





دانشکده‌ی فنی و مهندسی  
گروه آموزشی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش زلزله

### عنوان:

**توسعه‌ی مدل احتمالاتی یک درجه‌ی ازادی جهت ارزیابی خطر لرزه‌ای سازه‌های فولادی**

استاد راهنما:

دکتر کاظم شاکری

استاد مشاور:

دکتر محتشم محبی

پژوهشگر:

مرتضی قهرمانی کلخورانی

زمستان 1394

نام خانوادگی دانشجو: <b>قهرمانی کلخورانی</b>	نام: <b>مرتضی</b>
عنوان پایان نامه: <b>توسعه‌ی مدل احتمالاتی یک درجه‌ی آزادی جهت ارزیابی خطر لرزه‌ای سازه‌های فولادی</b>	
استاد راهنما: <b>دکتر کاظم شاکری</b> استاد مشاور: <b>دکتر محتشم محبی</b>	
مقطع تحصیلی: <b>کارشناسی ارشد</b> گرایش: <b>زلزله</b> دانشکده: <b>فنی و مهندسی</b>	رشته: <b>مهندسی عمران</b> دانشگاه: <b>محقق اردبیلی</b> تاریخ دفاع: <b>94/10/29</b> تعداد صفحات: <b>123</b>
<p><b>چکیده:</b> مسئله‌ی تحلیل ریسک از جمله مسائلی است که امروزه جامعه‌ی مهندسی زلزله‌ی عملکرد محور را درگیر نموده است. به علت زمانبر بودن فرایند تحلیل ریسک لرزه ای با استفاده از روش های مرسوم و در عین حال نیاز روز افزون به نتایج حاصل از تحلیل ریسک در سطح گسترده، برای استفاده ی ارگان‌های تصمیم گیرنده و سازمان های بیمه نیاز به روش های جدیدی برای انجام فرایند لرزه ای احساس می‌شود که در عین دارا بودن قابلیت اعمال تاثیر منابع عدم قطعیت مختلف (مدل سازی و...) در نتایج تحلیل ریسک بتواند این فرایند را در زمان اندک تر و با هزینه‌ی کمتری انجام دهد و برای تمامی گروه های سازه ای با اهمیت های مختلف قابل استفاده باشد. طی سال های اخیر چندین روش جدید برای تحلیل ریسک سریع توسعه یافته است که برخی از ان ها با انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش آور) در سطح کل سازه و سپس انجام مطالعات عدم قطعیت در سطح سازه‌ی یک درجه‌ی آزادی انجام می گیرد، که از جمله ی این روش ها می-توان به روش پیشنهادی توسط میکو کوزیچ و همکاران (2014) اشاره نمود. مشخصه ی منحصر به فرد این روش مدل یک درجه آزادی احتمالاتی (Probabilistic SDOF Model) می‌باشد که انجام فرایند مطالعه‌ی عدم قطعیت و تحلیل ریسک را در سطح سازه ی یک درجه معادل ممکن می سازد، که حصول این مدل نیازمند یک سری مطالعات پارامتریک گسترده بر روی مجموعه‌ای از سازه های ساختمانی با سیستم سازه ای مدنظر می‌باشد. به علت کاربرد بالای سازه های فولادی با سیستم قاب خمشی در سطح کشور و عدم وجود مدل مناسب برای استفاده در فرایند تحلیل ریسک ارائه شده برای این گروه از سازه ها، یک سری مطالعات پارامتریک در این پژوهش بر روی مجموعه ای از سازه های فولادی با سیستم قاب خمشی متوسط انجام می‌شود و نهایتاً مدل یک درجه‌ی آزادی احتمالاتی برای استفاده در فرایند تحلیل ریسک سریع این گروه سازه ها حاصل می‌شود.</p> <p>فرایند کلی انجام پژوهش به این شکل می باشد که برای تولید مدل احتمالاتی یک درجه‌ی آزادی قابل استفاده برای تحلیل ریسک سازه های ساختمانی، با انتخاب مجموعه ای از سازه های دارای قاب های خمشی متوسط و با در نظر گرفتن تعدادی منبع عدم قطعیت مدل سازی (از قبیل جرم طبقات، دوران تسلیم المان های سازه و تنش تسلیم فولاد به کار رفته در المان های تیر و ستون) برای سازه های مورد مطالعه، با استفاده از روش LHS، برای تک تک این سازه ها تعدادی مدل سازه ای احتمالاتی تولید خواهد شد و با انجام یک سری مطالعات پارامتریک گسترده شامل انجام تحلیل پوش اور بر روی تمامی مدل‌ها، استخراج مشخصات سازه های یک‌درجه‌ی آزادی و نهایتاً انجام مطالعات عدم قطعیت و ... بر روی این مدل ها، مشخصات اماری مربوط به پارامترهای سیستم کلی مدل احتمالاتی یک درجه آزادی (از قبیل ضرایب پیش مقدار، ضرایب تغییرات و ماتریس های همبستگی) تولید خواهد شد که نماینده‌ی تاثیر منابع عدم قطعیت مدل سازی برای تمامی سازه های دارای سیستم قاب خمشی متوسط فولادی باشد.</p> <p>مدل تولید شده مطالعات عدم قطعیت مربوط به فرایند تحلیل ریسک لرزه ای را در سطح سازه های یک درجه ی آزادی ممکن می‌سازد و با استفاده از این مدل میتوان برای هر سازه ی دارای سیستم قاب خمشی فولادی با انجام یک تحلیل پوش آور در سطح کل سازه و انجام مطالعات عدم قطعیت (شامل آنالیز دینامیکی افزایشده و به دست آوردن توابع شکنندگی) در سطح سازه های یک درجه آزادی تولید شده با استفاده از مدل احتمالاتی تولید شده، به تحلیل ریسک سازه ی مد نظر پرداخت.</p> <p>کلید واژه‌ها: خطر لرزه ای، منابع عدم قطعیت، مطالعه ی عدم قطعیت ،آنالیز پوش اور ،آنالیز دینامیک افزایشی ، قاب خمشی فولادی، روش شبیه سازی LHS (مونت کارلوی اصلاح شده)، مدل یک‌درجه‌ی احتمالاتی</p>	

