

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

**کنترل نیمه فعال سازه های نیمه مرتفع در برابر
زلزله به کمک میراگرهای سیال مغناطیسی**

استاد راهنما:

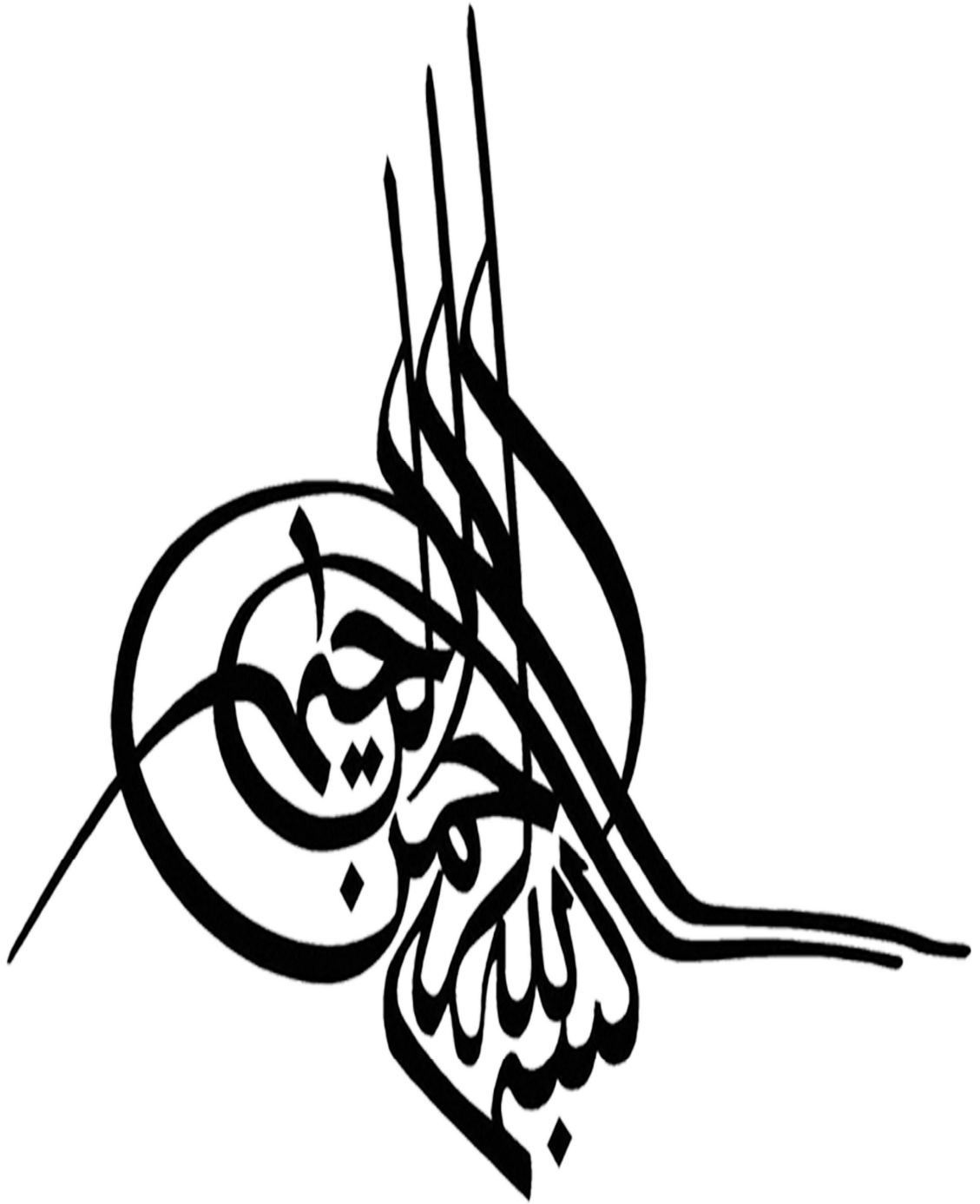
دکتر سید مهدی زهرایی

دکتر محمد قاسم سبحان

دانشجو:

حسن صالحی

۱۳۹۰



دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

کنترل نیمه فعال سازه های نیمه مرتفع در برابر زلزله به کمک میراگرهای سیال مغناطیسی

استاد راهنما:

دکتر سید مهدی زهرایی

دکتر محمد قاسم سبحان

دانشجو:

حسن صالحی

تقدیم به :

پدرم به استواری کوه

مادرم به زلالی چشمه

همسرم به صمیمیت باران

تشکر و قدردانی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. اکنون که به یاری پروردگار این مرحله از زندگی را پشت سر می گذارم، بر خود لازم می دانم مراتب قدردانی و امتنان خود را نسبت به اساتید، سروران و عزیزانی که همواره مرا مرهون الطاف خود قرار داده اند، ابراز نمایم. در این راستا بایسته است :

از اساتید گرامی جناب آقای دکترزهرایی و جناب آقای دکتر سحاب که بزرگوارانه و با راهنمایی های ارزشمند خود مرا در انجام این مهم یاری نموده اند تشکر ویژه داشته باشم. نمی توانم معنایی بالاتر از تقدیر و تشکر بر زبانم جاری سازم و سپاس خود را در وصف استادان خویش آشکار نمایم، که هر چه گویم و سرایم ، کم گفته ام.

