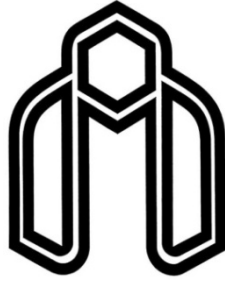


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده عمران و معماری

کنترل لرزه‌ای سازه‌ها توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده

نیمه‌فعال با استفاده از کنترل کننده فازی

دانشجو: سعید پیرقلی‌زاده

استاد راهنما

دکتر علی کیهانی

استاد مشاور

دکتر محمد مهدی فاتح

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه

خرداد ۸۹

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

در ابتدا لازم می‌دانم مراتب سپاس خود را نسبت به استاد راهنمای گرامی خویش، جناب آقای دکتر علی کیهانی، ابراز نمایم که پیشرفت تحصیلی من و همچنین به ثمر رسیدن این تحقیق، مرهون تلاش‌های دلسوزانه و مسئولانه ایشان می‌باشد. موفقیت و پیشرفت ایشان را در تمامی مراحل زندگی علمی‌شان، آرزو دارم.

جناب آقای دکتر محمدمهدی فاتح به عنوان استاد مشاور با راهنمایی‌های ارزنده خویش در پیشبرد این مطالعه کمال همکاری را با اینجانب داشته‌اند. از ایشان صمیمانه سپاس‌گزاری می‌نمایم.

چکیده

حفاظت از سازه، ساکنین و وسائل موجود در آن، در مقابل بارهای محیطی مانند زلزله، یکی از چالش‌های مهم در مهندسی عمران می‌باشد. در گذشته روش‌های طراحی بر اساس تغییر شکل غیرارتجاعی مرسوم بوده، و امروزه کنترل سازه‌های مورد توجه خاصی قرار گرفته است. الگوریتم‌های کنترل کلاسیک به یک مدل ریاضی دقیق از سازه برای کاهش ارتعاش، نیاز دارند. امروزه سازه‌هایی که ساخته می‌شوند، باریک‌تر، انعطاف‌پذیرتر و دارای خصوصیات پیچیده‌تری هستند. بنابراین، کاهش پیچیدگی مدل سازه نادرست است و مکانیزم کنترل بر اساس این مدل بهینه نخواهد بود. کنترل فازی به مدل ریاضی دقیق از سازه نیاز ندارد و به مدل کاهش یافته نیز وابسته نیست.

در این مطالعه کنترل‌کننده فازی برای یک سازه با چند درجه آزادی همراه با میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال برای کاهش ارتعاشات حاصل از زمین‌لرزه، طراحی شده است. میراگر جرمی تنظیم شده نیمه‌فعال، توان خارجی پایینی برای تعدیل میرائی مصرف می‌کند. کنترل‌کننده فازی بخاطر خصوصیت مقاوم بودن و کارائی بالا، به طور مؤثر و آسانی در کنترل استفاده می‌شود. در این مطالعه، میراگر نیمه‌فعال مگنتورئولوژیکیال (MR) استفاده شده و یک مدل با ده درجه آزادی همراه با میراگر جرمی نیمه‌فعال که در طبقه دهم قرار داده شده، مورد بررسی قرار گرفته است. اثر کنترل‌کننده در محدود کردن جابجایی‌ها و شتاب‌ها و همچنین جابجایی میراگر جرمی نیمه‌فعال، مطالعه گردیده است. کارائی کنترل‌کننده فازی برای زمین‌لرزه‌های El Centro، Hachinohe، Northridge و طبس، توسط مدل شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار Matlab، محاسبه و بررسی شده است. پاسخ‌های به دست آمده با پاسخ‌های سازه کنترل‌شده توسط میراگر جرمی غیرفعال مقایسه شده است.

