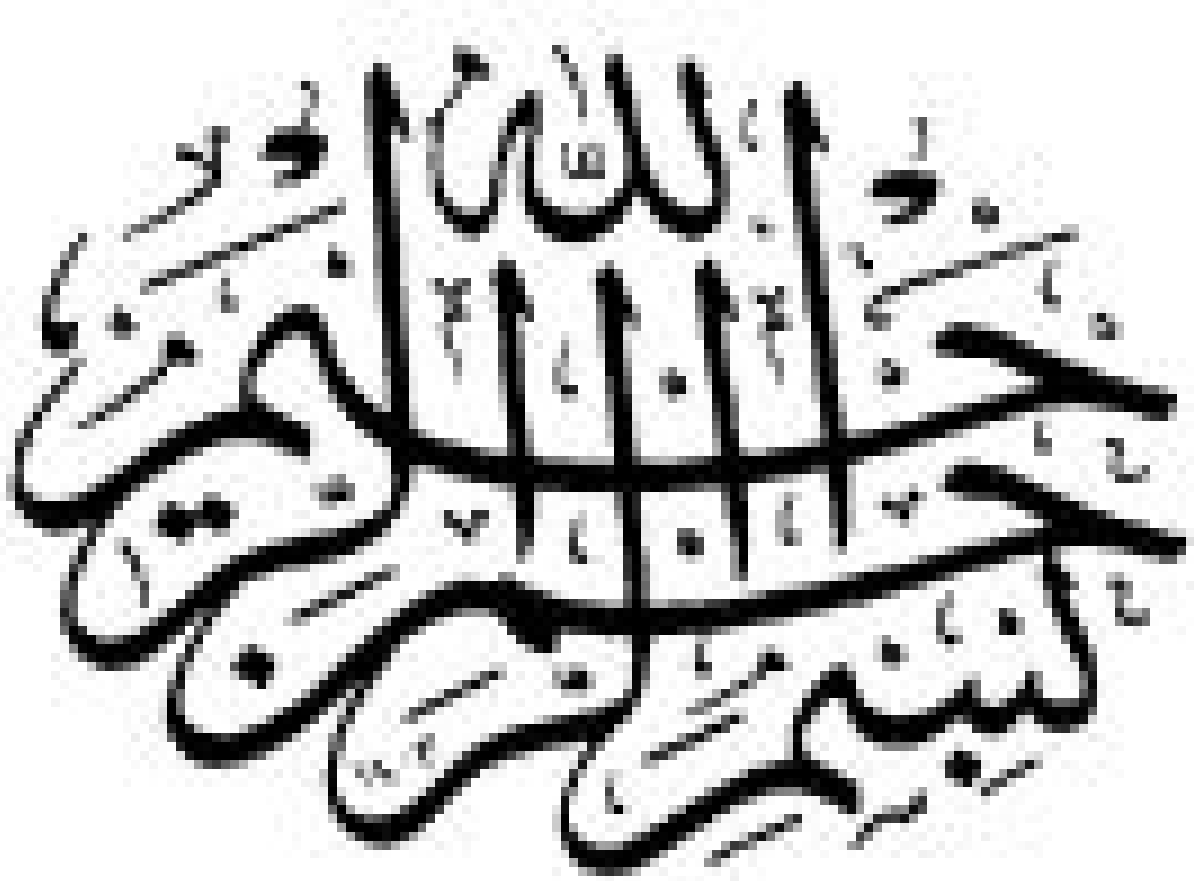

دانشکده فنی مهندسی

گروه عمران

کنترل فازی-عصبی نیمه‌فعال برای کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از میراگرهای MR

استاد راهنما:

دکتر هوشیار ایمانی

دکتر سید مهدی زهرایی

توسط:

محمد مهدی ابراهیمی

دانشگاه محقق اردبیلی

بهار۹۰

کنترل فازی-عصبی نیمه‌فعال برای کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از میراگرهای MR

توسط:

محمد مهدی ابراهیمی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران گرایش سازه
از
دانشگاه محقق اردبیلی
اردبیل-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه: .....

دکتر هوشیار ایمانی (استاد راهنما ورئیس کمیته) .....استادیار

دکتر سید مهدی زهرائی(استاد ارهنمای دوم) .....دانشیار

دکتر مجید پاسبانی(داور داخلی).....استادیار

تیر ۱۳۹۰

تقدیم به :

دو موجود مقدس

آنان که ناتوان شدند تا به توانایی برسم

موهایشان سپید شد تا در اجتماع روسیاه نشوم

و عاشقانه سوختند تا روشنگر راهم باشند

پدر و مادرم

و تقدیم به برادر و خواهر عزیزم

تشکر و قدردانی

اکنون که پله‌ای دیگر از نردبان بی‌انتهای علم را پشت‌سر گذاشته‌ام، باید از اساتید بسیار گرامی و ارجمندم و تمامی عزیزانی که مرا در تهیه و تدوین این پایان‌نامه یاری رسانده‌اند، صمیمانه سپاسگزاری و تشکر نمایم.

