



دانشکده : برق و رباتیک

گروه کنترل

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی و شبیه سازی کنترلر فازی برای کنترل پاسخ سازه ها به زلزله

محمد حسین ایمانی سیچانی

استاد راهنما :

دکتر حیدر طوسیانی

استاد مشاور:

دکتر علی کیهانی

زمستان ۱۳۸۷



تقديم به پدر ، مادر و همسر

که در دوران تحصیل مشوق و پشتیبان من بودند

تشکر و قدردانی :

خداوند متعال را سپاس گذارم که به من عنایت فرمود این تحقیق را به پایان برسانم.

از کلیه اساتید دانشکده برق و رباتیک ، تشکر و قدردانی می نمایم که در دوران تحصیل راهنما و مشوق در تحقیق بوده و با علم خویش خشت خام من را بنده خویش نموده اند.

از آقایان دکتر حیدر طوسیان و دکتر علی کیهانی که در این تحقیق راهنمای من بودند کمال تشکر را دارم.

بر خود لازم می دانم از دوست گرامیم آقای عادل محمدی که در زمان بیماری در دوران تحصیل کمک و همراه من بودند، تشکر نمایم.

چکیده

روشهای گوناگون کنترل سازه ها طی سالهای اخیر بسیار گسترش یافته است. این روشها با تاکید خاصی بر کاهش پاسخ سازه ها در برابر بارهای دینامیکی، خصوصاً زلزله و باد بوده است و از نظر نیاز به انرژی، به چهار گروه غیر فعال، نیمه فعال، فعال و ترکیبی تقسیم می شوند.

پیشرفت کنترل سازه ها منوط به پیشرفت دستگاههای اندازه گیری، پیشرفت محرکها و مدل سازی صحیح از سازه ها و آشنایی با دانش رایانه، پردازش اطلاعات، علم کنترل، دانش مواد، تکنولوژی اندازه گیری، فرایند اتفاقی، دینامیک سازه ها و مهندسی های زلزله و باد می باشد.

به علت وجود عدم قطعیتها و همچنین غیر خطی بودن رفتار سازه در این تحقیق سعی بر کنترل فازی رفتار سازه با توجه به اطلاعات ما از دینامیک سازه، مکانیک خاک، رکوردهای ثبت شده از زلزله های پیشین و محرکها شده است.

واژگان کلیدی: کنترل فازی - پاسخ سازه - کنترل فعال سازه ها - بار زلزله - بار دینامیکی -

کنترل پیشبین فازی

فهرست مطالب :

۱	فصل اول: شناخت زلزله
۲	شناخت زلزله
۳	عدم قطعیت در تخمین جنبش شدید زمین
۶	پدیده زلزله
۷	انواع زمین لرزه
۸	اندازه گیری زمین لرزه
۹	پیش بینی زمین لرزه
۱۰	کانون و عمق زلزله
۱۱	گسلها
۱۱	مشخصات گسلها
۱۲	انواع گسلها
۱۲	لرزه نگاری
۱۳	مکانیزم خرابی در زلزله
۱۴	فصل دوم : سیستمها وتجهیزات کنترل سازه
۱۵	سیستمها وتجهیزات کنترل سازه
۲۴	سیستمهای کنترل غیر فعال
۲۵	ایزولاسیون پایه
۲۶	tuned-mass damper و viscous damper
۲۷	بادبند
۲۸	سیستمهای کنترل فعال
۲۹	Active Tendon
۳۰	Active Mass Drive
۳۱	Active Brace

سیستم میراگر جرمی مرکب	۳۳
جرم ومیراگر وفق یافته فعال	۳۴
سیستمهای کنترل نیمه فعال	۳۵
Variable - orifice damper	۳۶
تجهیزات ER و MR	۳۷
سیستم کنترل با استفاده از سختی متغیر	۳۹
سیستمهای کنترل ترکیبی	۴۱
فصل سوم : قوانین کنترل	۴۲
کنترل پیشبین	۴۴
کنترل پیشبین تطبیقی	۴۴
کنترل بر روی سطح لغزش	۴۵
کنترل فازی	۴۶
شبکه های عصبی فازی	۴۸
پیش بینی با روش شبکه های عصبی فازی	۵۱
فصل چهارم : کنترل کننده های فازی	۵۲
منطق فازی	۵۳
کنترل کننده های فازی	۶۳
انواع کنترل کننده های فازی	۶۹
فصل پنجم: مدل سازی و شبیه سازی کنترل فعال فازی بر روی سازه	۷۳
مدل سازه	۷۴
کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک جابجایی	۸۰
کنترل اصلاح شده جابجایی با استفاده از فیدبک جابجایی	۸۶
کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت	۹۰
کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت وجابجایی	۹۷
مدل سازی سازه دارای تاخیر در نمونه گیر و محرک	۱۰۸

کنترل پیشبین فازی ۱۱۹

فصل ششم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد ۱۲۹

مراجع ۱۳۱

فصل اول

شناخت زلزله

شناخت زلزله [۱]

در این فصل مباحث پایه در مورد دلایل و چگونگی و مناطق رخداد زلزله به عنوان یک عامل تحریک سازه ها به عنوان دلیل استفاده از کنترل فعال سازه بیان خواهد شد.

فهرست مطالب :

- عدم قطعیت در تخمین جنبش شدید زمین
- پدیده زلزله
- انواع زمین لرزه
- اندازه گیری زمین لرزه
- پیش بینی زمین لرزه
- کانون و عمق زلزله
- گسلها
- مشخصات گسلها
- انواع گسلها
- لرزه نگاری
- مکانیزم خرابی در زلزله

مقدمه

بر اساس مطالعات انجام شده توسط متخصصان زلزله کشور، بسیاری از شهرهای بزرگ ایران از جمله تهران، تبریز، بندرعباس، شیراز و ... در معرض خطر بالای زلزله قرار دارند و هر لحظه ممکن است فاجعه ای در نقطه ای از کشورمان بوقوع بپیوندد. در جهت آمادگی برای مقابله با آسیبهای ناشی از زلزله، لازم است تا حداقل آشنایی را با این پدیده داشته باشیم و وضعیت کشورمان را از این لحاظ مورد بررسی قرار دهیم.

عدم قطعیت در تخمین جنبش شدید زمین

عدم قطعیت در پدیده های فیزیکی یک احتمال یا بر اثر وجود اشتباه نیست، بلکه یک قانون است. از طرف دیگر بدلیل اهمیتی که برآورد جنبش شدید زمین در زندگی اجتماعی ما انسانها دارد، تعیین دقیق اینکه چه مقدار عدم قطعیت در محاسبات ما وارد بوده است امری است بسیار مهم. در مطالعه حاضر ابتدا بصورت اجمالی روشهای متفاوتی را که برای تخمین جنبش شدید زمین وجود دارد را مورد مطالعه قرار میدهم و سپس به معرفی عدم قطعیتها پرداخته و زمینه های ورود آنها را در محاسبات جنبش شدید زمین بررسی میکنیم. عدم قطعیتهایی که مربوط به مدل انتخابی و ناقص بودن دانش بشری هستند (Epistemic) و نیز عدم قطعیتهای وابسته به طبیعت تصادفی پدیده زلزله (Aleatory) شناخته می شود و تاثیر آنها در نتیجه نهایی برآورد ریسک به تفکیک پارامترهای مختلف مورد بررسی قرار می گیرد.

عدم قطعیت‌های تصادفی و ریشه ای :

در تحلیل خسارت زلزله، معمولاً بین عدم قطعیت‌هایی که منعکس کننده تغییرپذیری یک پدیده تکرار پذیر (عدم قطعیت تصادفی) باشد و عدم قطعیت‌هایی که بدلیل ساده سازی بوجود می‌آیند (عدم قطعیت ریشه ای) تفاوت قائل می‌شوند.

- عدم قطعیت تصادفی:

❖ وابسته به شانس هستند

❖ بدلیل تغییرات ذاتی طبیعت هستند

❖ در طول زمان تمام مقادیر به ناچار نمونه برداری خواهند شد

- عدم قطعیت ریشه ای:

❖ وابسته به دانش است

❖ منتج از شناخت ناکافی است

❖ در طول زمان این نوع عدم قطعیت‌ها می‌توانند کاهش یابند یا معین شوند.

بدین ترتیب ممکن است که نامگذاری هر نوع عدم قطعیتی بر اساس تصادفی یا ریشه-ای امری بدیهی بنظر برسد، ولی در حقیقت تصادفی یا ریشه‌ای بودن عدم قطعیت، مطلق نمی‌باشد. بلکه بستگی به تعریف مربوط به قطعی یا تصادفی دارد که ما از یک پدیده ارائه می‌دهیم. به همان میزان که ارائه ما قطعی یا تصادفی بودن را دیکته می‌کند، شرایط عدم قطعیت نیز تصادفی یا ریشه ای هستند. عدم قطعیت‌هایی که بصورت صریح توسط مدل تصادفی^۱ قابل شناسایی هستند، تصادفی نامیده می‌شوند. از سوی دیگر عدم قطعیت‌هایی که مربوط به خود مدل و پارامترهای آن می‌باشد، ریشه ای است. بنابراین تقسیم بندی کل عدم قطعیت به تصادفی یا ریشه ای، وابسته به مدل مورد استفاده است.

¹ stochastic model

برای مثال، اگر در آینده مدل‌های کاهنده ما بهبود یابند و شامل پارامترهای متعددی گردند، مانند افت تنش و ...، و بدین ترتیب عدم قطعیت‌های تصادفی را به صفر برسانیم. بر اساس تصمیم سازی آنچه که مهم است، برآمدی است که از کل عدم قطعیت‌ها در زمان بین تصمیم و نتیجه حاصل می‌شود. این عدم قطعیت کلی، ممکن است که در طول کل زمان ثابت بماند، بصورت قابل پیش بینی تغییر کند، و یا بگونه ای تغییر کند که قابل پیش بینی در زمان تصمیم گیری نباشد. غیرقابل پیش بینی بودن بدلیل تغییراتی است که در عدم قطعیت‌های ریشه ای با بدست آوردن و تحلیل کردن اطلاعات جدید ایجاد می‌شود.