از زحمات بی دریغ پدر، مادر و همسر عزیزم که مشوق ، پشتیبان و همراه همیشگی ام بوده اند ،سپاسگزاری می نمایم.

چکیده

قرارگیری کشور ما در منطقه لرزه خیز دنیا و وقوع زلزله های شدید در این منطقه، نیاز به کنترل سازه ها در مقابل اینگونه حوادث طبیعی را در کشور به خوبی روشن می کند. از طرفی کنترل نیمه فعال روشی موثر در کاهش بازتاب سازه ها بدون نیاز به منبع عظیم انرژی است، بدین صورت که وسیله کنترل کننده با صرف مقادیر ناچیزی از انرژی، مشخصات فیزیکی خود را بنحوی تغییر می دهد که بیشترین میزان انرژی را جذب کرده و مانع از جذب این انرژی توسط المان های سازه ای و در نتیجه خرابی و خسارت می گردد.

در تحقیق پیش رو به بررسی عملکرد کنترل نیمه فعال سازه ها با استفاده از میراگرهای سیال هوشمند پرداخته شده است. مشخصات مکانیکی این میراگر بر اثر قرار گرفتن در میدان مغناطیسی تغییر می کند به گونه ای که با افزایش شدت میدان مغناطیسی، نیروی میرایی تولیدی توسط آن افزایش می یابد. در ابتدا سه سازه سه، نه و بیست طبقه جهت انجام مطالعات موردی انتخاب شدند، مشخصه های مربوط به این سازه ها (ماتریس سختی، جرم و نیز ماتریس میرایی) از طریق منابع معتبر و نیز استفاده از روابط اجزا محدود و تحلیل سازه ها و نیز با صرف نظر از تغییر شکل محوری در برابر ممان و بارهای وارده محاسبه شد. بعد از این مرحله سازه های مربوطه در محیط سیمولینک شبیه سازی شدند. سپس پردازشگر تعیین نیروی بهینه، سیستم کنترلی و نیز میراگر سیال هوشمند مغناطیسی ¹MR در محیط سیمولینک مدل شده و بر روی سیستم سازه ای نصب گردیدند. در نهایت نیز نتایج حاصله از سازه ای که در آن میراگر نصب شده با سازه فاقد میراگر و سیستم کنترلی مقایسه و نتایج مربوطه بیان می شود.

در حالت کنترل نیمه فعال از الگوریتم Clipped Optimal به عنوان الگوریتم کنترل و از روش کنترل بهینه خطی کلاسیک برای تعیین نیروی کنترلی استفاده شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می گردد که استفاده از این روش کنترلی به بهبود و کاهش پاسخ سازه کمک شایانی می کند. به گونه ای که می تواند حداکثر تغییر مکان افقی را تا ۵۰ درصد و حداکثر شتاب مطلق را تا ۴۸ درصد کاهش دهد. همچنین در این پایان نامه دو مکانیسم جدید ارائه گردیده است که می تواند عملکرد میراگرهای مورد مطالعه را تا حد زیادی بهبود بخشد و بدین ترتیب در مقایسه با استفاده از میراگرها بصورت معمول، با بکارگیری تعداد معینی میراگر MR، نتایج بسیار بهتری را در کاهش پاسخ های سازه بدست آورد.

کلید واژه ها : الگوریتم Clipped Optimal، الگوریتم کنترل بهینه خطی، میراگرهای سیال هوشمند، نرم افزار Simulink، سازه های نیمه مرتفع

¹ Magneto-rheological Damper

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۱	۱-۱- شرح موضوع
۲	۲-۱- اهداف تحقیق
۳	۳-۱- روند انجام کار
۳	۴-۱- معرفی فصول پایان نامه
۵	فصل دوم: انواع روشهای کنترل سازه
۵	۱-۲- کلیات
۶	۲-۲- کنترل غیر فعال سازه ها
۸	۱-۲-۲- سیستم جداسازی پایه
۹	۲-۲-۲- میراگر جاری شونده فلزی
۱۱	۳-۲-۲- میراگر اصطکاکی
۱۳	۴-۲-۲- میراگر ویسکوالاستیک
۱۴	۵-۲-۲- میراگر با سیال ویسکوز
۱۵	۶-۲-۲- میراگر با جرم متوازن
۱۶	۷-۲-۲- میراگر با مایع متوازن
۱۶	۳-۲- کنترل فعال سازه ها
۱۷	۱-۳-۲- سیستم میراگر با جرم فعال
۱۸	۲-۳-۲- میراگر فعال با سختی متغیر
۱۹	۴-۲- کنترل ترکیبی سازه ها
۱۹	۱-۴-۲- میراگر جرمی ترکیبی
۲۱	۲-۴-۲- سیستمهای جداسازی پایه ترکیبی
۲۱	۵-۲- کنترل نیمه فعال سازه ها
۲۳	۱-۵-۲- میراگر با دریچه متغیر
۲۵	۲-۵-۲- میراگر نیمه فعال با سختی متغیر
۲۶	۳-۵-۲- میراگر نیمه فعال جرم و مایع متوازن (هماهنگ)
۲۷	۴-۵-۲- میراگر نیمه فعال اصطکاکی
۲۸	۵-۵-۲- میراگر با سیال هوشمند
۳۴	۶-۲- آنالیز دینامیکی سیستم های سازه ای
۳۴	۱-۶-۲- سیستم های سازه ای کنترل نشده (سازه اولیه)
۳۴	۲-۶-۲- سیستم های سازه ای با کنترل غیرفعال

