})}{a_j^+ - a_j^-}; \quad R_i = \max_j \left[\frac{\omega_j (a_j^+ - a_{ij})}{a_j^+ - a_j^-} \right] \quad (10)$$

در حالی که w_j وزن معیار را نشان می دهد. دو پارامتر اسکالر بالا برای هر راه حل، پارامتر اسکالر C_s به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Q_i = v \frac{S_i - S^+}{S^- + S^+} + (1 - v) \frac{R_i - R^+}{R^- + R^+} \quad (11)$$

where

$$\begin{aligned} S^* &= \min_i S_i; & S^- &= \max_i S_i; \\ R^* &= \min_i R_i; & R^- &= \max_i R_i; \end{aligned} \quad v = 0.5 \quad (12)$$

بنابراین، با توجه به G_i ، رده بندی جایگزین ایجاد شده و گزینه یا راه حل مطلوب که راه حل متناسب A' نام دارد و کمترین سطوح G_i را دارد، بدست آمد.

3- انتخاب سیستم بهینه برای بهبود لرزه ای یک سازه بتن آرمه واقعی:

3-1- عملیات آزمایشی ILVA-IDEM : احتمال افزایش دانش در زمینه بهینه سازی ساختمان های بتن آرمه موجود، هدف اصلی فعالیت آزمایشی است که گروه تحقیق به رهبری M.Mazoluni در زمینه یک سازه واقعی که در آسیاب فولاد از Bagoli در پنا از واقع شده و در معرض نابودی است ارائه شده است.

هدف از عملیات آزمایشی، که ILVA-IDEM نام دارد هم این است که هر روش بهسازی متفاوت سازه های موجود را اساسا بر مبنای مصالح فلزی به ارزیابی کرده و با یکدیگر مقایسه کند. جزئیات محتوای این فعالیت نظری و عددی و آزمایشی گسترده در [5] گزارش شده است. سازه های اولیه طوری طراحی شده تا در برابر هیچ بار افقی، پایدار بماند، چون زمانی ساخته شده که منطقه Bagnoli به عنوان یک منطقه آسیب پذیر در برابر زلزله، شناخته نشده بود. به این دلیل، سازه طوری طراحی شده بود که صرفا در برابر بارهای عمودی پایدار بماند. این ساختمان (تصویر 1) به یک شکل پلان مستطیلی طویل ($41/6m \times 6/50m$) داشت و دو طبقه بود که ارتفاع طبقه اول و دوم از زمین به ترتیب $3/55$ متر و $6/81$ متر بود. آن از 26 تیر و ستون 30×30 سانتی متر ساخته شده بود که صرفا حول محیط اطراف ساختمان قرار گرفته بودند و طبقات مخلوط سفال توخالی- تیرچه بتن آرمه ای را حفظ می کرد. تیرهای T در عوض به عمران پس های سازه ای بکار رفت.

به منظور افزایش تعداد سازه های بالقوه ای که باید با راه حل های بهسازی متفاوتی، آزمایش شوند، بتن قالبی در طبقه اول و دوم برش یافت. بنابراین برای دست یابی به شش سازه ساده جداگانه در زیر واحدی بود باید تحلیل گردد. قبل از برش بتن قالبیریل هم بخش های داخلی و هم روکش فلزی بیرون ساختمان برداشته شدند. هفت روش متفاوت بهسازی که راه حل هایی برای بهسازی زیر واحد سازه ای دارند شامل موارد زیر می باشد: 1- جداسازی پایه با لنگرهای لاستیکی (B1) (A1) 2- کاهش مهاربندی محدود (A2)



Fig. 1. The building tested within the ILVA-IDEM research project before experimentation.

شکل 1

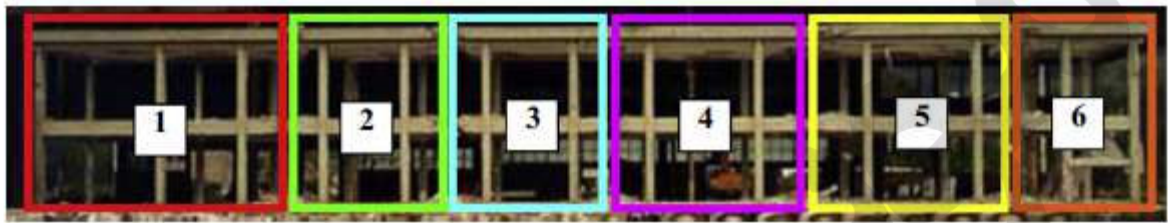
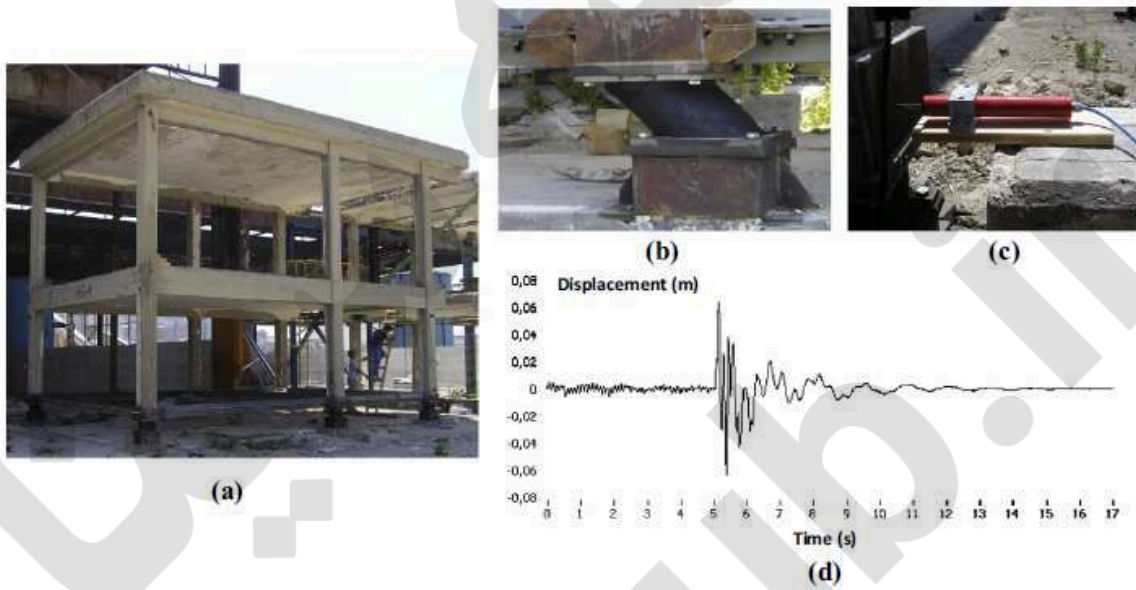


Fig. 2. Techniques under study: (1) BI; (2) BRB; (3) C-FRP; (4) EB; (5) SMA, SSP and ASP.