کلید واژه‌ها: کنترل لرزه‌ای، میراگر جرمی تنظیم شده، کنترل نیمه‌فعال، کنترل فازی

فهرست مطالب

۱	فصل اول؛ مقدمه
۲	۱-۱ - کنترل لرزه‌ای سازه
۳	۲-۱ - اهداف این مطالعه
۴	۳-۱ - ساختار پایان نامه
۶	فصل دوم؛ کنترل لرزه‌ای
۷	۱-۲ - مقدمه
۸	۲-۲ - طبقه‌بندی کلی سیستم‌های کنترل سازه‌ای
۹	۳-۲ - اصول اساسی
۱۴	۴-۲ - سیستم‌های جداسازی پی
۱۵	۵-۲ - سیستم‌های کنترل غیرفعال
۱۶	۱-۵-۲ - میراگرهای فلزی تسلیم شونده
۱۷	۲-۵-۲ - میراگرهای اصطکاکی
۱۸	۳-۵-۲ - میراگرهای ویسکوالاستیک
۱۹	۴-۵-۲ - میراگرهای سیال ویسکوز
۲۰	۵-۵-۲ - میراگرهای جرمی تنظیم شده
۲۴	۶-۵-۲ - میراگرهای مایع تنظیم شده
۲۵	۶-۲ - سیستم‌های فعال و نیمه‌فعال
۲۶	۱-۶-۲ - سیستم‌های کنترل فعال
۲۷	۲-۶-۲ - سیستم‌های میراگر جرمی هیبرید
۲۸	۳-۶-۲ - سیستم‌های نیمه‌فعال
۳۴	فصل سوم؛ میراگرهای جرمی تنظیم شده
۳۵	۱-۳ - مقدمه

۳۵	۲-۳ - تئوری اولیه
۳۹	۳-۳ - الگوریتم طراحی میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال
۴۰	۴-۳ - میراگرهای جرمی تنظیم شده پیشرفته
۴۴	فصل چهارم؛ میراگر نیمه فعال سیال مگنتورئولوژیکال
۴۵	۱-۴ - مقدمه
۴۵	۲-۴ - خواص سیال مگنتورئولوژیکال
۴۶	۳-۴ - ساختار فیزیکی
۴۶	۱-۳-۴ - مدل مکانیکی میراگر
۴۸	۲-۳-۴ - شبیه سازی میراگر
۵۰	فصل پنجم؛ کنترل فازی
۵۱	۱-۵ - مقدمه
۵۳	۲-۵ - مجموعه های فازی و منطق فازی
۵۳	۱-۲-۵ - مجموعه ها و اصطلاحات فازی
۵۴	۲-۲-۵ - عملیات نظری مجموعه
۵۵	۳-۲-۵ - متغیرهای زبانی و مجموعه های فازی
۵۵	۳-۵ - مفهوم اصلی کنترل منطق فازی
۵۷	۱-۳-۵ - عبارات شرطی فازی و قوانین کنترل فازی
۵۹	۲-۳-۵ - استدلال فازی (استدلال تقریبی)
۶۷	فصل ششم؛ مدل سازی سیستم و طراحی کنترل کننده
۶۸	۱-۶ - مقدمه
۶۸	۲-۶ - مدل سازه ای
۷۰	۳-۶ - مدل میراگر نیمه فعال
۷۱	۴-۶ - کنترل میراگرهای جرمی تنظیم شده نیمه فعال

۷۴	۵-۶ - طرح کنترل کننده فازی میراگر نیمه فعال
۷۷	۶-۶ - معیارهای کارائی
۷۸	۷-۶ - مدل شبیه سازی
۸۰	فصل هفتم؛ نتایج شبیه سازی و تحلیل سیستم های کنترل
۸۱	۱-۷ - مقدمه
۸۱	۲-۷ - سیستم سازه ای
۸۴	۳-۷ - پاسخ سازه کنترل نشده
۸۵	۴-۷ - تأثیر پارامترهای میراگر جرمی تنظیم شده بر پاسخ سازه
۸۶	۱-۴-۷ - میراگر جرمی تنظیم شده غیر فعال
۹۷	۲-۴-۷ - میراگر جرمی تنظیم شده نیمه فعال
۱۰۸	۳-۴-۷ - مقایسه روش های کنترلی
۱۴۷	فصل هشتم؛ نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۵۰	پیوست ۱
۱۵۲	مراجع