۳۵	..... ۲-۶-۳- سیستم های سازه ای با کنترل فعال و نیمه فعال
۳۸	..... فصل سوم: میراگر سیال هوشمند مغناطیسی
۳۸	..... ۳-۱- مقدمه
۳۹	..... ۳-۲- سیال دارای خاصیت مغناطیسی MR
۴۰	..... ۳-۳- مخلوط سیال MR
۴۰	..... ۳-۴- حالات عملکردی سیالات MR
۴۱	..... ۳-۴-۱- حالت عملکرد درپچه ای
۴۱	..... ۳-۴-۲- حالت عملکرد برش مستقیم
۴۱	..... ۳-۴-۳- حالت عملکرد فشاری لایه نازک فشرده
۴۲	..... ۳-۵- میراگرهای نیمه فعال حاوی سیال دارای خاصیت الکتریکی (ER)
۴۲	..... ۳-۶- میراگرهای حاوی سیال دارای خاصیت مغناطیسی (MR)
۴۹	..... ۳-۷- مدل ریاضی میراگر MR
۵۰	..... ۳-۷-۱- مدل دینامیکی بینگهام
۵۲	..... ۳-۷-۲- مدل غیر خطی هیسترتیک بیویسکوز
۵۴	..... ۳-۷-۳- مدل ویسکوالاستو-پلاستیک لی
۵۵	..... ۳-۷-۴- مدل دینامیکی بوک-ون
۵۷	..... ۳-۷-۵- مدل دینامیکی بوک-ون اصلاح شده
۶۱	..... ۳-۸- مقایسه مدل های ریاضی میراگر MR
۶۲	..... فصل چهارم: الگوریتم های کنترل نیمه فعال
۶۲	..... ۴-۱- مقدمه
۶۲	..... ۴-۲- معادلات دینامیکی حاکم بر سازه کنترل شده توسط میراگر MR
۶۳	..... ۴-۳- معادلات فضای حاکم بر سازه کنترل شده توسط میراگر MR
۶۵	..... ۴-۴- الگوریتم های کنترل نیمه فعال
۶۶	..... ۴-۴-۱- الگوریتم کنترل لیاپانوف
۶۷	..... ۴-۴-۲- الگوریتم کنترل غیر متمرکز بنگ-بنگ
۶۸	..... ۴-۴-۳- الگوریتم کنترل با حداکثر استهلاک انرژی
۶۹	..... ۴-۴-۴- الگوریتم کنترل Modulated Homogeneous Friction
۷۰	..... ۴-۴-۵- الگوریتم کنترل Clipped Optimal
۷۲	..... ۴-۴-۶- الگوریتم کنترل بهینه خطی کلاسیک
۷۷	..... فصل پنجم: معرفی مدل و ارائه معادلات مسئله
۷۷	..... ۵-۱- مقدمه
۷۷	..... ۵-۲- معرفی سازه

۷۸	..... ۱-۲-۵ سازه سه طبقه
۷۸	..... ۲-۲-۵ سازه نه طبقه
۷۹	..... ۳-۲-۵ سازه بیست طبقه
۸۱	..... ۳-۵ مدل ریاضی سازه ها
۸۲	..... ۴-۵ کنترل سازه
۸۲	..... ۱-۴-۵ الگوریتم Clipped Optimal
۸۳	..... ۲-۴-۵ کنترل بهینه خطی کلاسیک
۸۴	..... ۳-۴-۵ مدل ریاضی میراگر MR
۸۷	..... فصل ششم: تحلیل لرزه ای مدل های عددی
۸۷	..... ۱-۶ کلیات
۸۷	..... ۲-۶ معرفی تحریک های لرزه ای
۸۸	..... ۱-۲-۶ زلزله کوبه
۸۹	..... ۲-۲-۶ زلزله نرتریج
۸۹	..... ۳-۲-۶ زلزله السنترو
۹۰	..... ۳-۶ بررسی صحت الگوریتم بکار رفته و برنامه نوشته شده در نرم افزار سیمولینک
۹۳	..... ۴-۶ عملکرد میراگر MR
۱۰۳	..... ۵-۶ ارائه نتایج تغییر مکان
۱۰۸	..... ۶-۶ بررسی RMS پاسخ جابجایی سازه
۱۱۴	..... ۷-۶ ارائه نتایج شتاب مطلق
۱۲۰	..... ۸-۶ بررسی RMS پاسخ شتاب مطلق سازه
۱۳۶	..... ۹-۶ ارائه مکانیسم های نوین جهت کارایی بهتر میراگر MR و بیان نتایج آن
۱۴۳	..... ۱۰-۶ مقایسه کمی نتایج
۱۴۶	..... فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات جهت ادامه تحقیق
۱۴۶	..... ۱-۷ کلیات
۱۴۶	..... ۲-۷ نتیجه گیری این تحقیق
۱۴۸	..... ۳-۷ پیشنهاد برای ادامه انجام کار
۱۴۹	..... فهرست منابع

