

کد مقاله: ۱۴۷-۲

## مقایسه هزینه و زمان اجرای سازه ساختمان فولادی ۴، ۶ و ۸ طبقه

### با پلان ثابت با سیستم‌های باربر جانبی متفاوت

محمدعلی برخوردار<sup>۱</sup> بافقی<sup>۱</sup>، فاطمه زرین اقبالی<sup>۲</sup>

۱- عضو هیأت علمی، دانشگاه علم و صنعت، [barkhordar@iust.ac.ir](mailto:barkhordar@iust.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی بافق

### چکیده

با توجه به زلزله خیزی ایران، طراحی سیستم‌های باربر جانبی امری بسیار مهم است. تا کنون از نظر زمان ساخت و هزینه معیار خاصی برای انتخاب یک نوع سیستم باربر جانبی خاص مورد استفاده قرار نگرفته است و تنها بر اساس نوع معماری و عرف جامعه، یک سیستم انتخاب شده است. هدف از انجام این تحقیق ارائه مقایسه‌ای از نظر زمان و هزینه برای انتخاب یک سیستم باربر جانبی، فارغ از محدودیت‌های معماری برای انتخاب سیستم باربر جانبی مناسب می‌باشد، بدین ترتیب که هزینه و زمان اجرای سیستم‌های «قاب خمشی در دو جهت» و «یک جهت قاب خمشی و یک جهت مهاربند ضربدری» در پلان‌های متقارن و متعارف برای ساختمان‌های چهار، شش و هشت طبقه فولادی و با مساحت‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند. در این تحقیق ابتدا مدل‌سازی نرم افزاری ساختمان‌های یاد شده با نرم افزار ETABS انجام گرفت و برای اینکه سازه‌های مورد مقایسه قرار گرفته از لحاظ رفتار سازه‌ای مشابه باشند سعی شد تا نسبت تنش تمام اعضا بین ۰/۷ تا ۱/۰۵ باشد. پس از آن متره و برآورد هزینه و زمان ساخت اسکلت ساختمان‌ها با استفاده از فهرست بهای ابنیه سال ۹۳ انجام گرفت و با استفاده از آنالیز فهرست بهای ابنیه، از لحاظ هزینه و زمان ساخت اسکلت به بررسی حالت‌های مختلف پرداخته شد. نتایج بررسی‌ها منجر به ارائه جداول و نمودارهایی برای ساختمان‌ها با زیربناهای مختلف و در تعداد طبقات متفاوت گردید. بر اساس بررسی انجام گرفته، به طور کلی هزینه اجرای اسکلت با سیستم دارای مهاربند کمتر از سیستم قاب خمشی بدست آمد در حالی که زمان اجرای اسکلت با سیستم دارای مهاربند بیشتر از سیستم قاب خمشی گردید.

**کلمات کلیدی:** هزینه ساخت اسکلت فلزی، زمان اجرای اسکلت فلزی، مقایسه سیستم‌های باربر جانبی، قاب خمشی، مهاربندی

### ۱- مقدمه

با توجه به لرزه خیزی کشور، همواره دغدغه مهندسین عمران یافتن راهکاری مناسب برای مقابله با نیروهای جانبی وارد بر سازه بوده و در این راه سیستم‌های متداولی در آئین نامه‌ها عنوان شده است. در طراحی ساختمان‌های متعارف معیار انتخاب سیستم‌های باربر جانبی عمدتاً ملاحظات و محدودیت‌های معماری بوده و در شرایطی که این محدودیت‌ها وجود نداشته باشد، معمولاً طراح معیار دقیقی برای انتخاب سیستم باربر جانبی نداشته و با توجه به نظر غیر کارشناسانه کارفرما و یا راحتی خود از یکی از سیستم‌ها استفاده می‌نماید. در این تحقیق به مقایسه و ارزیابی هزینه و زمان لازم برای ساخت اسکلت فلزی ساختمان‌هایی با پلان متعارف و متقارن می‌پردازیم تا به معیاری دقیق برای انتخاب نوع سیستم باربر جانبی، در شرایطی که محدودیت خاصی برای انتخاب آن وجود ندارد، در سازه‌های فلزی دست یابیم. هدف از انجام این تحقیق تعیین هزینه و زمان لازم برای ساخت اسکلت فلزی سازه‌های متداول است تا بدین ترتیب بتوان با دیدی باز نسبت به

انتخاب نوع اسکلت اقدام نمود و از طرفی ذهنیتی اولیه در مورد هزینه و زمان لازم برای اجرای کار داشت و بدین ترتیب مدیریت و کنترل پروژه‌ها را آسان‌تر و با مبانی علمی قابل اطمینان انجام داد.

