

## امکان سنجی استفاده از شبکه های عصبی در پیش بینی ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه با استفاده از داده های به دست آمده از تحلیل بارافزون

مهدی مقصودلو

مسئول عمران و شهرسازی شهرداری

### چکیده

هدف از این پژوهش امکان سنجی استفاده از شبکه های عصبی در پیش بینی ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه با استفاده از داده های به دست آمده از تحلیل بار افزون می باشد پژوهش حاضر نیز در ابتدا با روش مطالعاتی و کتابخانه ای در قسمت تئوری تحقیق صورت گرفت و سپس جهت طراحی مدل های سازه از نرم افزار matlab استفاده شد. بدون شک مهم ترین و اصلی ترین نتیجه بدست آمده حاکی از تایید قابلیت استفاده از شبکه های عصبی در پیش بینی ظرفیت فروریزش سازه ها است و همچنین داده های که حاصل تحلیل غیر خطی استاتیکی هستند می توانند توسط شبکه های عصبی مصنوعی تبدیل به ظرفیت فروریزش دینامیکی گردند. بحث بعدی بررسی تعداد پارامترهای ورودی به شبکه عصبی بود که نتایج نشان داد که استفاده از صرفاً دو پارامتر حاصل از تحلیل پوش اور یعنی ضریب اضافه مقاومت و شکل پذیری نمی تواند به عنوان ورودی به شبکه عصبی در نظر گرفته شود و نیاز است تا سایر پارامترها مثل پرپود مد اول به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شوند.

واژگان کلیدی: شبکه های عصبی - ظرفیت سازه - فروریزش دینامیکی - تحلیل بار افزون

## مقدمه

زمین لرزه یکی از مهم ترین عوامل طبیعی است که همواره جوامع بشری را تهدید کرده است. بنابراین می توان از زمین لرزه به عنوان یکی از دغدغه های ذهن بشر نام برد و همین امر طی سال های گذشته سبب پیشرفت چشم گیری در علوم مهندسی و صنعت ساختمان سازی شده تا از خسارات جانی جلوگیری به عمل آید و از شدت خسارات مالی به سازه های دست ساز بشر کاسته شود. امروزه طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله یکی از اهداف مهم مهندسی عمران در جهان است. عملکرد سازه ها در برابر زلزله و طراحی سازه هایی که هم مقاومت لازم در برابر زلزله را داشته باشند و هم از نظر اقتصادی عملکرد قابل قبولی داشته باشند، همواره مورد توجه بوده است.

از سوی دیگر بررسی سوابق لرزه خیزی ایران نشان می دهد که همواره در طول تاریخ خسارات مالی و جانی زیادی بر اثر زمین لرزه های گذشته به کشور تحمیل شده است. از جمله ی این خسارات می توان زمین لرزه های ری، تبریز، رودبار، منجیل، طبرستان و بم را بر شمرد. بر پایه ی مطالعات صورت گرفته، اولین عامل تاثیر گذار، قرارگیری ایران در بخشی از کمربند کو هزایی آلپ- هیمالیا که به عنوان آخرین و جوان ترین نواحی کوه زایی جهان شناخته شده و پدیده های دگر شکلی است که به شکل های مختلف در آن ظاهر می شود. از سوی دیگر، باز شدن دریای سرخ و در نتیجه حرکت پهنه ی عربستان به سوی ایران و جابجایی بستر اقیانوس هند در نواحی عمان و حرکت به سمت شمال، شمال شرقی و حرکات دیگر صفحات لیستوفری اطراف ایران موجب فراهم آمدن شرایط لرزه خیزی بالقوه ای در این منطقه شده است که هر چندگاه شاهد آزاد شدن انرژی ناشی از تمرکز تنش ها در راستای گسل های فعال و زمین لرزه هایی با شدت بالا یا بزرگای زیاد در ایران هستیم (۱).

فروریزش یک سازه عامل اصلی تلفات و خسارات جانی است بنابراین محاسبه ظرفیت سازه ها در برابر فروریزش از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد.

به طور کلی پایین ترین سطح عملکردی که برای یک سازه در برابر زلزله ای بزرگ تر از زلزله طرح مورد انتظار است عملکردی تا قبل از فروریزش است. در واقع فروریزش یک سازه علاوه بر زیان های اقتصادی بسیار بالا، موجب زیان های مالی نیز می گردد و همواره سعی تمامی آیین نامه های طراحی این بوده است که تا حد امکان میزان احتمال سازه در مقابل فروریزش را کاهش دهند. در گذشته برای در نظر گرفتن فروریزش از تحلیل های استاتیکی غیرخطی (پوش آور) استفاده می شد. علت این امر سادگی این روش ها بود. با افزایش زمان روش های استاتیکی جای خود را به تحلیل های دینامیکی دادند و بیشتر کارهای تحقیقاتی در این زمینه به سمت در نظر گرفتن موارد لازم در تحلیل های دینامیکی غیرخطی سوق گرفت. از جمله موارد مهم در تحلیل های دینامیکی غیرخطی می توان به مشخصات مصالح در اثر بارهای سیکلی و انتخاب زلزله مناسب با منطقه را نام برد. بدین ترتیب شاخه ای جدیدی در مهندسی زلزله با رویکرد انتخاب زلزله برای تحلیل های غیرخطی به وجود آمد. با توجه به ماهیت زلزله ها می توان این انتظار را داشت که نتایج تحلیل دو زلزله به طور زیادی از یکدیگر متفاوت باشند. به طور مثال یک شتاب نگاشت که از دو زلزله متفاوت به دست آمده اند دارای تفاوت هایی در شکل شتاب نگاشت، محتوای فرکانسی، طیف حاصل و در نهایت پاسخ سازه هستند. تحلیل دینامیکی پاسخ سازه

محدوده‌ای از پاسخ خطی کاملاً الاستیک تا نزدیکی فروریزش را دربر می‌گیرد.

محاسبه فروریزش یک سازه از طریق تحلیل دینامیکی افزایشی شامل مجموعه‌هایی از تحلیل دینامیکی است که با یک شدت نسبی شروع می‌شود و پاسخ الاستیک سیستم را تولید می‌کند. سپس این شدت نسبی تا فروریزش سیستم افزایش می‌یابد. شدت نسبی در هنگام فروریزی را ظرفیت فروریزش می‌نامند. تحلیل دینامیکی نیازمند مشخص بودن ویژگی‌های سیستم و حرکات زمین ورودی هست که تغییرات در این موارد باعث ایجاد پراکندگی زیاد در نتایج می‌شود؛ بنابراین، ارزیابی فروریزش نیازمند این است که به صورت احتمالاتی محاسبه شود که شامل عدم قطعیت‌ها در محتوی فرکانسی حرکت زمین و پارامترهای ورودی سیستم است (۲).

### ضرورت و اهمیت تحقیق

همان گونه که پیشتر ذکر شد، با وجود قرار گرفتن مناطق وسیعی از کشور ایران در پهنه ی با خطر نسبی لرزه خیزی خیلی زیاد و زیاد، احتمال تجربه زمین لرزه های بزرگ توسط ساختمان های موجود به ویژه سازه های چون برج ها، بیمارستان ها، ساختمان های مخابراتی و دولتی و یا ساختمان های با کاربری نظامی که در مدیریت بحران کشور نقش کلیدی دارند، زیاد است. چنان که بررسی سوابق لرزه خیزی ایران نیز نشان می دهد، همواره در طول تاریخ خسارات مالی و جانی زیادی بر اثر زمین لرزه های گذشته به وجود آمده است که از جمله این خسارات می توان زمین لرزه های ری، تبریز، رودبار، منجیل، طبرستان و بم را بر شمرد. از دلایل عمده ی این خسارات در کشور، عدم وجود دانش کافی درباره ی طراحی ساختمان های مقاوم در برابر زمین لرزه در گذشته و عدم نظارت بر روند ساخت و سازها در سال های اخیر یاد شده است. اما امروزه با وجود دانش کافی و پیگیری یهای گسترده مبنی بر رعایت اصول ساخت و ساز در کشور هم چنان نیازهای دیگری در علوم مهندسی شدیداً احساس می شود. با وجود اقدامات مناسبی که در چند سال گذشته در این راستا صورت گرفته- که از آن جمله می توان به اصلاح آئین نامه های طراحی و بارگذاری لرزه ای و تدوین مقررات ملی ساختمان اشاره نمود- هنوز نمی توان صحبت از پایان مشکلات و عدم نیاز به ارزیابی سازه های موجود کرد. چرا که اگر با دیدی فراتر از این به قضیه نگاه شود، هنوز در مواردی موضوع ارزیابی و کاهش خسارات و اثرات آن بر مدیریت بحران در زمان وقوع زمین لرزه پابرجاست و در بسیاری از موارد نیاز است استحکام لرزه ای سازه های موجود مورد ارزیابی قرار گیرد. آستانه فروریزش سازه به عنوان پایین ترین سطح عملکرد سازه همواره یکی از مهم ترین عوامل در استانداردها و آیین نامه های ساختمانی بوده و هدف بسیاری از تدوین کنندگان آیین نامه ها جلوگیری از فروریزش سازه برای زلزله های شدید تا سطح MCE است. علت این امر خسارات جانی و مالی بسیاری است که فروریزش سازه موجب خواهد شد.