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۷	شکل ۱-۲: استفاده از دستگاههای کنترل غیرفعال به تفکیک سال
۹	شکل ۲-۲: مقایسه سازه دارای سیستم جداساز پایه ای با سازه فاقد این سیستم
۱۰	شکل ۳-۲: میراگر جاری شونده فلزی ADAS
۱۰	شکل ۴-۲: نحوه کارکرد میراگر جاری شونده فلزی متشکل از صفحات X شکل ADAS
۱۱	شکل ۵-۲: بادبند دارای هسته فلزی با خاصیت جاری شوندگی
۱۲	شکل ۶-۲: نمای شماتیک میراگر اصطکاکی
۱۳	شکل ۷-۲: نمای شماتیک از میراگر ویسکوالاستیک
۱۴	شکل ۸-۲: میراگر با سیال ویسکوز
۱۵	شکل ۹-۲: نمونه ای از کاربرد میراگر با سیال ویسکوز در ترکیب با سیستم جداساز پایه.....
۱۵	شکل ۱۰-۲: میراگر با جرم متوازن
۱۸	شکل ۱۱-۲: ساختمان کیوباشی و سیستم کنترل میراگر با جرم فعال آن
۱۸	شکل ۱۲-۲: میراگر جرم فعال نصب شده در ساختمان کیوباشی و نمای شماتیک آن
۲۰	شکل ۱۳-۲: ساختمان سنداگایا و نمای فوقانی HMD به کار رفته در آن
۲۰	شکل ۱۴-۲: میراگر ترکیبی APTMD
۲۳	شکل ۱۵-۲: نمونه ای از نحوه قرارگیری میراگرهای نیمه فعال در سازه
۲۴	شکل ۱۶-۲: نمای شماتیک میراگر با دریچه متغیر
۲۴	شکل ۱۷-۲: میراگر نیمه فعال طراحی شده بوسیله کارنوپ
۲۶	شکل ۱۸-۲: استفاده از میراگر با سختی متغیر در ساختمان مرکز تحقیقات کوبوری
۲۶	شکل ۱۹-۲: نمای خارجی ساختمان تحقیقاتی کاجیما
۲۶	شکل ۲۰-۲: میراگر با سختی متغیر
۳۰	شکل ۲۱-۲: پیکربندی میراگر در جهت X
۳۱	شکل ۲۲-۲: دیاگرام شماتیک از سازه برج، سازه سکو و میراگر
۳۲	شکل ۲۳-۲: موزه ملی توکیو و میراگر MR ۳۰ تنی بکار رفته در آن
۳۳	شکل ۲۴-۲: میراگر حاوی سیال مغناطیسی در پل دریاچه دونتینگ در چین
۳۴	شکل ۲۵-۲: نمای شماتیک سازه کنترل نشده
۳۵	شکل ۲۶-۲: نمای شماتیک سیستم های دارای سیستم استهلاک انرژی غیرفعال
۳۵	شکل ۲۷-۲: نمای شماتیک سیستم های دارای سیستم استهلاک انرژی فعال
۳۷	شکل ۲۸-۲: نمای شماتیک سیستم های دارای سیستم استهلاک انرژی نیمه فعال
۳۹	شکل ۱-۳: از چپ به راست (الف) بدون حضور میدان (ب) اعمال میدان (پ) تشکیل زنجیره ها
۳۹	شکل ۲-۳: نحوه قرارگیری ذرات در معرض میدان مغناطیسی

- شکل ۳-۳ : تصویر ذرات آهن کربنیل
شکل ۳-۴ : حالت‌های عملکردی دستگاه‌های حاوی سیال MR- به ترتیب از چپ به راست حالت عملکرد دریاچه
۴۰
۴۱
۴۲
۴۳
۴۴
۴۵
۴۶
شکل ۳-۱۰ : به ترتیب از چپ به راست نمای شماتیک و مدل آزمایشگاهی از میراگر MR با مد عملکرد برش
مستقیم
شکل ۳-۱۱ : نمونه ای از منحنی نیرو-جابجایی و نیرو-سرعت برای میراگر MR تحت تحریک سینوسی و میدان
های مغناطیسی متفاوت
شکل ۳-۱۲ : مدل دینامیکی بینگهام
شکل ۳-۱۳ : مقایسه مدل بینگهام با نتایج آزمایشگاهی
شکل ۳-۱۴ : مدل توسعه یافته بینگهام توسط گاموتا و فیلیسکو
شکل ۳-۱۵ : مقایسه مدل توسعه یافته بینگهام با نتایج آزمایشگاهی
شکل ۳-۱۶ : مدل غیر خطی هیسترتیک بیویسکوز
شکل ۳-۱۷ : مدل ویسکوالاستیک - پلاستیک لی
شکل ۳-۱۸ : مقایسه مدل ویسکوالاستیک پلاستیک لی با نتایج آزمایشگاهی
شکل ۳-۱۹ : مدل دینامیکی بوک-ون
شکل ۳-۲۰ : مقایسه مدل بوک-ون با نتایج آزمایشگاهی
شکل ۳-۲۱ : مدل دینامیکی بوک-ون اصلاح شده
شکل ۳-۲۲ : مقایسه مدل بوک-ون اصلاحی با نتایج آزمایشگاهی
شکل ۳-۲۳ : بلوک دیاگرام کنترل سازه با استفاده از میراگر MR تحت ولتاژهای متفاوت
شکل ۳-۲۴ : وابستگی نیروی میراگر MR به ولتاژ ورودی در بارگذاری سینوسی ۲/۵ هرتز
شکل ۴-۱ : نیروی کنترل مطلوب نسبت به تغییر مکان میراگر
شکل ۴-۲ : بیان شماتیک الگوریتم کنترلی Clipped Optimal
شکل ۴-۳ : نمودار بلوکی کنترل نیمه فعال سازه ها با استفاده از میراگر MR
شکل ۵-۱ : سازه نه طبقه با قاب مقاوم خمشی در جهت شمال-جنوب
شکل ۵-۲ : سازه بیست طبقه با قاب مقاوم خمشی در جهت شمال-جنوب
شکل ۵-۳ : نمای کلی مدل تهیه شده در سیمولینک
شکل ۵-۴ : نمودار بلوکی الگوریتم کنترل Clipped Optimal