فهرست جداول

- جدول ۱-۲ سیستم‌های کنترل سازه‌ای ۸
- جدول ۲-۲ مقایسه خواص میان سیال MR و ER ۳۲
- جدول ۱-۴ پارامترهای مدل میراگر MR ۱۰۰۰ کیلونیوتنی ۴۷
- جدول ۱-۶ قوانین استنتاج کنترل کننده فازی ۷۶
- جدول ۱-۷ معیارهای عملکرد میراگرهای جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال با نسبت‌های جرمی ۰.۲٪ و ۰.۵٪ در زمین‌لرزه‌های El Centro و Hachinohe ۱۱۱
- جدول ۲-۷ معیارهای عملکرد میراگرهای جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال با نسبت‌های جرمی ۰.۲٪ و ۰.۵٪ در زمین‌لرزه‌های Northridge و طبس ۱۱۲
- جدول ۳-۷ معیارهای عملکرد میراگرهای جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال با نسبت‌های جرمی ۰.۱۰٪ و ۰.۱۵٪ در زمین‌لرزه‌های El Centro و Hachinohe ۱۲۸
- جدول ۴-۷ معیارهای عملکرد میراگرهای جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال با نسبت‌های جرمی ۰.۱۰٪ و ۰.۱۵٪ در زمین‌لرزه‌های Northridge و طبس ۱۲۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ سازه همراه با طرحهای کنترل مختلف ۱۲
- شکل ۲-۲ سیستمهای جداساز لرزه‌ای ساختمان ۱۵
- شکل ۳-۲ دستگاه ADAS ۱۶
- شکل ۴-۲ مهاربند نچسبیده ۱۷
- شکل ۵-۲ میراگر اصطکاکی مهاربندی X شکل ۱۸
- شکل ۶-۲ ترکیب نوعی میراگر ویسکوالاستیک ۱۹
- شکل ۷-۲ سیستم میراگرهای سیال ویسکوز ۲۰
- شکل ۸-۲ انواع میراگرهای تنظیم شده ۲۱
- شکل ۹-۲ نمایی از برج چببا و میراگر جرمی بکار رفته در این برج ۲۳
- شکل ۱۰-۲ برج کریستال و یکی از تانکهای استفاده شده به عنوان جرم پاندول در این ساختمان ۲۴
- شکل ۱۱-۲ انواع میراگرهای مایع تنظیم شده ۲۵
- شکل ۱۲-۲ سیستم کنترل لرزه‌ای در ساختمان آندو نیشیکیچو ۲۸
- شکل ۱۳-۲ دستگاه کنترل سختی ۲۹
- شکل ۱۴-۲ رفتار ماده بینگهام ۳۱
- شکل ۱۵-۲ طرح شماتیک میراگر MR ۳۲
- شکل ۱۶-۲ میراگر جرمی تنظیم شده نیمه‌فعال ۳۳
- شکل ۱۷-۲ دستگاه SAIVS اجرا شده به عنوان میراگر جرمی تنظیم شده نیمه‌فعال ۳۳
- شکل ۱-۳ سیستم با یک درجه آزادی همراه با میراگر جرمی تنظیم شده ۳۶
- شکل ۲-۳ ماکزیمم ضریب افزایش دینامیکی برای سیستم با یک درجه آزادی ۳۸
- شکل ۳-۳ ماکزیمم ضریب افزایش دینامیکی میراگر جرمی تنظیم شده ۳۸
- شکل ۴-۳ فرکانس تنظیم بهینه میراگر جرمی تنظیم شده ۳۹
- شکل ۵-۳ نسبت میرائی بهینه برای میراگر جرمی تنظیم شده ۳۹
- شکل ۶-۳ میرائی کنترل شده میراگر جرمی تنظیم شده نیمه‌فعال ۴۱
- شکل ۷-۳ میراگر جرمی تنظیم شده فعال ۴۲
- شکل ۱-۴ مدل مکانیکی میراگر MR ۴۶
- شکل ۲-۴ بلوک شبیه‌سازی میراگر MR ۱۰۰۰ کیلو نیوتنی ۴۸
- شکل ۳-۴ پاسخ میراگر MR ۱۰۰۰ کیلو نیوتنی به تغییر مکان اعمالی در چهار سطح ولتاژ مختلف ۴۹
- شکل ۱-۵ ترکیب اصلی کنترل‌کننده منطق فازی ۵۷
- شکل ۲-۵ دو بیان مفهوم فازی: (الف) A همراه شده با B، (ب) A شامل B است. ۵۹
- شکل ۳-۵ استنتاج از $y=b$ و $x=a$ و $y=f(x)$ ۶۰
- شکل ۴-۵ قانون ترکیبی استنتاج ۶۱
- شکل ۵-۵ بیان قیاس عمومی با تفسیر ممدانی و عملگر اُترم ۶۳
- شکل ۶-۵ استدلال فازی با یک قانون دارای چند شرط ۶۴
- شکل ۷-۵ استدلال فازی با چند قانون و چند شرط برای هر قانون ۶۴
- شکل ۸-۵ سیستم استنباط فازی ممدانی با دو قانون برای ورودیهای قطعی و تابع min برای عملگر AND ۶۶