شماره و عنوان مطالب	صفحه
1 . کلیات پژوهش.....	10
1-1 - مقدمه.....	11
2-1 - بیان مساله.....	12
3-1 - فرضیه های پژوهش.....	12
4-1 - اهداف پژوهش.....	13
5-1 - ضرورت و اهمیت پژوهش.....	13
6-1 - روش پژوهش.....	14
7-1 - ساختار پایان نامه.....	15
2 . مفاهیم احتمالاتی.....	Error! Bookmark not defined.
1-2 - مقدمه.....	Error! Bookmark not defined.
2-2 - پارامتر های احتمالاتی.....	Error! Bookmark not defined.
1-2-2 میانگین.....	Error! Bookmark not defined.
2-2-2 - واریانس.....	Error! Bookmark not defined.
3-2-2 - انحراف استاندارد.....	Error! Bookmark not defined.
4-2-2 - ضریب تغییرات.....	Error! Bookmark not defined.
5-2-2 - ضریب همبستگی.....	Error! Bookmark not defined.
1-5-2-2 - رابطه ی pcc برای نمونه ها.....	Error! Bookmark not defined.
3-2 - توزیع احتمالاتی نرمال.....	Error! Bookmark not defined.
1-3-2 - تابع چگالی احتمال.....	Error! Bookmark not defined.
2-3-2 - خصوصیات.....	Error! Bookmark not defined.

4-2 - توزیع احتمالاتی لوگ نرمال..... **Error! Bookmark not defined.**

1-4-2 - تابع چگالی احتمال..... **Error! Bookmark not defined.**

5-2 - منابع عدم قطعیت..... **Error! Bookmark not defined.**

1-5-2 - مقدمه ای بر عدم قطعیت..... **Error! Bookmark not defined.**

2-5-2 - منابع عدم قطعیت را میتوان به دو دسته ی ذیل تقسیم بندی کرد .. **Error! Bookmark not**

**defined.**

1-2-5-2 - داده محور..... **Error! Bookmark not defined.**

2-2-5-2 - دانش محور..... **Error! Bookmark not defined.**

3-2-5-2 - تفاوت ها..... **Error! Bookmark not defined.**

6-2 - متغیر تصادفی..... **Error! Bookmark not defined.**

7-2 - مدل تعین (سیستم تعینی)..... **Error! Bookmark not defined.**

8-2 - مدل احتمالاتی..... **Error! Bookmark not defined.**

9-2 - انالیز عدم قطعیت..... **Error! Bookmark not defined.**

10-2 - روش LHS و تولید برنامه ی کامپیوتری برای تولید نمونه با استفاده از این الگوریتم **Error!**

**Bookmark not defined.**

1-10-2 - مقدمه..... **Error! Bookmark not defined.**

2-10-2 - شرحی بر روش مونت کارلو و LHS..... **Error! Bookmark not defined.**

3-10-2 - بررسی روش مونت کارلوی نمونه کوچک (اصلاح شده) LHS **Error! Bookmark not**

**defined.**

4-10-2 - تولید نمونه های خام با استفاده از روش LHS (نمونه برداری تک متغیره)..... **Error!**

**Bookmark not defined.**

5-10-2 - کنترل همبستگی توسط رویکرد تابیدگی (تابکاری) شبیه سازی شده .. **Error! Bookmark**

**not defined.**

6-10-2 - توسعه نرم افزار کامپیوتری برای تولید نمونه با استفاده از روش LHS. **Error! Bookmark not defined.**

**not defined.**

3. مبانی نظری پژوهش ..... **Error! Bookmark not defined.**

1-3 - مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**

2-3 - تحلیل ریسک لرزه ای ..... **Error! Bookmark not defined.**

1-2-3 - مقدمه و پیشینه تحلیل ریسک ..... **Error! Bookmark not defined.**

2-2-3 - روش ارائه شده برای تحلیل ریسک لرزه ای با در نظر گرفتن منابع عدم قطعیت مدل سازی و لرزه-

ای (روش ارائه شده توسط کوزیچ و همکاران (2014) ) ..... **Error! Bookmark not defined.**

3-3 - مدل یک درجه ی احتمالاتی ..... **Error! Bookmark not defined.**

1-3-3 - نحوه ی ایجاد مدل یک درجه ی احتمالاتی ..... **Error! Bookmark not defined.**

1-1-3-3 - انتخاب جامعه ی اماری مناسب از سازه های مورد مطالعه ..... **Error! Bookmark not defined.**

**defined.**

2-1-3-3 - انجام مطالعات پارامتریک ..... **Error! Bookmark not defined.**

1-2-1-3-3 - انتخاب منابع عدم قطعیت مدل سازی مناسب ..... **Error! Bookmark not defined.**