توجه به این مسئله که فروریزش یک سازه عامل خرابی های بسیار و به وجود آمدن خسارات جانی و مالی بسیار است، مهندسين را به بررسی فروریزش و ظرفیت فروریزش سازه های مهم سوق داده است. روش اصولی برای تعیین فروریزش سازه ها، استفاده از تحلیل دینامیکی افزایشی است حال آنکه به دلیل پیچیدگی امکان انجام آن برای همه سازه ها وجود نداشته و انجام این تحلیل، نیازمند زمان و هزینه بالایی است. حال آنکه فروریزش برخی

از ساختمان‌ها و سازه‌های مهم می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیر جانی، مالی، زیست‌محیطی و ... به همراه داشته باشد و مهندسين طراح باید از ظرفیت فروریزش سازه با دقت مناسبی آگاه باشند متاسفانه امروزه بررسی ظرفیت فروریزش یک سازه روند پیچیده‌ای را دارد که برای پروژه‌های کاربردی عملاً قابل استفاده نخواهد بود. در این پژوهش سعی خواهد شد نسبت به امکان سنجی استفاده از یک روش ساده باری پیش بینی ظرفیت فروریزش سازه اقدام گردد. نتایج این پژوهش می‌تواند کمک شایانی برای مهندسين در تخمین فروریزش دینامیکی سازه‌ها با استفاده از نتایج تحلیل بارافزون باشد.

تخمین ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه نیاز به مجموعه‌ای از تحلیل‌های دینامیکی داشته که عملاً بسیار وقت‌گیر بوده و برای پروژه‌های صنعتی انجام آن امکان‌پذیر نمی‌باشد. در مقابل روش بارافزون چندین سال است که در بهسازی و طراحی مورد استفاده قرار گرفته و در بسیاری از شرکت‌های مشاور و دفاتر محاسبات ساختمان به یک روش و رویه عادی تبدیل شده است. در این پژوهش هدف تشکیل ارتباطی بین داده‌های حاصل از روش بارافزون با ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه است که می‌تواند صرفه‌جویی زیادی در وقت و هزینه محاسبات در پروژه‌های واقعی را به دنبال داشته باشد (۳).

یکی از روش‌هایی که احتمالاً می‌تواند در این زمینه به ما کمک نماید استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی است. در این پژوهش با توجه به پتانسیل شبکه‌های عصبی مصنوعی، برای پیش‌بینی نتایج استفاده می‌نماییم. فرضیه‌های تحقیق

در این پژوهش از فرضیاتی استفاده می‌گردد که عبارت‌اند از:

رابطه‌ای (به صورت غیر صریح) بین نتایج حاصل از تحلیل بارافزون و فروریزش دینامیکی وجود دارد. به بیانی دیگر در این پژوهش به امکان سنجی استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تخمین فروریزش با استفاده از داده‌های بدست آمده از تحلیل استاتیکی معادل خواهیم پرداخت.

با توجه به محتوای فرکانسی زلزله‌های مختلف، پاسخ سازه و در نتیجه ظرفیت نظیر فروریزش در برابر هر زلزله متفاوت خواهد بود. در این پژوهش فرض شده است شتاب نظیر فروریزش برابر با مقدار متوسط شتاب فروریزش حاصل از ۴۴ شتاب‌نگاشت پیشنهاد شده توسط FEMA p695 است.

یکی از عواملی که بر توزیع مفاصل پلاستیک در تحلیل استاتیکی غیرخطی تاثیر دارد، الگوی توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه است. در این تحقیق الگوی توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه برای انجام تحلیل بارافزون، الگوی بار متناسب با مد اول سازه در نظر گرفته شده است.

#### آشنایی با شبکه عصبی مصنوعی

از آنجایی که هنگامی که انسان شروع به خواندن، نوشتن، راه رفتن و ... می‌کند، در واقع در حال استفاده از یک شبکه عصبی بیولوژیکی پیچیده می‌باشد. شبکه عصبی انسان دارای ۱۰۱۱ نرون است که راه رفتن، فکر کردن و ... را برای انسان ممکن می‌سازد. اگرچه شبکه عصبی انسان دارای سرعت بالایی نیست اما هر یک از نرون‌ها دارای ساختار پیچیده‌ای از بافت‌ها و واکنش‌های شیمیایی می‌باشند. محققین زیادی در پی درک عملکرد شبکه عصبی بیولوژیکی بوده‌اند و به‌طور کلی دریافته‌اند که تمام توابع عصبی بیولوژیکی که شامل حافظه نیز می‌باشد،

در نورون ها و خطوط ارتباطی بین آنها ذخیره می شوند. آموزش باعث ایجاد یک ارتباط جدید میان نورون ها می شود. شبکه های عصبی موجکی مدل ساده شده ای از شبکه های عصبی بیولوژیکی است. اگرچه شبکه های عصبی موجکی حتی بخش کوچکی از توانایی های مغز انسان را ندارد، اما می توان آنها را برای انجام فعالیت های مفید تربیت کرد (۴)

### داده های به دست آمده از تحلیل های غیرخطی

همان طور که در ابتدای پژوهش عنوان شد برای آموزش شبکه عصبی نیاز به تعدادی داده داریم که در این پژوهش از داده های معتبر ارائه شده در گزارش فیما استفاده شد (16). تا کنون پژوهش های زیادی درباره تحلیل های غیرخطی سازه ها ارائه شده و در هر یک از این تحقیقات نتایجی از تحلیل های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی وجود دارد ولی در این پژوهش فقط از داده های استفاده شده در گزارش فیما استفاده کرده ایم. علت انتخاب این داده ها موارد زیر است:

۱. نحوه مدل سازی غیرخطی سازه ها تأثیر بسیاری بر روی نتایج استاتیکی و دینامیکی غیرخطی دارد. ما از داده هایی در آموزش شبکه می توانیم استفاده نماییم که همگی از یک روش مدل سازی مشابه به دست آمده باشند، اگر روش مدل سازی متفاوت باشد، عملاً نمی توان از آنها برای آموزش شبکه استفاده نمود.
۲. همان طور در فصول قبل نیز بیان شد، روش معتبر در مدل سازی سازه ها برای پیش بینی ظرفیت پژوهش استفاده از مفاصل پلاستیک است. زیرا مدل های فایبر نمی توانند زوال سختی و مقاومت را به درستی مدل نمایند حال آنکه زوال سختی و مقاومت در تغییر شکل های زیاد، مانند آنچه در فروریزش اتفاق می افتد، تأثیر بسیار زیادی دارد. تمامی مدل هایی که در فیما آورده شده اند بر اساس مدل سازی پلاستیک هستند.
۳. هدف از پژوهش امکان سنجی استفاده از داده های به دست آمده از تحلیل های استاتیکی در پیش بینی ظرفیت فروریزش سازه بوده و به سیستم خاصی اشاره نشده است. بنابراین باید در آموزش شبکه از داده هایی استفاده گردد که از تمامی سیستم های سازه ای استخراج شده باشند و نمی توان صرفاً از یک سیستم سازه ای خاص استفاده نمود. داده های موجود در گزارش فیما شامل چندین سیستم سازه ای متفاوت است (۵).