۸۴	..... شکل ۵-۵ : نمودار بلوکی روش کنترل بهینه کلاسیک
۸۴	..... شکل ۶-۵ : مدل دینامیکی بوک-ون اصلاح شده
۸۶	..... شکل ۷-۵ : نمودار بلوکی مدل اصلاح شده بوک-ون برای میراگر MR
۸۸	..... شکل ۶-۱ : شتاب زمین در زلزله کوبه، مقیاس شده برای سازه (الف) سه طبقه (ب) نه طبقه (پ) بیست طبقه....
۸۹	..... شکل ۶-۲ : شتاب زمین در زلزله نرتریج ، مقیاس شده برای سازه (الف) سه طبقه (ب) نه طبقه (پ) بیست طبقه
۹۰	..... شکل ۶-۳ : شتاب زمین در زلزله السنترو، مقیاس شده برای سازه (الف) سه طبقه (ب) نه طبقه (پ) بیست طبقه
۹۱	..... شکل ۶-۴ : سازه پنج طبقه تحت کنترل
۹۲	..... شکل ۶-۵ : نمودار جابجایی- زمان طبقات اول تا پنجم
۹۴	..... شکل ۶-۶ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله کوبه و برای سازه سه طبقه
۹۴	..... شکل ۶-۷ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله کوبه و برای سازه نه طبقه
۹۵	..... شکل ۶-۸ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله کوبه و برای سازه بیست طبقه
۹۶	..... شکل ۶-۹ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله نرتریج و برای سازه سه طبقه
۹۷	..... شکل ۶-۱۰ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله نرتریج و برای سازه نه طبقه
۹۸	..... شکل ۶-۱۱ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله نرتریج و برای سازه بیست طبقه
۹۹	..... شکل ۶-۱۲ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله السنترو و برای سازه سه طبقه
۱۰۰	..... شکل ۶-۱۳ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله السنترو و برای سازه نه طبقه
۱۰۱	..... شکل ۶-۱۴ : مقدار ولتاژ اعمالی و نیروی تولید شده در میراگر MR بر اساس الگوریتم Clipped Optimal در زلزله السنترو و برای سازه بیست طبقه
۱۰۲	..... شکل ۶-۱۵ : بازتاب سازه سه طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل نشده و کنترل
۱۰۳	.....

- شکل ۱۶-۶ : بازتاب سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۴
- شکل ۱۷-۶ : بازتاب سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۴
- شکل ۱۸-۶ : بازتاب سازه سه طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۵
- شکل ۱۹-۶ : بازتاب سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۵
- شکل ۲۰-۶ : بازتاب سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۶
- شکل ۲۱-۶ : بازتاب سازه سه طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۶
- شکل ۲۲-۶ : بازتاب سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۷
- شکل ۲۳-۶ : بازتاب سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۰۷
- شکل ۲۴-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه سه طبقه در زلزله (الف) کوبه (ب) نرتریج (پ) السنترو ۱۰۹
- شکل ۲۵-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه نه طبقه در زلزله کوبه ۱۱۰
- شکل ۲۶-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه نه طبقه در زلزله نرتریج ۱۱۱
- شکل ۲۷-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه نه طبقه در زلزله السنترو ۱۱۱
- شکل ۲۸-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه بیست طبقه در زلزله کوبه ۱۱۳
- شکل ۲۹-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه بیست طبقه در زلزله نرتریج ۱۱۳
- شکل ۳۰-۶ : مقایسه RMS پاسخ جابجایی سازه بیست طبقه در زلزله السنترو ۱۱۴
- شکل ۳۱-۶ : بازتاب طبقه سوم سازه سه طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۵
- شکل ۳۲-۶ : بازتاب طبقه نهم سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۵
- شکل ۳۳-۶ : بازتاب طبقه بیستم سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۶
- شکل ۳۴-۶ : بازتاب طبقه سوم سازه سه طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۶
- شکل ۳۵-۶ : بازتاب طبقه نهم سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۷