تحلیل های گذشته، اهمیت جدا سازی بین عدم قطعیت‌های تصادفی و ریشه ای را برای تصمیم سازی، کاهش می‌دهد. بهر حال، جدا سازی عدم قطعیت‌ها، تحلیل کننده را مجبور به در نظر گرفتن تمام منابع عدم قطعیت‌ها می‌کند.

در تخمین عملکرد سازه ها، عملکرد سیستم را بصورت ظرفیت و نیاز بیان می‌کنند. نیاز می‌تواند نیرو (برش، لنگر خمشی، نیروی محوری، لنگر واژگونی) و یا پاسخ (جابجایی، سرعت، شتاب، شکل پذیری، جذب انرژی) ایجاد شده در سیستم توسط تحریک زمین باشد. ظرفیت سیستم حداکثر نیروها یا پاسخی است که سیستم توان مقاومت در برابر آن را بدون تخریب سیستم یا عضو داشته باشد. خرابی سیستم یا عضو بصورت حدود مختلفی توسط مهندسان تعریف می‌شود. برای مثال، حدود استفاده شده در نیاز پاسخ، محدوده های جابجایی است که بر اساس سطوح متفاوت عملکردی مانند استفاده بی وقفه یا در آستانه فرو ریزش تعریف شده است. در تئوری، هر دو مورد ظرفیت و نیاز وابسته به تحریک و مشخصات سازه می‌باشد. نیاز همانگونه که توصیف شد، همانند تغییر مکان کلی سازه، مقداری است که با زمان در حال نوسان است و بر اساس تحریک لرزه ای در دوره زمانی از عدم قطعیت بالایی برخوردار است.

پدیده زلزله

زلزله عبارتست از لرزش زمین در اثر آزاد سازی سریع انرژی که اغلب موارد در اثر لغزش در امتداد یک گسل در پوسته زمین اتفاق می‌افتد. انرژی آزاد شده از محل آزاد شدن آن، که کانون نامیده می‌شود، بصورت امواج در همه جهتها منتشر می‌شود. این موجها شباهت بسیار زیادی به امواج ایجاد شده در اثر فروافتادن یک سنگ در آب آرام یک حوضچه دارد. به همان ترتیب که ضربه سنگ باعث به جنبش درآوردن امواج آب میشود، یک زلزله امواج لرزه‌ای را ایجاد می‌کند که در زمین منتشر می‌شوند.

پوسته خارجی کره زمین به تکه‌های متعددی شکسته شده است که هر کدام از آنها صفحه یا ورق نام دارند که در حال حرکت بوده و بصورت بی‌وقفه تغییر شکل و اندازه می‌دهند. که این تغییر شکل و اندازه بدلیل پدیده همرفتی است که در درون کره زمین بدلیل تفاوت دمایی مواد مذاب تشکیل دهنده آن می‌باشد. هفت صفحه اصلی بر روی پوسته زمین شناخته شده است که همانند یخی که بر روی آب شناور است، این صفحات نیز بر روی لایه های پایینی خود حالت شناوری دارند.

انواع زمین لرزه [1]

۱- زمین لرزه‌های تکتونیکی : زمین لرزه های تکتونیکی در برگیرنده تعداد بسیار زیادی از زلزله‌هایی هستند که سالانه در سطح جهان ثبت می‌شوند. حرکات صفحات تشکیل دهنده پوسته زمین عامل ایجاد این زمین لرزه ها می‌باشد.

۲- زلزله های آتشفشانی : این زلزله ها فقط در نواحی فعال آتشفشانی اتفاق می‌افتد و به انفجارهای آتشفشانی نیز معروف است.

۳- زمین لرزه های فروریختی : بر اثر فروریختن غارها و کانالهای زیرزمینی، لرزه‌هایی ایجاد می‌شود که به نام زمین‌لرزه‌های فروریختی موسومند.

۴- زمین لرزه های القایی: بر اثر ابگیری یا تغییرات ناگهانی سطح آب دریاچه‌های پشت سدها، تزریق آب یا سیالهای دیگر به داخل زمین و یا استخراج آنها، مخصوصا در جاهایی که گسلهای فعال وجود دارد زمین‌لرزه‌هایی ایجاد می‌شود. در واقع دلیل اصلی این لرزه‌ها را می‌توان بارگذاری سریع برروی زمین و یا برداشتن ناگهانی بار زیادی از روی آن ذکر کرد. این لرزه‌ها به نام القایی موسومند. لرزه‌های ناشی از معادن نیز در این دسته قرار می‌گیرند. به عنوان مثال می‌توان به زمین‌لرزه‌ای که در ارتباط با ابگیری و تغییرات فصلی سطح آب دریاچه سد سفیدرود روی می دهد اشاره نمود.

۵- زمین لرزه های ناشی از انفجارها : انفجارهای نظامی و صنعتی نیز لرزه‌هایی را ایجاد می‌نمایند که شدت، زمان وقوع و محل آنها قابل پیش بینی است .

از این به بعد هر جا از کلمه زلزله استفاده می‌شود منظور زمین لرزه های تکتونیکی است

اندازه گیری زمین لرزه [1]

برای آگاهی از میزان تاثیر هر پدیده لازم است تا بتوانیم به نحوی آن را بصورت کمی بیان کنیم. برای کمی کردن اندازه زلزله، از دو رهیافت مختلف استفاده می‌شود؛ یک رهیافت بر اساس اندازه گیری دستگاهی (بزرگای زلزله) و دیگری بواسطه تاثیر پذیری دست سازهای بشر از زلزله (شدت زلزله). شدت زلزله در هر مکان متفاوت است و با دور شدن از کانون زلزله کم می‌شود، در حالی که بزرگای زلزله همواره ثابت است و ربطی به دور شدن از کانون ندارد.

شدت زمین لرزه:

شدت یک زلزله در یک مکان خاص بر مبنای اثرهای قابل مشاهده زمین لرزه در آن مکان تعیین می‌شود.

بزرگای زلزله:

بمنظور اندازه گیری زمین لرزه و بدست آوردن معیاری برای مقایسه و سنجش زمین لرزه ها، از بزرگای زلزله استفاده می‌شود که می‌توان آن را با در نظر گرفتن دامنه نوسانات روی نگاشت محاسبه نمود.

ذکر این نکته ضروری است که بزرگای زلزله، بتنهایی نمی‌تواند معیاری برای سنجش میزان خرابی در زلزله باشد. همانطور که گفته شد، بزرگای زلزله فقط بر اساس میزان انرژی آزاد شده در زلزله محاسبه می‌گردد و عمق و یا سایر پارامترها در محاسبه آن دخیل نمی‌باشد. از این رو دو زلزله با بزرگای یکسان ولی عمقهای متفاوت میزان خرابیهای متفاوتی را ببار می‌آورند. چرا که با عمیقتر شدن کانون زلزله، امواج لرزه ای فاصله بیشتری را تا سطح زمین طی می‌کنند که در این فاصله مقداری از انرژی آزاد شده کاهیده شده و از بین می‌رود. زلزله های ایران، اغلب از نوع کم عمق می‌باشند، لذا انتظار می‌رود میزان خرابی و آسیب ناشی از این زلزله‌ها بیشتر باشد.

پیش بینی زمین لرزه :

منظور از پیش بینی زلزله، پیش بینی مکان، پیش بینی بزرگای و پیش بینی زمان وقوع زلزله است. برای بسیاری از افراد جامعه، مفهوم پیش بینی، فقط به معنای پیش بینی زمان زلزله است. هر پارامتری که قبل از وقوع زمین لرزه تغییراتی در آن پدید آید، بگونه ای که بتوان با بررسی دقیق این تغییرات زمین لرزه را پیش بینی نمود، پیش نشانگر گفته می شود. تا کنون پیش نشانگرهای متعددی که تعداد آنها به بیش از ۳۰ مورد می رسد شناخته شده است. این پیش نشانگرها عبارتند از: تغییر شکل پوسته زمین، تغییر در تراز دریا، کج شدگی، تنجیدگی و تنجشهای پوسته ای، پیش نشانگرهای زمین مغناطیسی و ژئوالکتریکی، تغییر در میدان گرانشی، پیش لرزه ها، انتشار گاز رادن، تغییر در دبی و ارتفاع آبهای زیرزمینی و ...

کانون و عمق زلزله

محل آغاز گسیختگی در گسل (گسلش) را کانون زلزله یا مرکز درونی می‌نامند و در واقع محل اولیه آزاد شدن انرژی در داخل زمین می‌باشد. تصویر کانون در سطح زمین، مرکز نامیده می‌شود که معمولاً محل بیشترین خسارتها می‌باشد.

بر اساس ژرفا، زمین لرزه ها را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

- کم ژرفا: با ژرفای ۰ تا ۷۰ کیلومتر

- متوسط: با ژرفای ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتر.

- عمیق: با ژرفای بیش از ۳۰۰ کیلومتر (به این ترتیب که تاکنون زمین لرزه ای در عمق

بیش از ۷۲۰ کیلومتر رخ نداده است)

از نقطه نظر ژرفا، بیشتر زمین لرزه های ایران کم عمق می باشند. بیشترین عمق در زمین لرزه های رخ داده در فلات ایران تا حدود ۶۰ کیلومتر مشخص شده است. از سوی دیگر این ژرفا در ناحیه های داخلی فلات ایران تا حدود ۴۰ تا ۵۵ کیلومتر می رسد. در ناحیه البرز و شمال ایران مرکزی بیشینه ژرفا در حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلومتر بوده است. بنابراین زمین لرزه های ایران از نوع کم عمق بوده اند.

مساله عمق از نظر خسارت زمین لرزه نیز بسیار مهم است، چرا که در زمین لرزه بسیار کم عمق معمولاً خسارتها به ناحیه رومرکزی و حوزه نزدیک محدود می شود و سپس در حوزه دور (فاصله های بیش از ۵۰ کیلومتر از سرچشمه) خسارتها بسیار محدود می گردد (نمونه هایی از چنین زلزله های کم عمق عبارتند از زلزله منجیل، زمین لرزه طبس با ژرفای ۱۰ کیلومتر و زلزله بم با عمق ۸ کیلومتر).

گسلها

گسلها شکستگیهایی در پوسته زمین هستند که در طول آنها تغییر شکلهای قابل توجهی ایجاد شده است. گسلهای بزرگ، شامل چندین صفحه گسل درگیر می‌باشند مانند گسل شمال تهران و گسل شمال تبریز.