**defined.**

2-2-1-3-3 - ایجاد مدل های تعیینی سازه ای ..... **Error! Bookmark not defined.**

3-2-1-3-3 - استفاده از منابع عدم قطعیت و روش LHS برای تولید نمونه ها و سازه های

احتمالاتی ..... **Error! Bookmark not defined.**

4-2-1-3-3 - انجام تحلیل پوش اور و تشکیل سازه های یک درجه ی معادل ..... **Error!**

**Bookmark not defined.**

1-4-2-1-3-3 - ایده ال سازی منحنی پوش اور ..... **Error! Bookmark not defined.**

2-4-2-1-3-3 - تولید مدل های یک درجه ازادی معادل ..... **Error! Bookmark not defined.**

**defined.**

**Error! Bookmark not defined.** ..... 5-2-1-3-3 - تحلیل عدم قطعیت و ایجاد مدل احتمالاتی

**defined.**

**Error!** ..... 1-5-2-1-3-3 - محاسبه پارامتر های مدل احتمالاتی یک درجه ی ازادی

**Bookmark not defined.**

**Error!** ..... 2-3-3 - نحوه ی استفاده از مدل یکدرجه ی احتمالاتی برای تحلیل ریسک لرزه های

**Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark not defined.** ..... 4-3 - آنالیز دینامیکی افزایشده ی اصلاح شده

**Error! Bookmark not defined.** ..... 1-4-3 - کلیاتی از آنالیز دینامیکی افزایشده

**Error! Bookmark not defined.** ..... 1-1-4-3 - اهداف آنالیز دینامیکی افزایشده

**Error! Bookmark not defined.** ..... 2-1-4-3 - مفاهیم پایه IDA

**Error! Bookmark not defined.** ..... 1-2-1-4-3 - مقیاس کردن یک شتابنگاشت

**Error! Bookmark not defined.** ..... 2-2-1-4-3 - معیار شدت-IM

**Error! Bookmark not defined.** ..... 3-2-1-4-3 - معیار آسیب - DM

**Error! Bookmark not defined.** ..... 2-4-3 - آنالیز دینامیکی افزایشده تک رکورده

**Error! Bookmark not defined.** ..... 3-4-3 - ظرفیت و دسته بندی انواع حالات حدی براساس منحنی های IDA

**defined.**

**Error! Bookmark not defined.** ..... 1-3-4-3 - حالات حدی DM محور

**Error! Bookmark not defined.** ..... 2-3-4-3 - روشهای IM محور

**Error! Bookmark not defined.** ..... 3-3-4-3 - روش های ترکیبی

**Error!** ..... 4-4-3 - آنالیز دینامیکی افزایشده ی چندرکورده و نحوه ی خلاصه سازی نتایج مربوطه

**Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark not defined.** ..... 5-4-3 - مفاهیم کلی آنالیز دینامیکی توسعه یافته

**Error! Bookmark not defined.**.....IDA - 1-5-4-3 پیشنهادی برای کاربرد های

**Error! Bookmark not defined.** IDA برای (2009) دلشک جزئیات روش پیشنهادی

**defined.**

**Error! Bookmark not defined.**..... روش انجام پژوهش 4.

**Error! Bookmark not defined.**..... مقدمه 1-4

**Error! Bookmark not defined.**..... انتخاب گروه سازه‌های قاب خمشی فولادی جهت مطالعه‌ی عدم قطعیت 2-4

**defined.**

**Error! Bookmark not defined.**..... ایجاد مدل کامپیوتری از سازه‌های انتخاب شده و سازه‌های نمونه‌ی تولید شده 3-4

**not defined.**

4-4 - تولید برنامه‌ی کامپیوتری برای تولید نمونه‌های اماری با ترکیب روش تولید LHS و الگوریتم بهینه-

**Error! Bookmark not defined.**..... matlab سازی تابیدگی شبیه سازی شده، در محیط نرم افزار

5-4 - انتخاب منابع عدم قطعیت سازه ای مناسب و متعاقبا متغیرهای تصادفی مربوطه، برای سازه های مورد

**Error! Bookmark not defined.**..... مطالعه

1-5-4 - انجام مطالعه‌ی عدم قطعیت جهت به دست آوردن توزیع احتمالاتی و شاخص‌های احتمالاتی

**Error! Bookmark not defined.**.....  $\theta_y$  تیرها و ستون‌های سازه‌های انتخاب شده

2-5-4 - مقایسه‌ی نتایج پارامترهای اماری دوران تسلیم المان ها برای روش LHS محض و LHS با

**Error! Bookmark not defined.**..... رویکرد تابیدگی

6-4 - تولید مشخصات سازه های احتمالاتی با استفاده از برنامه ی توسعه داده شده، براساس منابع عدم قطعیت

**Error! Bookmark not defined.**..... منتخب

**Error! Bookmark not defined.**..... مدل سازی سازه های احتمالاتی تولید شده 7-4

8-4 - انجام انالیز پوش اور بر روی هر سازه ی اصلی و گروه سازه های احتمالاتی متناظر و انالیز عدم قطعیت

**Error! Bookmark not defined.**..... با استفاده از نتایج تحلیل ها



9-4 استفاده از نتایج مطالعه ی عدم قطعیت و ایجاد مدل احتمالاتی یک درجه ی ازادی برای سازه ها دارای

**Error! Bookmark not defined.**.....سیستم قاب خمشی متوسط فولادی

5 . بحث پیرامون نتایج پژوهش .....Error! Bookmark not defined.

