بسم الله الرحمن الرحيم

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران-مهندسی زلزله

موضوع

بررسی عملکرد لرزه‌ای سیستم‌های سازه‌ای مجهز به جرم میراگر به روش ارزیابی احتمالاتی و تحلیل قابلیت اعتماد

دانشجو

کریم تربالی

استاد راهنما

دکتر فریبرز ناطقی الهی

۱۳۹۰

سونورام

- آتامین ایش‌یورقون جانینا
- آنامین سایسیز اورک یاندیرماسینا
- باجیلاریمین یاردیملارینا
- یولداشلاریمین قارداشلیخلارینا

تقدیر و تشکر

خداوند متعال را شاکرم که توفیق ادامه تحصیل را به این بنده حقیر عنایت نمود و این فرصت را به بنده داد تا در محیط علمی پژوهشگاه از محضر اساتید عالی‌قدر آن بهرمند شوم. از پدر و مادر مهربان و دلسوزم تشکر می‌کنم که وجودشان برای من معنای زندگی است. از استاد بزرگوارم دکتر ناطقی الهی کمال تشکر و قدردانی را دارم که بدون کمک و راهنمایی‌های ارزنده ایشان نمیتوانستم این تحقیق را به سرانجام برسانم. همیشه دعاگوی ایشان خواهم بود. از استاد دوره کارشناسی‌ام دکتر شاکری تشکر فراوان دارم که همیشه بنده را مورد لطف و عنایت خود قرار داده‌اند. از دوستان بسیار عزیزم مهندس ابراهیمی، مهندس خدادادی، مهندس دهقانی، مهندس علی نسب و مهندس رسولی کمال تشکر رادارم و همیشه خود را مدیون زحمات بی‌دریغ ایشان می‌دانم.

اعضاء هیئت داوران:

استاد راهنما	**امضاء**
استاد مشاور	**امضاء**
استاد مدعو (خارجی)	**امضاء**
استاد مدعو(داخلی)	**امضاء**
مدیر تحصیلات تکمیلی	**امضاء**

چکیده

یکی از اهداف مطالعه حاضر محاسبه قابلیت اعتماد سازه در حالتی می‌باشد که پاسخ سازه با استفاده از روش تحلیل دینامیکی غیرخطی محاسبه می‌شود. قابلیت‌ها و مشکلات روش‌های کلاسیک تقریبی و روش‌های شبیه‌سازی عددی برای حل مسئله قابلیت اعتماد بررسی شده و در ادامه تحقیقات مربوط به ارائه روش‌های تقریبی جدید، یک روش تقریبی براساس مبانی روش‌های سطح پاسخ (Response Surface) پیشنهاد شده‌است. روش پیشنهادی RS در تخمین احتمال وقوع خرابی برای سطح عملکرد (threshold) بالا دقت‌تر از سطح عملکرد پایین‌تر می‌باشد. برای سطوح عملکرد بالا (حد خسارت میانگین و انحراف معیار+میانگین)، احتمال وقوع خرابی حاصل از این روش بزرگتر از نتایج تحلیل مونت‌کارلو می‌باشد. همچنین برای لحاظ کردن اثرات متغییرهای احتمالاتی در تحلیل غیرخطی سازه‌ها و ارائه روش تقریبی برای تخمین احتمال وقوع خرابی در سازه، روشی پیشنهاد شده است که در آن مشخصات احتمالاتی در مقاومت و بارگذاری سازه را مستقیماً در مدل ساده شده احتمالاتی از سازه اعمال می‌توان می‌کند. در این روش ابتدا با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی مدل احتمالاتی دوخطی برای طبقات سازه بدست می‌آید. سپس این مدل ساده شده در تحلیل قابلیت اعتماد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین در این تحقیق تاثیر استفاده از جرم میراگر تنظیم شده (TMD) در کاهش احتمال وقوع خرابی در سازه براساس جابه‌جایی نسبی طبقات و پاسخ تجمعی در المان‌های سازه بررسی شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که افزودن TMD به سازه سبب استهلاک انرژی و کاهش خسارت در اعضای سازه می‌شود. با این حال موثر بودن TMD در کاهش خسارت در سازه وابسته به شدت رفتار غیرخطی در المان‌های سازه می‌باشد. همچنین تاثیر استفاده از TMD در کاهش احتمال وقوع خرابی در سازه براساس جابه‌جایی نسبی طبقات وابسته به محتوای فرکانسی زلزله می‌باشد. برای زلزله‌های با پریود میانگین پایین، استفاده از TMD می‌تواند سبب کاهش احتمال خرابی در طبقات سازه شود ولی برای زلزله‌های با پریود میانگین بالا نه تنها استفاده از TMD ممکن است احتمال خرابی در سازه را کاهش ندهد، بلکه برای حد عملکرد بالا (جابه‌جایی نسبی بزرگتر) استفاده از آن می‌تواند سبب افزایش احتمال خرابی شود.

