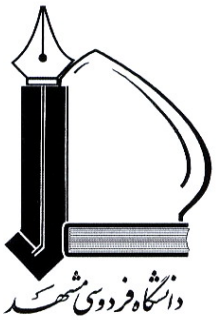

دانشکده مهندسی

گروه عمران

عنوان پایان نامه

اثر کنترل کننده فازی بر کاهش میزان خسارت سازه ها

استاد راهنما

جناب آقای دکتر ایرانی

استاد مشاور

جناب آقای دکتر کرم الدین

مولف

امیر باغبان خیابانی

شهریور ۸۹

بسم الله الرحمن الرحیم

تاییدیه

گواهی می شود که تا کنون، این پایان نامه برای احراز یک درجه علمی ارائه نشده و تمامی مطالب به جز در مواردی که نام منبع آورده شده است، نتیجه کار پژوهشی دانشجو می باشد.

امضاء استاد راهنما تاریخ

امضاء دانشجو تاریخ

این پایان نامه که توسط امیر باغبان خیابانی تدوین و به هیات داوران زیر ارئه گردیده است، به عنوان بخش پژوهشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته سازه، مورد تایید شورای تحصیلات تکمیلی گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی می باشد.

دکتر فریدون ایرانی- استاد راهنما

دکتر عباس کرم الدین- استاد مشاور

دکتر هاشم شریعتمدار- استاد مدعو

دکتر شهناز دانش - نماینده تحصیلات تکمیلی

شهریور ۱۳۸۹

تقدیر و تشکر

اینک که به یاری پروردگار این رساله به پایان رسیده است، بر خود لازم می دانم که از زحمات و راهنمایی های بی دریغ اساتید فرزانه دکتر فریدون ایرانی و دکتر عباس کرم الدین کمال تشکر را به عمل آورم. همچنین از سایر اساتید محترم گرایش سازه آقایان دکتر محمد رضایی پژند، دکتر حسن حاجی کاظمی، دکتر محمد رضا اصفهانی، دکتر کاظم مسلم، دکتر فرزاد شهابیان، دکتر احمد شوشتری، دکتر هاشم شریعتمدار و دکتر محمد رضا توکلی زاده صمیمانه قدردانی نموده، توفیق روز افزون ایشان را از درگاه الهی آرزومندم.

امیر باغبان خیابانی

اثر کنترل کننده فازی بر کاهش میزان خسارت سازه ها

چکیده

در این رساله، روشی نیمه فعال برای کنترل ساختمان های غیر خطی محک با استفاده از میراگرهای مایع لزج نیمه فعال ارائه و ارزیابی می شود. از کنترل کننده فازی به منظور تنظیم ضریب میرایی میراگرهای لزج نیمه فعال تحت تحریک زلزله استفاده شده است. توابع عضویت و پایگاه قوانین کنترل کننده فازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک به منظور کمینه کردن میزان خسارت کلی سازه ها طراحی شده اند. همچنین از این ترکیب الگوریتم ژنتیک و کنترل کننده فازی به منظور کمینه کردن جابجایی بیشینه ساختمان ها استفاده شده است تا اثر کمینه کردن جابجایی بیشینه بر میزان خسارت بررسی شود. اثر این روش بر ساختمان های تمام مقیاس سه و بیست طبقه غیر خطی محک با اعمال شتاب نگاشت های مختلف بررسی شده است. برای مقایسه، از یک کنترل کننده فعال LQG که بر اساس کمینه کردن جابجایی طراحی شده استفاده شده است. همچنین نتایج مربوط به دو کنترل کننده فازی دیگر که عملکرد آنها بر روی ساختمان های غیر خطی محک بررسی شده است، آورده شده تا با نتایج بدست آمده در این رساله مقایسه شوند. نتایج نشان می دهد که ترکیب الگوریتم ژنتیک و کنترل کننده فازی مقدار شاخص خسارت را برای زلزله های مختلف در ساختمان سه طبقه بیش از ۴۰ درصد و در ساختمان بیست طبقه در حدود ۶۰ درصد کاهش داده است که در مقایسه با سایر انواع کنترلر مورد بررسی در این رساله عملکرد بسیار خوبی داشته است.