### مشخصات طراحی، شامل پریود مد اول و پریود تجربی، برش پایه طراحی و...

در این گزارش پریود تجربی سازه با T و پریود مد اول سازه با  $T_1$  نمایش داده شده است. برش پایه طراحی با V و به صورت بدون بعد با V/W نمایش داده شده است. SMT بیانگر شدت زلزله MCE (زلزله با احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال) است. کلیه سازه هایی که در این گزارش مدل سازی و تحلیل شده اند، با در نظر گرفتن متغیرهایی طراحی زیادی ساخته شده اند. علت این مسئله این است که نتایج منحصر به یک شرایط خاص نباشد. به طور مثال قاب های خمشی به دو صورت فضایی<sup>۱</sup> و محیطی<sup>۲</sup> در نظر گرفته شده اند تا کلیه سازه هایی که دارای سیستم قاب خمشی بتنی هستند را پوشش دهند. در تمامی این مدل ها، پهنه بندی خطر زلزله نیز

<sup>۱</sup> منظور از قاب فضایی سیستمی است که تمام قاب های آن به صورت خمشی هستند. این سیستم در کشور ما بسیار متداول است.

<sup>۲</sup> قاب های محیطی در گزارش فیما، قاب هایی هستند که وظیفه تحمل بارهای جانبی را بر عهده دارند. در برخی از سازه ها، تمامی قاب های میانی به صورت مفصل بوده و نقشی در تحمل بار جانبی ندارند ولی در هر رستای سازه، دو قاب پیرامونی به صورت خمشی بوده و تحمل بارهای جانبی را بر عهده دارند.

مشخص شده است (۶).

مشخصات و نتایج تحلیل‌های غیرخطی: میانه ظرفیت فروریزش  $S_{CT}$  و نسبت حد فروریزش CMR داده‌های به دست آمده از تحلیل پوش آور در این گزارش شامل دو داده اصلی یعنی ضریب اضافه مقاومت  $\Omega$  و ضریب شکل پذیری  $\mu$  است. در فصول قبل در مورد نحوه محاسبه این دو توضیح داده شده و جهت جلوگیری از افاضه کلام از تکرار مجدد خودداری می‌گردد.

پس از تحلیل دینامیکی افزایشی و رسم منحنی فروریزش، نسبت حد فروریزش یا CMR که داده مهمی به دست می‌آید. نسبت حد فروریزش که برابر نسبت متوسط ظرفیت فروریزش به دست آمده از طریق IDA به شتاب طیفی احتمالاتی با دوره بازگشت ۲٪ در ۵۰ سال که با CMR نشان داده می‌شود:

$$CMR = \frac{S_{CT}}{S_{MT}}$$

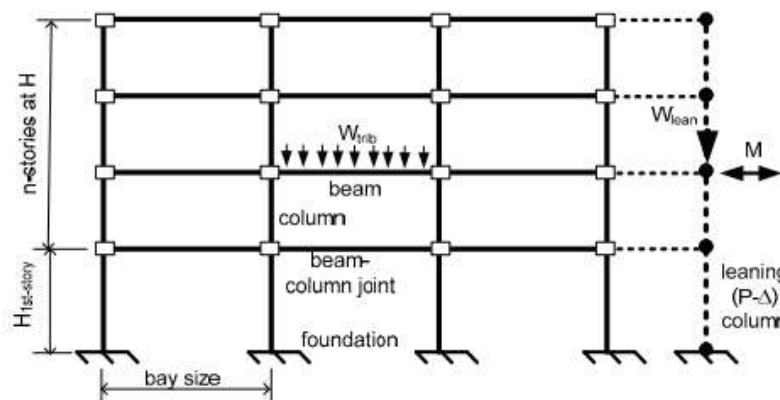
$S_{CT}$ : میانه شتاب طیفی زلزله سطح فروریزش

$S_{MT}$ : شتاب طیفی زلزله با احتمال فراگذشت ۲٪ در ۵۰ سال (MCE)

با توجه به اینکه CMR به صورت بدون بعد است، بیشتر در این آیین نامه استفاده شده است. SSF که نشان دهنده ضریب شکل طیف است در این آیین نامه به صورت معناداری وابسته به ضریب شکل پذیری سیستم نمایش داده شده است. این مقدار در نسبت حد فروریزش ضرب شده و حد فروریزش اصلاح شده یا ACMR را نتیجه می‌دهد. توضیح آنکه در این استاندارد ACMR مبنای قبول یا رد یک گروه سازه‌ای است.

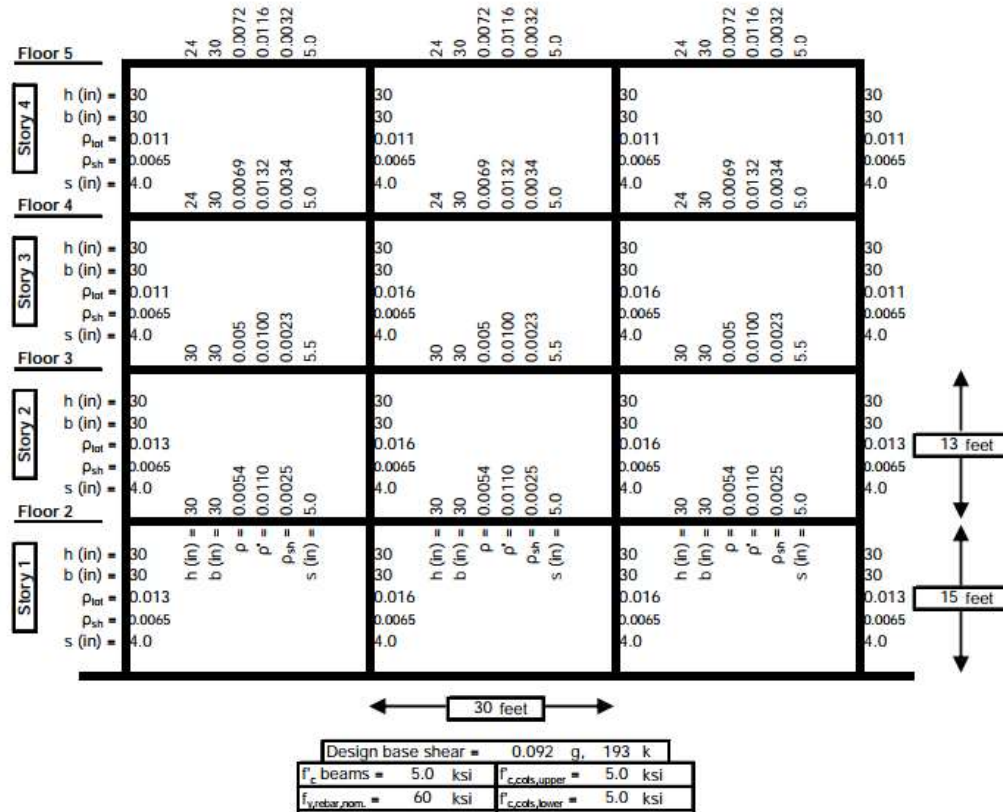
### ساختمان‌های بتنی با سیستم قاب خمشی ویژه

این سازه‌ها توسط استاندارد ACI 318-05 طراحی شده و تمامی ضوابط آیین نامه‌ای از جمله کنترل دررفت و کنترل برش پایه مینیمم انجام شده است. این سازه‌ها که در این قسمت آیین نامه آورده شده است بر گرفته از پایان نامه هسلتون (24) هستند. تمامی این سازه‌ها به صورت دو بعدی مدل شده ولی جهت در نظر گرفتن اثرات P- $\Delta$  ستون مجازی به آن‌ها اضافه شده است که در شکل زیر نمایش داده شده است.