واژه های کلیدی:

تحلیل قابلیت اعتماد سیستم دینامیکی، عدم قطعیت در رفتار سازه، روش سطح پاسخ، جرم میراگر تنظیم شده، احتمال وقوع خرابی

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه، بیان اهداف تحقیق و روند کلی آن ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- اهداف و روند کلی تحقیق ۳
۱-۳- ساختار پایان‌نامه ۴
فصل دوم بررسی مفاهیم ارزیابی احتمالاتی و تحلیل قابلیت اعتماد ۶
۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- مفاهیم پایه‌ای تحلیل قابلیت اعتماد ۷
۲-۲-۱- تابع عملکرد ۷
۲-۲-۲- تعریف ریاضی قابلیت اعتماد ۹
۲-۳- روش‌های کلاسیک تقریبی در تحلیل قابلیت اعتماد ۹
۲-۳-۱- روش First Order Reliability Method ۹
۲-۳-۲- معایب روش FORM ۱۱
۲-۳-۳- روش Second Order Reliability Method ۱۲
۲-۴- حل دقیق مسئله قابلیت اعتماد به روش شبیه‌سازی عددی ۱۲
۲-۴-۱- روش مونت‌کارلو ۱۳
۲-۴-۲- روش Importance Sampling ۱۵
۲-۵- روش‌های تقریبی غیرکلاسیک در تحلیل قابلیت اعتماد ۱۵
۲-۵-۱- روش Response Surface ۱۶
۲-۵-۲- استفاده از مفاهیم شبکه‌های عصبی مصنوعی ۱۸
۲-۵-۳- روش تحلیل المان با پارامترهای فازی ۱۹

فصل سوم بررسی مفاهیم مدل‌سازی Stochastic زلزله ۲۰
۳-۱- مقدمه ۲۱
۳-۲- روش‌های موجود درمدل‌سازی زلزله ۲۱

۳-۳- مدل‌سازی زلزله براساس مدل Rezaeian و Der Kiureghian ۲۲
۳-۳-۱- مدل‌سازی مشخصات نامانای زلزله در حوزه زمان ۲۳
۳-۳-۲- مدل‌سازی مشخصات نامانای زلزله در حوزه فرکانس ۲۵
۳-۳-۳- عددی کردن (Discretization) مدل ۲۷
۳-۳-۴- اعمال فیلتر High-pass بر روی رکورد تولید شده ۲۹
۳-۴- رکورد تولید براساس مدل Rezaeian و Der Kiureghian ۲۹

فصل چهارم تحلیل قابلیت اعتماد سازه قاب‌خمشی براساس پاسخ دینامیکی ۳۱
۴-۱- مقدمه ۳۲
۴-۲- روش RS پیشنهادی در تحلیل قابلیت اعتماد سازه قاب خمشی براساس پاسخ دینامیکی ۳۲
۴-۲-۱- انتخاب پارامتر مناسب از سیستم برای تشکیل تابع عملکرد ۳۲
۴-۲-۲- انتخاب درجه چندجمله‌ای مورد استفاده برای تخمین تابع عملکرد ۳۶
۴-۲-۳- انتخاب محدوده نقاط نمونه‌برداری ۳۷
۴-۲-۴- انتخاب روند تحلیل به روش RS ۳۷
۴-۲-۴-۱- دلیل عدم موفقیت روش ارائه شده توسط Bucher و Bourgund و روش ارائه شده توسط Rajashekhar و Ellingwood ۳۸
۴-۲-۴-۲- دلیل عدم موفقیت روش ارائه شده توسط Kim و Na ۳۸
۴-۲-۴-۳- روند پیشنهادی در این تحقیق ۳۹
۴-۳- استفاده از مدل ساده شده سازه در تحلیل قابلیت اعتماد سازه قاب خمشی ۴۱
۴-۳-۱- مدل‌سازی احتمالاتی از سازه ۴۲
۴-۳-۲- الگوی بار جانبی در تحلیل غیرخطی استاتیکی ۴۳
۴-۳-۳- روند کلی تحلیل قابلیت اعتماد با استفاده از مدل ساده شده ۴۳
۴-۴- مثال عددی تحلیل قابلیت اعتماد قاب خمشی فولادی ۴۴
۴-۴-۱- معرفی سازه ۴۴
۴-۴-۲- نتایج تحلیل مونت‌کارلو براساس اندیس خسارت ۴۶
۴-۴-۳- نتایج تحلیل به روش RS و مقایسه آن با نتایج تحلیل مونت‌کارلو ۵۱
۴-۴-۴- نتایج تحلیل مونت‌کارلو براساس جابه‌جایی نسبی طبقات ۵۴
۴-۴-۵- نتایج تحلیل با استفاده از مدل ساده شده و مقایسه آن با نتایج تحلیل مونت‌کارلو ۵۷