**Error! Bookmark not defined.**.....1-5 - مقدمه

2-5 - بحث و بررسی نتایج حاصله از انالیز عدم قطعیت و مدل احتمالاتی یک درجه ازادی تولید شده **Error!**

**Bookmark not defined.**

3-5 - بحث و بررسی نتایج حاصل از مطالعه ی پارامتریک انجام گرفته برای دست یابی به پارامترهای اماری

**Error! Bookmark not defined.**.....مربوط به دوران تسلیم پروفیل های به کار رفته در قاب های خمشی

6 . نتیجه گیری و پیشنهادات .....Error! Bookmark not defined.

**Error! Bookmark not defined.**.....1-6 - نتیجه گیری

2-6 - پیشنهادات برای تحقیقات اتی.....**Error! Bookmark not defined.**

7 . فهرست منابع و مآخذ .....Error! Bookmark not defined.

- شکل 2-1: ارائه‌ی مفهوم ضریب همبستگی توسط شکل ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-2: چندین مجموعه از نقاط  $(X, Y)$  به همراه ضریب همبستگی  $X$  ,  $Y$  برای هر مجموعه. دقت شود که غیر خطی بودن و جهت رابطه‌ی خطی را منعکس مینماید (سطر اول)، اما قادر به منعکس کردن شیب این رابطه نمی باشد (سطر وسط)، و همچنین قادر به منعکس کردن بیش تر جنبه‌های روابط غیر خطی نمی باشد (سطر آخر). همچنین برای شکل در مرکز به این علت که واریانس  $Y$  صفر است ضریب همبستگی تعریف نشده می باشد. **Error!**
- Bookmark not defined.**
- شکل 2-3: تابع چگالی توزیع نرمال ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-4: توابع چگالی احتمالاتی توزیع نرمال ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-5: توابع توزیع احتمال تجمعی با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- شکل 2-6: تابع چگالی احتمال با لحاظ پارامترهای مختلف ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-7: توابع توزیع احتمال تجمعی با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف **Error! Bookmark not defined.**
- defined.**
- شکل 2-8: مقاومت تسلیم میلگرد (انگ و تنگ ، 2004) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-9: تیر کنسول تحت بار متمرکز (انگ و تنگ، 2004) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-10: نحوه‌ی بازه بندی نمودار چگالی احتمالی در روش LHS برای تولید بهینه‌ی نمونه‌ها با حداقل تعداد ممکن در مقایسه با روش مونت کارلو (ورچفسکی و نوآک 2009) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 2-11: نمودار انرژی - مسئله‌ی مینیمم موضعی و کلی (ورچفسکی و نوآک، 2009) **Error!**
- Bookmark not defined.**
- شکل 2-12: الگوریتم استفاده شده برای پیاده سازی مفهوم تابکاری شبیه سازی شده (ورچفسکی و نوآک، 2009) **Error! Bookmark not defined.**
- شکل 3-1: کلیات روش تحلیل ریسک ارائه شده توسط کوزیچ و همکاران (2014) **Error! Bookmark not defined.**
- not defined.**

شکل 3-2: منحنی پوش اور ایده ال سازی شده و استفاده از ضریب تبدیل برای تولید سازه ی یک درجه ی معادل

**Error! Bookmark not defined.**.....(کوزیچ و همکاران، 2014).

شکل 3-3: نحوه ی ایده ال سازی منحنی پوش آور براساس روش پیشنهادی نشریه ی 360

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 3-4: (a) منحنی های پوش اور مربوط به مدل تعیینی و مدل های احتمالاتی (b) منحنی های پوش اور ایده ال-

سازی شده برای مدل های تعیینی و احتمالاتی و منحنی پوش اور میانگین مدل های احتمالاتی

**Error! Bookmark**

**not defined.**

شکل 3-5: مدل رفتاری پیشنهادی برای مدل سازی رفتار نیرو جابجایی سازه های یک درجه ی آزادی

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 3-6: انالیز دینامیکی تک رکورده و مقایسه ی ان با منحنی پوش اور (وامواتسیکوس و کرنل 2002)

**Error! Bookmark not defined.**.....

شکل 3-7: ضعف روش های DM محور در محاسبه ی مرز خرابی برای یک سازه (وامواتسیکوس و کرنل

**Error! Bookmark not defined.**..... (2002)

شکل 3-8: روش های IM محور و کاربرد آنها در محاسبه ی مرز خرابی (وامواتسیکوس و کرنل 2002)

**Error! Bookmark not defined.**.....

شکل 3-9: IDA چند رکورده و منحنی های مربوطه که همگی بر روی یک گراف ترسیم شده اند (وامواتسیکوس

**Error! Bookmark not defined.**..... (کرنل، 2002)

شکل 3-10: خلاصه سازی منحنی های مربوط به انالیز دینامیکی افزاینده ی چند رکورده (وامواتسیکوس و کرنل

**Error! Bookmark not defined.**..... (2002)

شکل 4-1: سازه های به کار رفته در مطالعات پارامتریک برای تولید مدل احتمالاتی یک درجه ی آزادی: (a) پلان

**Error! Bookmark not defined.**..... سازه ها (b) نمای جانبی سازه ها

شکل 4-2: تغییر شکل در نظر گرفته شده برای محاسبه ی دوران تسلیم تیرها وستون ها (نشریه 360)

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 4-3: فرم کلی مدل رفتاری در نظر گرفته شده برای نمودار لنگر دوران اعضای ساختمانی بر اساس