از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر هوشیار ایمانی که در تمامی مراحل تهیه و تدوین این پایان-نامه مرا راهنمایی نموده و پیگیر مشکلات اینجانب بوده و درس صبوری و پشتکار و امید را به من آموختند سپاسگزارم و تکمیل این پایان‌نامه را مرهون راهنمایی‌های این استاد گرانقدر می‌باشم.

همچنین بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خویش را از مساعدت‌ها و راهنمایی‌های بسیار ارزنده و کارگشای جناب آقای دکتر سید مهدی زهرائی ابراز می‌دارم.

در پایان از خانواده خود کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم که بدون وجود کمک‌های مادی و معنوی آن عزیزان انجام این پایان‌نامه میسر نبود.

نام خانوادگی دانشجو: ابراهیمی نام: محمد مهدی
عنوان پایان‌نامه: **کنترل فازی-عصبی نیمه‌فعال برای کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از میراگرهای MR**
استاد راهنما: دکتر هوشیار ایمانی کله‌سر و دکتر سید مهدی زهرائی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی عمران گرایش: سازه دانشگاه: محقق اردبیلی دانشکده: فنی مهندسی تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۱۳۹۰/۴/۱۵ تعداد صفحه: ۱۶۷
کلید واژه: کنترل نیمه‌فعال- کنترلر فازی عصبی – میراگر MR – کنترل خطی –کنترل غیرخطی
چکیده: در حوزه مهندسی عمران، برخی از ابزارها و الگوریتم‌های کنترل در چندین دهه گذشته برای هدف محافظت سازه‌ها از آثار زیان‌آور خطرات محیطی همانند زلزله و بادهای قوی پیشنهاد شده‌اند. اخیراً سیستم-های کنترل نیمه‌فعال توجه زیادی را در بین مهندسین به خود جلب کرده است چرا که این سیستم‌ها، سازگاری ابزارهای کنترل فعال را بدون نیاز به منبع انرژی بزرگ ارائه می دهند. میراگرهای MR نیز نوعی جدید از ابزارهای کنترل نیمه‌فعال هستند که پارامترهای ویژگی‌شان را بر طبق قوانین کنترل خاص تنظیم می‌کنند و انرژی ارتعاش را جذب می‌کنند. الگوریتم‌های کنترلی مختلفی در تعیین رفتار سیستم کنترل نیمه-فعال با میراگر MR مورد تحقیق و آزمایش قرار گرفته‌اند که در این میان استفاده از سیستم‌های هوشمندی نظیر منطق‌فازی وشبکه‌های عصبی از توانمندترین الگوریتم‌های کنترل می‌باشد. یکی از مهمترین موضوعات در کنترل نیمه‌فعال سازه‌ها با میراگر MR انتخاب جریان کنترل میراگرMR با سرعت و دقت است. دراین پایان-نامه، از الگوریتم پیشنهادی فازی- عصبی نیمه‌فعال با استفاده از میراگرMR برای کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه استفاده می‌شود. تکنیک شبکه عصبی اختیار می‌شود تا مسئله تأخیر زمانی را حل کند و کنترل فازی استفاده شده تا جریان کنترل میراگرهای MR را با سرعت و دقت تعیین کند. در پایان برای بررسی این تکنیک کنترلی، دو سازه یک طبقه(SDOF) و سه طبقه (MDOF) در دو حالت خطی و غیرخطی تحت شتاب افقی زلزله ال‌سنترو قرار گرفته و مورد بررسی قرار می گیرند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این روش کنترلی می‌تواند جریان‌های میراگر MR را با سرعت و دقت تعیین کرده و اثر کنترلی خوبی را بر پاسخ‌های جابجایی و شتاب سازه دارد. لازم به ذکر می‌باشد که برای مدل کردن سازه‌های مورد استفاده در مثال‌ها و همچنین بررسی کنترل فازی-عصبی نیمه فعال بر روی آنها از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه.....
۱-۱- کلیات.....۱
۱-۲- هدف و ضرورت تحقیق.....۲
۱-۳- سیستم‌های کنترلی در ساختمان‌ها و تقسیم‌بندی آنها.....۳
۱-۳-۱- سیستم‌های کنترل پسخورد(فیدبک).....۴
۱-۳-۲- سیستم‌های کنترل حلقه‌بسته.....۵
۱-۳-۳- سیستم‌های کنترل حلقه‌باز.....۶
۱-۳-۴- سیستم‌های کنترل حلقه باز- بسته.....۷
۱-۴-پیشینه تحقیق.....۷
۱-۵- معرفی فصول پایان‌نامه.....۹
فصل دوم: سیستم‌های کنترل سازه‌ها.....
۲-۱- مقدمه.....۱۱
۲-۲- سیستم‌های اتلاف انرژی غیرفعال.....۱۳
۲-۲-۱- میراگرهای جرم میزان شده.....۱۴
۲-۲-۲- میراگرهای مایع میزان شده(TLD) ۱۵
۲-۲-۳- ابزارهای اصطکاکی.....۱۶
۲-۲-۴- ابزارهای تسلیم فلزی.....۱۷
۲-۲-۵- میراگرهای ویسکوالاستیک.....۱۹
۲-۲-۶- میراگرهای مایع ویسکوز.....۲۰
۲-۳- سیستم‌های میراگر نیمه‌فعال.....۲۱
۲-۳-۱- میراگرهای جرم میزان شده نیمه‌فعال.....۲۲
۲-۳-۲- میراگرهای مایع میزان شده نیمه‌فعال.....۲۳
۲-۳-۳- میراگرهای اصطکاکی نیمه‌فعال.....۲۳
۲-۳-۴- جذب‌کننده‌های ارتعاشی نیمه‌فعال.....۲۵
۲-۳-۵- ابزارهای کنترل سختی نیمه‌فعال.....۲۵
۲-۳-۶- میراگرهای الکترورئولوژیکال (ER).....۲۶
۲-۳-۷- میراگرهای مگنتورئولوژیکال (MR).....۲۸
۲-۳-۸- میراگر مایع ویسکوز نیمه‌فعال.....۲۹
۲-۴- سیستم‌های کنترل‌فعال.....۳۰
۲-۴-۱- سیستم میراگر جرم فعال(AMD).....۳۱