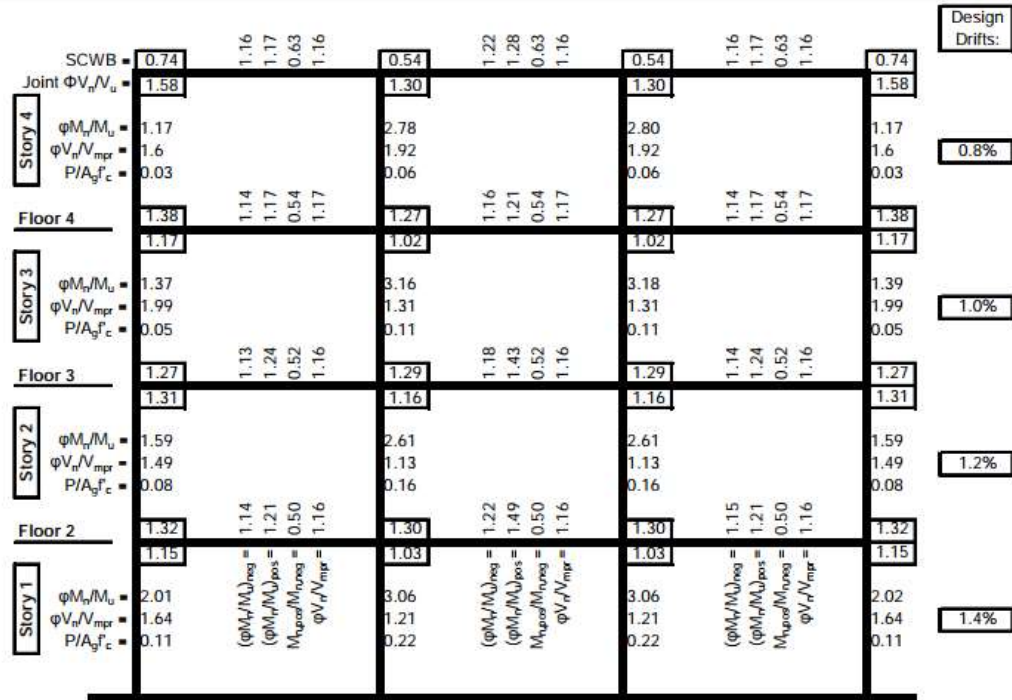


نمونه‌ای از قاب‌های بتنی با سیستم خمشی ویژه

نتایج طراحی این سازه‌ها نیز موجود بوده که به عنوان نمونه در شکل بعد یک ساختمان نشان داده شده است.



نتایج طراحی یکی از ساختمان‌های بتنی خمشی با شکل پذیری ویژه



نتایج تحلیل ساختمان مذکور

این سازه‌ها شامل ۳۰ ساختمان بوده که در جدول زیر نمایش داده شده‌اند.

جدول (۱) مشخصات طراحی قاب‌های خمشی ویژه بتنی

ID	No Stories	Framing	SDC	R	T	T1	V/W	SMT
1001	2	S	Dmax	8	0.45	0.63	0.125	1.5
1003	4	P	Dmax	8	0.81	1.12	0.092	1.11
1008	4	S	Dmax	8	0.81	0.94	0.092	1.11
1009	4	P-30	Dmax	8	1.03	1.16	0.092	1.03
1010	4	S-30	Dmax	8	1.03	0.86	0.092	1.03
1011	8	P	Dmax	8	1.49	1.71	0.05	0.6
1012	8	S	Dmax	8	1.49	1.8	0.05	0.6
1013	12	P	Dmax	6.4	2.13	2.01	0.044	0.42
1014	12	S	Dmax	6.4	2.13	2.14	0.044	0.42
1020	20	P	Dmax	4.1	3.36	2.63	0.044	0.27
1021	20	S	Dmax	4.1	3.36	2.36	0.044	0.27
2061	1	S	Dmax	8	0.26	0.42	0.125	1.5
2064	2	P	Dmax	8	0.45	0.66	0.125	1.5
2069	1	P	Dmax	8	0.26	0.71	0.125	1.5
4011	8	P	Dmin	5.8	1.6	3	0.017	0.15
4013	12	P	Dmin	6.6	2.28	3.35	0.017	0.1
4020	20	P	Dmin	4.2	3.6	4.08	0.017	0.065



4021	20	S	Dmin	8	3.6	4.03	0.017	0.065
5013	12	P	Dmax	8	2.13	2.01	0.035	0.42
5014	12	S	Dmax	8	2.13	2.14	0.035	0.42
5020	20	P	Dmax	8	3.36	2.63	0.022	0.27
5021	20	S	Dmax	8	3.36	2.36	0.022	0.2
6011	8	P	Dmin	8	1.6	3	0.013	0.15
6013	12	P	Dmin	8	2.28	3.35	0.01	0.1
6020	20	P	Dmin	8	3.6	4.08	0.01	0.065
6021	20	S	Dmin	8	3.6	4.03	0.01	0.065

در ادامه مشخصات حاصل از تحلیل‌های غیرخطی برای قاب‌های خمشی ویژه بتنی نمایش داده شده است.

جدول (۲) نتایج تحلیل‌های غیرخطی مدل‌های بتنی ویژه

ID	No Stories	Framing	T1	$\Omega$	$\mu$	$S_{CT}$	CMR
1001	2	S	0.63	3.5	14.9	3.09	2.06
1003	4	P	1.12	1.6	10.9	1.79	1.61
1008	4	S	0.94	2.7	11.3	1.98	1.78
1009	4	P-30	1.16	1.6	13.4	2.04	1.98
1010	4	S-30	0.86	3.3	13.2	2.58	2.5
1011	8	P	1.71	1.6	9.8	0.75	1.25
1012	8	S	1.8	2.3	7.5	0.98	1.63
1013	12	P	2.01	1.7	11.4	0.61	1.45
1014	12	S	2.14	2.1	7.7	0.67	1.59
1020	20	P	2.63	1.6	5.6	0.45	1.66
1021	20	S	2.36	2	5.7	0.53	1.98
2061	1	S	0.42	4	16.1	2.94	1.96
2064	2	P	0.66	1.8	19.6	2.25	1.5
2069	1	P	0.71	1.6	14	1.77	1.18
4011	8	P	3	1.8	3.6	0.29	1.93
4013	12	P	3.35	1.8	4.3	0.23	2.29
4020	20	P	4.08	1.8	3.9	0.15	2.36
4021	20	S	4.03	2.8	3.8	0.25	3.87
5013	12	P	2.01	1.7	7.4	0.51	1.22
5014	12	S	2.14	2.8	8.6	0.67	1.59
5020	20	P	2.63	2.6	4.1	0.22	0.82
5021	20	S	2.36	3.5	4.4	0.25	1.25
6011	8	P	3	1.8	3	0.32	2.12
6013	12	P	3.35	1.8	3.7	0.20	2

6020	20	P	4.08	1.8	2.8	0.11	1.73
6021	20	S	4.03	3.4	3.3	0.24	3.7

### سازه های بتنی خمشی معمولی

مشخصات کلی و پارامترهای این سازه ها نیز مشابه قاب های خمشی ویژه بوده و به همین دلیل در این قسمت از تکرار آن جلوگیری شده و صرفاً به نتایج در قالب جدول اکتفا می گردد.

جدول (۳) مشخصات طراحی سازه های بتنی معمولی

ID	N Stories	Framing	SDC	R	T	T1	V/W	S <sub>MT</sub>
9101	2	P	Bmin	3	0.55	1.56	0.041	0.18
9103	4	P	Bmin	3	0.99	2.81	0.023	0.1
9105	8	P	Bmin	3	1.81	4.58	0.012	0.06
9107	12	P	Bmin	3	2.59	5.8	0.01	0.04
9102	2	S	Bmin	3	0.55	0.85	0.041	0.18
9104	4	S	Bmin	3	0.99	1.49	0.023	0.1
9106	8	S	Bmin	3	1.81	2.53	0.012	0.06
9108	12	S	Bmin	3	2.59	2.85	0.01	0.04
9201	2	P	Bmax	3	0.51	1.23	0.087	0.39
9203	4	P	Bmax	3	0.93	1.93	0.048	0.22
9205	8	P	Bmax	3	1.7	3.39	0.026	0.12
9207	12	P	Bmax	3	2.44	4.43	0.018	0.08
9202	2	S	Bmax	3	0.51	0.81	0.087	0.39
9204	4	S	Bmax	3	0.93	1.36	0.048	0.22
9206	8	S	Bmax	3	1.7	2.35	0.026	0.12
9208	12	S	Bmax	3	2.44	2.85	0.018	0.08
9201	2	P	Cmin	3	0.51	1.23	0.087	0.39
9203	4	P	Cmin	3	0.93	1.93	0.048	0.22
9205	8	P	Cmin	3	1.7	3.39	0.026	0.12
9207	12	P	Cmin	3	2.44	4.43	0.018	0.08
9202	2	S	Cmin	3	0.51	0.81	0.087	0.39
9204	4	S	Cmin	3	0.93	1.36	0.048	0.22
9206	8	S	Cmin	3	1.7	2.35	0.026	0.12
9208	12	S	Cmin	3	2.44	2.85	0.018	0.08
9303	4	P	Cmax	3	0.87	1.51	0.077	0.34
9307	12	P	Cmax	3	2.29	3.72	0.029	0.13
9304	4	S	Cmax	3	0.87	1.3	0.077	0.34
9308	12	S	Cmax	3	2.29	2.57	0.029	0.13