شکل 2



شکل 3

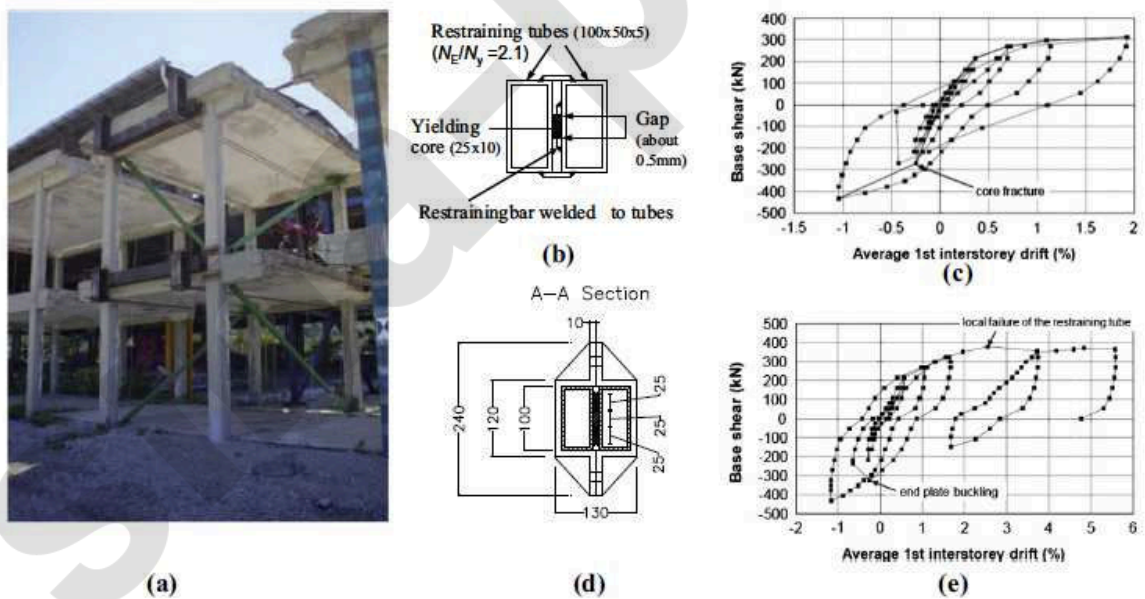


Fig. 4. The structure equipped with BRB (a): BRB type 1 (b), results of the test n. 1 (c), BRB type 2 (d) and results of the test n. 2 (e).

شکل 4

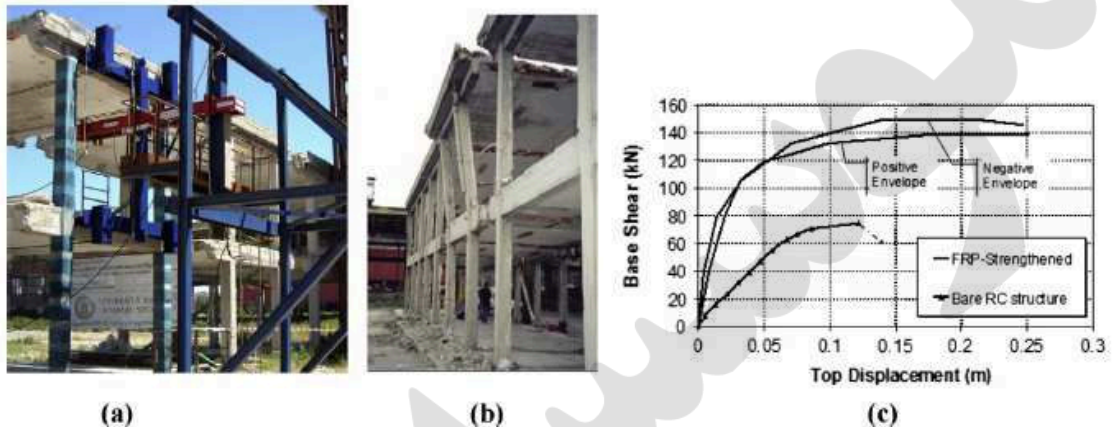


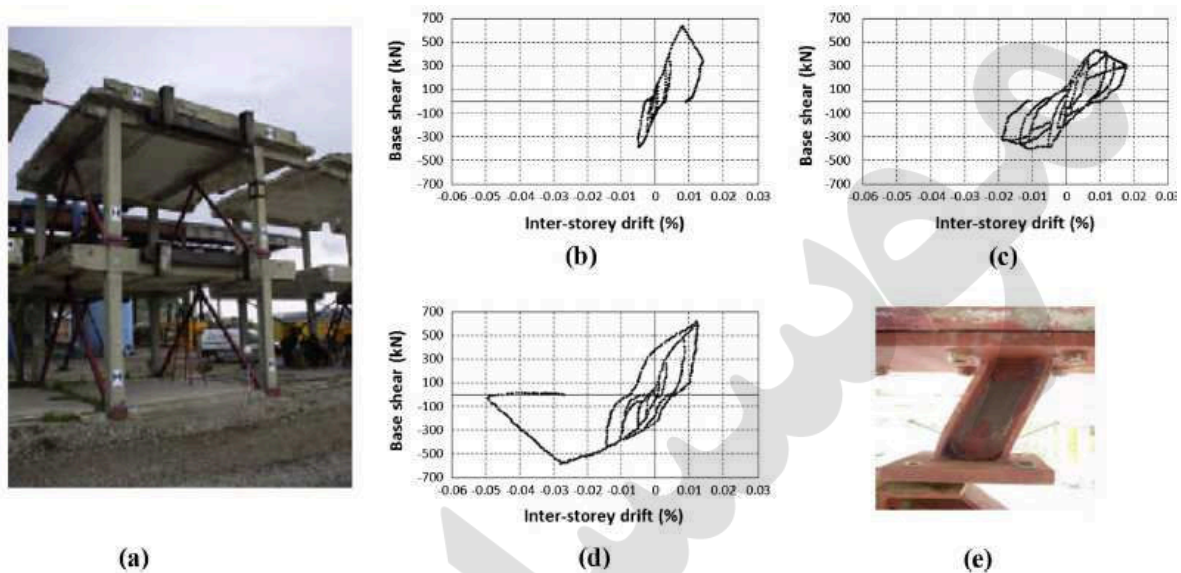
Fig. 5. The structure retrofitted with C-FRP (a), the collapse mechanism of the bare structure (b) and the summary of test results (c).

شکل 5

3- پلیمرهای تقویت شده کربن-فیبری (A5) 4- مهارهای متمرکز (G-FRP-A3) 5- شیب مهارهای آلیاژها
6- پنل های ورودی آلیاژی 7- پنل های بر آلومینیوم (A5P)

هر روش متناسب با یک زیر واحد سازه ای می باشد که در تصویر 2 مشاهده می کنیم که واضح است که مدول ششم، راه پله ساختمان قرار گرفته و هیچ ابزاری محافظت در برابر لرزه گنجانده نشده است. سیستم جداسازی بستری برای آزمایشات لرزش آزاد و آزمایشات لرزش محیط بود. با تفاوت با روش های دیگر، سیستم مهاربندی SMA هم به لحاظ آماری و هم دینامیکی مورد بررسی قرار گرفته (آزمایشات لرزشی).

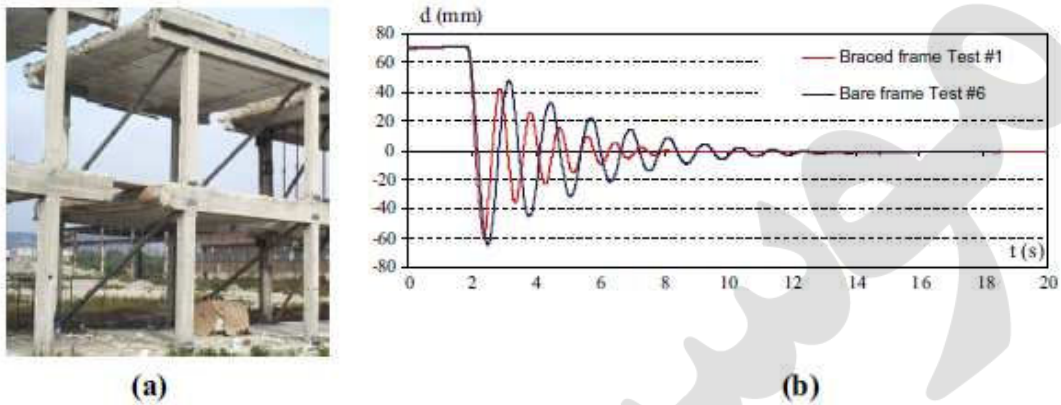
در زیر، خلاصه ای از نتایج آزمایش ارائه شده که یک مقایسه نهایی بین آنها را امکان پذیر می سازد. اول اینکه سیستم تفکیک پایه با لنگرهای پلاستیکی مقطع دایره ای، با برش اولیه پایه های ستون طبقه همکف و با اتصال انتهای آنها ه مهارهای فولادی X شکل وارد شده است تا یک نمودار بستر سخت ایجاد کند. آزمایشات لرزه آزاد هم در سازه اصلی و هم بستر جداشده آن ایجاد شد.