**Error! Bookmark not defined.**..... مندرجات نشریه 360

شکل 4-4: مدل رفتاری به کار رفته برای منحنی لنگر دوران اعضا در نرم افزار اپن سیس

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 5-4: بررسی توزیعات محتمل برای دست یابی به پارامتر های آماری پروفیل تیر B1

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 6-4: پروفیل های مختلف به کار رفته برای محاسبه ی پارامتر های آماری مربوط به دوران نهایی و انطباق

مناسب توزیع لوگ نرمال با توزیع به دست آمده برای دوران نهایی این پروفیل ها

**Error!**

**Bookmark not**

**defined.**

شکل 7-4: انطباق مناسب توزیع لوگ نرمال برای محاسبه ی پارامتر های آماری ستونهای سازه ی سه طبقه

**Error! Bookmark not defined.**

شکل 8-4: نمونه های تولید شده برای محاسبه ی پارامتر های آماری دوران تسلیم تیر B1 با استفاده از

روش LHS و 5000 شبیه سازی

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 9-4: نمونه های تولید شده برای محاسبه ی پارامتر های آماری دوران تسلیم تیر B1 با استفاده از روش

LHS و رویکرد تابیدگی شبیه سازی شده و 100 شبیه سازی

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 10-4: نمونه های تولید شده برای محاسبه ی پارامتر های آماری دوران تسلیم تیر B1 با استفاده از روش

LHS و رویکرد تابیدگی شبیه سازی شده و 500 شبیه سازی

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 11-4: مقایسه ی انطباق بالای توزیع احتمالاتی به دست آمده برای روش LHS و رویکرد تابیدگی با

500 نمونه و روش LHS محض با 5000 نمونه- مشاهده میشود مقدار ضریب تغییرات با 100 عدد شبیه سازی دارای

7/28 درصد اختلاف است که با افزایش تعداد شبیه سازی به 500 عدد این اختلاف به 0/38 درصد تقلیل می یابد

**Error! Bookmark not defined.**

شکل 12-4: نمودار های مربوط به آنالیز پوش اور انجام گرفته بر روی مدل تعینی (خط سیاه توپر)، و مدل های

احتمالاتی (خطوط قرمز باریک) ساخته شده براساس سازه ی سه طبقه ی مورد مطالعه- تاثیر منابع عدم قطعیت در نتایج

تحلیل به وضوح قابل مشاهده می باشد.

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل 13-4: توزیع پارامتر Say مربوط به مطالعات پارامتریک سازه ی سه طبقه

**Error!**

**Bookmark not**

**defined.**

شکل 14-4: توزیع پارامتر Say مربوط به مطالعات پارامتریک سازه ی 6 طبقه

**Error!**

**Bookmark not**

**defined.**

شکل 4-15: توزیع پارامتر Say مربوط به مطالعات پارامتریک سازه ی 12 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-16: توزیع پارامتر T مربوط به مطالعات پارامتریک سازه ی 3 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-17: توزیع پارامتر T مربوط به مطالعات پارامتریک سازه ی 6 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-18: توزیع پارامتر T مربوط به مطالعات پارامتریک سازه ی 12 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-19: توزیع نمونه های  $\mu_m$  حاصل از مطالعات پارامتریک سازه ی 3 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-20: توزیع نمونه های  $\mu_m$  حاصل از مطالعات پارامتریک سازه ی 6 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-21: توزیع نمونه های  $\mu_m$  حاصل از مطالعات پارامتریک سازه ی 12 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-22: توزیع نمونه های  $\mu_u$  حاصل از مطالعات پارامتریک سازه ی 3 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-23: توزیع نمونه های  $\mu_u$  حاصل از مطالعات پارامتریک سازه ی 6 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-24: توزیع نمونه های  $\mu_u$  حاصل از مطالعات پارامتریک سازه ی 12 طبقه **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-25: مقایسه ی ضرایب پیش مقدار پارامترهای سیستم کلی برای سازه های مختلف **Error! Bookmark not defined.**

شکل 4-26: مقایسه ی ضرایب تغییرات پارامترهای سیستم کلی برای سازه های مختلف **Error! Bookmark not defined.**

### فهرست جدول ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول 3-1: چهارچوب کلی مدل یک درجه ازادی احتمالاتی پیشنهادی برای قاب های خمشی فولادی <b>Error!</b>	
	<b>Bookmark not defined.</b>

جدول 1-4 : تیپ بندی به کار رفته برای تیر ها و ستون های سازه های مورد مطالعه **Error! Bookmark not defined.**

**defined.**

جدول 2-4 : روابط ارائه شده توسط نشریه ی 360 برای محاسبه ی پارامتر های منحنی لنگر دوران **Error!**

**Bookmark not defined.**

جدول 3-4 : منابع عدم قطعیت به کار رفته در مطالعات پارامتریک انجام پذیرفته جهت ایجاد مدل یک درجه آزادی

احتمالاتی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول 4-4 : منابع عدم قطعیت به کار رفته در مطالعه ی پارامتریک انجام پذیرفته برای به دست آوردن پارامتر های

اماری مربوط به دوران تسلیم اعضای سازه ای (تیر ها و ستونها)..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول 5-4 : مقایسه ی پارامتر های اماری به دست آمده برای دوران تسلیم پروفیل B1 از روش LHS و روش