مشخصات گسلها:

برای تعریف گسلها، از مشخصات هندسی آنها، یعنی موقعیت قرارگیری آنها در یک فضای سه بعدی، استفاده می‌شود که عمده‌ترین این مشخصات هندسی راستا و شیب می‌باشند. راستا: جهت و راستای خط تلاقی صفحه گسل با افق تحت عنوان راستا شناخته می‌شود. راستا معمولاً بصورت زاویه‌ای با شمال مشخص می‌گردد. شیب: عبارتست از شیب سطح یک توده سنگی یا صفحه گسل، نسبت به صفحه افق. شیب شامل زاویه انحراف و نیز جهت آن میباشد.

انواع گسلها:

تقسیم بندی گسلها فقط بر اساس هندسه و جهت جابجائی نسبی ایجاد شده در آنها صورت می پذیرد. گسلهای راستا لغز و گسلهای شیب لغز دو تقسیم بندی کلی گسلها میباشند که در زیر تعاریف مربوط به آنها آورده می شود.

گسلهای امتداد لغز:

گسلهایی که امتداد اصلی لغزش در امتداد راستای گسل باشد، گسل امتداد لغز نامیده می شوند.

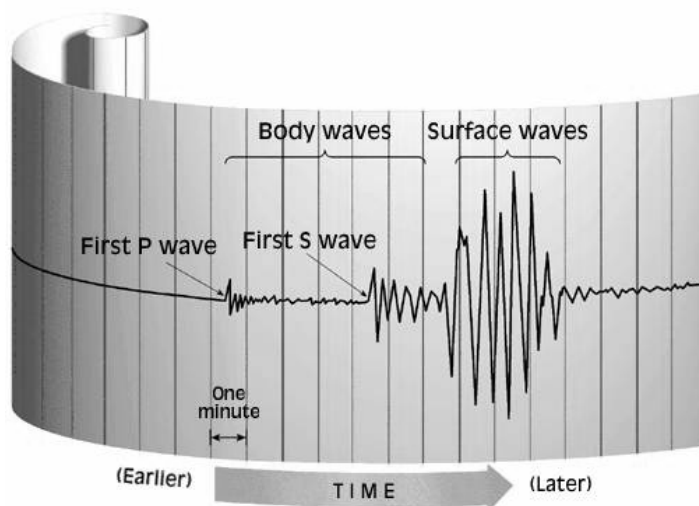
گسلهای شیب لغز:

گسلهایی که امتداد اصلی لغزش موازی جهت شیب گسل باشد، گسلهای شیب لغز نامیده می شوند. گسلهای شیب لغز نرمال و معکوس بر اساس جهت حرکت دو قطعه نسبت به هم تعریف میشوند. در صورتی که نیروی وارده فشاری بوده و دو قطعه را به هم نزدیک کند، گسل شیب لغز معکوس و در صورت دور شدن دو قطعه از هم گسل شیب لغز نرمال نامیده می شود.

در عمل لغزش گسل، ترکیبی از شیب لغز و راستا لغز می باشد که گسل مایل نامیده میشود.

لرزه نگاری :

شتابنگارهای ثبت شده توسط لرزه نگارها امکان مطالعه دقیق زمین لرزه ها را فراهم می آورد. شکل زیر بصورت شماتیک نگاشت ثبت شده از زلزله را نشان میدهد. در اثر زلزله امواج مختلفی منتشر می شوند که سرعت و دامنه هر کدام از این موجها متفاوت می باشد. سرعت متفاوت باعث می شود که زمان رسیدن هر کدام از این موجها متفاوت باشد و در نتیجه بر روی نگاشت ثبت شده قابل تشخیص باشند.



شکل (۱-۱) نمودار یک لرزه نگار

محل کانون و عمق زلزله نیز بر اساس تفاوت موجود بین زمان رسیدن موجهای P و S محاسبه میشود.[1]

مکانیزم تخریب در زلزله [1]

عواملی که در یک زلزله باعث ایجاد خسارت میگردند عبارتند از:

- ۱- نیروهای درونی شدید ایجاد شده بر اثر جنبش شدید زمین
- ۲- آتش سوزی های ناشی از زمین لرزه
- ۳- تغییر در خواص فیزیکی خاکها (نشستها و ...)
- ۴- بر اثر جابجائی مستقیم گسلها در محل ساخت سازه ها
- ۵- بواسطه زمین لغزشها (زمین لغزش عبارتست از فروریزش دامنه شیبها)
- ۶- بواسطه موجهای بلند ایجاد شده توسط زلزله در دریاها (آب رانش)

از بین عوامل فوق، جنبش شدید زمین، مهمترین عامل خرابی و تلفات جانی در

زلزله ها میباشد.

فصل دوم

سیستمها و تجهیزات کنترل سازه

سیستمها و تجهیزات کنترل سازه

در این فصل انواع روشهای کنترل سازه از نظر استفاده از تجهیزات غیر فعال ، نیمه فعال ، فعال و ترکیبی بیان می گردد.

فهرست مطالب :

- کنترل سازه ها
- اصول اولیه در کنترل سازه
- جرم و فنر
- جرم و فنر و دمپر
- انواع سیستمهای کنترل سازه از نظر استفاده از تجهیزات
- سیستمهای کنترل غیر فعال^۱
- ایزولاسیون پایه^۲
- میراگر ویسکزیته^۳ و جرم میراگر خود تنظیم^۴
- باد بند^۵
- سیستمهای کنترل فعال^۶
- ACTIVE TENDON
- ACTIVE MASS DRIVED
- ACTIVE BRACE
- سیستم میراگر جرمی مرکب^۷
- ACTIVE TUNED MASS DAMPER (ATMD)
- سیستمهای کنترل نیمه فعال^۸
- VARIABLE - ORIFICE DAMPER
- ELECTRO RHEOLOGICAL DEVICES(ER)
- MAGNETO RHEOLOGICAL DEVICES (MR)
- VARIABLE STIFFNESS
- سیستمهای کنترل ترکیبی^۹

¹ Passive Control

² Base Isolation

³ viscous damper

⁴ tuned-mass damper

⁵ Brace

⁶ Active Control

⁷ HMD

⁸ Semi Active Control

⁹ Hybrid Control

مقدمه

از ابتدای خلقت ، انسانها به دنبال مکانی ایمن برای زندگی خویش بوده اند. در همین راستا ابتدا به مقاوم کردن سازه ها در مقابل عوامل خطر ساز محیط بیرون روی آوردند سپس با پیشرفت تکنولوژی و افزایش جمعیت و به تبع آن بحث متمرکز شدن انسانها و ارگانها در یک محل ، ساخت سازه های مرتفع به میان آمد و به دنبال آن بحث طراحی سازه های پایدار که مقاوم در مقابل عوامل محیطی همچون نیروی باد وارد بر ساختمانهای مرتفع وهمچنین نیروی زلزله پیش آمد. امروزه با پیشرفت مهندسی کنترل و مشاهده کاربرد آن در مهندسی های گوناگون از جمله مهندسی عمران ، طراحان روی به استفاده از این مهندسی در جهت کنترل شتاب ، سرعت و جابجایی سازه ها در مقابل نیروی زلزله و باد آورده اند .

طی دو دهه اخیر توجه خاصی به تحقیق و گسترش وسایل کنترل سازه ها شده است که همراه با تاکید خاصی بر کاهش رفتار لرزه ای ساختمانها و پلها در برابر باد و زلزله بوده است. کوششهای زیادی برای گسترش مفاهیم کنترل سازه ها بصورت یک تکنولوژی کارآمد انجام گرفته است ، و در حال حاضر وسایل زیادی از این نوع بر روی انواع مختلفی از سازه ها و ساختمانها نصب گردیده است.

روی هم رفته سیستمهای کنترل سازه را می توان به ایزولاسیون پایه ، جاذب و هدردهنده انرژی غیرفعال ، کنترل فعال ، ترکیبی و نیمه فعال تقسیم نمود. از این چند گروه در حال حاضر ایزولاسیون پایه می تواند به عنوان یک تکنولوژی کامل با کاربردهای قابل مقایسه با دو گروه دیگر فرض شود.

سیستم هدردهنده انرژی غیرفعال یک محدوده وسیعی از مواد و وسایلی را شامل می شود سختی ، میرایی و مقاومت را افزایش می دهند که می تواند هم به عنوان کاهش دهنده لرزش های ناگهانی و هم به عنوان احیا کننده سازه های ناقص و یا فرسوده بکار روند .

بطور کلی یک چنین سیستمهایی بوسیله ظرفیتشان برای افزایش دریافت انرژی در سیستم سازه ای که نصب شده اند مشخص می شوند . این وسایل بطور کلی بر مبنای قوانینی چون اصطکاک تماسی ، جاری شدن مواد ، تغییر شکل ویسکو الاستیک مایعات و جامدات و گذراندن مایعات از سوراخهای کوچک عمل می کنند.

امکان استفاده از سیستم های کنترل فعال و بعضی از ترکیبهای سیستم فعال و غیرفعال بعنوان یک وسیله برای مقابله سازه ها در برابر بارهای لرزه ای ، در سالهای اخیر ، توجه خاصی را به خود جلب کرده است . سیستم های کنترل فعال ، ترکیبی و نیمه فعال وسایل اعمال کننده نیرویی هستند که با کنترل کننده ها ، ارزیابی کننده ها و پردازشگرهای هم زمان و حسگرها با هم در یک سازه جمع شده اند . آنها بطور پیوسته با تحریکات اعمال شده به ساختمان در حال فعالیت هستند تا رفتار آنها را برای افزایش ایمنی و خدمت رسانی بهتر کنترل کنند . امروزه همچنین تحقیقات به مرحله ای رسیده است که سیستم های فعال برای کاهش لرزشهای تصادفی سازه ها بر روی آنها با مقیاس واقعی نصب می شود.

کنترل سازه ها :

امروزه کنترل سازه ها یک قضیه اساسی در جهت طراحی و به روز رساندن سازه ها به شمار می رود که بحث آن با طرح مساله در مورد علوم فضائی و سازه های انعطاف پذیر شروع گردید و سپس پایه ریزی آن در مهندسی عمران در ساخت سازه های مرتفع و پل ها در جهت حفاظت و اسودگی انسانها صورت گرفت .