۲-۴-۲- سیستم‌های تاندون فعال ۳۲
۲-۴-۳- سیستم‌های بادبند فعال ۳۳
۲-۴-۴- سیستم‌های تولید ضربه ۳۴
۲-۵- سیستم‌های کنترل مختلط (مرکب) ۳۵
۲-۵-۱- میراگرهای جرم مختلط ۳۵
۲-۵-۲- سیستم جداساز لرزه‌ای مختلط ۳۶
۲-۵-۳- کنترل بادبندی میراگر- محرک مختلط ۳۷
فصل سوم: خصوصیات، مدلسازی و تکنیک‌های کنترل برای میراگرهای MR
۳-۱- ویژگی‌های مایعات MR ۳۹
۳-۱-۱- مقایسه مایعات MR و ER ۳۹
۳-۱-۲- میراگرهای مایع MR ۴۲
۳-۲- مدل‌های ریاضی میراگر MR ۴۴
۳-۲-۱- مدل‌های پارامتریک ۴۵
۳-۲-۱-۱- مدل بینگهام ۴۵
۳-۲-۱-۲- مدل بوس-ون ۴۷
۳-۲-۱-۳- مدل‌های مماس هایپربولیک ۴۸
۳-۲-۱-۴- مدل اصطکاکی دَهل ۵۰
۳-۲-۱-۵- مدل‌های پارامتریک دیگر ۵۱
۳-۲-۲- مدل‌های غیرپارامتریک ۵۲
۳-۲-۲-۱-مدل‌های شبکه عصبی ۵۲
۳-۲-۲-۲- مدل‌های منطق فازی ۵۲
۳-۲-۲-۳- مدل‌های دیگر ۵۳
۳-۳- تکنیک‌های کنترل نیمه فعال برای میراگرهای MR ۵۳
۳-۳-۱-کنترل مبنای مدلسازی ۵۳
۳-۳-۱-۱- کنترل بر مبنای تئوری پایداری لیاپانوف ۵۳
۳-۳-۱-۲-کنترل بهینه کوتاه‌شده ۵۵
۳-۳-۱-۳- کنترل bang-bang غیرمتمرکز ۵۷
۳-۳-۱-۴- اتلاف انرژی ماکزیمم ۵۸
۳-۳-۱-۵- اصطکاک همگن مدوله‌شده ۵۹
۳-۳-۱-۶- کنترل مود لغزشی ۶۱
۳-۳-۲- کنترل بر مبنای محاسبات نرم ۶۱
فصل چهارم: منطق فازی
۴-۱- مقدمه ۶۳

۴-۲- مجموعه‌های فازی..... ۶۴
۴-۲-۱- تعاریف و مفاهیم اولیه مجموعه‌های فازی..... ۶۴
۴-۲-۲- چند مفهوم مقدماتی..... ۶۵
۴-۲-۳- نماد گذاری..... ۶۶
۴-۲-۴- عملگرهای مجموعه‌ای..... ۶۶
۴-۳- اصل توسعه و روابط فازی..... ۷۰
۴-۳-۱ - اصل توسعه..... ۷۰
۴-۳-۲- حاصل ضرب کارتزین فازی..... ۷۱
۴-۳-۳- اصل توسعه بر روی فضای حاصل‌ضرب کارتزین..... ۷۲
۴-۳-۴- رابطه فازی..... ۷۲
۴-۳-۵- ترکیب روابط فازی..... ۷۳
۴-۳-۶- اعداد فازی..... ۷۳
۴-۳-۷- اعداد فازی L-R..... ۷۳
۴-۴- منطق فازی..... ۷۶
۴-۴-۱- استدلال فازی..... ۷۶
۴-۴-۲- متغیرهای زبانی..... ۷۶
۴-۴-۳ - قیود زبانی..... ۷۷
۴-۴-۴- قواعد اگر ـ آنگاه ۷۸
۴-۴-۵ - گزاره فازی ۷۸
۴-۴-۶- شیوه استدلال فازی..... ۷۹
۴-۴-۷- روش ممدانی..... ۸۱
۴-۴-۸- روش استدلال فازی با استفاده از توابع خطی..... ۸۳
۴-۴-۹- استدلال فازی ساده شده ۸۵
۴-۵- چگونگی کاربردهای فازی در مهندسی..... ۸۶
۴-۵-۱- سیستم‌های فازی..... ۸۶
۴-۵-۲- پایگاه قواعد..... ۸۷
۴-۵-۳- ویژگی‌های مجموعه قواعد..... ۸۷
۴-۵-۴- موتور استنتاج فازی..... ۸۸
۴-۵-۵- فازی‌ساز ۹۰
۴-۵-۶- غیرفازی‌ساز..... ۹۱
۴-۵-۷- کـنترل فازی..... ۹۱
۴-۵-۸- خصوصیات سیستم‌های فازی..... ۹۴
فصل پنجم: مفهوم شبکه‌های عصبی.....