LHS با رویکرد تابیدگی شبیه سازی شده..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول 6-4 : تعداد متغیر های تصادفی انتخاب شده و نمونه ی های تولید شده برای سازه های مورد مطالعه

..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول 7-4 : پارامتر های سیستم کلی حاصل از نتایج تحلیل مدل های تعینی **Error! Bookmark not**

**defined.**

جدول 8-4 : میانگین پارامترهای سیستم کلی حاصل از تحلیل مدل های احتمالاتی تولید شده با روش نمونه برداری

LHS..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول 9-4 : مقادیر ضرایب پیش مقدار برای سازه های مورد مطالعه و مقادیر ضرایب پیش مقدار میانگین برای

تک تک پارامتر های سیستم کلی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول 10-4 : مقادیر ضرایب تغییرات حاصل از مطالعه ی عدم قطعیت بر روی سازه های مورد مطالعه **Error!**

**Bookmark not defined.**

جدول 11-4 : ماتریس همبستگی بدست آمده از مطالعه ی عدم قطعیت برای سازه ی سه طبقه **Error!**

**Bookmark not defined.**

جدول 12-4 : ماتریس همبستگی بدست آمده از مطالعه ی عدم قطعیت برای سازه ی شش طبقه **Error!**

**Bookmark not defined.**

جدول 13-4 : ماتریس همبستگی بدست آمده از مطالعه ی عدم قطعیت برای سازه ی دوازده طبقه **Error!**

**Bookmark not defined.**

جدول 14-4 : ماتریس همبستگی میانگین سازه های 6 و 12 طبقه..... **Error! Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark not defined.**... جدول 4-15: ماتریس همبستگی میانگین سازه های 3، 6 و 12 طبقه

**Error!** جدول 4-16: مدل یک درجه ازادی احتمالاتی توسعه یافته برای سازه های فولادی با قاب خمشی

**Bookmark not defined.**

## ۱. کلیات پژوهش



## 1-1 - مقدمه

تحلیل ریسک<sup>۱</sup> لرزه‌ای<sup>۲</sup> امروزه توجه بخش عمده‌ای از جامعه‌ی مهندسی زلزله عملکرد محور<sup>۳</sup> را به خود اختصاص داده است و فعالیت های این حیطه روز به روز در حال پیش رفت و گسترش می- باشد. از نتایج تحلیل ریسک در حیطه های مختلفی همچون برآورد هزینه های شرکت های بیمه و نهاد های دولتی تصمیم گیرنده برای آمادگی در مواجهه با بلایای طبیعی همچون زلزله استفاده می شود. تحلیل ریسک لرزه ای در سال های اخیر به طور معمول با انجام آنالیز افزایش دینامیکی<sup>۴</sup> در سطح کل سازه و بدست آوردن توابع و پارامترهای شکنندگی اعضای سازه انجام گرفته است، اما با توجه به فرایند بسیار زمانبر تحلیل ریسک در سطح کل سازه به خصوص با در نظر گرفتن اثر منابع عدم قطعیت لرزه‌ای (تغییرات رکورد به رکورد) و سازه ای (منابع عدم قطعیت مدل سازی) به صورت توأم، این روش برای استفاده در سطح سازه های معمولی و به خصوص برای مجموعه از سازه ها توجیه اقتصادی ندارد و عملاً روشی کاربردی نمی باشد (چرا که معمولاً نتایج تحلیل ریسک مجموعه ای از سازه ها، برای مثال سازه های فولادی یک قسمت از شهر، مد نظر می باشد). با وجود این شرایط دشوار و در عین حال نیاز به نتایج تحلیل ریسک حتی در سطح سازه های معمولی، جهت استفاده ی ارگان های تصمیم گیرنده، نیاز به روشی احساس می شود که در عین دارا بودن تمامی ویژگی های مثبت تحلیل ریسک لرزه ای در سطح کل سازه دارای سرعت بالاتری نسبت به این روش بوده و زمان و هزینه ی کمتری را طلب نماید. در این پژوهش بر روی مدلی کار شده است که این مهم را میسر نماید. روش ارائه شده برای قاب های خمشی فولادی توسعه داده شده است و در عین حال مشروط به داشتن مدل احتمالاتی یک درجه ازادی مناسب برای هر نوع سیستم سازه ای قابل استفاده می باشد.

---

<sup>۱</sup> در این نوشته، عبارات خطر و ریسک دارای معنی و مفهوم یکسان می باشند و غالباً از کلمه ی ریسک استفاده شده است.

<sup>۲</sup> Seismic risk assessment

<sup>۳</sup> Performance based earthquake engineering

<sup>۴</sup> Incremental dynamic analysis

## 2-1 - بیان مساله

ارزیابی ریسک لرزه ای سازه های ساختمانی به طور معمول با انجام انالیز عدم قطعیت در سطح کل سازه انجام می پذیرد که بسیار زمان بر و طاقت فرسا می باشد. هدف اصلی این تحقیق افزایش سرعت فرایند ارزیابی ریسک لرزه ای سازه های ساختمانی (فولادی) با توسعه ی مدل یک درجه ی احتمالاتی<sup>1</sup> برای سازه های فولادی متداول و انجام انالیز عدم قطعیت در سطح سازه های یک درجه ی معادل میباشد

## 3-1 - فرضیه های پژوهش

- پارامتر های به کار رفته در تولید مدل یک درجه ی احتمالاتی استفاده شده در ارزیابی لرزه ای سازه های ساختمانی با استفاده از روش آماری نمونه برداری مونت کارلوی اصلاح شده<sup>2</sup> (از این به بعد به اختصار روش ال-اچ-اس یا LHS) تولید خواهند شد.