فصل پنجم تحلیل قابلیت اعتماد سازه مجهز به سیستم جرم میراگر ۶۶

۵-۱- مقدمه ۶۷

۵-۲- معرفی سیستم جرم میراگر تنظیم شده ۶۷

۵-۳- محاسبه پارامترهای TMD براساس روش Sadek و همکاران ۶۹

۵-۳-۱- کلیات روش Sadek و همکاران ۶۹

۵-۳-۲- محاسبه پارامترهای TMD برای قاب ساختمانی۹ طبقه از روی نتایج آنالیز حساسیت ۷۱

۵-۴- تحلیل قابلیت اعتماد سازه مجهز به TMD به روش مونت‌کارلو ۷۲

۵-۴-۱- مقایسه احتمال وقوع خرابی در سازه در حالت با TMD و بدون آن از روی نتایج تحلیل مونت‌کارلو براساس جابه‌جایی نسبی طبقات ۷۲

۵-۴-۲- مقایسه احتمال وقوع خرابی در سازه در حالت با TMD و بدون آن از روی نتایج تحلیل مونت‌کارلو براساس تخمین خسارت در طبقات ۸۰

۵-۵- تحلیل قابلیت اعتماد سازه مجهز به TMD به روش RS ۸۷

۵-۶- تحلیل قابلیت اعتماد سازه مجهز به TMD با استفاده از مدل ساده شده ۸۹

۵-۷- بررسی تاثیر محتوای فرکانسی زلزله در موثر بودن استفاده از TMD در کاهش احتمال وقوع خرابی ۹۵

فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهاد ۹۹

۶-۱- مقدمه ۱۰۰

۶-۲- خلاصه نتایج تحقیق ۱۰۰

۶-۳- پیشنهادات برای مطالعات آینده ۱۰۲

مراجع ۱۰۳

عنوان **صفحه**

شکل(۲-۱): نمایش تابع عملکرد در فضای احتمالاتی دو متغییره ۸

شکل(۲-۲): تصویر متغییرهای احتمالاتی از فضای فیزیکی مسئله به فضای استاندارد نرمال ۱۰

شکل(۲-۳): تقریب روش FORM از احتمال وقوع خرابی ۱۱

شکل(۲-۴): تقریب روش SORM از احتمال وقوع خرابی ۱۲

شکل(۲-۵):محاسبه انتگرال $cos^2(\theta)$ به روش شبیه‌سازی عددی ۱۳

شکل(۲-۶): نمونه برداری از متغییرهای احتمالاتی به روش Faced sampling ۱۷

شکل(۲-۷): نمونه برداری از متغییرهای احتمالاتی به روش ستاره‌ای ۱۷

شکل(۳-۱):پاسخ فیلتر به تحریک نوفه سفید ۲۳

شکل(۳-۲):پاسخ نرمال فیلتر به تحریک نوفه سفید ۲۴

شکل(۳-۳): اثر تابع مشخصه زمان بر پاسخ نرمال فیلتر به تحریک نوفه سفید ۲۴

شکل(۳-۴): تابع مشخصه زمان چند تکه (Piece-wise Modulating Function) ۲۴

شکل(۳-۵): تابع مشخصه زمان گاما ۲۵

شکل(۳-۶): تاثیر فیلتر با مشخصات متغییر در طول زمان (فیلتر نامانا) بر پالس ثابت ۲۶