۵-۱- مقدمه ۹۵
۵-۲- مدل‌های زیستی شبکه‌های عصبی (ریخت شناسی) ۹۶
۵-۲-۱- نورون ۹۶
۵-۲-۲- پردازش و انتقال اطلاعات ۹۷
۵-۳- مدل‌های تخصصی (تکنولوژیکی) شبکه‌های عصبی (شبکه‌های عصبی مصنوعی) ۹۸
۵-۳-۱- انگیزه‌های تحقیق شبکه‌های عصبی مصنوعی ۹۹
۵-۳-۲- سیر تکاملی مدل‌های شبکه عصبی ۱۰۰
۵-۴- شبکه‌های عصبی پسخورد چند لایه ۱۰۴
۵-۴-۱- ساختار شبکه‌های عصبی چند لایه ۱۰۵
۵-۴-۲- مدل ریاضی واحدهای شبکه عصبی (نورون‌ها) ۱۰۵
۵-۵- قواعد یادگیری برای شبکه‌های عصبی ۱۰۸
۵-۵-۱- قواعد یادگیری نظارت نشده ۱۰۹
۵-۵-۲- قواعد یادگیری نظارت شده (قواعد مبنای خطا) ۱۱۰
۵-۶- الگوریتم یادگیری پس‌انتشار ۱۱۱
۵-۶-۱- استنتاج الگوریتم پس‌انتشار ۱۱۱
۵-۶-۲- الگوریتم پس‌انتشار استاندارد ۱۱۷
۵-۷- الگوریتم مارکوارت – لونبرگ ۱۱۸
۵-۸- تعیین ساختار سازگار ۱۲۰
۵-۹- مفهوم کنترل عصبی ۱۲۱
فصل ششم: طراحی کنترل‌کننده فازی-عصبی برای سازه ساختمانی(شبیه‌سازی)
۶-۱- مقدمه ۱۲۲
۶-۲- مدل سازه ساختمانی ۱۲۲
۶-۳- نمایش فضای حالت ۱۲۴
۶-۴- مدل خطی سازه ساختمانی یک طبقه(SDOF) با یک میراگرMR ۱۲۴
۶-۵- مدل غیرخطی سازه ساختمانی یک طبقه(SDOF) با یک میراگرMR ۱۲۴
۶-۶- مدل خطی سازه ساختمانی ۳ طبقه(MDOF) با یک میراگر MR ۱۲۵
۶-۷- مدل غیرخطی سازه ساختمانی ۳ طبقه(MDOF) با یک میراگرMR ۱۲۷
۶-۸- رفتار و مدل دینامیکی میراگر MR ۱۲۸
۶-۹- استراتژی کنترل فازی- عصبی ۱۳۰
۶-۹-۱- شبکه عصبی بر مبنای الگوریتم LM ۱۳۱
۶-۹-۲- طراحی کنترل‌کننده فازی ۱۳۳
۶-۱۰- شتاب افقی زلزله مورد استفاده ۱۳۶
۶-۱۱-بررسی نتایج شبیه‌سازی ۱۳۷

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....

۷-۱- نتیجه‌گیری.....۱۵۴

۷-۲- پیشنهادات.....۱۵۹

مراجع.....۱۶۰

فهرست اشکال

شکل (۱- ۱) : ساختار کنترل حلقه بسته..... ۵

شکل (۱ -۲) : ساختار کنترل حلقه باز..... ۶

شکل (۱ -۳) : ساختار کنترل حلقه باز- بسته..... ۷

شکل (۲-۱): میراگر جرم میزان‌شده نصب‌شده در سازه..... ۱۴

شکل (۲-۲): جاذب ارتعاش دینامیکی..... ۱۴

شکل(۲-۳): میراگر مایع میزان‌شده..... ۱۵

شکل(۲-۴): انواع میراگرهای اصطکاکی..... ۱۷

شکل(۲-۵): انواع میراگرهای تسلیم فلزی..... ۱۸

شکل(۲-۶): میراگر ویسکوالاستیک..... ۱۹

شکل(۲-۷): انواع میراگرهای مایع ویسکوز..... ۲۰

شکل (۲-۸): میراگر TMD نیمه‌فعال..... ۲۲

شکل(۲-۹): طرح کلی میراگر اصطکاکی پیزوالکتریک..... ۲۴

شکل (۲-۱۰): طرح کلی جذب‌کننده ارتعاشی نیمه‌فعال..... ۲۵

شکل(۲-۱۱): ابزار سختی متغیر نیمه‌فعال..... ۲۶

شکل(۲-۱۲): طرح کلی میراگر ER..... ۲۷

شکل(۲-۱۳): طرح کلی میراگر MR..... ۲۸

شکل(۲-۱۴): ساختار میراگر مایع ویسکوز نیمه‌فعال..... ۲۹

شکل(۲-۱۵): دیاگرام مقایسه سازه‌های هوشمند با استفاده از میراگر جرم فعال(AMD) و میراگر جرم میزان‌شده..... ۳۱