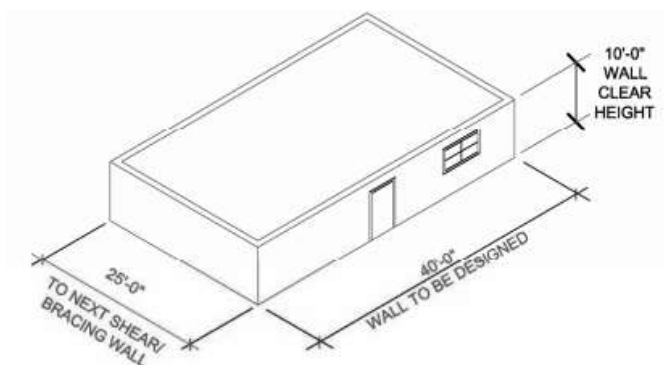
جدول (۴) نتایج حاصل از تحلیل‌های غیرخطی برای قاب‌های خمشی بتنی معمولی

ID	N Stories	Framing	SDC	S <sub>MT</sub>	Ω	μ	S <sub>CT</sub>	CMR
9101	2	P	Bmin	0.18	2	3.7	0.91	4.99
9103	4	P	Bmin	0.1	1.8	3	0.33	3.3
9105	8	P	Bmin	0.06	2.6	3.1	0.18	3.31
9107	12	P	Bmin	0.04	2.3	2.5	0.14	3.68
9102	2	S	Bmin	0.18	6.6	3	1.40	7.69
9104	4	S	Bmin	0.1	5.3	2.1	0.68	6.7
9106	8	S	Bmin	0.06	6	3	0.39	7.05
9108	12	S	Bmin	0.04	6	4.2	0.35	9.07
9201	2	P	Bmax	0.39	1.6	3.5	1.07	2.72
9203	4	P	Bmax	0.22	1.6	3.8	0.51	2.36
9205	8	P	Bmax	0.12	1.5	2.8	0.25	2.11
9207	12	P	Bmax	0.08	1.7	3	0.18	2.22
9202	2	S	Bmax	0.39	2.9	3.3	1.36	3.47
9204	4	S	Bmax	0.22	3	2.3	0.83	3.87
9206	8	S	Bmax	0.12	3.1	3	0.41	3.49
9208	12	S	Bmax	0.08	3.8	5.8	0.38	4.65
9201	2	P	Cmin	0.39	1.6	3.5	0.80	2.04
9203	4	P	Cmin	0.22	1.6	3.8	0.44	1.99
9205	8	P	Cmin	0.12	1.5	2.8	0.20	1.68
9207	12	P	Cmin	0.08	1.7	3	0.15	1.93
9202	2	S	Cmin	0.39	2.9	3.3	0.70	1.79
9204	4	S	Cmin	0.22	3	2.3	0.46	2.08
9206	8	S	Cmin	0.12	3.1	3	0.30	2.48
9208	12	S	Cmin	0.08	3.8	5.8	0.16	1.95
9303	4	P	Cmax	0.34	1.5	3.6	0.53	1.55
9307	12	P	Cmax	0.13	1.4	2.1	0.13	1.03
9304	4	S	Cmax	0.34	2.1	3.3	0.67	1.97
9308	12	S	Cmax	0.13	2.7	4.7	0.21	1.58

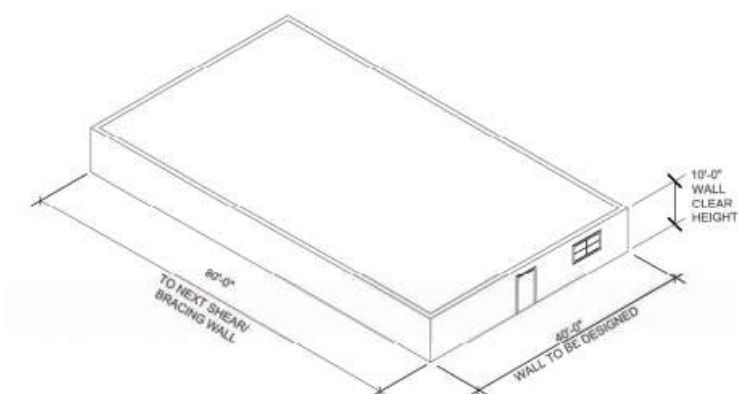
### ساختمان‌های سبک چوبی

این ساختمان‌ها ضوابط استاندارد ASCE 7-05 در طراحی را رعایت کرده و سپس مورد مدل‌سازی غیرخطی قرار گرفته‌اند. تعداد طبقات این سازه‌ها بین ۱ تا ۵ طبقه متغیر است. ارتفاع هر دیوار به صورت مفید برابر ۱۰ فوت (حدود ۳ متر و ۵ سانتی متر) در نظر گرفته شده است. شکل بعدی نمایشی از این سازه‌ها را نشان

می دهد (۷).

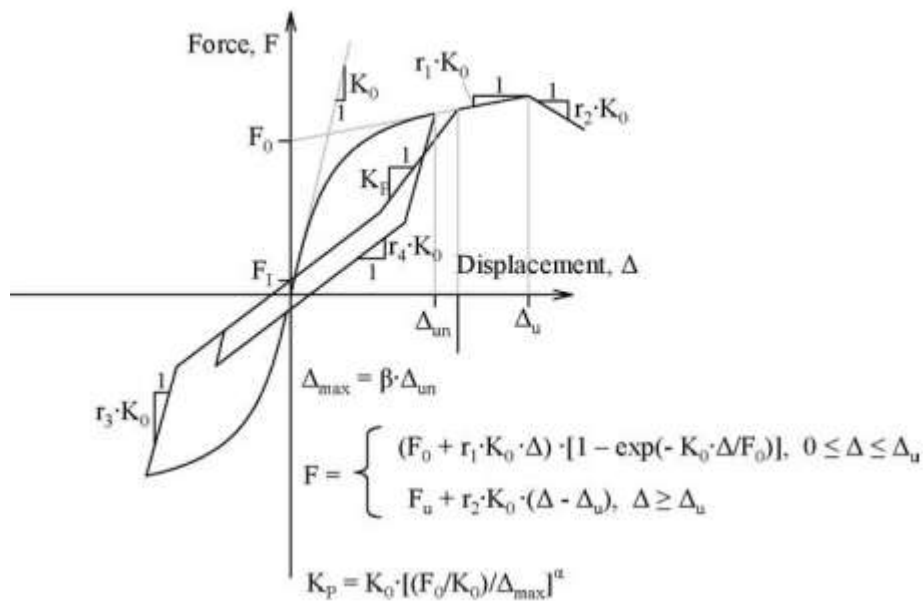


Residential building dimensions



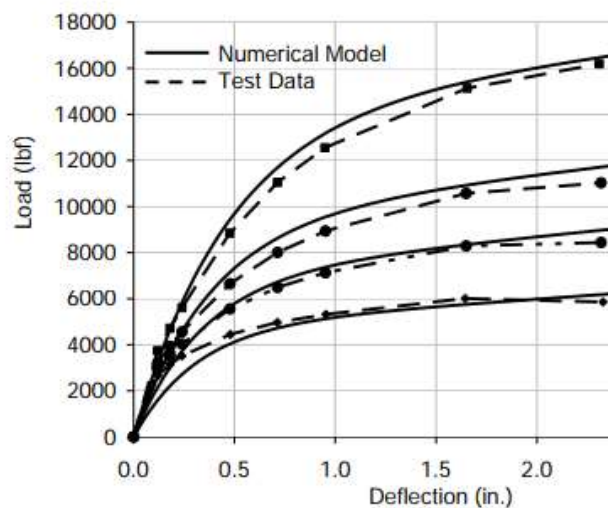
نمایی از ساختمان های چوبی در گزارش فیما

همان طور که در ابتدای این فصل ذکر شد، کلیه این مدل ها به صورت مفصل پلاستیک مدل شده اند. با توجه به ویژگی های متفاوت چوب نسبت به مصالح ساختمانی متداول مانند فولاد و بتن آرمه، از منحنی نیرو-جابجایی خاصی استفاده شده است که در شکل زیر به همراه روابط استفاده شده نشان داده شده است. با توجه به اینکه هدف این پایان نامه نحوه مدل سازی این سازه ها نیست لذا از شرح در این باره خودداری می گردد.