کلید واژه: کنترل سازه ها، کنترل کننده فازی، کنترل کننده نیمه فعال، الگوریتم ژنتیک، شاخص خسارت، ساختمان های غیر خطی محک، میراگرهای مایع لزج نیمه فعال.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- چرا سیستم های فازی؟ ۲

۱-۳-تاریخچه کاربرد کنترل کننده فازی در سازه ها ۳

۱-۴- هدف ۵

۱-۵- ساختار پایان نامه ۵

فصل دوم: سیستم های کنترل و روش های کنترل

۲-۱- بخش اول: سیستم ها و وسایل کنترل ارتعاشات

۲-۱-۱- پیشگفتار ۷

۲-۱-۲- کنترل غیر فعال ۷

۲-۱-۲-۱- جداساز لرزه ای ۸

۲-۱-۲-۲- میراگر مایع لزج ۱۲

۲-۱-۲-۳- میراگرهای ویسکوالاستیک ۱۴

۲-۱-۲-۴- میراگرهای جاری شونده فلزی ۱۴

۲-۱-۲-۵- میراگر جرمی تنظیم شده ۱۵

۲-۱-۲-۶- میراگر چند جرمی ۱۷

۲-۱-۲-۷- میراگر مایع تنظیم شده ۱۸

۲-۱-۲-۸- میراگر ستون مایع تنظیم شده ۲۰

۲-۱-۳- کنترل نیمه فعال ۲۲
۲-۱-۳-۱- میراگر مایع لزج نیمه فعال ۲۲
۲-۱-۳-۲- وسایل کنترل سختی ۲۵
۲-۱-۳-۳- میراگر مایع قابل کنترل الکتریکی (ER) ۲۸
۲-۱-۳-۴- میراگر مایع قابل کنترل مغناطیسی (MR) ۳۰
۲-۱-۴- کنترل فعال ۳۲
۲-۱-۴-۱- وسایل کنترل فعال و نحوه ی اعمال نیروی آنها ۳۳
۲-۱-۵- کنترل مرکب (هیبرید) ۳۵
۲-۱-۵-۱- سیستم جداساز پایه دوگانه ۳۵
۲-۱-۵-۲- میراگرهای جرمی دوگانه ۳۵
۲-۲- بخش دوم: روش های کنترل
۲-۲-۱- پیشگفتار ۳۷
۲-۲-۲- کنترل کننده های LQR و LQG ۳۸
۲-۲-۳- کنترل کننده فازی ۵۰
۲-۲-۴- الگوریتم ژنتیک ۶۵
فصل سوم: طراحی کنترل کننده ژنتیک- فازی و LQG
۳-۱- پیشگفتار ۷۵
۳-۲- مشخصات سازه های محک، نحوه مدل سازی و معیارهای ارزیابی ۷۵
۳-۲-۱- ساختمان محک سه طبقه ۷۵
۳-۲-۲- ساختمان محک بیست طبقه ۷۷

۳-۲-۳- مدل سازی ۸۰

۳-۲-۴- معیارهای ارزیابی ۸۴

۳-۳- طراحی الگوریتم کنترل برای ساختمان های محک سه و بیست طبقه ۹۰

۳-۳-۱- طراحی الگوریتم کنترل با کنترل کننده فازی ۹۰

۳-۳-۲- طراحی الگوریتم کنترل با کنترل کننده LQG ۱۰۶

۳-۳-۳- الگوریتم کنترل آل داود ۱۱۱

۳-۴- نتایج ۱۱۱

فصل چهارم: خلاصه مطالب و نتیجه گیری

۴-۱- خلاصه مطالب و نتیجه گیری ۱۲۷

۴-۲- پیشنهادها و چشم اندازهای آینده پژوهشی ۱۲۹

مراجع ۱۳۱

نام نامه ۱۳۵

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۳۶

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۴۱

فهرست جدول ها

جدول(۲-۱)- پایگاه قواعد مثال پاندول معکوس ۶۳

جدول(۳-۱)- مشخصات اعضای ساختمان سه طبقه محک ۷۷

جدول(۳-۲)- مشخصات اعضای ساختمان بیست طبقه محک ۷۹

جدول(۳-۳)- طبقه بندی بصری میزان خسارت، پارک و انگ ۸۸

جدول(۳-۴)- طبقه بندی میزان خسارت بر اساس قابلیت تعمیر، براسی ۸۸

جدول (۳-۵)- طبقه بندی استون و تیلور از میزان خسارت بر اساس رابطه اصلاح شده پارک ۸۹