برای این منظور با بررسی عوامل موثر بر تعیین نیروی زلزله وارد بر ساختمان در روش استاتیکی معادل در ویرایش سوم آئین نامه ۲۸۰۰، ساختمان‌هایی با پلان منظم و متقارن با مساحت‌های ۷۰، ۱۱۰، ۱۵۰ و ۱۹۰ مترمربع و با تعداد طبقات ۶، ۴ و ۸ و با دو سیستم رایج باربر جانبی برای ساختمان‌های فلزی یعنی «قاب خمشی در دو جهت» و «قاب خمشی در یک جهت و مهاربند ضربدری در جهت دیگر» انتخاب شدند. که از لحاظ سازه ای، برای ساختمان‌های انتخاب شده استفاده از هر دو نوع سیستم باربر جانبی یاد شده امکان پذیر است و مشکلی از لحاظ جابجایی و یا مقاومت برای استفاده از آن‌ها وجود ندارد.

## ۲- مطالعات پیشین

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در خصوص مقایسه هزینه و زمان ساختمان‌های مختلف صورت گرفته که تمرکز بیشتر آن‌ها بر روی مقایسه سازه های بتنی و فولادی بوده است. سازه های بتن‌آرمه در مقابل سازه های فولادی معمولاً نیاز به هزینه‌ی کمتر و زمان بیشتری برای ساخت دارد. در حالی که سازه های فولادی ابتدا نیاز به سرمایه‌ی زیادی برای خرید آهن آلات دارد ولی در عوض شاهد سرعت اجرای بالاتری خواهیم بود، اما در ساختمان‌های معمولی کمتر از ۶ طبقه در نهایت از این منظر تفاوت زیادی وجود ندارد. [۱] در اسکلت‌های فولادی حتماً باید تمام اسکلت آماده باشد تا بتوان سقف را اجرا کرد. به عبارت دیگر اول باید تیر و ستون‌هایی وجود داشته باشد تا بتوان روی آن سطحی به نام سقف یا همان کف را اجرا نمود. در حالی که در سازه های بتن‌آرمه ابتدا ستون‌های هر طبقه و سپس سقف همان طبقه که خود مشتمل بر تیرها و کف یکپارچه تری نسبت به سازه های فولادی است اجرا می‌شود. در نتیجه در سازه های فولادی سرعت برپا کردن اسکلت بیشتر است و در سازه های بتنی سرعت اجرای سقف طبقات. [۲] در مقایسه سازه های بتنی و فولادی در مواردی از قبیل زمان نصب، کنترل کیفیت اجرا، انعطاف در طراحی و قابلیت بازیافت و استفاده مجدد فولاد عملکرد بهتری دارد حال آنکه در مسئله مهم هزینه بتن مناسب‌تر به نظر می‌رسد. [۳]

البته در مواردی نیز به بررسی هزینه ساخت سازه‌هایی با اسکلت فلزی پرداخته شده و تأثیر متغیرهایی به شرح زیر بر قیمت ساخت اسکلت مورد بررسی قرار گرفته است:

حجم پروژه: بدیهی است هرچه سازه بزرگ‌تر و حجم آهن آلات بکار رفته در آن بیشتر باشد، به علت وجود هزینه‌هایی ثابت مانند تجهیز کارگاه و هزینه جرثقیل و ... قیمت تمام شده واحد برای ساخت و نصب اسکلت کمتر از حالتی خواهد بود که پروژه کوچک و وزن آهن آلات کم باشد.

انبوه بودن: اگر پروژه بر اساس کار یکپارچه و متصل و یا به عبارتی کار انبوه سازی باشد، دلیل عمده آن این است که در کار انبوه دستمزد پایین‌تر است و سود کار از محل انبوهی کار تأمین می‌گردد.

ارتفاع ساختمان: هرچه ارتفاع سازه بیشتر باشد نیازمند ماشین آلات پیشرفته تر و گران‌تر و نیز تأمین منابع انرژی بیشتر خواهد بود که این امر به نوبه خود هزینه‌ها را بالا می‌برد.

جزئیات اتصال: مسلماً اتصالات پیچی به نسبت اتصالات جوشی سرعت اجرای بالاتری دارند. از طرفی آزمایشات کنترل کیفیت جوش‌ها نیز زمان‌بر خواهند بود.

اتصالات گیردار: از آنجایی که در قاب‌های خمشی اتصالات اجزای بسیار مهمی به حساب می‌آیند، نیازمند دقت در اجرا هستند و به نوبه خود هزینه بیشتری به سازه تحمیل می‌کنند.