پیشرفت کنترل سازه ها منوط به پیشرفت دستگاههای اندازه گیری ، پیشرفت محرکها و مدل سازی صحیح از سازه ها و آشنایی با دانش رایانه ، پردازش اطلاعات ، علم کنترل ، دانش مواد ، تکنولوژی اندازه گیری ، فرایند اتفاقی ، دینامیک سازه ها و مهندسی های زلزله و باد می باشد .

کنترل سازه ها به بیان صریح به دو قسمت کلی تقسیم می شود :

– قسمت اول شامل ابزارهای کنترلی رایج و بحث پیرامون انواع آن و طریقه کار هر یک از آنها می باشد .

– قسمت دوم شامل ایده های کنترلی و روشهای مختلف موجود و پیاده سازی این روشها می باشد .

با جمع بندی این دو قسمت ، کنترل سازه ها به طور کامل بیان خواهد شد .

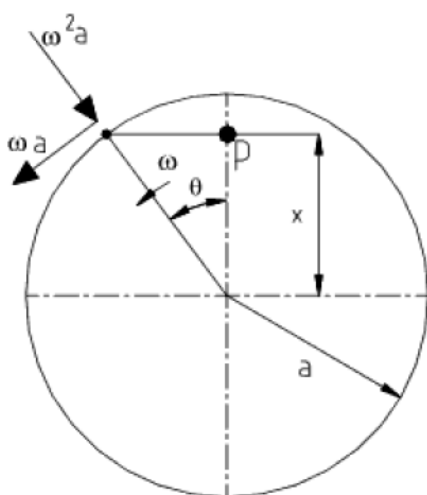
اصول اولیه در کنترل سازه [4],[5],[6]

در حالت کلی لرزش آزادانه در سیستمهای انعطاف پذیر در زمان جابجایی و بازگشت به حالت اولیه رخ خواهد داد. نیروی داخلی جسم را به حالت اولیه باز خواهد گرداند. نیروی بازگشت به واسطه جابجا شدن تولید خواهد شد. شتاب جسم مستقیماً وابسته به نیروی اعمالی به جسم و بازگشت جسم به حالت اولیه جسم است.

در مرحله اول با یک حرکت هارمونیک ساده که در تصویر زیر بر روی محور عمودی X از یک نقطه دوار بر روی دایره به شعاع a با یک سرعت زاویه ای ثابت ω آشنا میشویم.

سرعت مماسی از مبدا برابر است با ωa

شتاب چرخش از مبدا دایره برابر است با $\omega^2 a$



$$x = a \cos(\theta) = a \cos(\omega t)$$

$$\begin{aligned} dx/dt = v &= -\omega a \sin(\omega t) \\ &= -\omega \sqrt{a^2 - x^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx^2/dt^2 = f &= -\omega^2 a \cos(\omega t) \\ &= -\omega^2 a \cos(\theta) \\ &= -\omega^2(x) \end{aligned}$$

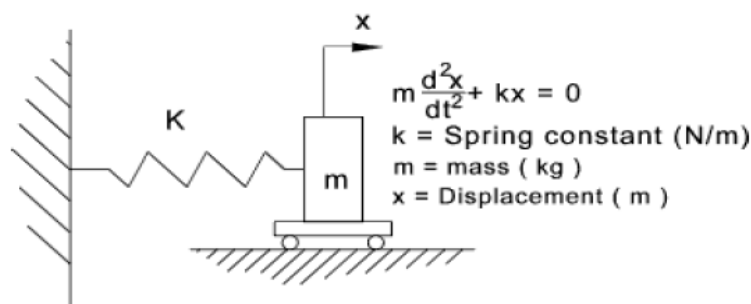
$$dx^2/dt^2 = f_{\max} = \omega^2 a$$

مدت زمان لازم جهت کامل شدن یک پیک برابر است با : $t_p = 2\pi/\omega$

سرعت دوران برابر است با $n = 1/t_p = \omega/(2\pi)$

شتاب برابر است با $\omega^2 x = f = dx^2/dt^2$ و بنابر این $\omega = \sqrt{f/x}$

جرم و فنر:



شکل (۱-۲) جرم و فنر

نیروی بازگشت ناشی از واشدگی فنر برابر است با $F=k.x$. جرم می خواهد شتابی

متناسب با نیروی بازگشت بگیرد. معادله حرکت ناشی از سیستم جرم و فنر برابر است با

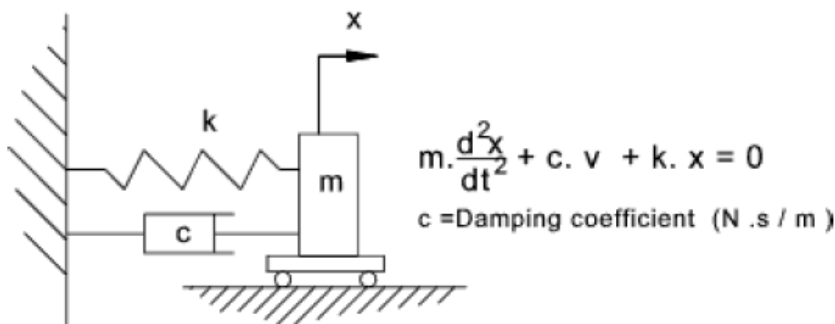
$$m \cdot \frac{dx^2}{dt^2} = -k \cdot x$$

و با باز نویسی مجدد برابر است با $m \cdot (\frac{dx^2}{dt^2} + \omega_n^2 \cdot x) = 0$ که $\omega_n^2 = k/m$

ω_n فرکانس زاویه ای طبیعی نوسان و $n = \omega_n (2\pi) = \text{sqrt}(k/m) / 2\pi$ فرکانس

طبیعی می باشد.

جرم و فنر و دمپر :



شکل (۲-۲) جرم و فنر و دمپر

میزان نیروی مقاوم دمپر متناسب با جرم جسم می باشد.

معادله حرکت جرم و فنر و میراگر برابر است با :

$$m \cdot \frac{dx^2}{dt^2} = -kx - c \cdot \frac{dx}{dt} \quad (1-2)$$

که می توان به صورت زیر بازنویسی نمود :

$$\frac{dx^2}{dt^2} + (c/m) \cdot \frac{dx}{dt} + (k/m) \cdot x = 0 \quad (2-2)$$

حال با برابر قرار دادن $\omega_n^2 = k/m$ و $\zeta = c / (2 m \omega_n) = c / [2.m\sqrt{(k/m)}]$ معادله فوق برابر است با

$$\frac{dx^2}{dt^2} + 2\zeta\omega_n \frac{dx}{dt} + \omega_n^2 x = 0 \quad (3-2)$$

$$(s^2 + (c/m)s + (k/m)) e^{st} = 0 = (s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2) e^{st} \quad (4-2)$$

$$s^2 + s(c/m) + k/m = 0 = s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 \quad (5-2)$$

$$s_{1,2} = -\frac{c}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}} = -\zeta\omega_n \pm \sqrt{\zeta^2\omega_n^2 - \omega_n^2} = \omega_n(-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}) \quad (6-2)$$

$$x = A e^{s_1 t} + B e^{s_2 t} \quad (7-2)$$

$$x = e^{-(c/2m)t} \left(A e^{\left(\sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}\right)t} + B e^{-\left(\sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}\right)t} \right) \quad (8-2)$$

$$x = e^{-\zeta\omega_n t} \left(A e^{+\omega_n(\sqrt{\zeta^2 - 1})t} + B e^{-\omega_n(\sqrt{\zeta^2 - 1})t} \right) \quad (9-2)$$

در $e^{-(c/2m)t}$ چهار حالت میرایی ممکن است رخ دهد :

۱. اگر $(\zeta^2 = 1)$ یا $(k/m) = (c/2m)^2$ انگاه میرایی بحرانی رخ می دهد.

۲. اگر $(\zeta^2 < 1)$ یا $(k/m) > (c/2m)^2$ انگاه زیر میرایی رخ می دهد .

۳. اگر $(\zeta^2 > 1)$ یا $(k/m) < (c/2m)^2$ انگاه فوق میرایی رخ می دهد .

۴. اگر $(\zeta^2 = 0)$ یا $(c/2m)^2 = 0$ انگاه نامیرایی رخ می دهد.

انواع سیستمهای کنترل سازه از نظر استفاده از تجهیزات :

کنترل سازه ها بسته به استفاده از پردازنده و ترکیبات سخت افزار و همچنین قانون کنترل مورد استفاده به انواع گوناگونی تقسیم می شود که هر کدام دارای مزایا و معایبی می باشد .

انواع سیستمهای کنترل با تقسیم بندی سخت افزاری به شرح ذیل می باشد :

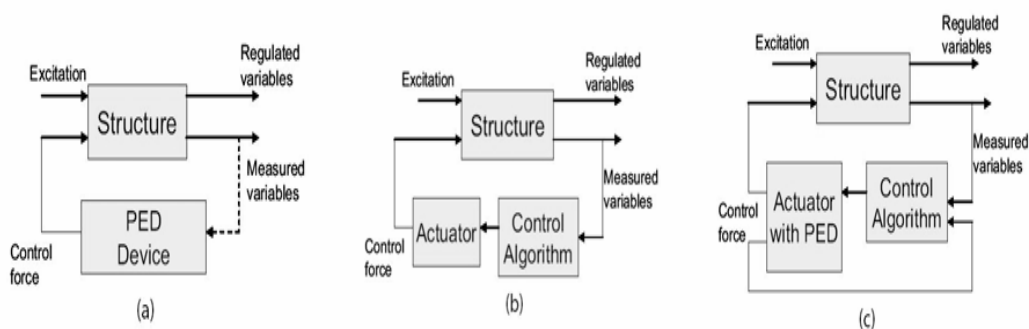
(a) سیستمهای کنترل غیر فعال^۱

(b) سیستمهای کنترل فعال^۲

(c) سیستمهای کنترل نیمه فعال^۳

(d) سیستمهای کنترل ترکیبی^۴

بلوک دیاگرام هر کدام از روشهای گفته شده به شکل (۳-۲) و (۴-۲) می باشد. [17]