- شکل ۶-۱ بلوک دیاگرام کنترل فازی نیمه فعال سیستم سازه‌ای ۶۸
- شکل ۶-۲ سازه ساختمانی همراه با SATMD ۷۰
- شکل ۶-۳ منحنی نیرو-سرعت میراگر نیمه فعال MR ۷۱
- شکل ۶-۴ اصل میرائی اتصال زمین ایده آل ۷۲
- شکل ۶-۵ اصل میرائی اتصال زمین عملی ۷۳
- شکل ۶-۶ توابع عضویت متغیرهای کنترل کننده فازی ۷۶
- شکل ۶-۷ بلوک دیاگرام شبیه سازی سیستم کنترل شده تحت تحریک زمین لرزه ۷۹
- شکل ۶-۸ بلوک دیاگرام شبیه سازی سیستم سازه‌ای همراه با میراگر جرمی ۷۹
- شکل ۷-۱ سه مُد اول قاب ده طبقه ۸۲
- شکل ۷-۲ شتابنگاشت‌های مورد استفاده در این مطالعه ۸۳
- شکل ۷-۳ مقدار جابجایی اوج و RMS طبقات در سازه کنترل نشده ۸۴
- شکل ۷-۴ مقدار شتاب مطلق اوج و RMS طبقات در سازه کنترل نشده ۸۵
- شکل ۷-۵ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه El Centro ۸۹
- شکل ۷-۶ درصد کاهش پاسخ RMS جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه El Centro ۹۰
- شکل ۷-۷ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه Hachinohe ۹۱
- شکل ۷-۸ درصد کاهش پاسخ RMS جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه Hachinohe ۹۲
- شکل ۷-۹ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه Northridge ۹۳
- شکل ۷-۱۰ درصد کاهش پاسخ RMS جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه Northridge ۹۴
- شکل ۷-۱۱ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه طبس ۹۵
- شکل ۷-۱۲ درصد کاهش پاسخ RMS جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط TMD در زمین لرزه طبس ۹۶
- شکل ۷-۱۳ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط SATMD در زمین لرزه El Centro ۱۰۰
- شکل ۷-۱۴ درصد کاهش پاسخ RMS جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط SATMD در زمین لرزه El Centro ۱۰۱
- شکل ۷-۱۵ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط SATMD در زمین لرزه Hachinohe ۱۰۲
- شکل ۷-۱۶ درصد کاهش پاسخ RMS جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط SATMD در زمین لرزه Hachinohe ۱۰۳
- شکل ۷-۱۷ درصد کاهش پاسخ اوج جابجایی طبقه بام در سازه کنترل شده توسط SATMD در زمین لرزه ۱۰۳

شکل ۷-۳۶ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۵٪، در زمین لرزه Hachinohe ۱۳۳

شکل ۷-۳۷ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۵٪، در زمین لرزه Hachinohe ۱۳۴

شکل ۷-۳۸ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۱۰٪، در زمین لرزه Hachinohe ۱۳۵

شکل ۷-۳۹ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۵٪، در زمین لرزه Northridge ۱۳۶

شکل ۷-۴۰ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۵٪، در زمین لرزه Northridge ۱۳۷

شکل ۷-۴۱ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۱۰٪، در زمین لرزه Northridge ۱۳۸

شکل ۷-۴۲ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۵٪، در زمین لرزه طیس ۱۳۹

شکل ۷-۴۳ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۵٪، در زمین لرزه طیس ۱۴۰