شکل(۳-۷): جدا بودن توابع مربوط به نامانا کردن سیگنال در حوزه زمان و فرکانس ۲۷

شکل(۳-۸): تاریخچه زمانی جابه‌جایی، سرعت و شتاب رکورد تولید شده براساس مدل Rezaeian وDer Kiureghian ۳۰

شکل(۴-۱): تشخیص PHC و FHC درحالت‌های مختلف تغییرشکلی ۳۴

شکل(۴-۲): مثالی از محاسبه اندیس خسارت Mehannay و Deierlein در یک قاب خمشی فولادی ۳۵

شکل(۴-۳): رابطه مابین مرکز نمونه‌برداری و حد عملکرد مورد نظر (Threshold) در تابع عملکرد ۴۰

شکل(۴-۴): مدل ساده شده از یک سازه قاب‌خمشی برای تخمین قابلیت اعتماد سازه ۴۱

شکل(۴-۵): تاثیر مستقیم عدم قطعیت پارامترهای مدل‌سازی در مقامت و سختی مقطع در مدل Fiber ۴۲

شکل(۴-۶): تاثیر غیرمستقیم وکلی عدم قطعیت پارامترهای مدل‌سازی در مقامت و سختی مفصل متمرکز پلاستیک ۴۲

شکل(۴-۷): نمایی از قاب خمشی شمالی جنوبی و پلان سازه SAC-۹ ۴۵

شکل(۴-۸): مشخصات مقاطع در سازه SAC-۹ ۴۵
شکل(۴-۹): چگالی اندیس خسارت طبقه ۱ ۴۷
شکل(۴-۱۰): چگالی اندیس خسارت طبقه ۲ ۴۷
شکل(۴-۱۱): چگالی اندیس خسارت طبقه ۳ ۴۷
شکل(۴-۱۲): چگالی اندیس خسارت طبقه ۴ ۴۷
شکل(۴-۱۳): چگالی اندیس خسارت طبقه ۵ ۴۷
شکل(۴-۱۴): چگالی اندیس خسارت طبقه ۶ ۴۷
شکل(۴-۱۵): چگالی اندیس خسارت طبقه ۷ ۴۸
شکل(۴-۱۶): چگالی اندیس خسارت طبقه ۸ ۴۸
شکل(۴-۱۷): چگالی اندیس خسارت طبقه ۹ ۴۸
شکل(۴-۱۸): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۱ ۴۸
شکل(۴-۱۹): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۲ ۴۹
شکل(۴-۲۰): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۳ ۴۹
شکل(۴-۲۱): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۴ ۴۹
شکل(۴-۲۲): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۵ ۵۰
شکل(۴-۲۳): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۶ ۵۰
شکل(۴-۲۴): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۷ ۵۰
شکل(۴-۲۵): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۸ ۵۱
شکل(۴-۲۶): احتمال تجمعی اندیس خسارت طبقه ۹ ۵۱
شکل(۴-۲۷): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۱ ۵۴
شکل(۴-۲۸): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۲ ۵۴
شکل(۴-۲۹): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۳ ۵۵
شکل(۴-۳۰): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۴ ۵۵
شکل(۴-۳۱): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۵ ۵۵
شکل(۴-۳۲): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۶ ۵۵
شکل(۴-۳۳): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۷ ۵۵
شکل(۴-۳۴): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۸ ۵۵
شکل(۴-۳۵): چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۹ ۵۶
شکل(۴-۳۶): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۱ ۵۶

شکل(۴-۳۷): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۲ ۵۶
شکل(۴-۳۸): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۳ ۵۶
شکل(۴-۳۹): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۴ ۵۶
شکل(۴-۴۰): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۵ ۵۷
شکل(۴-۴۱): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۶ ۵۷
شکل(۴-۴۲): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۷ ۵۷
شکل(۴-۴۳): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۸ ۵۷
شکل(۴-۴۴): احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی طبقه ۹ ۵۷
شکل(۴-۴۵): منحنی برش طبقه-جابه جایی نسبی طبقه ۱ و معادل دوخطی آن ۵۸
شکل(۴-۴۶): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۱ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۸
شکل(۴-۴۷): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۲ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۸
شکل(۴-۴۸): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۳ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۹
شکل(۴-۴۹): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۴ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۹
شکل(۴-۵۰): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۵ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۹
شکل(۴-۵۱): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۶ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۹
شکل(۴-۵۲): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۷ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۹
شکل(۴-۵۳): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۵۹
شکل(۴-۵۴): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۹ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۰
شکل(۴-۵۵): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۱ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۰
شکل(۴-۵۶): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۲ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۰
شکل(۴-۵۷): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۳ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۰
شکل(۴-۵۸): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۴ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۰
شکل(۴-۵۹): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۵ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۱
شکل(۴-۶۰): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۶ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۱