البته مواردی مانند محل اجرای پروژه، تجربه عوامل اجرایی و عبور داکت های تاسیساتی از درون تیرها نیز در کنار علل ثانویه مانند هزینه مواد اولیه، نیروی انسانی، تجهیزات و مخارج غیر مستقیم بر روی قیمت واحد تمام شده برای ساخت و نصب اسکلت موثر هستند. [۴]

### ۳- روش تحقیق

با بررسی آیین نامه ۲۸۰۰ این نتیجه حاصل می شود که در تعیین بار زلزله موارد زیر تأثیر گذار هستند:  
در روش تحلیل استاتیکی حداقل نیروی برشی پایه یا مجموع نیروهای جانبی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V = CW \quad (1)$$

در این رابطه  $V$  نیروی برشی در تراز پایه؛  $W$  وزن کل ساختمان؛  $C$  ضریب زلزله است، که از رابطه زیر به دست می آید:

$$C = \frac{ABI}{R} \quad (2)$$

در این رابطه  $A$ : نسبت شتاب مبنای طرح (میزان خطر نسبی زلزله) در این تحقیق محل ساختمانها تهران با خطر نسبی خیلی زیاد فرض شد.  $B$ : ضریب بازتاب ساختمان (وابسته به جنس خاک و ارتفاع سازه) در این تحقیق جنس خاک نوع ۳ فرض شده و ۳ ارتفاع متفاوت در نظر گرفته شد.  $I$ : ضریب اهمیت ساختمان (وابسته به نوع کاربری سازه) در این تحقیق ساختمانها مسکونی و با اهمیت متوسط در نظر گرفته شد.  $R$ : ضریب رفتار ساختمان (وابسته به نوع سیستم سازه) در این تحقیق دو نوع سیستم باربر جانبی متفاوت در نظر گرفته شد. [۵]  
در این تحقیق تلاش شده از ساختمانهای منظم استفاده شود تا به طراحی دینامیکی احتیاجی نباشد.

با توجه به موارد ذکر شده پارامترهای متغیر موثر در نیروی زلزله موارد زیر می باشند:

\* ارتفاع سازه (تعداد طبقات)

\* نوع سیستم سازه

\* وزن سازه (مساحت ساختمان)

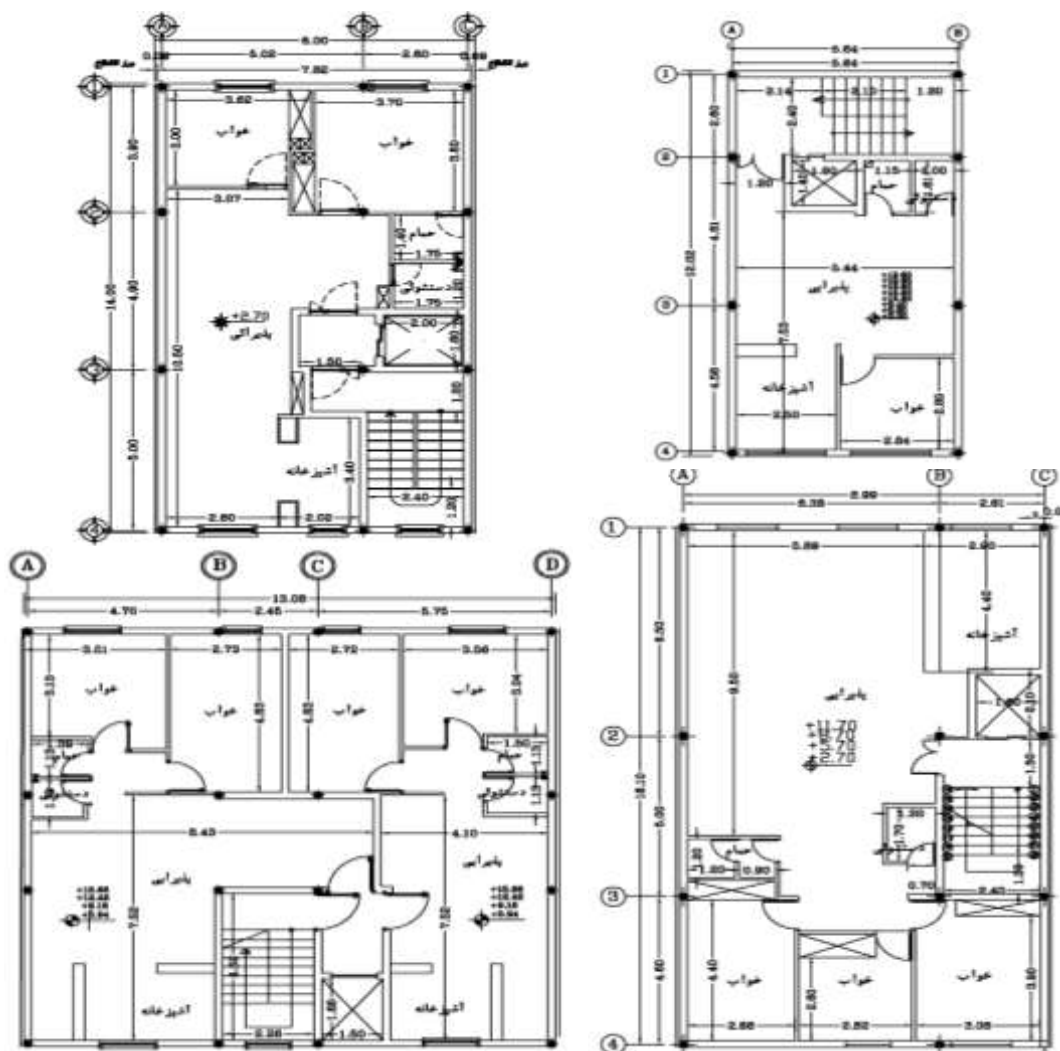
بر اساس بررسی پارامترهای موثر در فرمول نیروی برشی زلزله در آیین نامه ۲۸۰۰ این نتیجه به دست آمد که برای ۴ پلان مختلف با مساحت های ۷۰، ۱۱۰، ۱۵۰ و ۱۹۰ مترمربع (شکل شماره ۱) را در ۴، ۶ و ۸ طبقه و در دو سیستم سازه ای (قاب خمشی در دو جهت و یک جهت قاب خمشی و یک جهت مهاربندی) مدل سازی و طراحی انجام شود تا بتوان سیستم های مختلف سازه ای را از جهت قیمت و زمان اجرا در ساختمانی با وزن های مختلف و ارتفاع های متفاوت مقایسه نمایم. لازم به ذکر است کلیه عوامل تأثیرگذار دیگر در تمام پلانها یکسان در نظر گرفته شد تا فقط تأثیر سیستم باربر جانبی در طبقات و مساحت های مختلف مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند.