شکل(۲-۱۶): دیاگرام کلی سیستم تاندون فعال..... ۳۳

شکل(۲-۱۷): سیستم بادبند فعال با محرک هیدرولیک..... ۳۴

شکل(۲-۱۸): ساختار میراگر جرم مختلط..... ۳۶

شکل(۲-۱۹): سیستم مختلط با جداساز پایه و محرک..... ۳۷

شکل(۲-۲۰): سیستم بادبندی مختلط و ابزارهای کنترل..... ۳۸

شکل(۳-۱): مودهای عملکرد میراگرهایMR ۴۲

شکل(۳-۲): نصب آزمایشی میراگر مایع ۲۰ تنی با مقیاس بزرگ..... ۴۳

شکل(۳-۳): طرح کلی میراگر مایع ۲۰ تنی با مقیاس بزرگ..... ۴۳

شکل(۳-۴): میراگر MR ۳۰ تنی با مقیاس بزرگ..... ۴۴
شکل(۳-۵): مدل بینگهام..... ۴۶
شکل(۳-۶): مدل مکانیکی بینگهام تعمیم‌یافته..... ۴۶
شکل(۳-۷): مدل مکانیکی بوس- ون..... ۴۷
شکل(۳-۸): مدل مکانیکی بوس- ون اصلاح شده..... ۴۸
شکل(۳-۹): مدل مکانیکی مماس هایپربولیک پیشنهاد شده بوسیله گوین و همکاران..... ۴۹
شکل(۳-۱۰): مدل مکانیکی مماس هایپربولیک پیشنهاد شده بوسیله" گیئو و همکاران..... ۵۰
شکل (۳-۱۱): مدل مکانیکی دهل..... ۵۱
شکل (۳-۱۲): نمایش گرافیکی قانون کنترل بهینه کوتاه‌شده..... ۵۷
شکل (۳-۱۳): نیروی کنترل مطلوب تولید شده با الگوریتم اصطکاک همگن مدوله‌شده..... ۶۱
شکل (۴-۱) : اعداد مثلثی..... ۷۴
شکل (۴-۲) : اعداد نرمال..... ۷۵
شکل (۴-۳) : اعداد سهموی..... ۷۵
شکل(۴-۴) : استدلال فازی..... ۷۶
شکل(۴-۵) : انواع غیرفازی‌سازها..... ۸۳
شکل(۴-۶) : نحوه استنتاج در سیستم سوگینو (TSK)..... ۸۵
شکل (۴-۷) : ساختار اصلی سیستم‌های فازی با فازی‌ساز و غیرفازی‌ساز..... ۸۶
شکل (۴-۸) : نحوه استنتاج در سیستم فازی ممدانی با ترکیب max-product..... ۸۸
شکل (۴-۹): نحوه استنتاج در سیستم فازی ممدانی با ترکیب min-max..... ۸۹
شکل (۴-۱۰) : فرایند طراحی کنترل‌کننده‌های فازی..... ۹۳
شکل (۵-۱): ساختار نشان‌دهنده نورون زیستی..... ۹۶
شکل(۵-۲): دیاگرام سیناپس و اتصلات آن..... ۹۷
شکل(۵-۳): دیاگرام کلی عملکرد نورون زیستی..... ۹۸
شکل(۵-۴): دیاگرام نشان‌دهنده شبکه عصبی مصنوعی..... ۹۸
شکل(۵-۵): نمودار کلی نورون امسی‌کولاچ – پیتز..... ۱۰۱
شکل(۵-۶): نمودار کلی آدلاین..... ۱۰۳
شکل(۵-۷): نمودار کلی واحد یا گره شبکه‌های عصبی چندلایه..... ۱۰۵
شکل(۵-۸): انواع مثال‌های توابع فعالسازی..... ۱۰۶