شکل(۴-۶۱): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۷ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۱
شکل(۴-۶۲): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۱
شکل(۴-۶۳): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۹ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۱
شکل(۴-۶۴): مقایسه چگالی برش طبقه ۱ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۲
شکل(۴-۶۵): مقایسه چگالی برش طبقه ۲ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۲
شکل(۴-۶۶): مقایسه چگالی برش طبقه ۳ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۳
شکل(۴-۶۷): مقایسه چگالی برش طبقه ۴ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۳
شکل(۴-۶۸): مقایسه چگالی برش طبقه ۵ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۳
شکل(۴-۶۹): مقایسه چگالی برش طبقه ۶ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۳
شکل(۴-۷۰): مقایسه چگالی برش طبقه ۷ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۳
شکل(۴-۷۱): مقایسه چگالی برش طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۳
شکل(۴-۷۲): مقایسه چگالی برش طبقه ۹ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۶۴
شکل(۴-۷۳): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۱ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۴
شکل(۴-۷۴): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۲ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۴
شکل(۴-۷۵): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۳ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۴
شکل(۴-۷۶): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۴ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۴
شکل(۴-۷۷): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۵ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۵
شکل(۴-۷۸): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۶ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۵
شکل(۴-۷۹): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۷ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۵
شکل(۴-۸۰): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۵
شکل(۴-۸۱): مقایسه احتمال تجمعی برش برای طبقه ۹ مابین مدل ساده شده و واقعی سازه ۶۵
شکل(۵-۱): بکارگیری جرم میراگر تنظیم شده برای کاهش پاسخ دینامیکی سازه ساختمانی ۶۸
شکل(۵-۲): روش‌های اجرایی مختلف برای بکارگیری جرم میراگر تنظیم شده ۶۹
شکل(۵-۳): نتیجه آنالیز حساسیت RMS جابه‌جایی نسبی طبقات نسبت به جرم TMD ۷۱
شکل(۵-۴): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۳

شکل(۵-۵): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۲ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۳
شکل(۵-۶): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه۳ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۴
شکل(۵-۷): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۴ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۴
شکل(۵-۸): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۵ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۵
شکل(۵-۹): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۶ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۵
شکل(۵-۱۰): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۷ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۶
شکل(۵-۱۱): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۸ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۶
شکل(۵-۱۲): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۷
شکل(۵-۱۳): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۸
شکل(۵-۱۴): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۲ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۸
شکل(۵-۱۵): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۳ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۸
شکل(۵-۱۶): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۴ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۸
شکل(۵-۱۷): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۵ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۹
شکل(۵-۱۸): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۶ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۹
شکل(۵-۱۹): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۷ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۹
شکل(۵-۲۰): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۸ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۹
شکل(۵-۲۱): مقایسه چگالی جابه‌جایی نسبی طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۷۹
شکل(۵-۲۲): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۱
شکل(۵-۲۳): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۲ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۱
شکل(۵-۲۴): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۳ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۲

شکل(۵-۲۵): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۴ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۲
شکل(۵-۲۶): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۵ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۳
شکل(۵-۲۷): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۶ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۳
شکل(۵-۲۸): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۷ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۴
شکل(۵-۲۹): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۸ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۴
شکل(۵-۳۰): مقایسه احتمال وقوع خرابی براساس اندیس خسارت برای طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۵
شکل(۵-۳۱): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۵
شکل(۵-۳۲): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۲ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۵
شکل(۵-۳۳): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۳ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۶
شکل(۵-۳۴): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۴ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۶
شکل(۵-۳۵): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۵ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۶
شکل(۵-۳۶): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۶ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۶
شکل(۵-۳۷): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۷ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۶
شکل(۵-۳۸): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۸ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۶
شکل(۵-۳۹): مقایسه چگالی اندیس خسارت طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۸۷
شکل(۵-۴۰): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۱ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۰
شکل(۵-۴۱): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۱ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۰
شکل(۵-۴۲): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۲ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۰
شکل(۵-۴۳): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۲ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۰
شکل(۵-۴۴): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۳ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۰
شکل(۵-۴۵): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۳ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۰