شکل 6

سازه بستر جدا شده و ماکسیمم تغییر شکل جانبی لنگرهای پلاستیکی و مبدل جابجایی و جابجایی های سازه ای ارزیابی شده طی آزمایشات را نشان می دهد. نمودار 4a، زیرسازه ای که مجهز به BRB می باشد و دو تا می باشد را نشان می دهد اما برای هرطبقه، پلان های عمودی متفاوتی دارند. BRB آزمایش شده صرفاً از نوع فولادی است و هسته آن یک ورقه فولادی جداگانه ($25\text{mm} \times 10\text{mm}$) و دو لوله مستطیلی فولادی مهر ($100\text{mm} \times 50\text{mm} \times 5\text{mm}$) دارد. [6]. دو آزمایش انجام گرفت که صرفاً از نظر برخی جزئیات بخش های انتهایی مرکز تسلیم، متفاوت بودند [7و8]. اولین نوع BRB که آزمایش شد در نمودار 4b آمد و درحالی که نمودار جابجایی نیروی مطابق آن در نمودار 4c آمده است. نوع دوم BRB که آزمایش شده، طوری تنظیم شده که برای بررسی و نظارت هدف آزمایش در دسترس باشد و در نمودار 4d آمده است. نمودار جابجایی نیرو که از آزمایش دوم بدست آمده در نمودار 4e آمده است.

زیرسازه ای که با C-FRP مقاوم سازی شده است، در نمودار 5a رسم شده است. سیستم مقاوم سازی از نوارهای طولی کشیده شده C-FRP تشکیل یافته که به طور بیرونی به ستون های بتن آرمه ای و ورقه های محصور شده C-FRP عرضی متصل شده اند. زیر سازه بتن آرمه اصلی، تحت یک افزایش یکنواخت جابجایی سقف، مورد آزمایش قرار گرفت، در حالی که سازه بالاتر تحت واژگونی بار، آزمایش شد. نمودار 5b، مکانیسم های تاب خوردن یا نوسان تیروستون که زیرساز بتن آرمه اصلی ارائه می کند را نشان میدهد. تصویر 5c، مقایسه ای از واکنش بین سازه اصلی و سازه بهسازی شده می باشد.



شکل 7

نمودار 6a، گونه شناسی سیستم EB که برای اهداف بهسازی لرزه ای، سازگار شده است را نشان میدهد. سه آزمایش با استفاده از قاب بتن آرمه مشابهی انجام گرفت اما مقطع اتصال و برخی دتایل های اتصال، تغییر کرد. در اولین آزمایش، خرابی اتصال پیوند پایه قطری هم خرابی بر بتن و هم زمانه های اتصال به تغییر شکل های آهسته اتصال می باشد. بنابراین، اتصال در مقاومت بیشتر فشار به نسبت مقاومت گزارش شده بیشتر است. در نهایت در آزمایش سوم، که در مبنای بررسی قبلی هم مشاهده شد، بررسی ها [10] یک شکل خمیری در اتصال تیر به قطر باید اتصالی بدست آمد. پاسخ های آزمایشی آزمون ها n.1 و n.2 و n.3 به ترتیب در نمودار های 6b,c,d آمده است.

بعدا، گروه تحقیقی دانشگاه Basilicatg براساس نتایج بررسی های قبلی [11]، بازدهی مهاربندی مبتنی بر niti sma برای اهداف بهسازی را اثبات کردند. این فعالیت در جا شامل آزمایشات تناوبی و pusj-over و آزمایشات آزاد شدن بود. نمودار 7a، مهارهای SMA که روی سازه نصب شده است را نشان میدهد. نمودار 7b نتایج را از نظر نمودار زمانی - جابجایی برای طبقه بالا که آزمایش لرزش آزاد سازی بروزرسانی شده است نشان می دهد که ابتدا در جهت مهار کشیده شده است و سپس آزاد گذاشته شده که حرکت کند. در همان تصویر، کاهش جابجایی و افزایش میزان سازه بهسازی شده با توجه به زیرسازه بدون روکش، نشان داده شده است.

پنل های برشی (sp) که از آلیاژ آلومینیوم [12 و 13] و فولاد [14 و 15] ساخته شده اند. به عنوان سیستم بهسازی برای زیر سازه ای که در تصویر 8a مشاهده می شود، بکار رفته است. پس از یک تقویت مناسب سازه بتن آرمه بدون روکش [16 و 17] به یک جفت پنل برشی بوسیله قاب های فولادی متصل شده اطراف آن، وارد

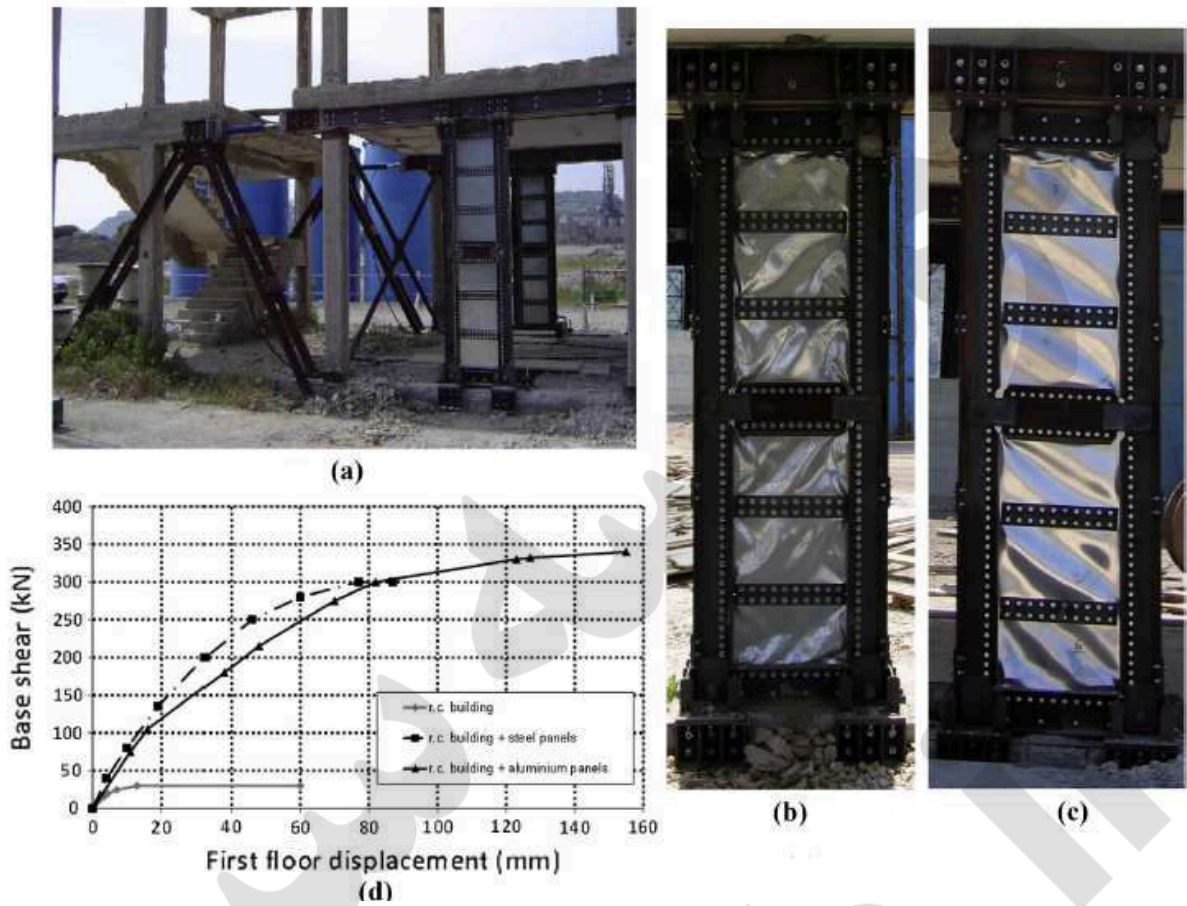
قاب طبقه همکف شده است. (تصویر 8b,c). بازدهی مداخله بهسازی توسط دو آزمایش متناوب، اثبات شد. (تصویر 8d) [18] که نتایج آن نشان می دهد که اتلاف انرژی سازه ای که با پنل های برشی آلومینیومی بهسازی شده است، رضایت بخش تر از سازه ای است که با ورقه های فولادی بهسازی شده که به علت خصوصیات هیستریک مالی آلیاژهای آلومینیوم بکار رفته می باشد. [20 و 19] تصویر 9، مقایسه ای از نتایج آزمایش در پنج سیستم بهسازی (ASP, SSP, BRD, EB, C-FRP) را نشان می دهد که گروه تحقیقی دانشگاه ناپلز آن را بررسی کردند و همچنین بهبود واکنش سازه هایی که بهسازی شده اند را با توجه به سازه بتن آرمه معمولی نشان می دهد. در واقع این چهار سازه بتن آرمه که مورد آزمایش قرار گرفت، از نظر ابعاد آنها در پلان تا اندازه ای متفاوت بود اما واکنش بار جانبی آنها با چهارستون مقطع مربع، در اصل تقویت شد. چنانکه مشاهده و پیش بینی می شود، مهاربندی های فولادی هم EB و هم BRB و پنل های برشی به طور کلی می توانند افزایش زیادی در سختی و استحکام ایجاد کنند در حالی که سیستم C-FRP ظرفیت جابجایی جانبی سازه را افزایش می دهد اما افزایش اندکی در مقاومت آن (حدود 2 برابر) ایجاد می کند. بهرحال نوع دوم BRB آزمایش شده به یک ماکسیمم جابجایی می رسد که تقریباً مساوی با ماکسیمم جابجایی سازی بهینه سازی شده C-FRP می باشد. در نمودار 9، وقوع یک گسیختگی شکننده با یک سازه مشخص شده است. حداکثر افزایش در ظرفیت حمل بار با EB حاصل می شود که یک برش بستر از 5/5 تا 8 برابر بیشتر از ساختمان معمولی می باشد. در مورد BRB، این افزایش تقریباً 4/25 برابر است که بسیار مشابه مورد SP می باشد.