شکل ۷-۴۴ پاسخهای جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل نشده و کنترل شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده با نسبتهای جرمی ۱۰٪ و ۱۵٪ و نسبت میرائی ۰٫۱۰٪، در زمین لرزه طیس ۱۴۱

شکل ۷-۴۵ خروجی کنترل کننده فازی (ولتاژ اعمالی به میراگر نیمه فعال) ۱۴۴

شکل ۷-۴۶ نیروی خروجی میراگر MR ۱۴۴

شکل ۷-۴۷ درصد کاهش پاسخ میراگر در نسبت جرمی ۱۰٪ و نسبت فرکانسی ۱/۰ در زمین لرزه های: الف) El Centro، ب) Hachinohe، ج) Northridge و د) طیس ۱۴۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کنترل لرزه‌ای سازه

زلزله و تندبادهای خسارت‌آور اخیر، نشان‌دهنده آسیب‌پذیری ما در مقابل نیروهای طبیعی می‌باشد. حتی در یک کشور پیشرفته صنعتی نیز محیط ساخت و ساز در برابر حوادث طبیعی حساس و آسیب‌پذیر می‌باشد. بنابراین، یکی از چالش‌های اصلی در مهندسی سازه پیشرفت و نوآوری در زمینه طراحی برای حفاظت بهتر سازه‌ها، همراه با ساکنین و اشیاء داخل آن، در مقابل تأثیرات مخرب نیروهای محیطی شامل باد، امواج و زلزله‌های ویرانگر می‌باشد.

امروزه سیستم‌های کنترل‌کننده سازه‌ای مختلفی شامل کنترل‌کننده‌های غیرفعال، فعال و نیمه‌فعال، برای حفاظت از سازه‌ها در مقابل بارهای مختلف دینامیکی ابداع گردیده‌اند. سیستم‌های کنترل‌کننده غیرفعال مانند جداسازهای لرزه‌ای، بخشی از انرژی ورودی را قبل از اینکه به سازه منتقل شود، جذب و مستهلک می‌کند. کنترل سازه‌ای فعال و نیمه‌فعال حوزه‌ای از حفاظت لرزه‌ای سازه‌ها است، که در آن حرکت سازه توسط عمل یک سیستم کنترل‌کننده با یک منبع انرژی خارجی، کنترل یا تعدیل می‌یابد. سیستم‌های کنترلی نیمه‌فعال، تنها به یک مقدار جزئی از انرژی، جهت تنظیم خواص مکانیکی خود نیاز دارند و برخلاف سیستم‌های فعال، نمی‌توانند به سازه انرژی اضافه کنند. سیستم‌های کنترل‌کننده فعال برای کار کردن، نیازمند توان خارجی قابل توجه‌ای می‌باشند. بنابراین، استفاده از این سیستم‌ها همراه با سیستم‌های کنترلی غیرفعال می‌تواند نیاز آنها را به توان خارجی کاهش دهد. در این صورت به آنها سیستم‌های کنترل‌کننده هیبرید گفته می‌شود. در سال‌های اخیر، توجه زیادی به تحقیق در زمینه کنترل فعال و نیمه‌فعال سازه‌ای، به خصوص کاهش پاسخ سازه‌ها در مقابل بارهای لرزه‌ای، شده است [۱].

یک سیستم غیرفعال نصب شده، قابلیت اصلاح را ندارد و در نتیجه برای هر طرح کنترل غیرفعال، یک ارزیابی قابل اطمینان از بارگذاری طراحی و یک مدل عددی دقیق از سیستم فیزیکی باید به دست آید، تا سیستم مؤثر باشد. با توجه به ناتوانی در تنظیم یک سیستم کنترل غیرفعال به