جدول (۳-۶)- شرایط زبانی متغیرهای خروجی ۹۱

جدول (۳-۷)- شرایط زبانی متغیرهای ورودی ۹۱

جدول (۳-۸)- تعریف پایگاه قواعد با استفاده از متغیرها ۹۵

جدول (۳-۹)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی شاخص خسارت (β=۰,۱)، ساختمان سه طبقه ۹۷

جدول (۳-۱۰)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی شاخص خسارت (β=۰,۳)، ساختمان سه طبقه ۹۸

جدول (۳-۱۱)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی جابجایی بیشینه، ساختمان سه طبقه ۹۹

جدول (۳-۱۲)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی شاخص خسارت (β=۰,۱)، هفت طبقه اول از ساختمان بیست طبقه ۱۰۱

جدول (۳-۱۳)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی شاخص خسارت (β=۰,۱)، سیزده طبقه بالا از ساختمان بیست طبقه ۱۰۱

جدول (۳-۱۴)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی شاخص خسارت (β)، هفت طبقه اول از ساختمان بیست طبقه ۱۰۳

جدول (۳-۱۵)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی شاخص خسارت (β)، سیزده طبقه بالا از ساختمان بیست طبقه ۱۰۳

جدول (۳-۱۶)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی جابجایی بیشینه، هفت طبقه اول از ساختمان بیست طبقه ۱۰۵

جدول (۳-۱۷)- قوانین بهینه براساس کمینه سازی جابجایی بیشینه، سیزده طبقه بالا از ساختمان بیست طبقه ۱۰۵

جدول (۳-۱۸)- معیارهای ارزیابی ۱۱۲

جدول (۳-۱۹)- مقادیر پاسخ های کنترل نشده برای ساختمان سه طبقه ۱۱۳

جدول (۳-۲۰)- مقادیر معیارهای ارزیابی برای ساختمان سه طبقه ۱۱۴

جدول (۳-۲۱)- مقادیر پاسخ های کنترل نشده برای ساختمان بیست طبقه ۱۱۶

جدول (۳-۲۲)- مقادیر معیارهای ارزیابی برای ساختمان بیست طبقه ۱۱۷

فهرست شکل ها

شکل(۲-۱)- تکیه گاه الاستومری ۱۰

شکل(۲-۲)- تکیه گاه سربی- لاستیکی ۱۰

شکل(۲-۳)- تکیه گاه لغزشی ۱۱

شکل(۲-۴)- جداساز پاندول اصطکاکی ۱۲

شکل(۲-۵)- میراگر مایع لزج ۱۳

شکل(۲-۶)- میراگر ویسکوالاستیک ۱۴

شکل(۲-۷)- میراگرهای جاری شونده فلزی ۱۵

شکل(۲-۸)- جذب کننده فراهام ۱۶

شکل(۲-۹)- نحوه عملکرد TLD ۱۹

شکل(۲-۱۰)- استفاده از توری برای افزایش میرایی ۲۰

شکل(۲-۱۱)- میراگر ستون مایع تنظیم شده ۲۱

شکل(۲-۱۲)- الف- میراگر مورد آزمایش توسط کاواشیما، ب- حلقه های پسماند میراگر کاواشیما ۲۳

شکل(۲-۱۳)- میراگر سیمانس به همراه حلقه های هیسترسیس آن ۲۵

شکل(۲-۱۴)- وسیله کنترل سختی کوبوری و ترکیب بندی قاب های مورد آزمایش آن ۲۶

شکل(۲-۱۵)- حلقه هیسترسیس ایده آل میراگر اصطکاکی کولمب ۲۷

شکل(۲-۱۶)- رفتار سیال ER در مجاورت میدان الکتریکی ۲۸

شکل(۲-۱۷)- رفتار مصالح ER در بارگذاری ۲۹

شکل(۲-۱۸)- میراگر ماکریس ۳۰

شکل(۲-۱۹)- میراگر MR مورد استفاده توسط اسپینسر و پاسخ های آن برای جابجایی سینوسی ۳۲