2-3- راه حل ها و معیارهای مورد استفاده یا در مساله تصمیم مربوط به پروژه ILVA-IDEM : جواب هایی که سطرهای ماتریس تصمیم را نشان می دهند که در بخش قبلی بیان کردیم. برعکس، هفت معیار عملکرد هم در نظر گرفته شدند که به معیار کلی تمایزی می یابند که گزینه کلی را با یک عدد و معیار کیفی را با ارزیابی شفاهی نشان می دهند که به منظور گنجاندن در ماتریس تصمیم D، به اعداد تبدیل شده اند. این معیار کمی به صورت زیر می باشد:

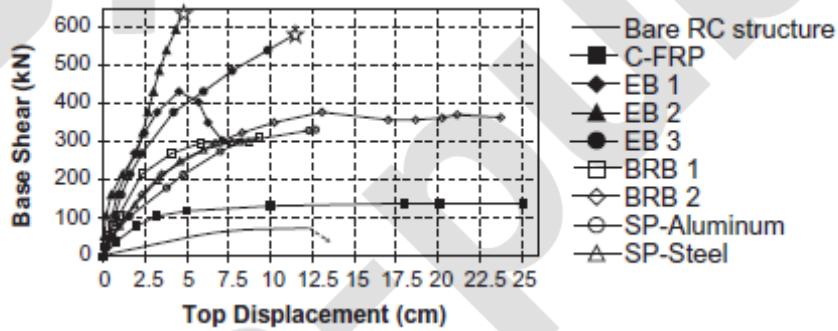
1- هزینه مداخله که همواره زمانی لحاظ می شود که طراحی بهسازی صورت گرفته باشد و این معیار هزینه است که باید تا حد ممکن کاهش یابد. 2- کاهش آسیب پذیری که به صورت نسبت بین ماکسیمم PGA که در سازه بازسازی شده، و سازه عادی، حفظ شده است که معیار مفیدی است که باید تا حد ممکن افزایش یابد.

از سویی دیگر، معیار کیفی به صورت زیر می باشد:

- 1- در دسترس بودن مداخله که تمامی اجزاهایی که برای درک مداخله صورت می گیرد دریافت می کند که به نام های موجود بودن و دسترسی نیروی کار، مصالح و فناوری است. و معیار مفیدی است و اولویت های DMS را به صورت قضاوت های شفاهی بیان می کند و باید به اعداد تبدیل شده تا در ماتریس دوم گنجانده شود. 2-
- آسیب به ساکنان ، وقتی معیار ضروری است که اگر مورد استفاده باشد معیاری ضروریست که تغییر تولید با حذف از بین رود یا کاهش می یابد
- 3 - قابلیت محاسبه ضروری و زیبایی شناسی و کاربردی اجزای زیبایی شناسی: اجزای زیباشناسی و کارکرد مداخله که زمانی که سازه برای اهداف مسکونی بکار رود، از نظر شفاهی معیار موازنه مفیدی تولید می کند.
- 4- برگشت پذیری که قابلیت یک گزینه برای حذف از ساختمان در زمانی که مداخله های دیگر مورد نیاز می باشند، تعریف می شود. این معیار مفیدی استو بنابراین، تکنیک هایی که این پیش شرط را داشته باشند، در اولویت قرار می گیرند.
- 5- محافظت در برابر آسیب که به نیاز برای حفظ یکپارچگی ابزارهای محافظت در برابر زلزله در کل طول عمر سازه اشاره دارد. بین راه حل های مختلف، راه حلی که هم امنیت بهتر طی زمان ارائه کرده و هم واکنش ظرفیت ثابتی ایجاد می کند، باید در نظر گرفته شود که معیار مفیدی می باشد.



شکل 8



شکل 9

Table 1
Weights of criteria for seismic upgrading of an existing RC structure.

Criterion		Weight (%)
Cost	C1	7.00
Feasibility	C2	5.00
Disturbance to occupiers	C3	20.00
Functional and aesthetic compatibility	C4	10.00
Reversibility	C5	35.00
Vulnerability reduction	C6	20.00
Protection from damage	C7	3.00

جدول 1

3-3- بردار وزن معیار و ماتریس تصمیم: تمامی روش های MCDM، به دو عامل برای اجرا نیاز دارند: یکی عامل انتقال وزن که اهمیت برای معیار متفاوت را نشان می دهد و دیگری ماتریس تصمیم که اهمیت راه حل های جداگانه برای معیار مربوطه را نشان میدهد.

در این مورد تحلیل، وزن های معیار با استفاده از روش AHP که Saaty توسعه داده است، تعیین شده اند. (جدول 1) [21] وزن های معیار توسط نویسندگانی تعیین می شود که اهمیت زیادی برای برگشت پذیری با جریان پذیری در نظر می گیرند چون این پیش شرط در پایه چارچوب های بازسازی مدرن قرار دارد. پس از آن ، صدمه به افراد و کاهش آسیب پذیری، معیار است که بیشترین مورد است. از سویی دیگر، هزینه مداخله، صرفا با یک وزن 7% ، به عنوان معیار بسیار مهمی در نظر گرفته نمی شود چون بیشتر به توسعه عملکرد لرزه ای ساختمان ، توجه می گردد.

Table 2
The decision matrix *D* for the seismic upgrading problem of an existing RC structure.