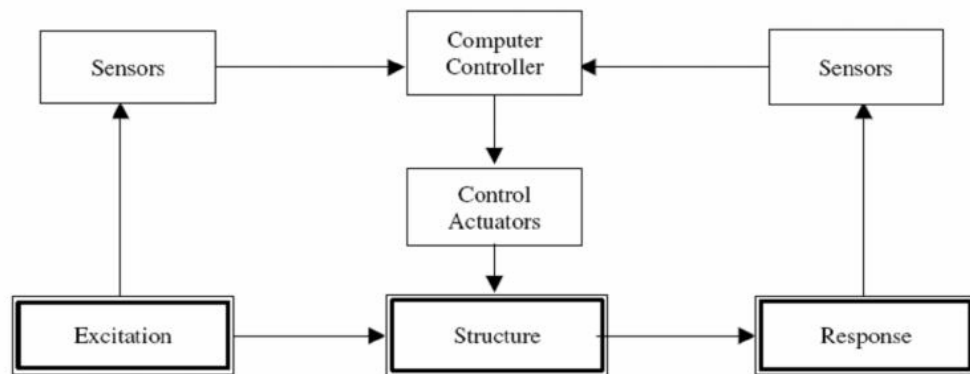
شکل (۳-۲)

¹ Passive Control or Base Isolation

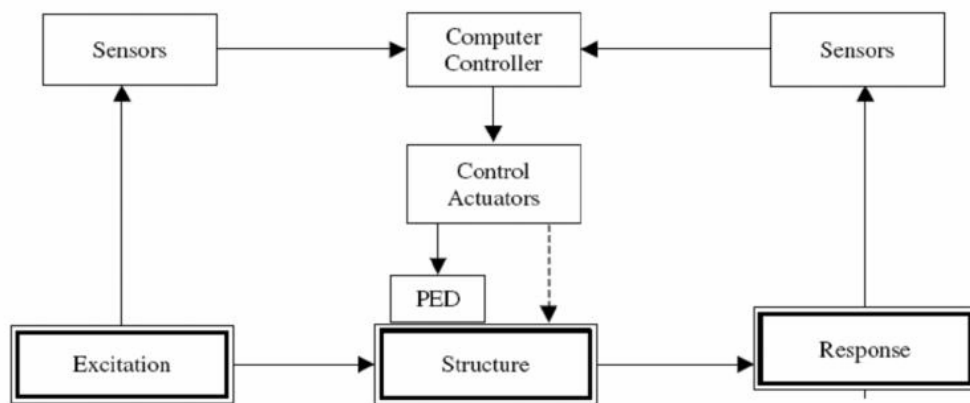
² Active Control

³ Semi Active Control

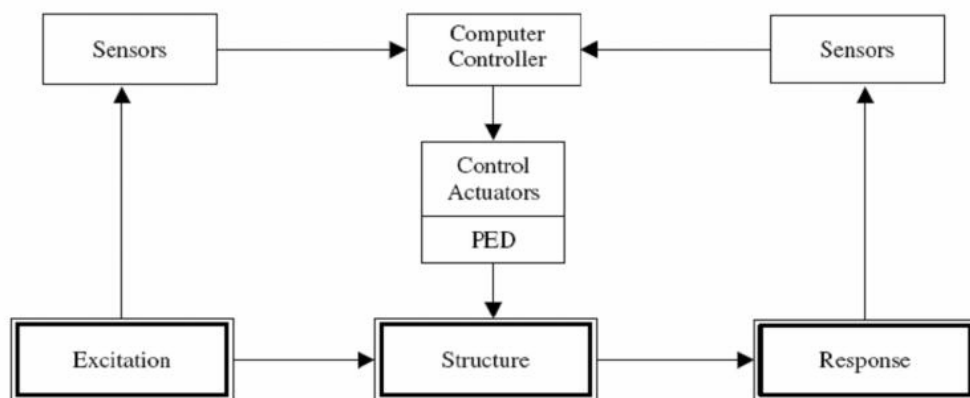
⁴ Hybrid Control



Structure with Active Control



Structure with Hybrid Control



Structure with Semi-Active Control

شکل (۲-۴)

سیستمهای کنترل غیر فعال^۱ [7],[8]:

شامل استفاده از روشهایی جهت بالا بردن مقاومت دینامیکی سازه و ایزوله کردن سازه در برابر نیروی اعمالی از طرف زمین و همچنین راه کارهایی جهت دفع نیروی اعمالی چه به صورت واکنش مقاومتی سازه نسبت به نیروی وارده یا میرا کردن نیرو می باشد.

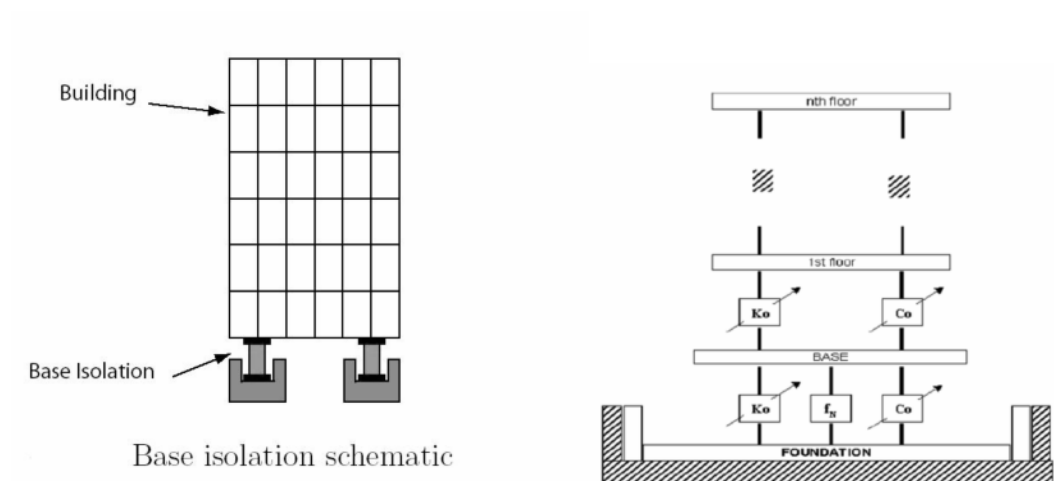
بالا بردن مقاومت دینامیکی سازه شامل :

- مقاوم سازی شناژها
- متصل کردن شناژهای منفرد
- صلب کردن گره ها
- استفاده از دیواره برشی در سازه
- مقاوم سازی پی سازه بر حسب مقاومت خاک (در صورت نیاز استفاده از شمع و تزریق بتن)
- سبک کردن سازه
- دقت در عمل آوری مصالح در زمان ساخت
- استفاده از روش ایزولاسیون پایه در سازه
- استفاده از viscous damper و tuned-mass damper و brace

¹ Passive Control or Base Isolation

روش ایزولاسیون پایه در سازه ها^۱:

در این روش سازه بر روی دمپری که انعطاف پذیر وجاذب انرژی است قرار می گیرد لذا نیروی وارد بر سازه را تا حد زیادی کاهش می دهد که در شکل (۶-۲) آمده است.[8].



شكل (۶-۲)

¹ Base Isolation

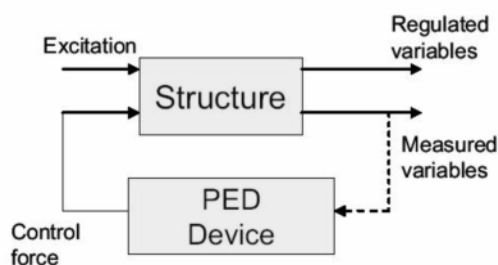
استفاده از viscous damper و tuned-mass damper :

tuned-mass damper جرمی می باشد که با یک تاخیر زمانی نسبت به حرکت سازه در زمانی که سازه در اثر زلزله تحریک می شود شروع به حرکت می کند این تاخیر زمانی سبب میشود وزن جرم نیرویی در جهت مخالف نیروی زلزله بر سازه وارد کند. معمولا مکان قرار گیری این جرم در طبقات فوقانی سازه برای پاسخ بهتر می باشد . میزان جرم جسم بسته به معادله دینامیکی سازه در محل ثقل سازه قرار می گیرد.



شکل (۲-۷)

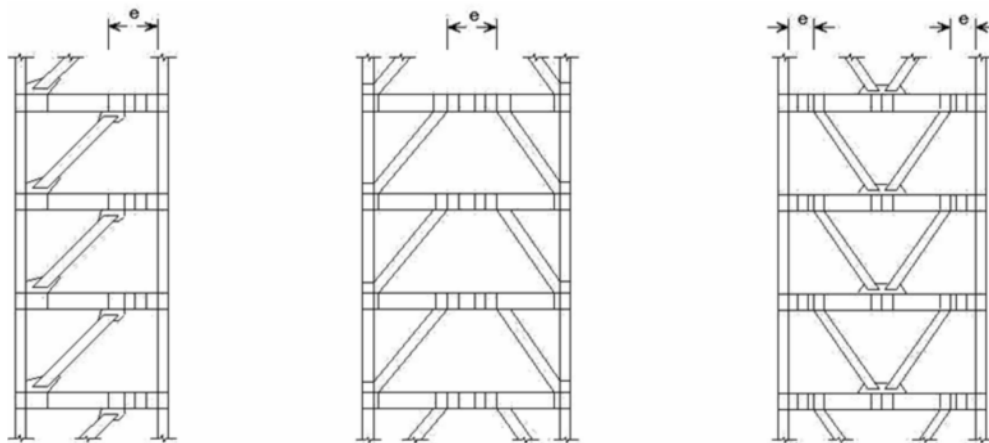
در شکل (۲-۷) ترکیبی از استفاده از viscous damper و tuned-mass damper را میتوان مشاهده نمود که دارای بلوک دیاگرامی به شکل (۲-۸) می باشد.



شکل (۲-۸)

استفاده از بادبند^۱ در سازه ها:

بادبند یک نوع تیر تقویت عرضی می باشد که نیروهای ناشی از زلزله را در سازه مهار می کند. نمونه هایی از قرارگیری بادبند در سازه ها به شکل (۹-۲) می باشد.