شکل(۲-۲۰)- روش های اعمال نیرو در سیستم های فعال ۳۴

شکل(۲-۲۱)- میراگر جرمی دوگانه ۳۶

شکل(۲-۲۲)- سیستم کنترل خطی فیدبک حالت ۴۱

شکل(۲-۲۳)- سیستم یک درجه آزادی ۴۱

شکل(۲-۲۴)- سیستم چند درجه آزادی ۴۴

شکل(۲-۲۵)- سیستم دینامیکی رویتگر ۴۷

شکل(۲-۲۶)- سیستم کنترل بهینه با رویتگر بهینه ۴۹

شکل(۲-۲۷)- تعریف مجموعه مسن در دو منطق کلاسیک و فازی ۵۲

شکل(۲-۲۸)- ساختار اصلی سیستم های فازی ۵۳

شکل(۲-۲۹)- توابع عضویت مجموعه های فازی ۵۷

شکل(۲-۳۰)- غیر فازی ساز بیشینه ۶۱

شکل(۲-۳۱)- پاندول معکوس ۶۲

شکل(۲-۳۲)- استنتاج فازی قانون اول، مثال پاندول معکوس ۶۳

شکل(۲-۳۳)- استنتاج فازی قانون دوم، مثال پاندول معکوس ۶۴

شکل(۲-۳۴)- ترکیب قوانین اول و دوم ، مثال پاندول معکوس ۶۴

شکل(۲-۳۵)- دیاگرام ارتباط اجزای مختلف الگوریتم ژنتیک ۶۶

شکل(۲-۳۶)- روش انتخاب چرخ گردان ۶۹

شکل(۲-۳۷)- تقاطع یک نقطه ای ۷۰

شکل(۲-۳۸)- متغیرهای توابع عضویت و نمایش اعضا در روش ژنتیک- فازی ۷۴

شکل(۳-۱)- ساختمان محک سه طبقه ۷۶

شکل(۳-۲)- ساختمان محک بیست طبقه ۷۸

شکل(۳-۳)- دیاگرام بلوک مدل سازی کنترل ارتعاش ۸۱

شکل(۳-۴)- شتاب نگاشت های معرفی شده در مسئله محک ۸۲

شکل(۳-۵)- نمودار رفتار مصالح ۸۳

شکل(۳-۶)- توابع عضویت ورودی ها و خروجی ۹۱

شکل(۳-۷)- بلوک مدل سازی حسگرها ۹۲

شکل(۳-۸)- بلوک کنترل کننده مربوط به ساختمان سه طبقه ۹۴

شکل(۳-۹)- فرایند کمینه سازی خسارت (β=۰,۱)، ساختمان سه طبقه ۹۷

شکل(۳-۱۰)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی خسارت (β=۰,۱)، ساختمان سه طبقه ۹۷

شکل(۳-۱۱)- فرایند کمینه سازی خسارت (β=۰,۳)، ساختمان سه طبقه ۹۸

شکل(۳-۱۲)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی خسارت (β=۰,۳)، ساختمان سه طبقه ۹۸

شکل(۳-۱۳)- فرایند کمینه سازی جابجایی بیشینه، ساختمان سه طبقه ۹۹

شکل(۳-۱۴)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی جابجایی بیشینه، ساختمان سه طبقه ۹۹

شکل(۳-۱۵)- فرایند کمینه سازی خسارت (β=۰,۱)، ساختمان بیست طبقه ۱۰۰

شکل(۳-۱۶)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازیخسارت (β=۰,۱)، هفت طبقه اول از ساختمان بیست طبقه ۱۰۰

شکل(۳-۱۷)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازیخسارت (β=۰,۱)، سیزده طبقه بالا از ساختمان بیست طبقه۱۰۱

شکل(۳-۱۸)- فرایند کمینه سازی خسارت (β=۰,۳)، ساختمان بیست طبقه ۱۰۲

شکل(۳-۱۹)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی‌خسارت (β=۰,۳)، هفت طبقه اول از ساختمان بیست طبقه ۱۰۲

شکل(۳-۲۰)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی‌خسارت (β=۰,۳)، سیزده طبقه بالا از ساختمان بیست طبقه۱۰۳