صورت دینامیکی، برای جبران بارگذاری‌های غیرمنتظره به طراحی بسیار محافظه‌کارانه نیاز دارد. همچنین مطالعات شبیه‌سازی بر روی سازه‌های ساختمانی نشان می‌دهد، کنترل غیرفعال در کاهش پاسخ‌های سازه تأثیر بالایی ندارند. یک سیستم کنترل فعال، سیستمی است که قابلیت تعیین حالت کنونی سازه، تصمیم‌گیری بر روی گروهی از اعمال جهت پاسخ‌های سازه، و انجام این اعمال را در یک رفتار کنترل‌شده و در زمانی کوتاه دارد. این سیستم‌های کنترلی می‌توانند اثر تغییرات محیطی غیرقابل پیش‌بینی را به صورت تئوریک کاهش دهند، و نیازهای عملکرد دقیق را تأمین کنند و تسلیم تعداد محدودی از اجزاء سازه‌ای را جبران کنند. همچنین، توانایی ارائه راه‌حل‌های مؤثرتر برای یک بازه وسیع‌تری از کاربردها، از دو نقطه نظر تکنیکی و اقتصادی را دارند [۲].

۱-۲- اهداف این مطالعه

بررسی سیستم‌های کنترل‌کننده و مدل‌سازی صحیح این سیستم‌ها، مطالعه تأثیر آنها بر روی سیستم‌های سازه‌ای جهت کاهش پاسخ‌ها تحت اغتشاشات خارجی مخرب را ممکن می‌سازد. در این پایان‌نامه، سیستم سازه‌ای به کار گرفته شده و سیستم میراگرهای جرمی غیرفعال و نیمه‌فعال، بررسی و مدل ریاضی آنها به دست آمده و در محیط SIMULINK در نرم‌افزار MATLAB، شبیه‌سازی شده است. شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه به عنوان اغتشاش ورودی سیستم اعمال می‌شود، و ولتاژ ورودی میراگر نیمه‌فعال MR به کار گرفته شده در میراگر جرمی، توسط کنترل‌کننده فازی محاسبه می‌شود. ورودی کنترل‌کننده فازی پاسخ‌های اندازه‌گیری شده سیستم سازه‌ای می‌باشد. تأثیر پارامترهای مختلف میراگرهای جرمی غیرفعال و نیمه‌فعال بر عملکرد آنها در کاهش پاسخ‌های سازه مطالعه شده و نتایج به دست آمده توسط این میراگرها با یکدیگر مقایسه شده است. همچنین تأثیر تغییر در بازه ولتاژ ورودی (خروجی کنترل‌کننده فازی) میراگر نیمه‌فعال MR، بر روی عملکرد میراگر جرمی تنظیم شده بررسی شده است.

۱-۳- ساختار پایان نامه

فصل دوم مقدمه‌ای بر سیستم کنترل‌کننده‌های مختلف سازه‌ای همراه با مثال‌های اجرایی این سیستم‌ها می‌باشد. در این مقدمه یک بررسی اجمالی بر سیستم‌های کنترل‌کننده غیرفعال، فعال، هیبرید و نیمه‌فعال انجام شده و انواع مختلفی از این سیستم‌ها شرح داده می‌شوند.

در فصل سوم تئوری اولیه میراگرهای جرمی بررسی می‌شود. معادلات دینامیکی معرفی شده و با توجه به بزرگی پاسخ فرکانسی بی‌بعد مقادیر بهینه برای تنظیم فرکانس سیستم میراگر جرمی بدست می‌آید. در انتهای فصل مروری اجمالی بر میراگرهای جرمی فعال و نیمه‌فعال و مطالعات انجام گرفته در زمینه میراگرهای جرمی نیمه‌فعال آورده شده است.

در فصل چهارم روش‌های مدل‌سازی مکانیکی برای کاربردهای عملی این میراگر بررسی شده است. بر اساس مدل مکانیکی منتخب میراگر MR، شبیه‌سازی میراگر در نرم افزار MATLAB و در محیط SIMULINK انجام شده است. در نهایت نتایج شبیه‌سازی انجام شده ارائه می‌گردد.

در فصل پنجم کنترل فازی و اصول اولیه آن شرح داده شده است. ابتدا مقدمه‌ای بر تئوری و کنترل فازی و تاریخچه‌ای مختصری از آن آورده شده، سپس مجموعه‌های فازی، عملیات نظری این مجموعه‌ها و متغیرهای زبانی معرفی می‌شوند. در ادامه مفهوم اصلی کنترل فازی و قوانین اگر-آنگاه فازی و اصول استدلال فازی شرح داده می‌شوند.