- شکل ۳۶-۶: بازتاب طبقه بیستم سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۷
- شکل ۳۷-۶: بازتاب طبقه سوم سازه سه طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۸
- شکل ۳۸-۶: بازتاب طبقه نهم سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل نشده و کنترل شده ۱۱۸
- شکل ۳۹-۶: بازتاب طبقه بیستم سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل شده و نشده ۱۱۸
- شکل ۴۰-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه سه طبقه در زلزله (الف) کوبه (ب) نرتریج (پ) السنترو ۱۲۱
- شکل ۴۱-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه نه طبقه در زلزله کوبه ۱۲۲
- شکل ۴۲-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه نه طبقه در زلزله نرتریج ۱۲۳
- شکل ۴۳-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه نه طبقه در زلزله السنترو ۱۲۳
- شکل ۴۴-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه بیست طبقه در زلزله کوبه ۱۲۵
- شکل ۴۵-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه بیست طبقه در زلزله نرتریج ۱۲۵
- شکل ۴۶-۶: مقایسه RMS پاسخ شتاب مطلق سازه بیست طبقه در زلزله نرتریج ۱۲۶
- شکل ۴۷-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه سه طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله کوبه ۱۲۷
- شکل ۴۸-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه سه طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله کوبه ۱۲۷
- شکل ۴۹-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه نه طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله کوبه ۱۲۸
- شکل ۵۰-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه نه طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله کوبه ۱۲۸
- شکل ۵۱-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه بیست طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله کوبه ۱۲۹
- شکل ۵۲-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه بیست طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله کوبه ۱۲۹
- شکل ۵۳-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك استهلاك انرژی سازه سه طبقه بصورت نیرو، جابجایی زلزله نرتریج ۱۳۰
- شکل ۵۴-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك استهلاك انرژی سازه سه طبقه بصورت نیرو، سرعت زلزله نرتریج ۱۳۰
- شکل ۵۵-۶: چرخه هیستریزیس استهلاك انرژی سازه نه طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله نرتریج ۱۳۱

- شکل ۶-۵۶: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه نه طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله نرتریج ۱۳۱
- شکل ۶-۵۷: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه بیست طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله نرتریج ۱۳۲
- شکل ۶-۵۸: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه بیست طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله نرتریج..... ۱۳۲
- شکل ۶-۵۹: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه سه طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله السنترو ۱۳۳
- شکل ۶-۶۰: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه سه طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله السنترو ۱۳۳
- شکل ۶-۶۱: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه نه طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله السنترو ۱۳۴
- شکل ۶-۶۲: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه نه طبقه به صورت نیرو در برابر سرعت زلزله السنترو ۱۳۴
- شکل ۶-۶۳: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه بیست طبقه بصورت نیرو در برابر جابجایی زلزله السنترو ۱۳۵
- شکل ۶-۶۴: چرخه هیستریزیس استهلاک انرژی سازه بیست طبقه بصورت نیرو در برابر سرعت زلزله السنترو ۱۳۵
- شکل ۶-۶۵: مکان های پیشنهادی برای نصب میراگرهای MR در سازه های نه و بیست طبقه ۱۳۶
- شکل ۶-۶۶: نمایی شماتیک از میراگر MR نصب شده بین طبقات و نیز نمایی از نحوه عملکرد مکانیسم اهرمی... ۱۳۶
- شکل ۶-۶۷: بازتاب جابجایی سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۳۷
- شکل ۶-۶۸: بازتاب جابجایی سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۳۸
- شکل ۶-۶۹: بازتاب جابجایی سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۳۸
- شکل ۶-۷۰: بازتاب جابجایی سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۳۹
- شکل ۶-۷۱: بازتاب جابجایی سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۳۹
- شکل ۶-۷۲: بازتاب جابجایی سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۰
- شکل ۶-۷۳: بازتاب شتاب سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۰

- شکل ۶-۷۴: بازتاب شتاب سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله کوبه در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۱
- شکل ۶-۷۵: بازتاب شتاب سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۱
- شکل ۶-۷۶: بازتاب شتاب سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله نرتریج در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۲
- شکل ۶-۷۷: بازتاب شتاب سازه نه طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۲
- شکل ۶-۷۸: بازتاب شتاب سازه بیست طبقه تحت تحریک زلزله السنترو در حالت کنترل شده عادی و استفاده از مکانیسم اهرمی ۱۴۳

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۸	جدول ۱-۲ : مشخصات چند سازه که در آنها از میراگرهای نیمه فعال استفاده گردیده
۲۹	جدول ۲-۲ : مقایسه مشخصات میراگرهای سیال هوشمند MR و ER
۴۵	جدول ۱-۳ : مشخصات میراگر MR ۲۰ تنی
۶۰	جدول ۲-۳ : مقادیر ضرایب ثابت در مدل بوک- ون اصلاح شده
۶۱	جدول ۳-۳ : نتایج آنالیز خطا برای مدل های دینامیکی پارامتری میراگر MR
۷۸	جدول ۱-۵ : جزئیات سازه سه طبقه مورد مطالعه
۸۵	جدول ۲-۵ : مقادیر ضرایب ثابت در مدل بوک- ون اصلاح شده
۹۲	جدول ۱-۶ : مقایسه نتایج جابجایی حاصل از این تحقیق و مرجع
۱۰۸	جدول ۲-۶ : مقادیر ماکزیمم جابجایی سازه ها (بر حسب سانتی متر) در حالت کنترل نشده و کنترل شده
۱۰۸	جدول ۳-۶ : مقدار RMS پاسخ جابجایی در سازه سه طبقه
۱۱۰	جدول ۴-۶ : مقدار RMS پاسخ جابجایی در سازه نه طبقه
۱۱۲	جدول ۵-۶ : مقدار RMS پاسخ جابجایی، در طبقات مختلف سازه بیست طبقه
۱۱۹	جدول ۶-۶ : مقادیر ماکزیمم شتاب مطلق سازه ها (بر حسب متر برمجذور ثانیه) در حالت کنترل نشده و کنترل شده
۱۲۰	جدول ۷-۶ : مقدار RMS پاسخ شتاب مطلق در سازه سه طبقه
۱۲۲	جدول ۸-۶ : مقدار RMS پاسخ شتاب مطلق در سازه نه طبقه
۱۲۴	جدول ۹-۶ : مقدار RMS پاسخ شتاب مطلق، در طبقات مختلف سازه بیست طبقه
۱۴۳	جدول ۱۰-۶ : میزان کارایی میراگر MR در سازه سه طبقه
۱۴۴	جدول ۱۱-۶ : میزان کارایی میراگر MR در سازه نه طبقه
۱۴۵	جدول ۱۲-۶ : میزان کارایی میراگر MR در سازه بیست طبقه