مدلسازی نرم افزاری این ساختمانها با استفاده از نرم افزار ETABS انجام گرفت و برای اینکه سازه های مورد مقایسه قرار گرفته از لحاظ رفتار سازه ای مشابه باشند سعی شد تا نسبت تنش تمام اعضا بین ۰/۷ تا ۱/۰۵ باشد. با توجه به رفتار مناسب مقطع قوطی (Box) برای سیستم قاب خمشی در دو جهت، از این پروفیل در سیستم یاد شده استفاده گردید. این انتخاب به جهت واقعی تر شدن مقطع مورد استفاده توسط طراحان انجام گرفت و در صورت استفاده از پروفیل های دابل رایج، باید از مقاطعی به مراتب سنگین تر استفاده می شد. و همچنین با توجه به رفتار سیستم قاب خمشی در یک جهت -مهاربندی در یک جهت برای این سیستم از مقطع 2IPE استفاده گردید، تا در جهت قاب خمشی رفتار مناسبی داشته و در جهت مهاربندی مقطع بیش از حد نیاز نبوده و از نظر هزینه به صرفه تر باشد و نیز برای مقایسه بهتر، مقاطع تیر در دو سیستم یکسان انتخاب شدند. پس از انجام طراحی نرم افزاری اعضا، اتصالات به صورت دستی طراحی گردید.

سپس کل اسکلت سازه متره شد و وزن هر قسمت شامل ستون‌ها، تیرها، تیرهای تودلی، مهاربندها و اتصالات براساس آیتم‌های مورد نیاز از فهرست بها محاسبه شد و سپس با استفاده از فهرست بهای رسته ابنیه سال ۱۳۹۳ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، برآورد ریالی هزینه ساخت اسکلت ساختمان‌ها انجام گرفت.

در مرحله بعد با استفاده از آنالیز فهرست بهای ابنیه و با فرض شرایط یکسان از لحاظ ماشین آلات و نیروی انسانی موجود، زمان لازم برای ساخت اسکلت ساختمان‌ها تعیین گردید. برای انجام این کار با توجه به اینکه زمان کار ماشین آلات در ساخت اسکلت به هیچ وجه زمان بحرانی نیست از بررسی ماشین آلات صرف نظر شد همچنین از زمان ساخت پروفیل‌ها در کارخانه صرف نظر شد و فقط زمان کار در کارگاه مورد محاسبه قرار گرفت.