در فصل ششم سیستم سازه‌ای همراه با کنترل‌کننده، بررسی و فضای حالت آن برای مدل‌سازی ریاضی و سپس شبیه‌سازی آن به دست می‌آید. تئوری کنترل میراگرهای جرمی تنظیم شده نیمه‌فعال شرح داده شده و بر اساس آن کنترل‌کننده فازی برای تنظیم ولتاژ ورودی میراگر نیمه‌فعال، طرح و معیارهای کارایی جهت بررسی و ارزیابی عملکرد کنترل‌کننده آورده می‌شوند.

در فصل هفتم رفتار سازه ساختمانی (قاب ده طبقه) همراه با میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال با استفاده از کنترل‌کننده فازی تحت تحریک چهار زمین‌لرزه Hachinohe, El Centro

Northridge و طیس بررسی شده است. ابتدا پاسخ‌های سازه کنترل‌نشده تحت این چهار زمین‌لرزه محاسبه و آورده شده است. در ادامه، رفتار سازه کنترل‌شده توسط میراگرهای جرمی تنظیم شده غیرفعال و نیمه‌فعال با تغییر در پارامترهای آنها (نسبت‌های میرائی، جرمی و فرکانسی) بررسی و درصد کاهش پاسخ سازه نشان داده می‌شود. معیارهای ارزیابی این میراگرها محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده و همچنین پاسخ‌های جابجایی و شتاب مطلق طبقات سازه کنترل‌شده توسط میراگرهای جرمی نشان داده شده‌اند. در انتها، تغییر در کران بالای ولتاژ ورودی میراگر نیمه‌فعال MR، که خروجی کنترل‌کننده فازی می‌باشد، بر عملکرد میراگر جرمی نیمه‌فعال بررسی می‌شود.

در فصل هشتم به بیان نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات پرداخته شده است.

فصل دوم

کنترل سازه‌ای

در سال‌های اخیر، در زمینه تحقیق و پیشرفت دستگاه‌های کنترل سازه‌ای به ویژه در کاستن پاسخ زمین‌لرزه‌ای یا نیروی باد در ساختمان‌ها و پل‌ها توجه زیادی شده است. در هر دو حوزه تلاش‌های جدی برای توسعه دادن راهکار کنترل سازه‌ای به تکنولوژی عملی در دو دهه گذشته صورت گرفته است [۳]. به طور کل، این تکنولوژی‌ها در سه بخش زیر، همانطور که در جدول ۱-۲ آورده شده، قرار می‌گیرند:

- جداسازی پی

- استهلاک غیرفعال انرژی (PED)^۱

- کنترل فعال و نیمه‌فعال [۴]

سیستم‌های کنترلی فعال، نیمه‌فعال و هیبرید (پیوندی) سیر تکاملی تکنولوژی‌های کنترل غیرفعال مانند جداسازی لرزه‌ای و استهلاک غیرفعال انرژی می‌باشند. به کار بردن سیستم‌های کنترل فعال و ترکیب‌هایی از سیستم‌های غیرفعال و فعال، که سیستم‌های هیبرید نامیده می‌شوند، به عنوان وسیله کنترل سازه‌ای در مقابل بارهای لرزه‌ای در سال‌های اخیر، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. سیستم‌های فعال/هیبرید، دستگاه‌های انتقال نیرو همراه با برآوردکننده‌ها/کنترل‌کننده‌های پردازش زمان حقیقی^۲ و سنسورهای تعبیه شده بر روی سازه می‌باشند. عمده چالش در پژوهش کنترل فعال در مهندسی عمران این واقعیت می‌باشد که رشته‌های متنوعی که در حوزه مهندسی کلاسیک عمران قرار نمی‌گیرند، در این پژوهش شامل می‌شوند. این رشته‌ها شامل علوم کامپیوتر، پردازش داده، تئوری کنترل، علم مواد، تکنولوژی مشاهده^۳، همچنین فرایند اتفافی^۴، دینامیک سازه‌ای، و مهندسی زلزله و باد می‌شود. محقق‌ها در این زمینه‌های متنوع امروزه توانسته‌اند با تلاش‌های مشترک با شتاب

¹ Passive Energy Dissipation

² real time processing

³ sensing

⁴ stochastic process