شکل(۵-۴۶): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۴ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۱
شکل(۵-۴۷): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۴ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۱
شکل(۵-۴۸): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۵ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۱
شکل(۵-۴۹): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۵ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۱
شکل(۵-۵۰): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۶ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۱
شکل(۵-۵۱): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۶ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۱
شکل(۵-۵۲): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۷ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۲
شکل(۵-۵۳): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۷ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۲
شکل(۵-۵۴): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۲
شکل(۵-۵۵): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۲
شکل(۵-۵۶): مقایسه احتمال تجمعی جابه‌جایی نسبی برای طبقه ۹ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۲
شکل(۵-۵۷): مقایسه احتمال تجمعی برش طبقه ۸ مابین مدل ساده شده و مدل واقعی سازه ۹۲
شکل(۵-۵۸): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۳
شکل(۵-۵۹): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۲ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۳
شکل(۵-۶۰): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۳ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۳
شکل(۵-۶۱): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۴ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۳
شکل(۵-۶۲): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۵ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۴
شکل(۵-۶۳): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۶ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۴
شکل(۵-۶۴): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۷ مابین حالت با TMD ۹۴

و بدون آن
شکل(۵-۶۵): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۸ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۴
شکل(۵-۶۶): مقایسه نتایج مدل ساده شده برای احتمال وقوع خرابی طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۴
شکل(۵-۶۷): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد LA۰۱ برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۷
شکل(۵-۶۸): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد LA۰۱ برای طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۷
شکل(۵-۶۹): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد LA۲۱ برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۷
شکل(۵-۷۰): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد LA۲۱ برای طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۷
شکل(۵-۷۱): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد Chichi برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۷
شکل(۵-۷۲): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد Chichi برای طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۷
شکل(۵-۷۳): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد Landers برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۸
شکل(۵-۷۴): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد Landers برای طبقه ۹ مابین حالت با TMD و بدون آن ۹۸
شکل(۵-۷۵): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد LA۲۱ برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن آن براساس اندیس خسارت ۹۸
شکل(۵-۷۶): مقایسه احتمال وقوع خرابی تحت رکورد LA۲۱ برای طبقه ۱ مابین حالت با TMD و بدون آن آن براساس اندیس خسارت ۹۸

عنوان **صفحه**

جدول(۴-۱): مشخصات فولاد ساختمانی در تحلیل‌های احتمالاتی ۳۷

جدول(۴-۲): پارامترهای احتمالاتی لحاظ شدن در تحلیل مونت‌کارلو ۴۶

جدول(۴-۳): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۱ برای حدود خرابی مختلف ۵۲

جدول(۴-۴): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۲ برای حدود خرابی مختلف ۵۲

جدول(۴-۵): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۳ برای حدود خرابی مختلف ۵۲

جدول(۴-۶): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۴ برای حدود خرابی مختلف ۵۳

جدول(۴-۷): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۵ برای حدود خرابی مختلف ۵۳

جدول(۴-۸): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۶ برای حدود خرابی مختلف ۵۳

جدول(۴-۹): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۷ برای حدود خرابی مختلف ۵۳

جدول(۴-۱۰): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۸ برای حدود خرابی مختلف ۵۳

جدول(۴-۱۱): مقایسه نتایج حاصل از روش RS با نتایج تحلیل مونت‌کارلو در طبقه ۹ برای حدود خرابی مختلف ۵۴

جدول(۵-۱): مشخصات مدل‌سازی TMD ۷۲

جدول(۵-۲): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۱ ۸۷

جدول(۵-۳): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۲ ۸۸

جدول(۵-۴): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۳ ۸۸

جدول(۵-۵): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۴ ۸۸

جدول(۵-۶): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۵ ۸۸

جدول(۵-۷): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۶ ۸۸

جدول(۵-۸): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۷ ۸۹
جدول(۵-۹): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۸ ۸۹
جدول(۵-۱۰): نتایج روش RS در سازه با TMD و بدون آن در طبقه ۹ ۸۹

فصل اول

مقدمه، بیان اهداف تحقیق و روند کلی آن