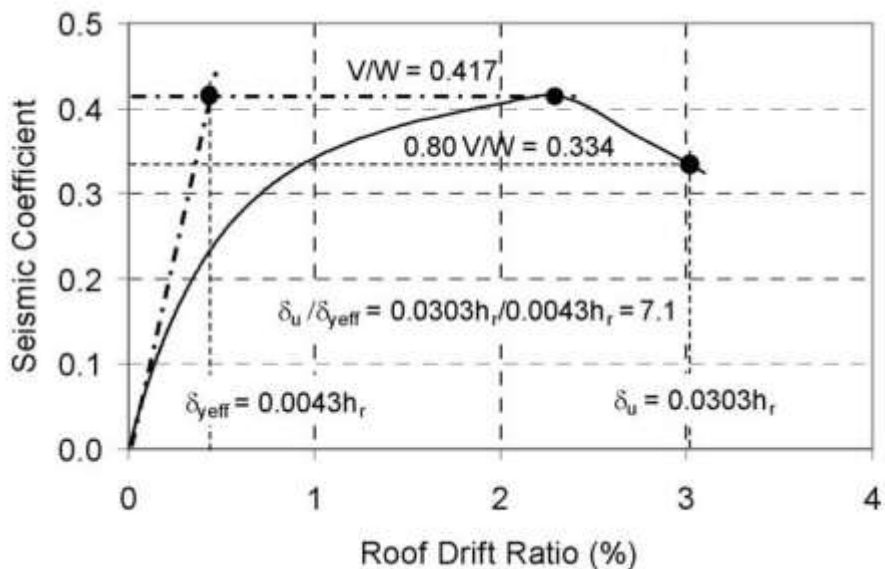
نمودار نیرو جابجایی برای ساختمان های چوبی

تصویر زیر میزان دقت این روابط نسبت به مقادیر آزمایشگاهی را نشان می دهد که تأیید کننده اعتبار بالای این روابط در مدل سازی ساختمان های چوبی است.

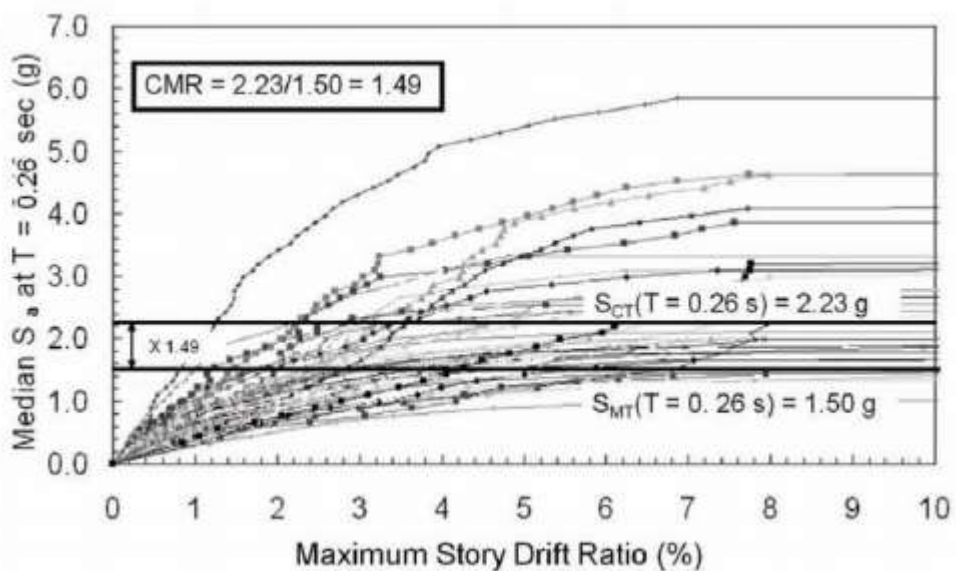


مقایسه روابط پیشنهادی جهت مدل سازی ساختمان های چوبی با مقادیر آزمایشگاهی

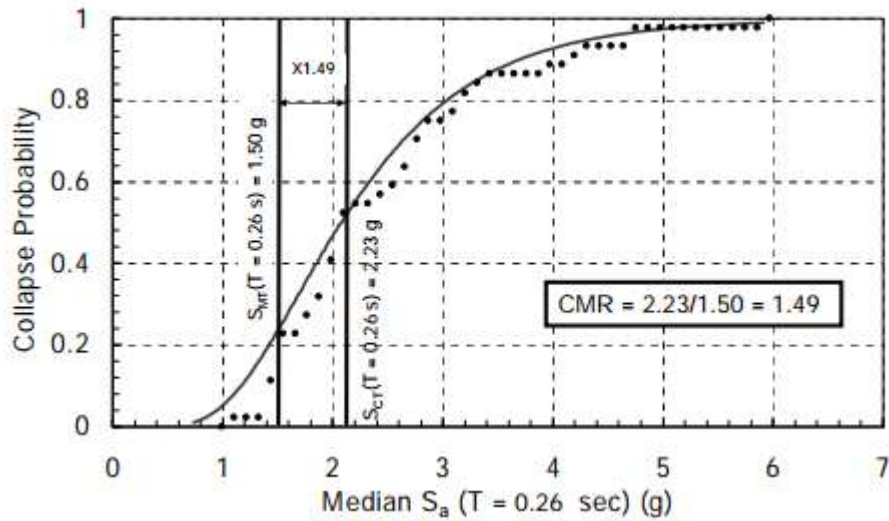
برای تمامی این سازه ها نمودار پوش آور و IDA به دست آمده سپس ضریب اضافه مقاومت، ضریب شکل پذیری و حد فروریزش محاسبه شده است. اشکال بعد این نمودارها را برای یکی از ساختمان های چوبی نمایش می دهند.



نمودار پوش آور به صورت بدون بعد برای یک نمونه سازه چوبی. محور قائم ضریب زلزله (نیروی زلزله تقسیم بر جرم سازه) و محور افقی جابجایی بدون بعد بام (جابجایی بام تقسیم بر ارتفاع کل سازه) را نمایش می‌دهد.



نمودار IDA برای سازه نمونه چوبی



نمایشی از نمودار شکنندگی برای سازه نمونه چوبی به همراه محاسبه حد فروریزش (نسبت میانه فروریزش که ظرفیت فروریزش نامیده می شود به شتاب طیفی طراحی)

در ادامه مقادیر به دست آمده از تحلیل های غیرخطی و مشخصات سازه های چوبی طراحی و تحلیل شده آورده شده اند.

جدول (۵) مشخصات طراحی سازه های چوبی در گزارش فیما

ID	N Stories	Building Configuration	Wall Aspect	SDC	T	T <sub>1</sub>	V/W	S <sub>MT</sub>
1	1	Commercial	Low	Dmax	0.25	0.4	0.167	1.5
5	2	Commercial	Low	Dmax	0.26	0.46	0.167	1.5
9	3	Commercial	Low	Dmax	0.36	0.58	0.167	1.5
2	1	1&2 Family	High	Dmax	0.25	0.29	0.167	1.5
6	2	1&2 Family	High	Dmax	0.26	0.37	0.167	1.5
10	3	Multi-Family	High	Dmax	0.36	0.44	0.167	1.5
13	4	Multi-Family	High	Dmax	0.45	0.53	0.167	1.5
15	5	Multi-Family	High	Dmax	0.53	0.62	0.167	1.5
11	3	Commercial	Low	Dmin	0.41	0.93	0.063	0.75

3	1	Commercial	High	Dmin	0.25	0.5	0.063	0.75
4	1	1&2 Family	High	Dmin	0.25	0.41	0.063	0.75
7	2	Commercial	High	Dmin	0.3	0.61	0.063	0.75
8	2	1&2 Family	High	Dmin	0.3	0.62	0.063	0.75
12	3	Multi-Family	High	Dmin	0.41	0.69	0.063	0.75
14	4	Multi-Family	High	Dmin	0.51	0.81	0.063	0.75
16	5	Multi-Family	High	Dmin	0.6	0.91	0.063	0.75

جدول (۶) نتایج تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی بر روی سازه‌های چوبی

ID	N Stories	Building Configuration	$\Omega$	$\mu$	$S_{CT}$	CMR
1	1	Commercial	2	9.9	2.01	1.34
5	2	Commercial	2.5	7.1	2.235	1.49
9	3	Commercial	2	12.4	2.175	1.45
2	1	1&2 Family	4.1	9.9	2.91	1.94
6	2	1&2 Family	3.8	9.6	3.21	2.14
10	3	Multi-Family	3.7	7.9	2.865	1.91
13	4	Multi-Family	2.9	5.8	2.595	1.73
15	5	Multi-Family	2.6	5.4	2.67	1.78
11	3	Commercial	2.1	7	1.98	2.64
3	1	Commercial	3.6	9.9	1.71	2.28