شکل(۳-۲۱)- فرایند کمینه سازی جابجایی بیشینه، ساختمان بیست طبقه ۱۰۴

شکل(۳-۲۲)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی‌جابجایی بیشینه، هفت طبقه اول از ساختمان بیست طبقه۱۰۴

شکل(۳-۲۳)- توابع عضویت بهینه براساس کمینه سازی‌جابجایی بیشینه، سیزده طبقه بالا از ساختمان بیست طبقه۱۰۵

شکل(۳-۲۴)- بلوک مدل سازی حسگرها ۱۰۷

شکل(۳-۲۵)- نمایش ستونی معیارهای ارزیابی برای ساختمان سه طبقه ۱۲۰

شکل(۳-۲۶)- نمایش ستونی معیارهای ارزیابی برای ساختمان بیست طبقه ۱۲۳

نشانه ها

A- ماتریس حالت

A_d- ماتریس حالت مدل کاهش یافته

a_g- شتاب پایه

a_1- دامنه پاسخ اجباری جرم اصلی

a_2- دامنه پاسخ اجباری جرم کمکی

B- ماتریس کنترل یا ورودی

B_d- ماتریس کنترل مدل کاهش یافته

C- ماتریس خروجی، ماتریس میرایی

c- ضریب میرایی

C_{ed}- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

C_{md}- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

D- ماتریس انتقال مستقیم، شاخص خسارت

d- تغییر مکان جانبی نسبی

D_{ed}- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

D_i- شاخص خسارت اعضا

D_{md}- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

D_s- ماتریس بهره حسگر

D_T- شاخص خسارت کلی سازه

E- ضریب ارتجاعی

e- خطای رویت

E_d- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

E_i- میزان کل انرژی جذب شده توسط عضو i ام

E^{max}- انرژی تلف شده ماکزیمم (ماکزیمم هر دو انتها در همه ی المان ها) برای سازه کنترل نشده

F- نیروی میراگر، مقدار برازش

f- بردار کنترل

F_b^{max}- ماکزیمم برش پایه سازه کنترل نشده برای هر زلزله

$\| F_b^{max} \|$- نرم برش پایه سازه کنترل نشده برای هر زلزله

F_{ed}- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

F_{md}- ماتریس ضرایب مدل کاهش یافته

F_w- فرکانس طبیعی مایع درون TLD

F_{yj}- لنگر تسلیم در انتهای j امین عضو

g- شتاب ثقل، تابع توصیف کننده سیستم

g_1- تابع توصیف کننده حسگر

g_2- تابع توصیف کننده خروجی حسگر

g_3 و g_4- توابع مربوط به وسایل کنترل

h- ارتفاع طبقه

h_0- عمق آب درون TLD

I_1- ممان اینرسی حالت الاستیک

I_2- ممان اینرسی حالت پلاستیک

J- معیار انتگرال درجه دوم

J_i- معیار ارزیابی i ام

K- ماتریس بهره پسخور حالت، ماتریس سختی

k- ضریب اعمال شدت زلزله

k_1- سختی جرم اصلی

k_2- سختی جرم کمکی

L- ماتریس بهره رویتگر

l- طول تانک TLD

M- ماتریس جرم، تعداد قوانین پایگاه فازی

m- جرم طبقه

M_y- لنگر تسلیم عضو

M_1- جرم سازه اصلی

M_2- جرم جرم کمکی

N- نیروی عمود بر سطح

n- تعداد متغیرهای حالت

N_d- تعداد انتهاهای اعضا که از حالت الاستیک گذر کرده اند (حالت کنترل نشده)

N_d^C- تعداد انتهاهای اعضا که از حالت الاستیک گذر کرده اند (حالت کنترل شده)

n_{pop}- تعداد اعضا

P- ضریب مصالح ER، ماتریس پاسخ معادله ریکاتی

P_0- دامنه نیروی اعمالی

Q- ماتریس وزنی

Q_y- مقاومت تسلیم عضو

R- ماتریس وزنی

s- تابع اجتماع فازی، تابع اجتماع ماکزیمم

s_{as}- تابع اجتماع جمع جبری

t- تابع اشتراک فازی، تابع اشتراک مینیمم

t_{ap}- تابع اشتراک ضرب

t_f- زمان به اندازه کافی بزرگ برای کوچک شدن پاسخ های سازه