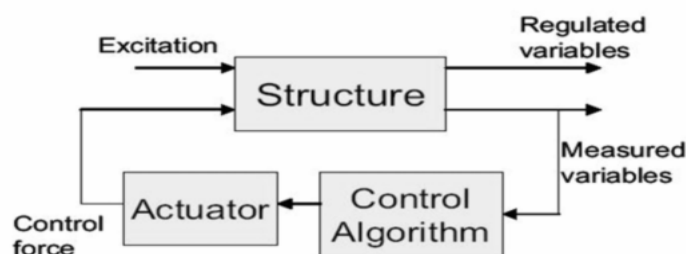


شکل (۹-۲)

^۱ Brace

سیستمهای کنترل فعال :

در این روش دو نیروی ناشی از زلزله و محرک یکدیگر را خنثی می کنند . یک رایانه عمل پردازش اطلاعات خروجی از سنسورها را مطابق با الگوریتم کنترلی بر عهده دارد و سیگنال کنترلی را جهت کنترل شتاب ، سرعت و یا جابجایی به محرکها اعمال می کند . در اینجا محرکها نیاز به نیروی محرکه الکتریکی یا هیدرولیکی دارند. بلوک دیاگرام سیستمهای کنترل فعال به شکل (۲-۱۰) زیر می باشد.



شکل (۲-۱۰)

محرکهای اکتیو کنترل به نوع های مختلفی تقسیم می شود که نمونه های آن به شرح زیر می باشد :

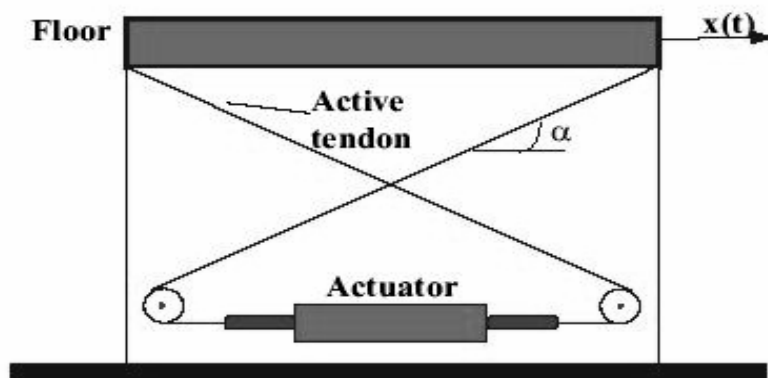
Active Brace , Active Tendon , Active Mass Drivers , Active Tuned Mass Damper

: Active Tendon

این محرک شامل کابلهایی می باشد که از یک طرف متصل به نیروی محرکه الکتریکی یا هیدرولیکی و از طرف دیگر متصل به سازه می باشد. با اندازه گیری میزان تغییرات در سنسورها و اعمال آن به پردازنده، نسبت به قانون کنترل، فرامینی به محرک الکتریکی یا هیدرولیکی (معمولا جک هیدرولیکی می باشد) در جهت کنترل سازه اعمال می گردد. معادله دینامیکی و شماتیک یک سازه متصل به Active Tendon به صورت معادله (۲-۱۰) و شکل (۲-۱۱) می باشد.

(۲-۱۰)

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = -m\ddot{x}_g(t) + (4k_c \cos \alpha) f(t)$$



شکل (۲-۱۱)

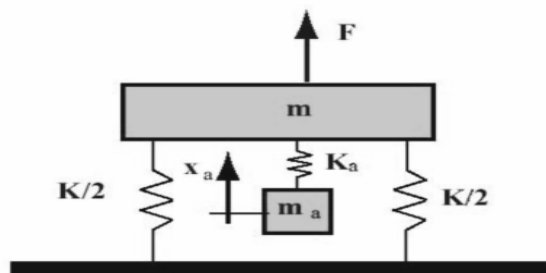
m و c و k به ترتیب جرم، ضریب میرایی و ضریب سختی سازه می باشند. K_c سفتی و α شیب زاویه Tendon می باشند. f نیز نیروی هیدرولیک محرک می باشد و $\ddot{x}_g$ شتاب وارد شده به سازه از جانب زمین می باشد. [18].

: Active Mass Drive

جرم فعال محرک , جرمی است که با توجه به فرامین قانون کنترل پردازنده ناشی از اندازه

گیری سنسورها شروع حرکت می کند. [19]

شماتیک جرم فعال به صورت شکل (۲-۱۲) می باشد.



شکل (۲-۱۲)

معادله حالت جرم فعال در معادله (۲-۱۱) آمده است .

(۲-۱۱)

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & m_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{x}_a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K + K_a & -K_a \\ -K_a & K_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_o \sin \omega t \\ 0 \end{bmatrix}$$

با فرض حالت ماندگار نتایج زیر حاصل خواهد شد :

(۲-۱۲)

$$x_{ss}(t) = X \sin \omega t$$

$$x_{a,ss}(t) = X_a \sin \omega t$$

(۲-۱۳)

$$X = \frac{(K_a - m_a \omega^2) F_0}{(K + K_a - m \omega^2)(K_a - m_a \omega^2) - K_a^2}$$

$$X_a = \frac{K_a F_0}{(K + K_a - m \omega^2)(K_a - m_a \omega^2) - K_a^2}$$

با توجه به تمایل به مینیمم کردن جابجایی داریم نتیجه زیر برای بدست آوردن پارامترها

حاصل خواهد شد :

(۲-۱۴)

$$\omega^2 = \frac{K_a}{m_a}$$

: Active Brace

سیستم تحریک Active Brace معمولاً در هر یک از طبقات سازه به صورت بازوهای V شکل به کار می رود و در سازه های خیلی بلند در دهانه چندین طبقه کار گذاشته می شود. Active Brace دارای گونه های متفاوتی می باشد که به عنوان مثال X Brace را می توان نام برد. سیستم Active Brace دارای محرک هیدرولیکی می باشد که ان وابسته به نیروی افقی مورد تقاضا برای اعمال به صفحات سقف و کف سازه می باشد. در Active Brace معادله حرکت سیال در حال جریان به صورت (۱۵-۲) است.

(۱۵-۲)

$$\dot{f}(t) = \frac{2\beta}{V} (Ak_q c(t) - k_c f(t) - A^2 \dot{x}_a(t))$$

در معادله فوق c میزان ولو ورودی ، f نیروی تولید شده توسط محرک ، A سطح مقطع عرضی محرک ، β ضریب کشیدگی (چسبندگی) سیال ، V مشخصه مقدار سیال هیدرولیک به کار رفته در محرک ، x_a مقدار جابجایی محرک و (k_c, k_q) مقادیر سیستم هستند. معادله حلقه باز سیستم فوق ناپایدار است و جهت پایداری ان استفاده از معادله حلقه بسته لازم می باشد. همچنین دینامیک های اعمالی به محرک وابسته به پاسخ محرک می باشد. پس از استفاده از محرک هیدرولیک با فیدبک واحد معادله سیستم به صورت (۱۶-۲) خواهد شد.

(۱۶-۲)

$$\dot{f}(t) = \frac{2\beta}{V} (Ak_q \gamma(u(t) - x_a(t)) - k_c f(t) - A^2 \dot{x}_a(t))$$

در معادله فوق u فرمان کنترل ، γ بهره فیدبک نسبی برای کنترل کننده و پایدار ساز محرک است. با بازنویسی مجدد معادله به صورت (۱۷-۲) خواهد شد .

(۱۷-۲)

$$\dot{f}(t) = a_1 u(t) - a_1 x_a(t) - a_2 \dot{x}_a(t) - a_3 f(t)$$

$$a_1 = \frac{2\beta k_q \gamma}{V} \quad a_2 = \frac{2\beta A^2}{V} \quad a_3 = \frac{2\beta k_c}{V}$$

معادله حالت سیستم فوق به صورت (۲۰-۲) خواهد شد.

(۲۰-۲)

$$\dot{\mathbf{x}}_a = \mathbf{A}_a \mathbf{x}_a + \mathbf{B}_a \mathbf{u}$$

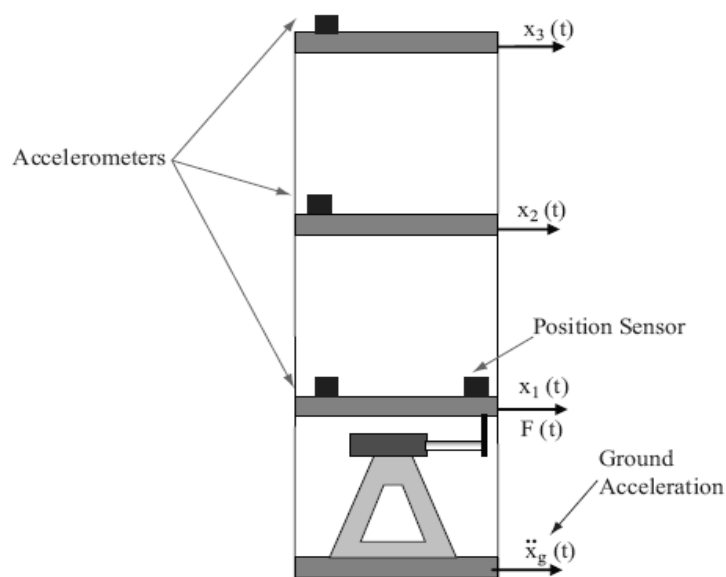
$$\mathbf{y}_a = \mathbf{C}_a \mathbf{x}_a + \mathbf{D}_a \mathbf{u} = \mathbf{f}$$

$$\mathbf{A}_a = [-a_3], \quad \mathbf{B}_a = [a_1 \quad -a_1 \quad -a_2], \quad \mathbf{C}_a = 1, \quad \mathbf{D}_a = [0 \quad 0 \quad 0]$$

حال می توان نیروی بدست آمده $\mathbf{f}$ از معادله (۲۰-۲) را به معادله (۲۱-۲) اعمال نمود و سازه تحریک شده را به شکل (۱۳-۲) تحت کنترل در آورد.