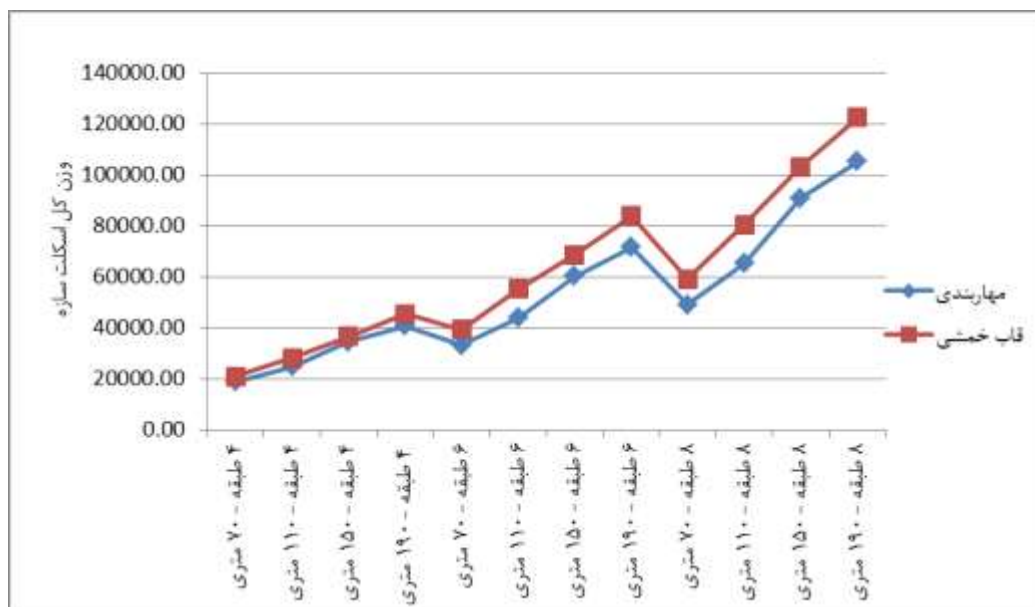
سپس کل کار اسکلت بندی براساس بحرانی‌ترین زمان نیروی انسانی هر آیتم محاسبه شد. و با استفاده از نرم افزار (MSP Microsoft Project) برنامه زمان‌بندی برای ساخت اسکلت ساختمان‌ها تدوین شد. و در انتها زمان ساخت کل اسکلت به صورت نفر-روز محاسبه گردید.



شکل شماره ۱: پلان های مدل شده در پروژه

#### ۴- نتایج بدست آمده

با انجام مراحل یک که در بخش قبل گفته شد وزن کلی اسکلت در هر یک از ۲۴ نمونه محاسبه گردید که نتایج در نمودار ۱ ارائه گردیده است. در این نمودار می توان مشاهده نمود که به طور کلی وزن اسکلت در سیستم دو جهت قاب خمشی همواره بیشتر از سیستم یک جهت قاب خمشی و یک جهت مهاربندی است، البته این تفاوت وزن در ساختمان های کوتاه کمتر بوده و هرچه تعداد طبقات ساختمان بیشتر شود فاصله بین وزن دو سیستم نیز بیشتر می شود. به طور میانگین تفاوت وزن دو سیستم در ساختمان های ۴ طبقه حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم (معادل ۹٪) و در ساختمان های ۶ طبقه حدود ۹۵۰۰ کیلوگرم (معادل ۱۶٪) و در ساختمان های ۸ طبقه حدود ۱۴۰۰۰ کیلوگرم (معادل ۱۵٪) می باشد. البته تنها مقایسه وزن اسکلت دو سیستم نمی تواند معیار کاملی برای مقایسه هزینه و زمان باشد و فقط با استناد به فهرست بها و محاسبه جزئیات ممکن است به نتایج متفاوتی رسید.



نمودار ۱: مقایسه وزن کل اسکلت دو سیستم قاب خمشی در دو جهت و یک جهت قاب خمشی-یک جهت مهاربندی

جدول ۱: مقایسه هزینه ساخت کل اسکلت دو سیستم قاب خمشی در دو جهت و یک جهت قاب خمشی-یک جهت مهاربندی