Alternative	Criterion							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Base isolation	A1	€ 36,359.66	0.024	0.317	0.036	0.025	2.450	0.404
Buckling restrained bracings	A2	€ 2649.22	0.039	0.069	0.321	0.154	2.420	0.074
Carbon fibre-reinforced polymers	A3	€ 42,821.28	0.167	0.296	0.058	0.044	1.000	0.028
Eccentric bracings	A4	€ 1537.68	0.083	0.059	0.097	0.114	2.560	0.187
Shape memory alloy bracings	A5	€ 49,000.00	0.058	0.034	0.100	0.084	2.680	0.065
Steel shear panels	A6	€ 12,466.85	0.324	0.114	0.196	0.276	2.140	0.129
Aluminium shear panels	A7	€ 13,010.83	0.305	0.110	0.192	0.303	2.430	0.114

جدول 2

Table 3
The matrix *R* (RC structure – TOPSIS method).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.4737	0.0495	0.6712	0.0797	0.0542	0.4023	0.8281
A2	0.0345	0.0789	0.1461	0.7136	0.3322	0.3974	0.1518
A3	0.5579	0.3430	0.6276	0.1293	0.0943	0.1642	0.0566
A4	0.0200	0.1695	0.1258	0.2158	0.2468	0.4204	0.3827
A5	0.6384	0.1186	0.0730	0.2215	0.1820	0.4401	0.1331
A6	0.1624	0.6629	0.2415	0.4349	0.5962	0.3514	0.2639
A7	0.1695	0.6256	0.2340	0.4277	0.6545	0.3991	0.2328

جدول 3

پس از اینکه معیارهای مختلف، ارزیابی شد، ماتریس تصمیم اجرا می شود که در جدول 2 مشاهده می شود.

3-4- جواب مساله تصمیم :

1-3-4-3 روش TOPSIS: وقتی دو عامل اصلی بالا را تعریف کردیم، ابتدا روش TOPSIS را برای حل مساله تصمیم بکار می بریم. بنابراین از ماتریس D شروع می کنیم. ماتریس R و اجزای بدون بعد را بدست می آوریم (جدول 3) و در نتیجه، ماتریس V هم تعیین می شود. (جدول 4) بنابراین، راه حل ایده آل تعیین شده (جدول 5) و رده بندی جایگزین هم مبتنی بر فاصله هر روش بهسازی از روشهای ایده آل، بیان می گردد. (جدول 6) که پنل های برشی آلومینیومی را به عنوان گزینه بهسازی مطلوبی در نظر می گیرد. در نهایت با توجه به حساسیت تحلیل انجام شده بر پایداری جواب پیدا شده تاکید می شود چون یک معیار قوی (ey) و مقادیر زیاد پارامترهای PT برای معیار دیگر وجود دارد (جدول 7).

2-3-4-3 روش ELECTERE: اول اینکه کاربرد روش باعث می شود به ترتیب ماتریس های R و V را تعیین کنیم که در جداول 8 و 9 گزارش شده است. مرحله نهایی این روش به منظور تعریف ماتریس E امکان پذیر می باشد که راه حلی برای مساله MCDM ارائه می کنند. (جدول 10) با توجه به نتایج تحلیل معلوم است که گزینه غلب، A7 می باشد که همان پنل های برشی آلومینیومی می باشد که در روش TOPSIS هم بیان شد. پس از این جواب، اولویت بعدی SPP (در جایگاه دوم) و BRB (جایگاه سوم) و EB,C-FRP,BI (جایگاه چهارم) و SMA (جایگاه پنجم) قرار دارد.

3-3-4-3 روش VIKOR: اولین مرحله روش VIKOR، محاسبه دو پارامتر اسکالر است یعنی R_i و S_i می باشد (جدول 1). پس از آن، تعریف پارامتر دیگر اسکالر G_i برای گزینه می باشد که هم یافتن جواب مساله تصمیم (حداقل مقدار G_i) و هم دسته بندی سیستم های بهسازی مربوطه (جدول 6) را امکان پذیر می سازد. چنانکه در دو مورد تحلیل قبلی مشاهده کردیم، پنل های برشی که از آلیاژهای آلومینیومی ساخته شده اند، راه حل مطلوبی برای حل و ارزیابی مساله MCDM می باشند.

Table 4
The matrix V (RC structure – TOPSIS method).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.0332	0.0025	0.1342	0.0080	0.0190	0.0805	0.0248
A2	0.0024	0.0039	0.0292	0.0714	0.1163	0.0795	0.0046
A3	0.0391	0.0171	0.1255	0.0129	0.0330	0.0328	0.0017
A4	0.0014	0.0085	0.0252	0.0216	0.0864	0.0841	0.0115
A5	0.0447	0.0059	0.0146	0.0222	0.0637	0.0880	0.0040
A6	0.0114	0.0331	0.0483	0.0435	0.2087	0.0703	0.0079
A7	0.0119	0.0313	0.0468	0.0428	0.2291	0.0798	0.0070

جدول 4

4-4-3- ارزیابی دیگر: حتی اگر بررسی های حساسیت با سه روش MCDM بکاررفته انجام شود و نتایج انگیزه بخشی حاصل شود، چون حل مساله تعمیم تحت تاثیر قضاوت های DM قرار دارد، باید تحلیل های بیشتری انجام گیرد. اول اینکه معیار یک به یک به عنوان معیار غالب فرض می شود. (وزن 70٪) و تمامی معیارهای دیگر در رده دوم اهمیت می باشند (وزن 5٪) و بنابراین دو معیار به طور مساوی غالب می باشند (وزن 37/5٪). در حالی که معیارهای باقی مانده، وزن مشابه قابل و چشمپوشی دارند. این تحلیل ها با هر یک از سه روش MCDM بررسی شده ، انجام گرفت. نتایج دو ارزیابی بالا در نمودار 10 آمده است که در روش های TOPSIS و VLVOR شاهدیم که پنل های برشی آلومینیوم، در رده بالا قرار دارند در حالیکه در روش ELECTRE ، روش پیشگام، پنل های برشی فولادی بوده و بلافاصله پس از آن، مهارهای هم مرکز می باشد. با توجه به نتایج نهایی تمام مواردی که از ارزیابی بیشتر بدست آمده، استفاده از سه روش بکار رفته MCDM ، در نمودار 11 خلاصه شده است که درصد هر جواب به عنوان رده بندی بالا ارائه شده است. در همان تصویر، دوباره اثبات می شود که سیستم بهسازی مطلوب سازه بتن آرمه تحت بررسی با پنل های برشی آلومینیوم می باشد. این امر، اطمینان پذیری نتایج بدست آمده در بخش اول بررسی را اثبات می کند.

4- فناوری بهینه برای افزودن عمودی ساختمان های بنایی:

4-1- ارتفاع بسیار زیاد ساختمان های موجود:

روش های MCDM ، برای انتخاب روش بهینه ای برای افزودن عمودی ساختمان های بنایی موجود بکار می رود. یک واحد بنایی سازه ای تنها همه از یک انبوه ساختمانی خطی بدست آمده است، نشاندهنده ساخت و ساز میراثی در پناز در شروع سال 900 می باشد که به عنوان یک بررسی موردی انتخاب شده است . این ساختمان از سنگ های tuff به ضخامت 50 سانتی متر و یک پوشش سطح حدود $120m^2$ تشکیل یافته که در دو طبقه است که ارتفاع نیم اشکوب 4/20m و 3/20m در طبقه همکف و طبقه اول به ترتیب می باشد. مقاومت فشاری و برشی یک بنایی به ترتیب $f_{VR} = 0/10mpa$ و $f_R = 1mpa$ می باشد. یک دید سه بعدی در واحد بنایی بررسی و در تصویر 12a آمد، بیان شده است. واحد بررسی سازه ای نسبت به ارتفاع زیاد، آسیب پذیر است که به دلایل زیر می باشد. 1- دو دیوار برش حمل بار به فاصله 6 متری (کمتر از 7 متر که ماکسیمم حدمجاز برای