4	1	1&2 Family	5.4	9.9	2.085	2.78
7	2	Commercial	4	7.7	1.95	2.6
8	2	1&2 Family	3.5	7.7	1.95	2.6
12	3	Multi-Family	4	7.1	2.34	3.12
14	4	Multi-Family	3.4	6.2	2.085	2.78
16	5	Multi-Family	3.3	5.7	1.92	2.56

### انتخاب داده‌های ورودی به شبکه عصبی

شبکه عصبی در صورتی می‌تواند موفق عمل نماید که توسط داده‌ها و الگوریتم‌های درستی آموزش ببیند. با توجه به کاربردهای متنوع شبکه‌های عصبی مانند کلاس بندی، تشخیص الگو، بهینه سازی، کنترل، شناسایی سیستم، مدل سازی، شبیه سازی و پیش بینی، سیستم‌های خبره و فازی روش‌های آموزش مختلفی ابداع شده است که در اغلب موارد منطبق با یک مسئله خاص می‌باشد به این معنی که الگوریتم یادگیری طراحی و تنظیم شده برای یک مسئله خاص برای آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی دیگر و مسائل متفاوت قابل استفاده به همان صورت قبلی نمی‌باشد. کاستی اغلب الگوریتم‌های آموزش شبکه‌های عصبی رایج وابستگی آن‌ها به پارامترهای الگوریتم و مقادیر اولیه و همچنین مشکل نقطه بهینه محلی می‌باشد (۸).

مورد دوم که در موفقیت یک شبکه عصبی مؤثر است، داده‌های ورودی و خروجی به شبکه است. داده‌های ورودی و خروجی از شبکه عصبی مصنوعی در این پژوهش را می‌توان در دو دسته قرار داد:

۱. ورودی‌هایی که از تأثیر آن‌ها بر ظرفیت فروریزش تقریباً اطمینان داریم: این ورودی‌ها شامل مواردی مثل ضریب اضافه مقاومت و شکل پذیری هستند.

۲. مواردی که به صورت سعی و خطا مورد استفاده قرار می‌گیرند: قبل از تشکیل و طراحی شبکه نمی‌توانیم مشخص کنیم چه داده‌هایی به صورت حتمی در فروریزش اثر دارند. به عنوان مثال آیا پیروی تجربی که تابعی از ارتفاع سازه‌های مختلف است در فروریزش مؤثر است؟ این سؤال را بهتر است پس از تشکیل شبکه عصبی بیابیم. به بیان دیگر ببینیم اگر یک پارامتر خاص از ورودی‌ها کاسته شود، دقت شبکه به چه میزان تغییر خواهد نمود. بنابراین برخی از داده‌ها در این دسته قرار می‌گیرند.

داده‌های خروجی از شبکه عصبی به اندازه داده‌هایی ورودی مهم است. به عبارت دیگر ما چه داده‌ای را از شبکه‌های عصبی انتظار داریم پیش بینی نماید. در این مورد چند خروجی مد نظر است که باید یکی از آن‌ها را انتخاب نمود:

۱. انتخاب CMR به عنوان خروجی: با توجه به اینکه CMR مستقیماً نتایج فروریزش را در خود دارد

می تواند انتخاب خوبی از خروجی باشد، علاوه بر اینکه این کمیت بی بعد است.

۲. انتخاب ACMR : چون ACMR اثرات خروجی را در خود دارد می تواند کامل ترین گزینه برای پیش بینی فروریزش باشد.

۳. میانه فروریزش SCT که نشان دهنده ظرفیت فروریزش سازه می باشد، به عنوان ساده ترین پارامتری بوده که می تواند در خروجی قرار گیرد.

با توجه به مواد بالا برای انتخاب خروجی شبکه عصبی انتخاب های مختلفی پیش رو داریم. با توجه به این که CMR پارامتری است که به صورت مستقیم تابع شدت زلزله ۲٪ در ۵۰ سال است نمی تواند معیار مناسبی باشد. لذا بهتر است از ظرفیت فروریزش (SCT) به عنوان خروجی شبکه عصبی استفاده گردد (۱۰).

### تهیه شبکه عصبی مصنوعی

در فصول گذشته نسبت به شبکه های عصبی مصنوعی مطلبی بیان گردید و سازوکار آن ها شرح داده شد در این فصل اقدام به تهیه یک شبکه عصبی برای پیش بینی ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه ها می کنیم. کل داده های ورودی و خروجی این تحقیق در زیر نمایش داده شده اند. همان طور که در قسمت قبلی همین فصل عنوان شد، شتاب نظیر فروریزش SCT به عنوان تنها داده ای که شبکه باید قادر به پیش بینی آن باشد در نظر گرفته می شود (۹).

جدول (۷) کل داده های ورودی و خروجی از شبکه های عصبی مصنوعی

تعداد طبقات	پریود تجربی (ثانیه)	پریود مد اول (ثانیه)	V/W پرش پایه بی بعد	شتاب طیفی طراحی	ضریب اضافه مقاومت	شکل پذیری	شتاب نظیر فروریزش
1	0.25	0.4	0.167	1.5	2	9.9	2.01
2	0.26	0.46	0.167	1.5	2.5	7.1	2.235
3	0.36	0.58	0.167	1.5	2	12.4	2.175
1	0.25	0.29	0.167	1.5	4.1	9.9	2.91
2	0.26	0.37	0.167	1.5	3.8	9.6	3.21
3	0.36	0.44	0.167	1.5	3.7	7.9	2.865
4	0.45	0.53	0.167	1.5	2.9	5.8	2.595
5	0.53	0.62	0.167	1.5	2.6	5.4	2.67
3	0.41	0.93	0.063	0.75	2.1	7	1.98
1	0.25	0.5	0.063	0.75	3.6	9.9	1.71
1	0.25	0.41	0.063	0.75	5.4	9.9	2.085
2	0.3	0.61	0.063	0.75	4	7.7	1.95
2	0.3	0.62	0.063	0.75	3.5	7.7	1.95
3	0.41	0.69	0.063	0.75	4	7.1	2.34
4	0.51	0.81	0.063	0.75	3.4	6.2	2.085
5	0.6	0.91	0.063	0.75	3.3	5.7	1.92
2	0.55	1.56	0.041	0.18	2	3.7	0.91
4	0.99	2.81	0.023	0.1	1.8	3	0.33

8	1.81	4.58	0.012	0.06	2.6	3.1	0.18
12	2.59	5.8	0.01	0.04	2.3	2.5	0.14
2	0.55	0.85	0.041	0.18	6.6	3	1.4
4	0.99	1.49	0.023	0.1	5.3	2.1	0.68
12	2.29	3.72	0.029	0.13	1.4	2.1	0.1339
4	0.87	1.3	0.077	0.34	2.1	3.3	0.6698
12	2.29	2.57	0.029	0.13	2.7	4.7	0.2054
2	0.45	0.63	0.125	1.5	3.5	14.9	3.09
4	0.81	1.12	0.092	1.11	1.6	10.9	1.7871
4	0.81	0.94	0.092	1.11	2.7	11.3	1.9758
4	1.03	1.16	0.092	1.03	1.6	13.4	2.0394
4	1.03	0.86	0.092	1.03	3.3	13.2	2.575
8	1.49	1.71	0.05	0.6	1.6	9.8	0.75
8	1.49	1.8	0.05	0.6	2.3	7.5	0.978
12	2.13	2.01	0.044	0.42	1.7	11.4	0.609
12	2.13	2.14	0.044	0.42	2.1	7.7	0.6678
20	3.36	2.63	0.044	0.27	1.6	5.6	0.4482
20	3.36	2.36	0.044	0.27	2	5.7	0.5346
1	0.26	0.42	0.125	1.5	4	16.1	2.94
2	0.45	0.66	0.125	1.5	1.8	19.6	2.25
1	0.26	0.71	0.125	1.5	1.6	14	1.77
8	1.6	3	0.017	0.15	1.8	3.6	0.2895
12	2.28	3.35	0.017	0.1	1.8	4.3	0.229
20	3.6	4.08	0.017	0.065	1.8	3.9	0.1534
20	3.6	4.03	0.017	0.065	2.8	3.8	0.25155
12	2.13	2.01	0.035	0.42	1.7	7.4	0.5124
12	2.13	2.14	0.035	0.42	2.8	8.6	0.6678
20	3.36	2.63	0.022	0.27	2.6	4.1	0.2214
20	3.36	2.36	0.022	0.2	3.5	4.4	0.25
8	1.6	3	0.013	0.15	1.8	3	0.318
12	2.28	3.35	0.01	0.1	1.8	3.7	0.2
20	3.6	4.08	0.01	0.065	1.8	2.8	0.11245
20	3.6	4.03	0.01	0.065	3.4	3.3	0.2405