شکل(۵-۹): طرح کلی شبکه عصبی پسخورد چهار لایه.....۱۰۸
شکل(۵-۱۰): نمودار کلی قاعده یادگیری هبیان.....۱۰۹
شکل(۵-۱۱): قواعد یادگیری مبنای خطا.....۱۱۰
شکل(۵-۱۲): دیاگرام کلی تذکرات استفاده شده در استخراج الگوریتم پس‌انتشار برای شبکه‌های عصبی پسخوردچندلایه.....۱۱۲
شکل(۶-۱): مدل سازه ساختمانی یک طبقه با یک میراگر MR نصب‌شده در سازه.....۱۲۵
شکل(۶-۲): مدل سازه ساختمانی سه طبقه با یک میراگر MR نصب‌شده در طبقه اول.....۱۲۶
شکل(۶-۳): طرح کلی مدل بوس- ون اصلاح‌شده.....۱۲۸
شکل(۶-۴): طرح کلی ساختار کنترل فازی-عصبی پیشنهادی.....۱۳۰
شکل(۶-۵): شبکه عصبی پسخورد چهار لایه.....۱۳۱
شکل(۶-۶): منحنی تابع عضویت شتاب تحریک زلزله بعنوان ورودی کنترلر فازی.....۱۳۴
شکل(۶-۷): منحنی تابع عضویت جابجایی طبقه اول بعنوان ورودی کنترلر فازی.....۱۳۵
شکل(۶-۸): منحنی تابع عضویت جریان ورودی به میراگر MR بعنوان خروجی کنترلر فازی.....۱۳۵
شکل(۶-۹): دامنه زمان برای مولفه افقی زلزله ال‌سنترو.....۱۳۷
شکل(۶-۱۰): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی در حالت خطی سازه یک طبقه(SDOF).....۱۳۸
شکل(۶-۱۱): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی در حالت غیرخطی سازه یک طبقه(SDOF).....۱۳۸
شکل(۶-۱۲): نمودار تاریخچه زمانی شتاب در حالت خطی سازه یک طبقه(SDOF).....۱۳۹
شکل(۶-۱۳): نمودار تاریخچه زمانی شتاب در حالت غیرخطی سازه یک طبقه(SDOF).....۱۳۹
شکل(۶-۱۴): نمودار تاریخچه زمانی نیروی تولیدشده به‌وسیله میراگر MR برای سازه یک طبقه خطی.....۱۴۰
شکل(۶-۱۵): نمودار تاریخچه زمانی نیروی تولیدشده به‌وسیله میراگر MR برای سازه یک طبقه غیرخطی.....۱۴۰
شکل(۶-۱۶): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی طبقه اول در حالت خطی سازه سه طبقه(MDOF)....۱۴۱
شکل(۶-۱۷): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی طبقه اول در حالت غیرخطی سازه سه طبقه(MDOF).....۱۴۱
شکل(۶-۱۸): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی طبقه دوم در حالت خطی سازه سه طبقه(MDOF)...۱۴۲
شکل(۶-۱۹): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی طبقه دوم در حالت غیرخطی سازه سه طبقه(MDOF).....۱۴۲

شکل(۶-۲۰): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی طبقه سوم در حالت خطی سازه سه طبقه(MDOF)..۱۴۳
شکل(۶-۲۱): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی طبقه سوم در حالت غیرخطی سازه سه طبقه(MDOF).....۱۴۳
شکل(۶-۲۲): نمودار تاریخچه زمانی شتاب طبقه اول در حالت خطی سازه سه طبقه(MDOF).....۱۴۴
شکل(۶-۲۳): نمودار تاریخچه زمانی شتاب طبقه اول در حالت غیرخطی سازه سه طبقه(MDOF)..۱۴۴
شکل(۶-۲۴): نمودار تاریخچه زمانی شتاب طبقه دوم در حالت خطی سازه سه طبقه(MDOF).....۱۴۵
شکل(۶-۲۵): نمودار تاریخچه زمانی شتاب طبقه دوم در حالت غیرخطی سازه سه طبقه(MDOF)..۱۴۵
شکل(۶-۲۶): نمودار تاریخچه زمانی شتاب طبقه سوم در حالت خطی سازه سه طبقه(MDOF).....۱۴۶
شکل(۶-۲۷): نمودار تاریخچه زمانی شتاب طبقه سوم در حالت غیرخطی سازه سه طبقه(MDOF).۱۴۶
شکل(۶-۲۸): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بین‌طبقه‌ای بین زمین و طبقه اول در حالت خطی.....۱۴۷
شکل(۶-۲۹): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بین‌طبقه‌ای بین طبقه اول و طبقه دوم در حالت خطی.....۱۴۷
شکل(۶-۳۰): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بین‌طبقه‌ای بین طبقه دوم و طبقه سوم در حالت خطی.....۱۴۸
شکل(۶-۳۱): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بین‌طبقه‌ای بین زمین و طبقه اول در حالت غیرخطی.....۱۴۸
شکل(۶-۳۲): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بین‌طبقه‌ای بین طبقه اول و طبقه دوم در حالت غیرخطی.....۱۴۹
شکل(۶-۳۳): نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بین‌طبقه‌ای بین طبقه دوم و طبقه سوم در حالت غیرخطی.....۱۴۹
شکل(۶-۳۴): نمودار تاریخچه زمانی نیروی تولیدشده به‌وسیله میراگر MR برای سازه سه طبقه خطی.....۱۵۰
شکل(۶-۳۵): نمودار تاریخچه زمانی نیروی تولیدشده به‌وسیله میراگر MR برای سازه سه طبقه غیرخطی.....۱۵۰
شکل(۶-۳۶): مقایسه پاسخ‌های جابجایی ماکزیمم هر طبقه در حالت خطی سازه سه طبقه.....۱۵۱
شکل(۶-۳۷): مقایسه پاسخ‌های جابجایی ماکزیمم هر طبقه در حالت غیرخطی سازه سه طبقه.....۱۵۱
شکل(۶-۳۸): مقایسه پاسخ‌های شتاب ماکزیمم هر طبقه در حالت خطی سازه سه طبقه.....۱۵۲
شکل(۶-۳۹): مقایسه پاسخ‌های شتاب ماکزیمم هر طبقه در حالت غیرخطی سازه سه طبقه.....۱۵۲