ساختمان های جدید می باشد) و نسبت سطح بنایی به سطح ساختمان در دو جهت اصلی، حدهای کدمخفی ایتالیا می باشد [22] که ارائه شده است. 2- سیستم حمل بار افقی که از آجرهای توخالی و پروفیل های فولادی ساخته شده است با یک ورقه مهار شده با تیزهای اتصالات مناسب ساخته شده است که دیافراگم سختی داشته باشد. 3- تیرهای tie که می تواند نیروها را بین دیوارها توزیع کرده و یک رفتار جبهه ساختمانی ایجاد می شود. بنابراین، در این ساختمان بنایی، طرح یک طبقه بسیار کوتاه، قابل درک می باشد که حذف بخش قابل توجهی از ورقه سقف اصلی با کاهش بار های دائم مساوی $1/11KN/m^2$ مرتبط است. به این منظور، فناوری های ساخت افزودن عمودی متفاوت زیر در نظر گرفته شدند:

- الوار ورقه ای چسبنده (تصویر 12b) بتن آرمه (11c) بنایی *tuff* (تصویر 12d) نمودار تشکیل شده سرد (تصویر 12f).

بنابراین، غیر از فناوری های ساخت و ساز (بتن آرمه، سیستم های بنایی و فولادی معمول) وارد ابداع می باشند که با سیستم های فولادی تشکیل شده سرد و سازه های الوار ورقه ای ساخته شده اند. بررسی الوار ورقه ای بر الوار که در بخشی از سقف ها بکار می رود اولویت دارد چون امکان دسترسی به بخش هایی که شکل کلی با نقایص اندکی و عملکرد سازه ای زیادی می باشند را امکان می دهد. احتمال کاهش ابعاد اعضای سازه ای افزودن عمودی باعث شده مواردی از بین آرمه استفاده شود. راه حلی که مکررا برای بهسازی ساختمان های موجود بکار می رود، همان است که براساس اجزای فولادی غلطان گرم بدست آمده که حول قاب های مقاوم گشتاور جاگیر یا پین شده می باشد. در نهایت، یک راه حل ابداعی که کاربرد مواد سبک با انواع سازه ای که بکنواختی بارهای عمودی در دیوارهای بنایی را امکان پذیر می سازد با سیستم های شکل گرفته با سرما، مشاهده می شود. نتیجه بررسی انجام گرفته در این فعالیت تحقیقی این است که از روش های *MCDM* اصلی استفاده می شود که مبتنی بر در بخش قبلی بیان شد تا تصمیم گیرد آیا سیستم ساخت عمودی، عملکرد مطلوبی ایجاد می کند یا نه ؟

Table 5
The virtual alternatives (RC structure – TOPSIS method).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A ⁺	0.0014	0.0331	0.0146	0.0714	0.2291	0.0880	0.0248
A ⁻	0.0447	0.0025	0.1342	0.0080	0.0190	0.0328	0.0017

جدول 5

Alternative				C_i^*
First	A	7	Aluminium shear panels	0.831
Second	A	6	Steel shear panels	0.799
Third	A	2	Buckling restrained bracings	0.586
Fourth	A	4	Eccentric bracings	0.486
Fifth	A	5	Shape memory alloy bracings	0.436
Sixth	A	1	Base isolation	0.176
Seventh	A	3	Carbon-fibre reinforced polymers	0.087

جدول 6

Criteria	Weight	AT	PT (%)	Sensitivity
C1	0.070	0.585	836	0.001
C2	0.050	0.579	1158	0.001
C3	0.200	0.542	271	0.004
C4	0.100	0.640	640	0.002
C5	0.350	0.320	91	0.011
C6	0.200	-	-	-
C7	0.030	0.334	1113	0.001

جدول 7

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.4737	0.0495	0.6712	0.0797	0.0542	0.4023	0.8281
A2	0.0345	0.0789	0.1461	0.7136	0.3322	0.3974	0.1518
A3	0.5579	0.3430	0.6276	0.1293	0.0943	0.1642	0.0566
A4	0.0200	0.1695	0.1258	0.2158	0.2468	0.4204	0.3827
A5	0.6384	0.1186	0.0730	0.2215	0.1820	0.4401	0.1331
A6	0.1624	0.6629	0.2415	0.4349	0.5962	0.3514	0.2639
A7	0.1695	0.6256	0.2340	0.4277	0.6545	0.3991	0.2328

جدول 8

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.0332	0.0025	0.1342	0.0080	0.0190	0.0805	0.0248
A2	0.0024	0.0039	0.0292	0.0714	0.1163	0.0795	0.0046
A3	0.0391	0.0171	0.1255	0.0129	0.0330	0.0328	0.0017
A4	0.0014	0.0085	0.0252	0.0216	0.0864	0.0841	0.0115
A5	0.0447	0.0059	0.0146	0.0222	0.0637	0.0880	0.0040
A6	0.0114	0.0331	0.0483	0.0435	0.2087	0.0703	0.0079
A7	0.0119	0.0313	0.0468	0.0428	0.2291	0.0798	0.0070

جدول 9

Table 10
The matrix E (RC structure - ELECTRE method).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	1	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0
A6	1	1	1	1	1	0	0
A7	1	1	1	1	1	1	0

جدول 10

Alternative	S_i	R_i
A1	Base isolation	0.7787
A2	Buckling restrained bracings	0.3188
A3	Carbon fibre-reinforced polymers	0.9212
A4	Eccentric bracings	0.4057
A5	Shape memory alloy bracings	0.4945
A6	Steel shear panels	0.2366
A7	Aluminium shear panels	0.1718

جدول 11

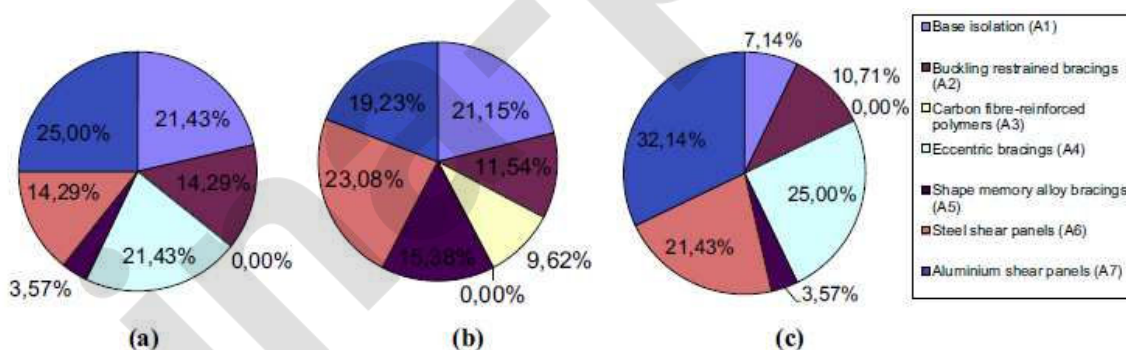
Alternative	Q_i
First	A7 Aluminium shear panels 0.000
Second	A6 Steel shear panels 0.061
Third	A2 Buckling restrained bracings 0.325
Fourth	A4 Eccentric bracings 0.466
Fifth	A5 Shape memory alloy bracings 0.590
Sixth	A1 Base isolation 0.905
Seventh	A3 Carbon fibre-reinforced polymers 0.961