(۲۱-۲)

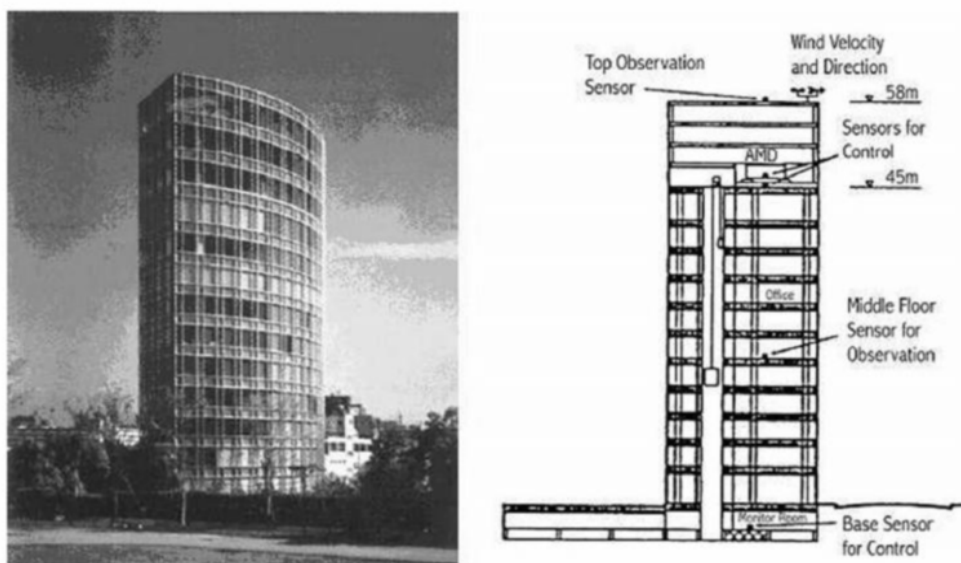
$$[\mathbf{M}] \ddot{\mathbf{x}}(t) + [\mathbf{C}] \dot{\mathbf{x}}(t) + [\mathbf{K}] \mathbf{x}(t) = \mathbf{B}_s F(t) - [\mathbf{M}] \Gamma \ddot{\mathbf{x}}_g(t)$$



شکل (۱۳-۲)

سیستم میراگر جرمی مرکب^۱ :

میراگر جرمی مرکب مرسوم ترین وسیله کنترلی است که در کاربردهای مهندسی عمران به مقیاس واقعی بکار گرفته شده است. یک HMD ترکیبی از یک میراگر جرمی تنظیم شده غیرفعال TMD و یک محرک کنترلی فعال می باشد. توانایی این وسیله برای کاهش پاسخ های سازه مهمتر از همه بستگی به حرکت طبیعی TMD دارد. نیروها از محرک های کنترلی بکارگرفته می شوند تا بازده HMD را افزایش دهند و پایداری آنرا برای تغییر در مشخصات دینامیکی سازه افزایش دهند. انرژی و نیروهای لازم برای کارکردن یک نوع HMD خیلی کمتر از مقدار مورد نیاز برای یک سیستم میراگر جرمی کاملاً فعال با عملکرد یکسان می باشد. یک نمونه از کاربرد این سیستم HMD که در سال 1991 در ساختمان اینتز در توکیو نصب شده است به شکل (2-14) می باشد.

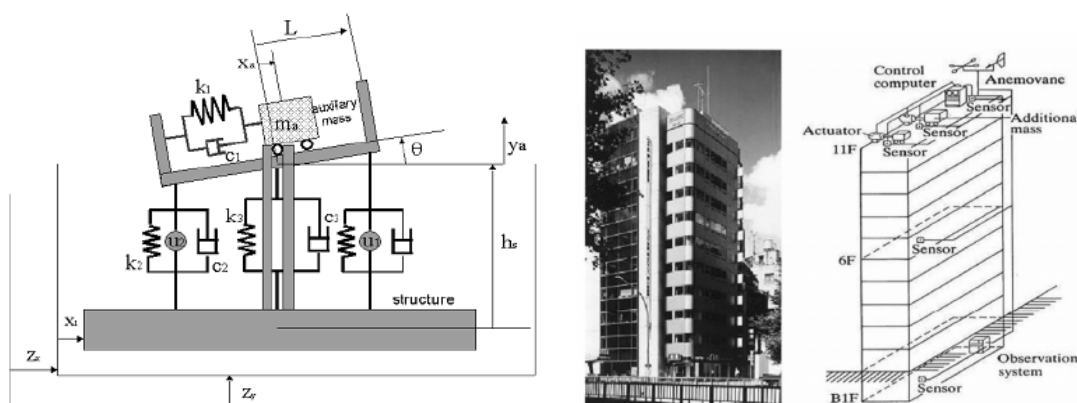


شکل (۲-۱۴) ساختمان SENDAGAYA INTES با میراگرهای جرمی ترکیبی

^۱ HMD(hybrid mass drive)

جرم وميراگر وفق يافته فعال^۱ :

جرم وميراگر وفق يافته فعال در سازه در زمان لرزش با يك اختلاف فاز توسط نيروي هيدروليک يا موتور الكتريکي شروع به نوسان مي کند و سبب تعادل در سازه ميگردد . محدوديت هاي طراحي مانند محدوديت فضاي سرويس ، مي تواند مانع از استفاده از سيستم HMD شود . نمونه ان يك سيستم با ميراگر جرمي فعال يا هدايت کننده جرمي فعال AMD است که در ساختمان کيوبايشي در توکيو طراحي و نصب گرديد . اين ساختمان اولين ساختمان کامل با مقياس واقعي از تکنولوژي کنترل فعال مي باشد که يك ساختمان 11 طبقه با مساحت زيربناي 423 مترمربع است . همانطور که در شکل زير ديده مي شود سيستم کنترلي شامل دو عدد AMD است که AMD اصلي براي حرکت عرضي استفاده گرديد و وزني حدود 4 تن دارد ، در حالي که AMD دوم وزني در حدود 1 تن دارد و براي کاهش حرکات پيچشي استفاده مي گردد. نقش سيستم فعال در اينجا کاهش لرزشهاي ساختمان تحت نيروهاي باد و زلزله و در نتيجه افزايش اسايش و راحتی ساکنان بوده است.



شکل (۲-۱۵) ساختمان کيوبايشي که بر روی آن AMD نصب شده [22]

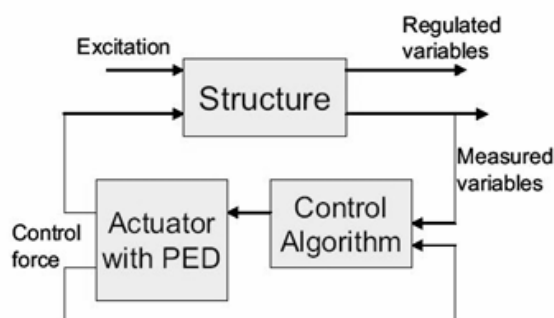
¹ Active Tuned Mass Damper (ATMD)

سیستمهای كنترل نیمه فعال¹

یک سیستم كنترل نیمه فعال در واقع یک سیستم كنترل غیر فعال میباشد که یک یا چند مشخصه آن را بتوان كنترل کرد. به عنوان مثال در fluid viscous damper میزان میرایی را میتوان كنترل کرد. از جمله ابزار نیمه فعالی که در سیستمهای نیمه فعال استفاده میشوند به شرح زیر می باشند :

Variable-orifice dampers , variable-friction dampers , ER² & MR³ devices

ازمهمترین شاخصه های سیستم غیر فعال کار کردن با باتری(نیاز به برق جهت موتور محرک یا هیدرولیک همانند كنترل اکتیو ندارد) وهمچنین اثر پایداری بسیار بالای آن بر روی سازه ها می باشد.



شكل (۲-۱۶)

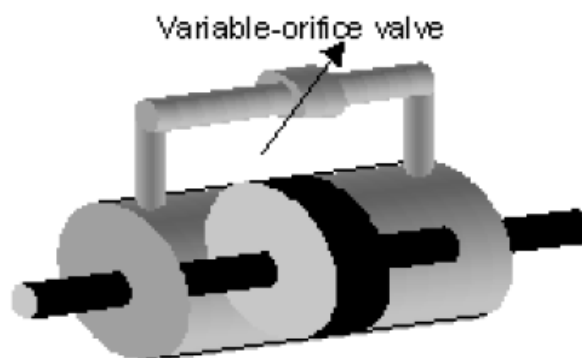
¹ Semi Active Control

² Electro rheological

³ Magneto rheological

: Variable - orifice damper

این نوع دمپر در واقع سیلندری می باشد که دو طرف پیستون آن از طریق یک شیر برقی قابل تنظیم به یکدیگر متصل می گردد که در زمان قرار گیری سیلندر تحت فشار، میزان و سرعت حرکت سیال از یک طرف سیلندر به طرف دیگر آن توسط این شیر قابل کنترل می باشد. این دمپر به شکل (۲-۱۷) می باشد [24]

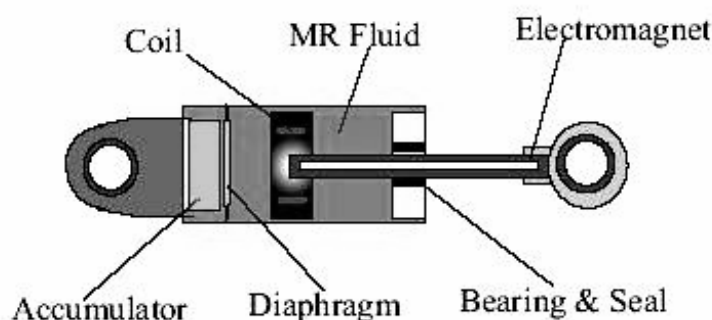


شکل (۲-۱۷) شماتیک میراگر اوریفیس متغیر

تجهیزات MR^2 و ER^1 [9,11,20]

ER : سیلندر هیدرولیکی است که داخل روغن آن مواد دی الکتریک ترکیب می باشد که با اعمال میدان الکتریکی سبب تغییر مقاومت روغن و در نتیجه سبب تغییر رفتار دینامیکی سیلندر می شود.

MR : سیلندری است حاوی مواد ویسکوپلاستیک که از لحاظ کاری مشابه با ER عمل می کند با این تفاوت که محرک آن میدان مغناطیسی می باشد.



شکل (۲-۱۸) شماتیک MR دمپر [21]

این کلاس از وسایل نیمه فعال از سیال قابل کنترل استفاده می کنند که در شکل فوق بطور شماتیک نشان داده شده اند. در مقایسه با سیستم های میراگر نیمه فعال که در گذشته شرح داده شد ، یکی از فواید وسایل با سیال قابل کنترل اینست که آنها شامل هیچ قسمت متحرکی غیر از پیستون نیستند که همین امر آنها را ساده و از نظر پتانسیلی مناسب می کند.