فصل اول

کلیات

۱-۱ شرح موضوع

پتانسیل لرزه خیزی در برخی نقاط دنیا سبب وقوع زمین لرزه و به بار آمدن خسارت فراوان می شود. محاسبه دقیق بارهای ثقلی به علت ماهیت رفتاری ساده آن ها، با صرف هزینه کم ممکن است، اما دستیابی به این امر در مورد بارهای ناشی از زلزله بر اثر وجود عدم قطعیت ها چندان ساده نیست. زیرا که امواج ناشی از زلزله، بر اثر لغزش و شکست گسل هایی است که عمق، طول و نوع شکست آنها در زلزله های مختلف با یکدیگر متفاوت است. از طرفی نیروهای تولید شده در سازه بر اثر وقوع زلزله بستگی به جرم، سختی، میرایی و شتاب پایه دارد. بنابراین چون شتاب پایه و فرکانس تحریک از خصوصیات زلزله است که در مورد آن عدم قطعیت های فراوانی حکم فرماست؛ بنابراین به طور دقیق، مشابه بارهای ثقلی، قابل محاسبه نیست. مجموعه این عوامل مانع از پیش بینی دقیق رفتار سازه بر اثر تحریک لرزه ای می شود. همچنین افزایش نیروهای طراحی برای جبران عدم قطعیت ها کاملاً غیر اقتصادی و مغایر با فلسفه مهندسی می باشد.

تا چند دهه گذشته کلیه سازه ها مثل پل ها، ساختمان ها و سایر تاسیسات به صورت یک سازه غیرفعال ساخته می شدند که برای مقاومت در برابر نیروهای خارجی فقط به سختی و جرم خود متکی بودند. در واقع سختی در برخی موارد معادل با امنیت و قابل اعتماد بودن در نظر گرفته می شد ولی همانطور که می دانیم افزودن مقاومت سازه و افزایش در میزان سختی، سبب جذب انرژی بیشتر از زلزله شده و خسارت افزایش می یابد. بنابراین در طراحی لرزه ای سازه ها نیازمند تفکر جدیدی هستیم. از طرفی در چند دهه اخیر نیاز به ملاحظات سازگاری و واکنش پذیری سازه ها در مقابل شرایط طبیعی و برخی الزامات، توسط عواملی مشخص شده است. این عوامل عبارتند از :

۱- افزایش انعطاف پذیری :

نیاز به بلندتر شدن ساختمان ها و افزایش طول دهانه پل ها و همچنین طراحی شکل پذیر سازه ها سبب شده که اثرات زیان بار ناشی از ارتعاش در اثر بارهای طبیعی روی امنیت و آسایش بشر اثر گذار باشد.

۲- افزایش سطح امنیت :

با گران و پیچیده تر شدن سازه ها، سطوح بالاتری از امنیت نیز مورد نیاز است. نیروگاه ها، تأسیسات هسته ای، کلیه ساختمان های بلند و.... مثال هایی از این قبیل سازه های پیچیده هستند. در این شرایط معیارهای اعتماد پذیری سنتی، دیگر کارآمد نخواهد بود و ضوابط ایمنی متداول به هیچ وجه کافی نمی باشند.

۳- استفاده بهینه از مصالح :

از جهت اقتصادی، صرفه جویی در مصالح، وزن و هزینه تا حد زیادی مورد تاکید می باشد. این مورد در سازه های قابل حمل نظامی و سازه های بکاربرده شده در فضا بیشتر مصداق خواهد داشت.

۴- محدود شدن شرایط سازه:

در محدوده حدود اطمینان به سازه های معمولی اجازه داده شده تا تغییرشکل دهند و حتی در صورت لزوم تخریب موضعی نیز داشته باشند. اما شرایط به سرعت به سمتی حرکت می کند که در آنها سازه ها ملزم می شوند تا صرفاً با حفظ شرایط ویژه ای عمل نمایند، مانند عملکرد در یک امتداد خاص و یا در یک شکل خاص. ایستگاه های رادار، سازه رادیو تلسکوپ ها و سازه های مورد استفاده در صنایع هوا- فضا مواردی در این زمینه می باشند.

کشور ما ایران، جزء کشورهای زلزله خیز جهان است و هرچند سال یکبار در این کشور زلزله ای مخرب به وقوع می پیوندد. از این رو محافظت از سازه ها در برابر آسیب و کاهش پاسخ دینامیکی سازه ها که بوسیله نیروهای محیطی بزرگ مانند زلزله ایجاد می شود بدون شک یکی از مهمترین موضوعات مورد توجه مهندسی عمران در دهه های گذشته بوده است.