جدول 12

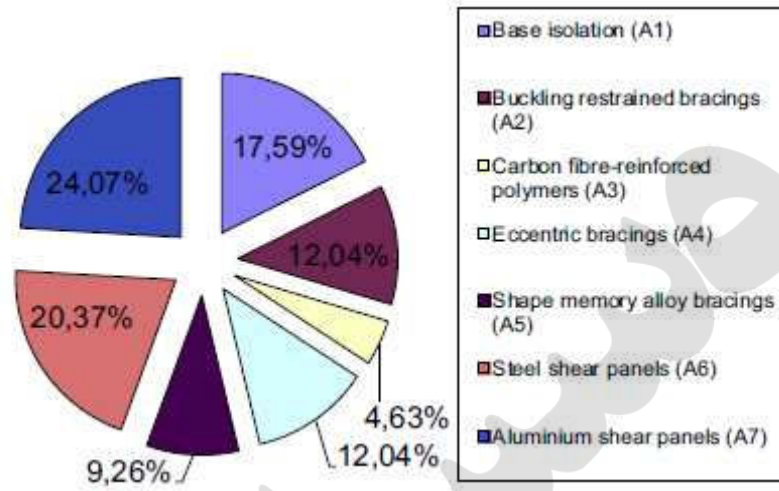
4-2- اجزای اصلی روش های $MCDM$:

گزینه راه حل های $MCDM$ ، روش های مختلفی است که همه ی اهداف توجه عمود است که قبلا بیان شد. در عوض ، درباره معیار مربوطه، مهم است که مدنظر قرار دهیم که نه تنها پارامترهای سازه ای و اقتصادی، بلکه عوامل محیطی مربوط به کاهش آلاینده های ساخت و ساز هم در نظر گرفته شده است. بویژه در کاربرد کنونی، معیار زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

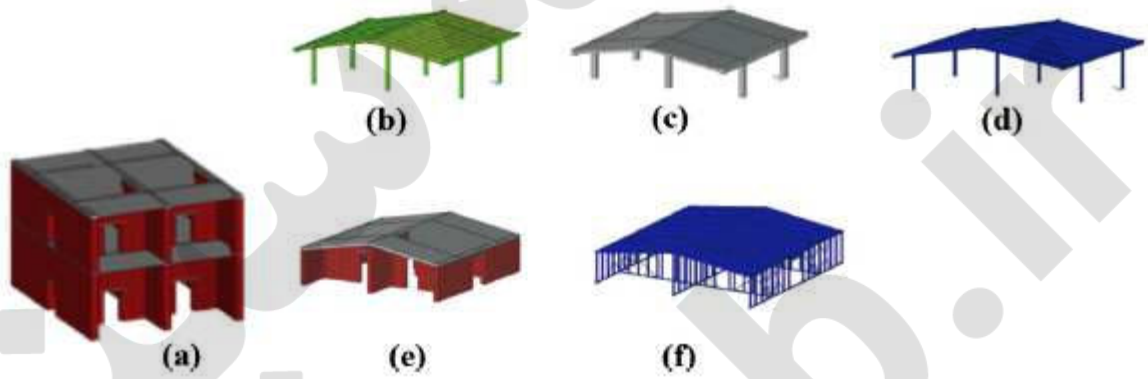
- ارزیابی طول عمر (LCA) که روش تحلیلی است که یک مجموعه واکنش هایی که در اثر افزایش عمودی سازه با محیط صورت می گیرد را مورد ارزیابی قرار می دهد که طول عمر کامل آن از پس تا منقوش کردن را شامل می شود.



شکل 10



شکل 11



شکل 12



شکل 13

Table 13
The decision matrix D for the vertical addition problem of an existing masonry building.

Alternative		LCA	EP_i	Cost of the vertical addition system	Q_{eff}	PGA
		-	$\text{kW m}^2/\text{year}$	$\text{€}/\text{m}^2$	KN/m^2	m/s^2
		C1	C2	C3	C4	C5
Glued laminated timber	A1	0.2096	162.80	174.00	6.16	0.1680
Reinforced concrete	A2	0.8766	149.80	85.62	2.50	0.1760
Hot-rolled steel	A3	0.5731	195.70	95.48	5.85	0.1600
Tuff masonry	A4	0.8405	168.30	103.92	10.50	0.1340
Cold formed steel	A5	0.5731	183.60	111.94	13.19	0.1800

جدول 13

- شاخص عملکرد محیطی (EP_i)، که معیار دیگری است که برای یک مقایسه محیطی درباره راه حل های جایگزینی ارائه می کند آن تا اندازه بیشتری، مقدار انرژی مصرف شده برای تامین نیازهای متفاوت مربوط به کاربرد استاندارد ساختمان است.

- هزینه سیستم افزودن عمودی، با در نظر گرفتن فهرست به روزرسانی شده قیمت منطقه *Campania* ایتالیا برای سیستم های سازه ای است.

- حداکثر شتاب زمین (PGA) که ماکسیسم شتابی که به سیستم افزودن عمودی می رسد را نشان می دهد. بویژه، دو معیار آخر با اجرای یک مدل FEM واحد بنایی سازه ای انتخاب شده، اجرا شده اند که با قیدهای جانبی فراهم شده اند تا وجود سازه های مجاور را بازسازی کنند. (به تصویر 13 نگاه کنید) که با ابزارهای برنامه

تحلیل سازه ای *PRODAP* می باشد. [25] یک رفتار کرنش - تنش خطی در فشار و یک مقاومت کششی اند که برای بنایی فرض شده است. - اجزای پوسته با طول جانبی هس 30 شانتی برای دیوارهای بنایی مورد استفاده قرار گرفت تا تمامی دیگر اجزای سیستم افزودن عمودی را مدلسازی کند.

در ابتدا چنانکه پیش از این هم بیان شد، هر مساله *MCDM* در تعریف ماتریس تعمیم D و وزن معیار W_i گنجانده شده است. بویژه، ماتریس D که با در نظر گرفتن اجزای ماتریس d_{ij} تعریف شده است، گزینه A_i با توجه به معیار C_j می باشد. (جدول 13)

در عوض، وزن های معیار که به صورت جملات درصد بیان می شوند بطوریکه مجموع آنها مساوی یک می باشد، با روش *AHP* (روش سلسله مراتب تحلیلی) که *saaty* [14] ایجاد کرده است تعیین می شود که مقیاس خطی اهمیت نسبی بین گزینه ها را در نظر می گیرد. (جدول 14) وزن های معیار راند سیدمانی اعمال کردند که برعکس مورد قبلی، بیشترین اهمیت را به هزینه مداخله دادند (37٪) و کمترین اهمیت را برای پارامترهای انرژی ($LCA(8\%)$) و ($EPI(5\%)$) در نظر گرفتند. چون نتایج تحلیل را می توان از گزینه های DM هم در نظر گرفت، در نهایت قضاوت پیوستگی، به این منظور اثبات می شود که هدف راه حل نهایی را تضمین کند. بویژه، نسبت پیوستگی (CR) که با بررسی اینکه بیشتر از حد تعریف شده *saaty* نباشد، مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از این فاز اصلی که برای هر روش *MCDM* متداول و مشترک است، روش های *TOPSIS* و *ELECTRE* به این منظور اعمال شدند تا مساله تصمیم را حل کنند.