شکل(۶-۴۰): مقایسه پاسخ‌های جابجایی بین طبقه‌ای ماکزیمم هر طبقه در حالت خطی سازه سه طبقه..... ۱۵۳
شکل(۶-۴۱): مقایسه پاسخ‌های جابجایی بین طبقه‌ای ماکزیمم هر طبقه در حالت غیرخطی سازه سه طبقه..... ۱۵۳

فهرست جداول

جدول(۳-۱): مقایسه خصوصیات مایعاتMR و ER.....۴۱

جدول (۳-۲): پارامترهای طراحی برای میراگر ۲۰ تنی MR با مقیاس بزرگ.....۴۴

جدول(۵-۱): عملگرهای(و) و (یا) با استفاده از مدل امسی‌کولاچ – پیتز.....۱۰۲

جدول(۶-۱): پارامترهای استفاده شده در مدل بوس- ون اصلاح‌شده بدست آمده از داده‌های آزمایشی.....۱۲۹

جدول(۶-۲): قواعد فازی کنترلر فازی.....۱۳۶

جدول(۶-۳): مشخصات زلزله ال‌سنترو.....۱۳۶

جدول(۷-۱): مقادیر ماکزیمم جابجایی و شتاب سازه یک طبقه در حالت خطی و غیرخطی.....۱۵۵

جدول(۷-۲): مقادیر ماکزیمم جابجایی، شتاب وجابجایی بین طبقه‌ای سازه سه طبقه

در حالت خطی و غیرخطی.....۱۵۸

۱-۱- کلیات

تقاضای بشر برای کنترل نیروهای طبیعت یکی از علل پیشرفت انسان درطول تاریخ بوده است. هدف از کنترل نیروها، کمک گرفتن از آنها جهت استفاده بهتر از عوامل فیزیکی است که در محدوده امکانات انسان نیستند. در خلال قرن بیستم مهندسی کنترل، بسیاری از آرزوهای بشر را جامه عمل پوشانده است. نحوه کار ماشین‌ها و وسایل اولیه‌ای که به دست بشر ساخته شده بود ایجاب می‌کرد که دست انسان مستقیماً با آنها در تماس بوده و رفتار آنها را کنترل کند، و بنابراین یک ماشین یا دستگاه، دائماً و بطور متناوب احتیاج به کنترل داشته است. اما امروزه علم کنترل در قسمت‌هایی مورد استفاده قرار می گیرد که انسان به سادگی قادر به انجام آنها نیست. در بسیاری از مسائل از قبیل کنترل دقیق درجه حرارت، دقت در اندازه‌گیری با سرعت جوابگیری، علوم فضایی، علوم هسته‌ای، اقتصاد، مدیریت، پزشکی، مهندسی (مثل آنچه که موضوع این پایان نامه است، یعنی کنترل ارتعاشات سازه‌ها در مقابل زلزله) و نیز سایر رشته‌ها که انسان قادر به درک و حل سریع آنها نیست، کنترل خودکار نقش حیاتی و اساسی ایفا می کند. رشد و توسعه طرز استفاده از دستگاه‌های کنترل خودکار در خلال ۲۵ تا ۳۰ سال اخیر اثر مشخصی در زندگی بشر گذاشته است. چون پیشرفت و استفاده از کنترل خودکار موجب اجرای بهترین نوع عملکرد سیستم‌های دینامیکی، بهبود کیفیت و نزول قیمت محصول، ازدیاد درصد تولید و سهولت زیاد کنترل و فرمان سیستم‌ها شده است. لذا لازم است که مهندسان و دانشمندان درک عمیق و وسیعی از حوزه مطالعاتی این علم داشته باشند. نام سیستم کنترل خودکار اصولاً به وسایلی اطلاق می‌شود که در هر لحظه به طور خودکار و بدون کمک خارجی، یک سلسله از اعمال خود را بررسی، و اگر اختلافی با

وضع یا نتیجه پیش‌بینی شده داشته باشد، آن را اصلاح کنند. بدین ترتیب چنین مدارهایی تا حدود زیادی، مانند یک انسان متفکر عمل می‌کنند، و برنامه و وظیفه‌ای را انجام می‌دهند که از قبل تعیین شده است. اتومبیل بدون راننده، هواپیمای بدون خلبان مثال‌هایی از کاربردهای مدارهای کنترل خودکار در سال‌های اخیر می‌باشند.

به طور کلی برای سیستم‌های کنترل خودکار سه خصوصیت اساسی تعریف می‌شود[۱] :

۱ـ کار یک مدار کنترل خودکار تا حد قابل‌قبولی مستقل از پارازیت‌ها و عوامل خارجی، قابل کنترل است .

۲ ـ سیستم می‌تواند خود را با شرایطی که قابل پیش‌بینی نیست وفق دهد(مثل زلزله).

۳ ـ دقت عمل بسیار خوب که در اکثر موارد به مراتب بالاتر از دقت عمل انسان است.