- در این روش تحلیل ریسک برخلاف روش های قبلی فرض شده است که انالیز عدم قطعیت مربوط به تحلیل ریسک، بر روی سازه های تک درجه ی ازادی معادل تولید شده از روی مدل یک درجه ازادی احتمالاتی انجام شود.

- شبیه سازی رفتار سازه با استفاده از الگو های رفتاری موجود در نرم افزار های مربوطه ی تحلیل مانند **opensees** و ... انجام خواهد گرفت.

- در روند پژوهش چندین برنامه ی کامپیوتری گسترش داده شد که دستورات نوشته شده در محیط نرم افزار **matlab** کد نویسی شده اند.

---

<sup>1</sup> Probabilistic SDOF model

<sup>2</sup> Latin hypercube sampling

#### 4-1- اهداف پژوهش

هدف اصلی این پژوهش توسعه ی مدلی جایگزین برای سازه ی کل میباشد تا به وسیله ی آن، انجام فرایند تحلیل ریسک لرزه ای با در نظر گرفتن اثر منابع عدم قطعیت لرزه ای و سازه ای به صورت توأم طی زمان بسیار کمتری و با داشتن دقت قابل قبول میسر شود.

#### 5-1- ضرورت و اهمیت پژوهش

می توان زمین لرزه را یکی از خطرناک ترین منابع بلایای طبیعی نامگذاری کرد، به علت این که خطر زمین لرزه پیوسته سازه های ساختمانی را تهدید می کند ارزیابی ریسک لرزه ای سازه های ساختمانی از موضوعات داغ رشته ی مهندسی زلزله بوده و روش های مختلفی برای این فرایند ارائه شده اند، در این میان روش های قدیمی اغلب از آنالیز عدم قطعیت و ارزیابی خطر لرزه ای در سطح کل سازه بهره می برند که فرایندی زمانبر و طاقت فرساست. در سال های اخیر برخی پژوهش ها به سمت ساده سازی فرایند ارزیابی لرزه ای سازه های ساختمانی حرکت کرده اند که در این میان می توان به ارزیابی خطر لرزه ای سازه های بتنی با استفاده از مدل احتمالاتی یک درجه ی ازادی توسط کوزیچ<sup>1</sup> و همکاران (2014) اشاره نمود.

با توجه به این که خلاء وجود یک مدل تک درجه ی ازادی احتمالاتی برای به کار گیری در فرایند ارزیابی خطر لرزه ای سازه های فولادی با استفاده از رویکرد کوزیچ احساس می شد ، تصمیم بر این گرفته شد تا یک مدل تک درجه ی احتمالاتی مناسب برای این نوع از سازه ها توسعه داده شود که بتوان با بکار گیری آن فرایند ارزیابی خطر لرزه ای قاب های خمشی فولادی را با استفاده از رویکرد ارائه شده توسط کوزیچ اسان تر و سریع تر انجام داد .

---

<sup>1</sup> Mirko Kosic

## 1-6- روش پژوهش

روش پژوهش بدین شکل است که در جهت تولید مدل احتمالاتی یک درجه ی آزادی برای سازه های فولادی یک سری مطالعات پارامتریک گسترده بر روی مجموعه ای از سازه ها با سیستم قاب خمشی متوسط انجام خواهد گرفت.

برای انجام این پژوهش سه سازه ی فولادی به تعداد طبقات 3 ، 6 و 12 و سیستم قاب خمشی متوسط به نحوی انتخاب شدند که نماینده ی سازه های کوتاه، متوسط و بلند باشند و در ادامه مدل های تعینی<sup>1</sup> کامپیوتری مناسب برای این سازه ها ایجاد خواهد شد، که این مدل های تعینی و متغیرهای تصادفی انتخاب شده از بین منابع عدم قطعیت آنها ، مبنای تولید تعدادی مدل سازه ای احتمالاتی خواهند بود که مطالعات پارامتریک بر روی این مدل ها انجام خواهد گرفت و نهایتا با استفاده از نتایج این مطالعات مدل یک درجه ی آزادی احتمالاتی برای سازه های فولادی توسعه داده خواهد شد.

برای تولید مدل های احتمالاتی از روی مدل های تعینی از روش شبیه سازی اماری مونت کارلوی اصلاح شده (LHS) استفاده شده است که مبنای کار این روش تولید یک سری داده ی جدید از روی یک سری متغیر های تصادفی موجود با توزیع مشخص می باشد.

نمونه های جدید تولید شده مقادیر مربوط به متغیر های تصادفی سازه های فولادی ( از قبیل مقاومت فولاد به کار رفته، دوران تسلیم و نهایی تیرها و ستون ها، جرم طبقات و ... ) می باشند که با روش LHS و با استفاده توزیع های موجود برای این متغیرها از تحقیقات قبلی تولید خواهند شد.

هر سری از داده های بدست آمده مبنای ساخت یک مدل احتمالاتی خواهد بود و بدین ترتیب با توجه به تعداد شبیه سازی های انجام گرفته برای متغیر های تصادفی مربوط به هر سازه میتوان همان تعداد مدل سازه ای احتمالاتی برای مدل سازه ای موجود اولیه تولید نمود.