در نتیجه این عوامل، مفهوم جدیدی از حفاظت سازه ها و کنترل حرکات آنها مطرح گشت که از آن با نام کلی کنترل سازه ها یاد می شود [۱]. فلسفه علم کنترل، تنظیم و تغییر خصوصیات سازه به گونه ای که کمترین آسیب را در زلزله متحمل شود، می باشد.

بنابراین یکی از زمینه های تحقیقاتی جدید، مبحث کنترل سازه ای می باشد، که در فصل آینده بصورت کامل به شرح انواع و نیز مزایا و معایب آن پرداخته و خواهیم دید که در سال های اخیر تاکید زیادی بر روی کنترل نیمه فعال صورت گرفته که در واقع بوسیله تغییر در خصوصیات دینامیکی سازه از جمله سختی و میرایی، کنترل مربوطه انجام می گیرد. همچنین در میان سیستم های نیمه فعال، میراگر سیال مغناطیسی (MR¹) دارای مزایای زیادی می باشد که استفاده از آن در سازه را برای طراحان جذاب می کند.

۱-۲ اهداف تحقیق

ساختمان های مرتفع بدلیل داشتن خصوصیات سازه ای خاص، به مراتب تأثیر پذیری بیشتری از تحریکات زلزله داشته و از طرفی پذیرای جمعیت انسانی زیادی می باشند، بنابراین از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند، به این مفهوم که در حین و پس از وقوع زلزله باید همچنان به کاربری خود ادامه دهند. اما از آنجایی که مطالعات صورت گرفته بر روی کنترل لرزه ای سازه های نیمه مرتفع و مرتفع با استفاده از میراگرهای سیال هوشمند مغناطیسی (MR) هنوز دارای نواقصی می باشد، بنابراین در این زمینه دارای خلاء مطالعاتی می باشیم و ارائه الگوریتم های کنترل و نیز راهکارهای ابتکاری مطلوب می تواند تا حد زیادی عملکرد این

¹ Magnetorheological damper (MR)

نوع میراگرها را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین در این پایان نامه به مطالعه استفاده از میراگرهای سیال هوشمند مغناطیسی برای کنترل لرزه ای سازه های نیمه مرتفع پرداخته می شود. برای بررسی عملکرد میراگر MR در سازه های مختلف، از سه سازه مشخص، جهت انجام مطالعه موردی استفاده شده است. سازه های مورد مطالعه به ترتیب سازه هایی سه، نه و بیست طبقه میباشند.

۳-۱ روند انجام کار

برای بررسی عملکرد میراگر MR در سازه های مختلف، از سه سازه مشخص، جهت انجام مطالعه موردی استفاده شده است. سازه های مورد مطالعه به ترتیب سازه هایی سه، نه و بیست طبقه میباشند. مشخصه های مربوط به سازه سه طبقه از منابع معتبر در دسترس می باشد اما برای دو سازه دیگر با استفاده از روابط اجزا محدود و تحلیل سازه ها در محیط نرم افزار اکسل، ماتریس سختی، جرم و نیز ماتریس میرایی را با صرف نظر از تغییر شکل محوری در برابر ممان و بارهای وارده محاسبه نمودیم. بعد از این مرحله سازه های مربوطه در محیط سیمولینک نرم افزار¹ MATLAB شبیه سازی شدند. سپس پردازشگر تعیین نیروی بهینه، سیستم کنترلی و نیز میراگر MR در محیط سیمولینک مدل شده و بر روی سیستم سازه ای نصب گردیدند. در نهایت نیز نتایج حاصله از سازه ای که در آن میراگر نصب شده با سازه فاقد میراگر و سیستم کنترلی مقایسه و نتایج مربوطه بیان می شود.

۴-۱ معرفی فصول پایان نامه

پایان نامه پیش رو در قالب هفت فصل به شرح زیر تنظیم شده است.

در فصل اول در ابتدا کلیات موضوع مورد تحقیق تشریح شده، اهمیت انجام تحقیق و روند انجام کار بیان شده و در نهایت فصول پایان نامه معرفی می گردند.

در فصل دوم به بیان انواع روش های کنترل و معرفی ابزار مربوط به هر روش پرداخته شده است. در این فصل ابزارهای چهار نوع سیستم کنترل (غیر فعال، نیمه فعال، فعال و مختلط) به تفصیل بررسی می شوند. نمونه های عملی اجرا شده در دنیا با استفاده از این ادوات و روش ها بیان می شود. در نهایت توضیح مختصری راجع به نحوه آنالیز دینامیکی سازه کنترل شده توسط هر یک از روش های کنترل بیان شده است.

در فصل سوم خصوصیات، مدلسازی و تکنیک های کنترل برای میراگرهای MR بررسی می شوند. در این فصل در ابتدا ویژگی های مایعات MR تشریح می شود و سپس مقایسه ای بین سیالات هوشمند مغناطیسی (MR) و الکتریکی (ER)² انجام می گیرد، معایب و مزایای هر دو ماده بیان می شود و در ادامه مدل های رفتاری این سیال ذکر شده است. این فصل با توضیحاتی در مورد میراگر MR و انواع مدل های ریاضی ارائه شده برای آن ادامه یافته و با معرفی بهترین مدل پیشنهادی برای این میراگر خاتمه می یابد.

در فصل چهارم معادلات حرکت سازه در فضای حالت و توضیح انواع الگوریتم های کنترل نیمه فعال بیان شده است.

¹ Matrix Laboratory

² Electrorheological damper (ER)