۱-۲- هدف و ضرورت تحقیق

یکی از زمینه‌های تحقیقاتی جدید مبحث کنترل سازه‌ای می‌باشد. قبلاً ذکر شد که سیستم‌های کنترل به چهار گروه غیرفعال، فعال، نیمه‌فعال و مختلط تقسیم می‌شوند. هدف اصلی سیستم‌های کنترل غیرفعال، تلف کردن انرژی ارتعاشی در سیستم سازه‌ای است اما مشکل اصلی این نوع سیستم‌ها نیز این است که نمی‌تواند با شرایط بارگذاری متغیر سازه سازگار باشد. سیستم‌های کنترل فعال نیز به دلایلی همانند بالا بودن میزان انرژی مورد نیاز جهت کنترل سازه و عدم توجیه اقتصادی این نوع سیستم‌ها، مشکلاتی دارد.

لذا در سال‌های اخیر سعی شده است تا بوسیله تغییر در خصوصیات دینامیکی سازه از جمله سختی و میرایی کنترل انجام گیرد. این روش کنترلی به کنترل نیمه‌فعال موسوم است.

از مزایای کنترل نیمه‌فعال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱ـ کاهش هزینه‌های تمام شده و هزینه‌های نگهداری اینگونه سیستم‌ها

۲ ـ کاهش اتکا به تولید انرژی از یک منبع خارجی

۳ ـ افزایش بهره‌وری و قدرت

۴ ـ با بروز هر گونه مشکلی در سیستم از پایداری سازه کاسته نمی‌شود.

۵ ـ دستگاه کنترلی، کوچک و کم حجم بوده و قابلیت نصب در شرایط مختلف را دارد.

از مهمترین موضوعات برای روش‌های کنترل وجود تأخیر زمانی در پردازش اطلاعات و صدور دستور از سیستم کنترل مرکزی به محرک‌ها و در نهایت اعمال نیرو و نیز تأخیر فاز بین ورودی زلزله و پاسخ زلزله می‌باشد، بطوریکه شرایط جدید سازه هماهنگ با اطلاعات خروجی نخواهد بود. برای جبران این تأخیر

زمانی الگوریتم‌های کنترلی مختلفی پیشنهاد شده است. الگوریتم‌های کنترل معمولی برای سازه‌های واقعی به مدل ریاضی دقیقی نیاز دارند و چون سازه‌ها در مهندسی عمران بلندتر و پیچیده‌تر می‌شوند یافتن یک مدل ریاضی دقیق برای توصیف رفتار سازه خیلی مشکل است. اخیراً الگوریتم‌های کنترل هوشمند نظیر کنترل فازی و شبکه‌های عصبی به دلیل عدم نیاز به مدل دقیقی از سیستم مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند.

از جمله مهمترین مزایای این کنترل‌کننده‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ ـ این سیستم‌های کنترل، عملکرد هوشمندی در طول روند کنترل دارند و پایداری کنترل-کننده از مهمترین مشخصه‌های این سیستم‌ها است.

۲ ـ این سیستم‌ها دارای سرعت بالایی در محاسبات هستند و کاربرد این سیستم‌ها دارای تأخیر زمانی بسیار کمی می‌باشد.

۳ ـ ویژگی دیگر این سیستم‌ها نیرومندی ذاتی و توانایی‌شان در سر و کار داشتن با مجهولات و سازه‌های غیرخطی است.

بنابراین از یک روش کنترلی بر مبنای کنترل‌کننده فازی‌ـعصبی با میراگر MR[1] استفاده می‌شود. این روش کنترلی توانایی ذاتی در پرداختن به مجهولاتی از قبیل حرکت زمین و حس‌گرهای ارتعاش سازه دارد و همچنین هیچ نیازی نیز به مدل ریاضی دقیقی از سازه نیست.

۱-۳- سیستم‌های کنترلی در ساختمان‌ها و تقسیم‌بندی آنها

سازه‌های مهندسی در دوران عمر مفید خود بطور طبیعی در برابر بارهای محیطی که مدام در حال تغییر می‌باشند، قرار دارند، که می‌بایست در مقابل این گونه بارها مقاومت نمایند. این بارها عموماً ناشی از باد، زمین‌لرزه و ... می‌باشند. با این حال تقریباً بیشتر ساختمان‌ها، پل‌ها و دیگر تأسیسات سازه‌ای به صورت سازه‌های غیرفعالی ساخته شده‌اند که در مقابله با نیروهای خارجی تنها متکی به جرم و سختیشان هستند، و این توانایی را ندارند که خود را با خصوصیات دینامیکی محیط که مدام در حال تغییر می‌باشند وفق داده و خود را هماهنگ کنند. در واقع تاکنون درجه انعطاف و سبکی سازه معادل ایمنی و اطمینان‌پذیری، معنی شده است. اما در سال‌های اخیر با توجه به پیشرفت‌های انجام گرفته در زمینه سازه‌های مهندسی، عواملی ظهور کرده‌اند که نیاز به درنظر گرفتن سازه‌هایی که بتوانند تا حدودی از خود تطابق‌پذیری داشته باشند و به صورت هوشمند عمل نمایند را نشان می‌دهند. این موارد را می-توان به صورت زیر برشمرد[۳] :

1.Magnetorheological