3-4- جواب مساله تعمیم: اول اینکه روش *TOPSIS* از طریق فاز مشابهی اعمال شده است که قبلا هم در تحقیق قبلی انجام داده ایم. بویژه، مراحل زیر دنبال شده اند 1- تریف ماتریس تعمیم نرمالسازی شده R (جدول 15) که گزینه هایی را که بر مبنای معیار مقادیر فیزیکی متفاوتی می باشند، در نظر می گیرد. 2- محاسبه ماتریس تعمیم نرمالسازی شده V (جدول 16) که با ضرب کردن هر ستون ماتریس R برای وزن مطابق بدست آمده است. 3- تعیین جواب های غلط و جواب های واقعی بهینه (جدول 17). 4- محاسبه فاصله بین هرگزینه و گزینه های واقعی 5- محاسبه فاصله نسبی جواب بهینه (L_i^*) و ایجاد رده بندی مرتبه اولویت توالی (جدول 8). روش بکاررفته، ثابت شده که سیستم فولاد شکل که در سرما شکل گرفته است، جواب بهینه ارتفاع بلند می باشد. نتایج هم از طریق یک تحلیل حساسیت معتبر می شود که برای اثبات این مطلب است که نتایج

نهایی تحت تاثیر قضاوت های DM قرار نمی گیرد. در واقع ، با ارزیابی پارامترهای تعبیر درصد (PT) و تعبیر مطلق (AT) وزن معیار، اثبات شده که جواب، ثابت می باشد. در واقع، چنانکه جدول 19 نشان می دهد، C_2 و C_3 و C_5 ، در تعبیرات دسته بندی مرتبه اولویت قرار می گیرد. در حالی که تاثیر تعبیر وزن معیار دیگر، کاملا اندک است و صرفا در چند مورد مرتبه اولویت متفاوت ایجاد می شود. دوم اینکه کاربرد روش $ELECTRE$ ، ماتریس های R و V را ایجاد کرده که به ترتیب در جدول 20 و 21 آمده است. با توجه به تحلیل ماتریس E ، ثابت می شود که گزینه های غالب برای افزودن عمودی، سازه های الوار لایه لایه چسبیده و فولاد شکل گرفته در سرما و پس از آن سیستم های بنایی و سیستم های غلطان گرم (در جایگاه دوم) و بتن آرمه (در موقعیت سوم) می باشد.

Table 14
Weights of criteria for the vertical addition problem of an existing masonry building.

Criterion		Weight (%)
LCA	C1	8.00
EP_i	C2	5.00
Super-structure cost	C3	37.00
Q_v^{eff}	C4	20.00
PGA	C5	30.00

جدول 14

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.1421	0.4214	0.6574	0.3235	0.4570
A2	0.5943	0.3877	0.3235	0.1313	0.4787
A3	0.3885	0.5065	0.3607	0.3072	0.4352
A4	0.5698	0.4356	0.3926	0.5514	0.3645
A5	0.3885	0.4752	0.4229	0.6926	0.4896

جدول 15

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.0114	0.0211	0.2432	0.0647	0.1371
A2	0.0475	0.0194	0.1197	0.0263	0.1436
A3	0.0311	0.0253	0.1335	0.0614	0.1306
A4	0.0456	0.0218	0.1453	0.1103	0.1093
A5	0.0311	0.0238	0.1565	0.1385	0.1469

جدول 16

	C1	C2	C3	C4	C5
A ⁺	0.0475	0.0194	0.1197	0.1385	0.1469
A ⁻	0.0114	0.0253	0.2432	0.0263	0.1093

جدول 17

Alternative			C_i^*
First	A5	Cold formed steel	0.785
Second	A4	Tuff masonry	0.714
Third	A3	Hot-rolled steel	0.592
Fourth	A2	Reinforced concrete	0.543
Fifth	A1	Glued laminated timber	0.242

جدول 18

Criterion	Weight	AT	PT (%)	Sensitivity
C1	0.076	0.339	443	0.002
C2	0.048	-	0	-
C3	0.156	-	0	-
C4	0.268	0.235	88	0.011
	0.451	-	0	-

جدول 19

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.1421	0.4214	0.6574	0.3235	0.4570
A2	0.5943	0.3877	0.3235	0.1313	0.4787
A3	0.3885	0.5065	0.3607	0.3072	0.4352
A4	0.5698	0.4356	0.3926	0.5514	0.3645
A5	0.3885	0.4752	0.4229	0.6926	0.4896

جدول 20

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.0114	0.0211	0.2432	0.0647	0.1371
A2	0.0475	0.0194	0.1197	0.0263	0.1436
A3	0.0311	0.0253	0.1335	0.0614	0.1306
A4	0.0456	0.0218	0.1453	0.1103	0.1093
A5	0.0311	0.0238	0.1565	0.1385	0.1469

جدول 21

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	0	1	1	1	0
A2	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	0	0
A4	0	1	0	0	0
A5	0	1	1	1	0

جدول 22

Alternative	S_i	R_i
A1	0.6156	0.3700
A2	0.3561	0.2000
A3	0.3526	0.1373
A4	0.5325	0.3000
A5	0.1670	0.1102

جدول 23

Rank			Q_i
First	A5	Cold formed steel	0.000
Second	A3	Hot-rolled steel	0.259
Third	A2	Reinforced concrete	0.384
Fourth	A4	Tuff masonry	0.773
Fifth	A1	Glued laminated timber	1.000

جدول 24

در نهایت، با توجه به *VIKOR*، پارامترهای R_i و S_i ابتدا محاسبه شدند که در جدول 23 مشاهده می شود. پس

از آن، رده بندی گزینه ها بوسیله پارامتر Gi انجام می شود. (جدول 24) با مقایسه روشهای کلی جواب بهینه

همواره با سیستم فولادی تشکیل شده به صورت سرد، که کمترین مقدار Gi را دارد، ایجاد می شود.

5- نتیجه گیری ها: در این مقاله، گزینه جواب بهینه برای دو مداخله اصلاح سازه ای به نام های افزودن عمودی

و بهسازی لرزه ای سازه های موجود بوسیله سه روش *MCDM* صورت گرفته که راه حل های متفاوتی توسط

تصمیم گیرنده (*DM*) بر مبنای چندین مقیاس مقایسه که پارامترهای محیطی و اقتصادی و سازه ای می باشند،

انجام گرفته است. کار اخیر که در دو بررسی موردی صورت گرفته است، برای یافتن تمامی روشهای ارزیابی

جواب های مساله *MCDM* می باشد و بنابراین به انتخاب های فردی تصمیم گیرنده بستگی ندارد.

اولین مداخله مبتنی بر نتایج عملیات آزمایشی در یک سازه بتن آرمه سه بعدی مقیاس واقعی ابزارهای بهسازی

لرزه ای متفاوت انجام گرفت. تحلیل های *MCDM* با تمامی روشهای بکاررفته هم نتیجه مسابهی ارائه کرد که

نقش پنل های برشی آلومینیوم، غالب بود. نتیجه مشابه هم در زمانی اثبات می شود که ارزیابی های دقیق تری

با سه روش *MCDM* انجام گرفته باشد. در این موارد، که ترکیب وزن های معیار بزرگتر، در نظر گرفته شده

است، نشان می دهد که عملکرد مطلوب با پنل های برشی فلزی، حاصل می گردد که باعث رده بندی کلی نهایی

می شود که بلافاصله پس از آن سیستم تفکیک بستر و *BRB* فولادی و مهاربندی های مرکز است. در نتیجه،

نقش اصلی که با دستگاه ابزارهای فلزی به عنوان روش بهسازی لرزه ای برای قاب های بتن آرمه موجود، حاصل

می گردد، اثبات شده است. از سویی دیگر، به عنوان گونه شناسی مداخله دوم، افزودن عمودی واحد سازه ای

بنایی موجود، بوسله فناوری های ابداعی و متداول، انجام گرفته است. نتایج بررسی که با استفاده از سه روش

مشابه بدست آمده، برای ارزیابی بهسازی لرزه ای سازه بتن آرمه تحت بررسی استفاده شده که به عنوان راه حل

مطلوب می باشد و سیستم های فولادی تشکیل یافته سرد، مدیون پیش شرط هایی همچون سبکی، مقرون به

صرفه بودن و پایداری می باشند. اطمینان پذیری راه حل ارائه شده با توجه به بررسی حساسیت انجام گرفته، اعتبار یافته است که سه تا از پنج معیار، قدرتمند بوده و تاثیر تغییر وزن معیارهای دیگر، کاملاً خفیف است که بندرت تغییر وضعیت در رده بندی ایجاد می کند. در نهایت هم ترکیب کاربرد سه روش *MCDM* ارزیابی شد. با مجوز کارشناسان، با مداخله های اصلاح سازه ای، ارتباط می یابد که بالاترین احتمال یک جواب بهینه هدف برای اهداف بهسازی و افزودن عمودی تحت نقطه نظرات سازه ای و محیطی و اقتصادی، حاصل گردد.