متوسط درصد تفاوت ها	درصد تفاوت ها	تفاوت هزینه در دو سیستم	هزینه کل مهاربندی	هزینه کل قاب خمشی	نوع ساختمان
۱۳	۱۴	۷۶,۷۷۲,۵۰۹	۴۸۷,۰۲۲,۸۶۵	۵۶۳,۷۹۵,۳۷۴	۴ طبقه - ۷۰ متری
	۱۶	۱۱۹,۴۹۹,۷۸۲	۶۴۳,۸۰۸,۳۵۳	۷۶۳,۳۰۸,۱۳۵	۴ طبقه - ۱۱۰ متری
	۹	۸۹,۸۲۱,۵۵۷	۹۰۰,۰۸۲,۷۳۰	۹۸۹,۹۰۴,۲۸۷	۴ طبقه - ۱۵۰ متری
	۱۴	۱۶۸,۹۹۷,۴۲۲	۱,۰۵۷,۵۴۳,۳۵۶	۱,۲۲۶,۵۴۰,۷۷۸	۴ طبقه - ۱۹۰ متری
۲۰	۲۰	۲۱۰,۲۳۷,۸۲۰	۸۵۹,۲۲۲,۱۵۰	۱,۰۶۹,۴۵۹,۹۷۰	۶ طبقه - ۷۰ متری
	۲۴	۳۶۶,۹۱۰,۰۲۷	۱,۱۳۹,۱۲۵,۷۹۴	۱,۵۰۶,۰۳۵,۸۲۰	۶ طبقه - ۱۱۰ متری
	۱۶	۲۹۴,۴۶۱,۲۳۳	۱,۵۶۷,۶۷۳,۰۱۷	۱,۸۶۲,۱۳۴,۲۵۰	۶ طبقه - ۱۵۰ متری
	۱۸	۴۱۹,۷۴۰,۷۶۵	۱,۸۵۸,۵۶۴,۴۹۸	۲,۲۷۸,۳۰۵,۲۶۳	۶ طبقه - ۱۹۰ متری
۱۹	۲۱	۳۳۷,۳۴۳,۱۷۵	۱,۲۷۳,۰۹۳,۷۶۶	۱,۶۱۰,۴۳۶,۹۴۱	۸ طبقه - ۷۰ متری
	۲۳	۴۹۵,۴۰۲,۱۶۰	۱,۶۹۴,۹۴۱,۱۱۷	۲,۱۹۰,۳۴۳,۲۷۷	۸ طبقه - ۱۱۰ متری
	۱۵	۴۳۳,۰۵۳,۴۶۸	۲,۳۶۸,۷۴۸,۷۳۳	۲,۸۰۱,۸۰۲,۲۰۱	۸ طبقه - ۱۵۰ متری
	۱۸	۵۸۹,۱۷۲,۸۱۳	۲,۷۳۷,۰۱۱,۱۱۷	۳,۳۲۶,۱۸۳,۹۳۰	۸ طبقه - ۱۹۰ متری

با انجام متره و برآورد به شرح روش تشریحی در بخش قبل، هزینه ساخت ۲۴ ساختمان به قرار جدول ۱ خواهد بود. با توجه به نمودار ۱ و مقادیر وزن اسکلت ساختمان‌های مختلف، قابل پیش بینی است که هزینه ساخت به عنوان تابعی از وزن سازه نتایجی مشابه وزن سازه داشته باشد. البته به جهت اینکه رابطه بین وزن و هزینه ساخت اسکلت خطی نیست و همچنین هزینه فقط تابعی از وزن نیست، نرخ تغییرات (درصد تفاوت) اندکی با مقادیر به دست آمده برای وزن متفاوت خواهد بود. بر این اساس متوسط درصد اختلاف هزینه برای ساخت ساختمان ۴ طبقه با دو سیستم برابر جانی ذکر شده ۱۳٪، برای ساختمان ۶ طبقه ۲۰٪ و برای ساختمان ۸ طبقه ۱۹٪ خواهد بود. همان‌گونه که در بخش دوم نیز ذکر شد، عواملی مانند حجم پروژه، ارتفاع ساختمان‌ها و وجود اتصالات گیردار نیز بر روی هزینه تمام شده موثرند. چنانکه هزینه ساخت اسکلت برای هر مترمربع از ساختمان قاب خمشی ۴ طبقه ۷۰ مترمربعی حدود ۲ میلیون ریال، ۴ طبقه ۱۹۰ مترمربعی حدود ۱/۶ میلیون ریال، ۸ طبقه ۷۰ مترمربعی حدود ۲/۹ میلیون ریال و ۸ طبقه ۱۹۰ مترمربعی حدود ۲/۲ میلیون ریال می‌باشد. حال آنکه هزینه ساخت هر مترمربع از ساختمان دارای مهاربند ۴ طبقه ۷۰ مترمربعی حدود ۱/۷ میلیون ریال، ۴ طبقه ۱۹۰ مترمربعی حدود ۱/۴ میلیون ریال، ۸ طبقه ۷۰ مترمربعی حدود ۲/۳ میلیون ریال و ۸ طبقه ۱۹۰ مترمربعی حدود ۱/۸ میلیون ریال خواهد بود که به نوعی نتایج بدست آمده با مطالعات پیشین هم خوانی دارد.

در جدول ۲ مقایسه ای بین زمان ساخت اسکلت ۲۴ ساختمان انجام گرفته است. با توجه به اینکه در ساختمان‌های دارای مهاربند، زمان لازم برای نصب مهاربند و انجام اتصالات آن به زمان نصب ستون‌ها و تیرها اضافه می‌گردد، و این مقدار از زمان لازم برای انجام اتصالات گیردار در سیستم قاب خمشی بیشتر است، در مجموع انتظار می‌رود زمان اجرای کل اسکلت سیستم دارای مهاربند از زمان اجرای سیستم قاب خمشی بیشتر باشد. این تفاوت در جدول ۲ مشهود است و مقدار آن برای ساختمان ۴ طبقه ۱۳٪، برای ساختمان ۶ طبقه ۱۱٪ و برای ساختمان ۸ طبقه ۱۲٪ خواهد بود.