---

<sup>1</sup> Deterministic model's

مدل های احتمالاتی تولید شده به همراه مدل تعیینی اولیه شان تحلیل پوش اور می شوند و برای تک تک مدل ها مشخصات سیستم های یک درجه ی معادل<sup>1</sup> تولید بدست می آید. با انجام مطالعات اماری و احتمالاتی و مطالعه ی عدم قطعیت بر روی نتایج بدست آمده برای مشخصات سیستم های یک درجه ازادی معادل نهایتاً مشخصات مدل یک درجه ازادی احتمالاتی بدست خواهد آمد. لازم به ذکر است که در این پژوهش مدل یک درجه ی معادل و مدل یک درجه ی احتمالاتی دارای مفهوم و کاربرد یکسانی نیستند و مدل های یک درجه ازادی معادل، توسط روابط نیرو و جابجایی از نتایج تحلیل های پوش اور انجام گرفته طی مطالعات پارامتریک، حاصل می شوند و مبنای تولید مدل یک درجه ازادی احتمالاتی می باشند.

مدل احتمالاتی بدست آمده، برای تولید مدل های یک درجه ازادی مورد نیاز جهت ارزیابی سریع ریسک لرزه ای سازه های فولادی به کار خواهد رفت.

### 1-7- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در شش فصل نگارش شده است. فصل اول با عنوان کلیات به بررسی فرضیات، اهداف، ضرورت و روش کلی پژوهش می پردازد. فصل دوم با عنوان مفاهیم احتمالاتی به بررسی و شرح پاره ای از مفاهیم و اصطلاحات احتمالاتی می پردازد که در قالب پایان نامه از آنها استفاده شده است و برای درک کامل متن پایان نامه آگاهی کامل از این مفاهیم ضروری می باشد، در پایان این فصل روش احتمالاتی تولید نمونه ی مونت کارلوی اصلاح شده با LHS، که روش پیش نیاز و پایه در راستای انجام اکثر فعالیت های این پایان نامه می باشد شرح داده شده است. فصل سوم با عنوان مبانی نظری پژوهش به شرح دقیق و کلی روش تحلیل ریسک لرزه ای ارائه شده توسط کوزیچ و همکاران (2014)، با در نظر گرفتن تاثیر منابع عدم قطعیت لرزه ای و سازه ای، مفهوم مدل یک درجه ازادی

---

<sup>1</sup> Equal SDOF model

Family name: Gahremani kalkhorani	Name: Morteza
Title of Thesis: Developing a Probabilistic SDOF Model for Seismic Risk Assessment of Steel Structures	
Supervisor : Dr. Kazem Shakeri Advisor : Dr. Mohtasham Mohebbi	
Graduate Degree <b>M.Sc.</b> Major: Civil Engineering University: <b>Mohaghegh Ardabili</b> Graduation date: 19/1/2016	
Specialty: Earthquake Faculty: Engineering Number of pages: 123	
<p>Abstract: Seismic risk assessment of building structures is one of the top subjects in performance based earthquake engineering society. Because of time consuming nature of common risk assessment methods and in the same time daily increasing need of decision making organizations and insurance organizations to seismic risk assessment results, new risk assessment methods are required that could enable fast seismic risk assessment procedure in spite of being able to consider the effect of different uncertainty sources and being applicable to all structural systems with different Importance ratios. Recently a few risk assessment methods have been developed that include pushover analysis of entire structure and uncertainty analysis at the level of SDOF model including the method represented by mirko kotic ,et al (2014). The singular characteristic of this method is the “probabilistic SDOF model” that enable seismic risk assessment and also uncertainty analysis process at the level of single degree of freedom model. Development of this model for a specific structural system requires an extensive parametric study using a portfolio of the structures with studied structural system type. Considering the high use of steel intermediate moment resisting frames in iran and specially in ardabil, it was decided to develop a appropriate probabilistic SDOF model for structures with this type of seismic load resisting system, that can be used in previously mentioned seismic risk assessment method.</p> <p>In this study in order to develop a probabilistic SDOF model for structures with intermediate moment resisting systems, a group of steel structures with above mentioned load resisting system are selected, and after assuming some appropriate modelling uncertainty sources (such as story masses, yield rotation of structural elements and yield strength of steel) for the selected portfolio, utilizing the monte carlo simulations with LHS a set of sample structural models were developed for each studied structure. Finally an extensive parametric analysis (including push over analysis of all structural models, calculating the characteristic parameters of the equal SDOF models and performing uncertainty analysis to obtain statistical characteristics of global system parameters of the proposed probabilistic SDOF model) has been performed within the scope of this study in order to develop a probabilistic SDOF model, which could be used for the seismic risk assessment of all steel building with intermediate moment resisting frame in ardabil city.</p> <p>The developed probabilistic SDOF model could be used to consider the effect of modeling uncertainties effect in the seismic risk assessment procedure of steel moment frames. Having this model, seismic risk of any steel moment resisting frame could be evaluated by using the proposed method.</p>	
Keywords: seismic risk, uncertainty sources, uncertainty analysis, pushover analysis, steel moment resisting frame, latin hypercube sampling, probabilistic SDOF model	



**University of Mohaghegh Ardabili**

**Faculty of Engineering**

**Department of Civil engineering**

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
M.Sc. in Civil Engineering Major Earthquake**

Title:

**Developing a Probabilistic SDOF Model for Seismic Risk Assessment of  
Steel Structures**

Supervisor :

**Dr. Kazem Shakeri**

Advisor :

**Dr. Mohtasham Mohebbi**

By:

**Morteza Gahremani Kalkhorani**

**January –2016**