بنابراین هفت پارامتر زیر به عنوان ورودی به شبکه عصبی معرفی می شوند:

۱. تعداد طبقات
۲. پریود تجربی
۳. پریود مد اول
۴.  $V/W$  پرش پایه بی بعد

۵. شتاب طیفی طراحی

۶. ضریب اضافه مقاومت

۷. شکل پذیری

### بحث ونتیجه گیری و پیشنهادات تحقیق

در فصول قبل عنوان شد روش اصولی برای تعیین شتاب نظیر فروریزش سازه‌ها استفاده از تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی است. حال آنکه این تحلیل‌ها هزینه‌های محاسباتی بالایی را به همراه خواهند داشت. به دلیل آشنایی مهندسين با تحلیل پوش آور، سعی شد ارتباطی بین نتایج تحلیل پوش آور با ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه‌ها به دست آید. در این پژوهش با استفاده از شبکه‌های عصبی توانستیم ارتباطی بین نتایج حاصل از تحلیل پوش آور با ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه ایجاد نماییم. سپس تعداد داده‌های ورودی کاهش یافت و باز هم شبکه‌های عصبی مصنوعی قابلیت پیش بینی با کمترین مقدار خطا را داشتند. مشاهده شد نمی‌توان ظرفیت فروریزش را صرفاً تابع دو پارامتر یعنی اضافه مقاومت و شکل پذیری دانست و بایستی سایر ویژگی‌های سازه نیز وارد محاسبات گردند.

### جمع بندی

با توجه به مطالب عنوان شده در فصل چهارم و ابتدای همین فصل برخی از نتایج به صورت زیر لیست می‌گردد. البته ذکر این نکته لازم است که نتایج بر مبنای شبیه‌سازی نبوده و از تخمین توسط شبکه عصبی به دست آمده است. لذا هرگونه استفاده عملی از نتایج نیاز به بررسی بیشتر داده‌ها خواهد داشت.

۱. بدون شک مهم‌ترین و اصلی‌ترین نتیجه این پژوهش تأیید استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش بینی ظرفیت فروریزش سازه‌ها است.

۲. در این پژوهش عنوان شد داده‌هایی که حاصل تحلیل‌های غیرخطی استاتیکی هستند می‌توانند توسط شبکه عصبی مصنوعی، تبدیل به ظرفیت فروریزش دینامیکی گردند.

۳. خطای شبکه‌های عصبی مصنوعی زمانی که داده‌های کامل به عنوان ورودی دریافت می‌نماید به‌طور متوسط 0.12g است که مقدار بسیار خوبی است.

۴. با کاهش داده‌های ورودی به شبکه عصبی، خطای حاصل از پیش بینی ظرفیت فروریزش کاهش می‌یابد، حال آنکه این بازه هم مقدار متوسط خطا به بیش از 0.14g نمی‌رسد.

۵. استفاده از صرفاً دو پارامتر حاصل از تحلیل پوش آور یعنی ضریب اضافه مقاومت و شکل پذیری نمی‌تواند به عنوان ورودی به شبکه عصبی در نظر گرفته شود و نیاز است تا سایر پارامترها مثل پریرود مد اول نیز به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شوند.

### پیشنهادها

در این قسمت برخی پیشنهادها که مرتبط با این زمینه پژوهش بوده و کم و کاستی‌های این پژوهش را رفع کرده و برای پژوهش‌های آینده می‌تواند مفید واقع شود آورده می‌شود.

۱. در این پژوهش به بررسی ظرفیت فروریزش دینامیکی سازه‌ها با استفاده از نتایج تحلیل‌های استاتیکی پرداخته شد، بهتر است پژوهشی با مبنای تئوری برای بررسی دقت نتایج به دست آمده ارائه گردد.
۲. در این پژوهش از داده‌های مربوط به سه نوع سیستم باربر جانبی استفاده شد. بهتر تحقیقی با همین هدف و با گسترش نمونه‌های مورد بررسی با سیستم‌های باربر جانبی متفاوتی انجام گیرد.
۳. بدون شک ساختمان‌هایی که دارای سیستم باربر جانبی یکسان باشند رفتاری به مراتب مشابه‌تر نسبت به سایر ساختمان‌ها دارند. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقاتی به اثرات هر یک از سیستم‌های باربر جانبی به صورت جدا پرداخته شود. در حال حاضر به دلیل اینکه تعداد مدل‌های موجود در هر سیستم باربر جانبی برای آموزش شبکه عصبی کافی نیست، لذا چنین امکانی موجود نیست.
۴. اضافه نمودن جزئیاتی از نمودار پوش آور احتمالاً موجب افزایش دقت تشخیص شبکه عصبی مصنوعی گردد، حال آنکه در این تحقیق تنها دو پارامتر اساسی یعنی ضریب اضافه مقاومت و شکل پذیری از نمودار پوش آور استخراج شده بود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در پژوهشی این اثر بررسی گردد.

## مراجع

- (۱) بخشی و همکاران، "تخمین پارامترهای شتاب، سرعت و جابجایی ماکزیمم زمین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی"، مجله مدلسازی در مهندسی، ۱۳۸۸.
- (۲) سید مصطفی کیا، شبکه های عصبی در MATLAB. نشر دانشگاهی کیان، ۱۳۹۴.
- (3) A. S.C.E, "ASCE 7-05 Minimum Design Loads for buildings and other Structures."
- (4) B. Sciences, "2003 Edition NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS FOR SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES ( FEMA 450 )," no. Fema 450, 2006.
- (5) J. W. Baker, "Conditional mean spectrum: Tool for ground-motion selection," *Journal of Structural Engineering*, vol. 137, no. 3, pp. 322–331, 2010.
- (6) J. W. Baker and C. Allin Cornell, "Spectral shape, epsilon and record selection," *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 35, no. 9, pp. 1077–1095, 2006.
- (7) J. W. Baker and C. A. Cornell, "Vector-valued intensity measures for pulse-like near-fault ground motions," vol. 30, pp. 1048–1057, 2008.
- (8) J. W. Baker and M. Eeri, "Efficient Analytical Fragility Function Fitting Using Dynamic Structural Analysis," *Earthquake Spectra*, vol. 31, no. 1, pp. 579–599, 2015.
- (9) V. V Bertero, "Strength and deformation capacities of buildings under extreme environments," *Structural engineering and structural mechanics*, vol. 53, no. 1, pp. 29–79, 1977.
- (10) S. Casolo and G. Uva, "Nonlinear analysis of out-of-plane masonry fa??ades: Full dynamic versus pushover methods by rigid body and spring model," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. 42, no. 4, pp. 499–521, 2013.
- (11) Ö. Çavdar and A. Bayraktar, "Pushover and nonlinear time history analysis evaluation of a RC building collapsed during the Van (Turkey) earthquake on October 23, 2011," *Natural Hazards*, vol. 70, no. 1. pp. 657–673, 2014.

(12) A. K. Chopra and R. K. Goel, "A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. 31, no. 3, pp. 561–582, 2002.

## **Feasibility study on the use of neural networks in predicting the dynamic collapse capacity of a structure using data obtained from overflow analysis**

Mehdi Maghsoudlou<sup>1</sup>

1- Civil and Municipal Administrator

### Abstract

The purpose of this study was to determine the feasibility of using neural networks in predicting the dynamic collapse capacity of a structure using the obtained data from incremental analysis. The present study was initially carried out using a library and research method in the research theory section. Then Matlab software was used to design structural models. Undoubtedly, the most important and main result obtained is the confirmation of the usability of neural networks in predicting the capacity of collapse of structures, and also the data that are the result of static nonlinear analysis can be converted to artificial neural networks into a submergence capacity Dynamic collapse. The next discussion was to examine the number of input parameters to the neural network, which results showed that the use of only two parameters of overlap analysis, ie, the coefficient of over strength and ductility, can not be considered as input to the neural network and it is necessary that other parameters The first mode period is considered as a network input.

Keywords: Neural Networks - Enhancement - Dynamic Dispersion - Increased Expansion