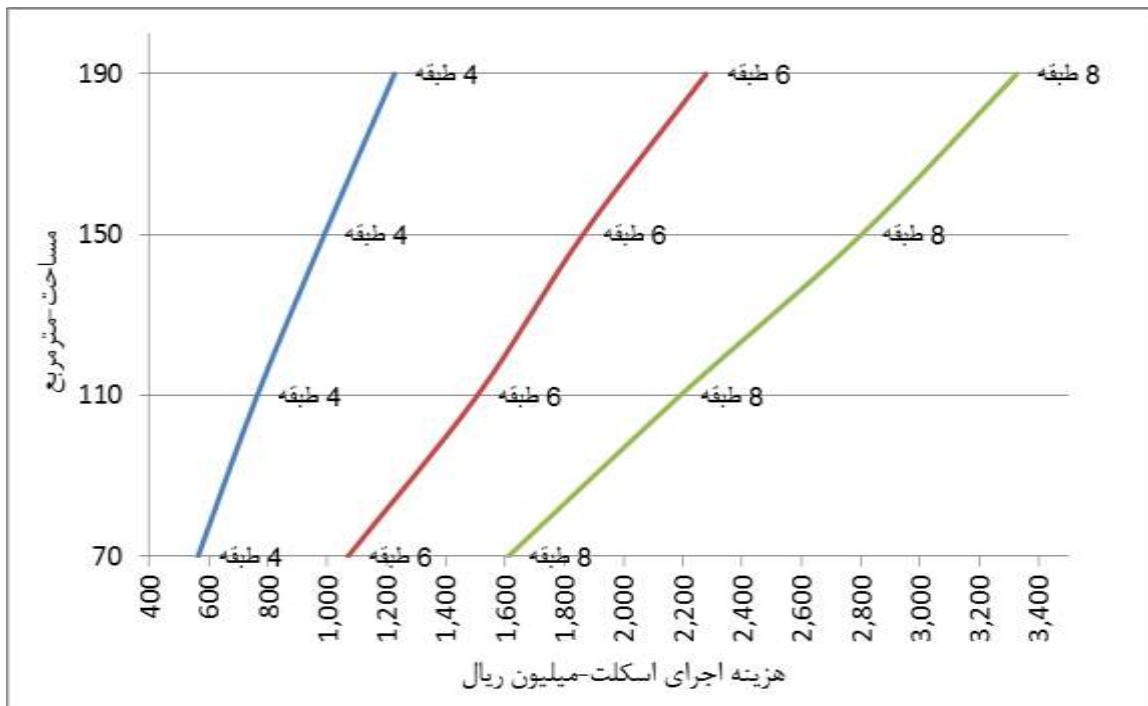
جدول ۲: مقایسه زمان اجرای کل اسکلت دو سیستم قاب خمشی در دو جهت و یک جهت قاب خمشی - یک جهت مهاربندی

نوع ساختمان	زمان کل قاب خمشی	زمان کل مهاربندی	تفاوت هزینه در دو سیستم	درصد تفاوت ها	متوسط درصد تفاوت ها
۴ طبقه - ۷۰ متری	۶۳	۷۱	۸	۱۱	۱۳
	۸۴	۹۳	۹	۱۰	
	۱۰۵	۱۲۹	۲۴	۱۹	
	۱۳۲	۱۵۲	۲۰	۱۳	
۶ طبقه - ۷۰ متری	۱۱۴	۱۲۶	۱۲	۱۰	۱۱
	۱۵۳	۱۶۴	۱۱	۷	
	۱۹۲	۲۲۷	۳۵	۱۵	
	۲۳۸	۲۶۸	۳۰	۱۱	
۸ طبقه - ۷۰ متری	۱۶۷	۱۸۸	۲۱	۱۱	۱۲
	۲۲۵	۲۴۶	۲۱	۹	
	۲۹۱	۳۴۶	۵۵	۱۶	
	۳۵۸	۴۰۰	۴۲	۱۱	

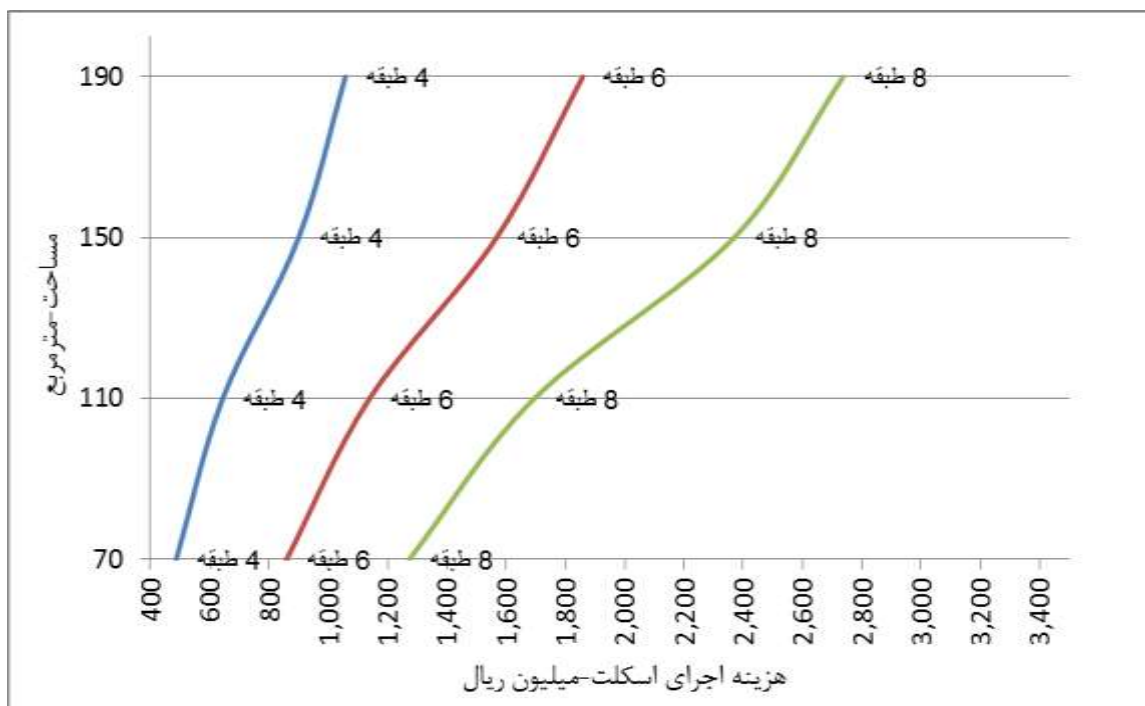
## ۵- نتیجه گیری

با توجه به موارد ذکر شده، به عنوان جمع بندی می توان نتایج این تحقیق را به شرح ذیل عنوان نمود:  
 با توجه به اینکه وزن اسکلت سازه با سیستم قاب خمشی از سازه مشابه با سیستم دارای مهاربندی بیشتر است، هزینه ساخت اسکلت با سیستم قاب خمشی نیز بیشتر خواهد بود. البته به جهت اینکه رابطه بین وزن و هزینه ساخت اسکلت خطی نیست و همچنین هزینه فقط تابعی از وزن نیست و عواملی مانند حجم پروژه، ارتفاع ساختمانها و وجود اتصالات گیردار نیز بر روی هزینه تمام شده موثرند، نرخ تغییرات اثر وزن و هزینه یکسان نیست.

زمان لازم برای اجرای اسکلت سیستم قاب خمشی کمتر از زمان لازم برای اجرای اسکلت سیستم دارای مهاربند خواهد بود.  
 از آنجایی که هزینه و زمان اجرا برای سیستم های مختلف با یکدیگر رابطه عکس دارند، با توجه به شرایط پروژه و اهمیت بیشتر هزینه یا زمان در هر پروژه خاص، به طور قطعی نمی توان یک سیستم را پیشنهاد داد. ولی با ارائه نمودارهایی نظیر نمودار ۲ و ۳ می توان به این انتخاب و ایجاد ذهنیتی مناسب در کارفرمایان پیش از شروع پروژه کمک شایانی نمود.



نمودار ۲: هزینه اجرای کل اسکلت در سیستم دو جهت قاب خمشی



نمودار ۳: هزینه اجرای کل اسکلت در سیستم یک جهت قاب خمشی-یک جهت مهاربندی



## مراجع

- [۱] مقایسه ساختمان‌های بتنی و فلزی؛ همشهری، سال ۱۳۹۸
- [۲] خادمی، ف. و چگونیان، ا؛ «بررسی مهم‌ترین تفاوت‌های سازه‌های بتنی و فولادی»؛ هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، سال ۱۳۹۲
- [3] Georgiades, GP.; “Steel frame vs concrete frame for highrise buildings”; *Construction Consultants project managers jurnal.* (2010)
- [4] Bonenfant JR; “How to estimate the cost of structural steel;” *estimating today.* (2008)
- [۵] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)؛ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، ویرایش سوم، سال ۱۳۸۴
- [۶] فهرست بهای رسته ابنیه سال، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، سال ۱۳۹۳