مشخصه ویژه این سیالات توانایی آنها برای تغییر فرم آنها از جریان آزاد، سیال ویسکوز خطی به یک شبه جامد با مقاومت نهایی قابل کنترل در مدت زمان میلی ثانیه می باشد ، هنگامی که در معرض میدانهای الکترونیکی (برای ER) و مغناطیسی (برای MR) قرار گیرند .

¹ Electro rheological

² Magneto rheological

در فقدان هر یک از میدانها ، این سیالات آزادانه جریان پیدا می کنند و می توانند به عنوان سیال نیوتنی مدل شوند. تنش نهایی کلی بوسیله رابطه (۲-۲۲) می آید .

(۲-۲۲)

$$\tau = \tau_{y(field)} Sgn(\dot{\gamma}) + \eta_p \dot{\gamma}$$

که در آن $\tau_{y(field)}$ تنش تسلیم است که بوسیله میدان اعمالی بوجود می آید ، $\dot{\gamma}$ تغییر کرنش برشی و η_p ویسکوزیته پلاستیک می باشد ، که بعنوان شیب تنش برشی اندازه گیری شده به تغییرات کرنش برشی تعریف می شود.

بهترین سیال ER که در حال حاضر در دسترس می باشد دارای تنش تسلیم فقط در حدود 3-3.5 kPa می باشد

اخیرا سیالات MR گسترش یافته اند و بنظر می رسد که یک جایگزین مناسب برای سیالات ER در میراگرهای کنترل پذیر می باشند . سیالات MR بطور کلی شامل ذرات ریز میکرونی ، مغناطیسی قابل پلاریزه شدن هستند که در یک سیال واسطه مانند روغن سیلیکون پراکنده هستند . توسط کارلسن و ویسن مشخص گردید که تنش نهایی بدست آمده از یک سیال MR از نظر مقدار بزرگتر از سیال ER متناظرش می باشد و اینکه سیالات MR می توانند در دمای 4~150c فقط با تغییرات نسبتا کمی در تنش تسلیم عمل کنند .

نسبت تنش تسلیم برای سیالات MR تقریبا $(5 \times 10^{-11} \text{ s/pa})$ می باشد که 3 مرتبه از نظر مقدار کوچکتر از نسبت متناظر برای بهترین سیال ER موجود امروزی می باشد . بنابراین وسایل کنترلی که از سیالات MR استفاده می کنند دارای پتانسیل خیلی کوچکتر از وسایل ER با ظرفیت مشابه می باشند . علاوه بر آن سیال MR می تواند به سادگی با یک نیروی کم (کمتر از 50 w) و ولتاژ پایین (حدود 12~24v) و جریان خروجی منبع تغذیه

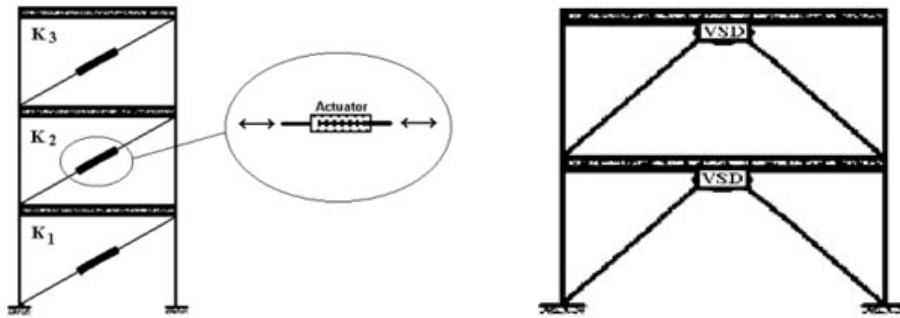
در حدود $1 \sim 2 A$ کنترل گردد . باطری ها به راحتی می توانند چنین نیرویی را تامین نمایند.

سیستم کنترل با استفاده از سختی متغیر¹ :

ایراد عمده کنترل اکتیو در این است که در هنگام زلزله های شدید باید نیروی بزرگی به سازه اعمال نمایند، که این کار نیازمند انرژی زیادی می باشد . از سوی دیگر اعمال این نیروهای بزرگ ممکن است سازه را به ارتعاش درآورد، یعنی سیستم کنترل برعکس حالت مطلوب عمل نماید . از این رو استفاده از سیستم های ذکر شده محدود به زلزله ها با شدت متوسط می گردند . یکی از روشهای غلبه بر مشکلات ذکر شده استفاده از سیستم های کنترل هماهنگ شونده می باشد . سیستم های هماهنگ شونده بطور کلی به سیستم هایی گفته می شود که بطور پیوسته با توجه به یک شاخص عملکرد، رفتار خود را ارزیابی می کنند و مشخصات خود را به گونه ای تغییر دهند که بهترین پاسخ از آن حاصل شود . با توجه به معادلات دینامیکی حاکم بر سازه های برشی مشخص می شود که مشخصه های دینامیکی این سازه ها شامل جرم، میرایی و سختی می باشد . جرم سازه ها عمدتاً ثابت می باشد و نمی توان آنرا در زمان کوتاه تغییر داد و از سوی دیگر تاثیر تغییرات میرایی در پاسخ سازه ها بخصوص در بارگذاری ها با زمان کوتاه به نسبت اثر تغییر سختی بسیار کمتر است . از این ایده ، استفاده از سازه با سختی متغیر شکل گرفت . هدف استفاده از سازه های با سختی متغیر نه تنها حداقل ساختن اثرات مخرب ناشی از زلزله های بزرگ و حفاظت جان استفاده کنندگان است بلکه تامین ایمنی سازه و عملکرد مطلوب سازه پس از وقوع زلزله می باشد . در این روش با دور نگاه داشتن پریود سازه (با تغییر سختی) از حالت تشدید، انرژی ورودی به سازه حداقل نگاه داشته می شود . نکته قابل توجه این است که برای تغییر

¹ variable stiffness

سختی سازه از انرژی بسیار کمی استفاده می شود. از اینرو سیستم ها را می توان برای مقابله با زلزله های با شدت زیاد نیز استفاده کرد.

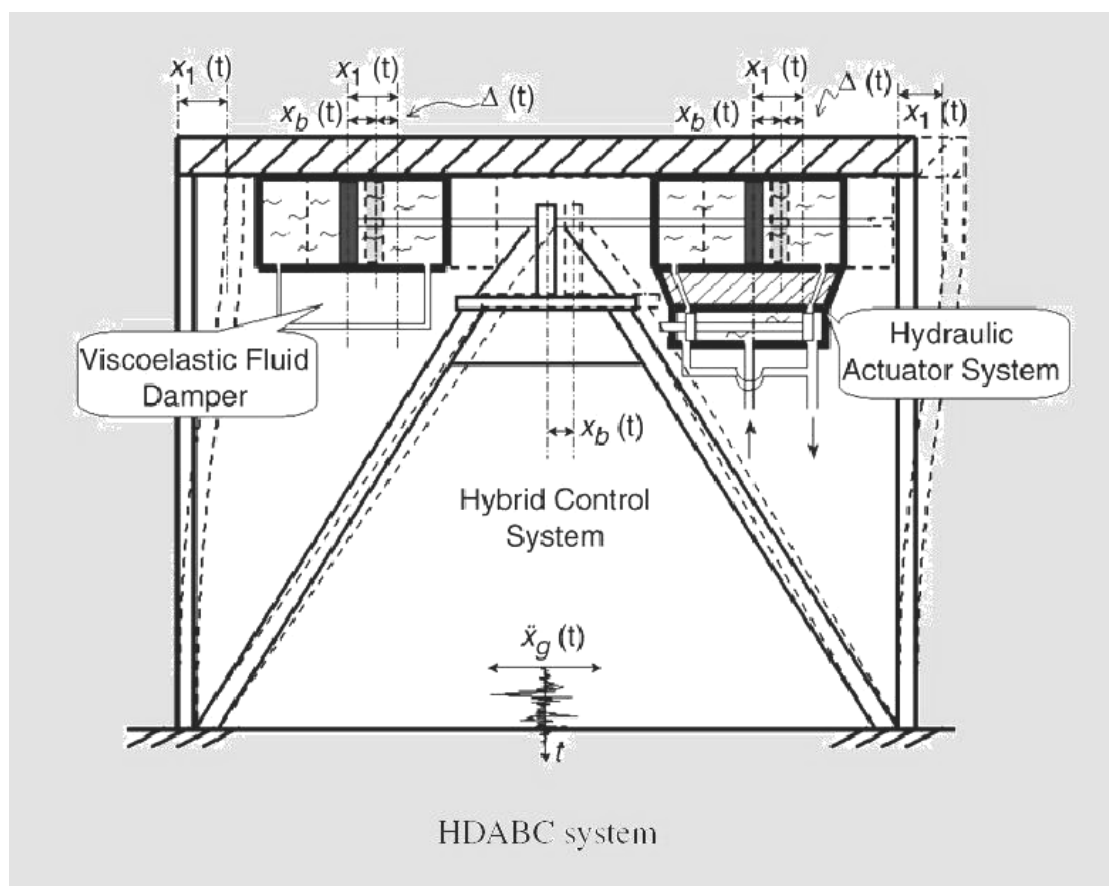


شكل (۲-۱۹) سختی متغير^۱

^۱ variable stiffness

سیستمهای کنترل ترکیبی^۱

از ترکیب سیستم غیر فعال با سیستمهای کنترل فعال ونیمه فعال بدست می آید . به دلیل آنکه در زمان زلزله ممکن است قطع برق رخ دهدو به دنبال آن از مدار خارج شدن محرک در کنترل اکتیو، لذا از یک کنترل نیمه فعال (توسط باتری تغذیه می شوند) به موازات کنترل فعال جهت پایدار ماندن رفتار دینامیکی سازه استفاده می شود. معمولاً در سازه های دارای اهمیت از ترکیب هر سه نوع کنترل غیر فعال ، نیمه فعال و فعال استفاده می شود. در شکل (۲-۲۰) نمونه ای از سیستم کنترل ترکیبی آمده است .



شکل (۲-۲۰)

^۱ Hybrid Control

فصل سوم

قوانین کنترل

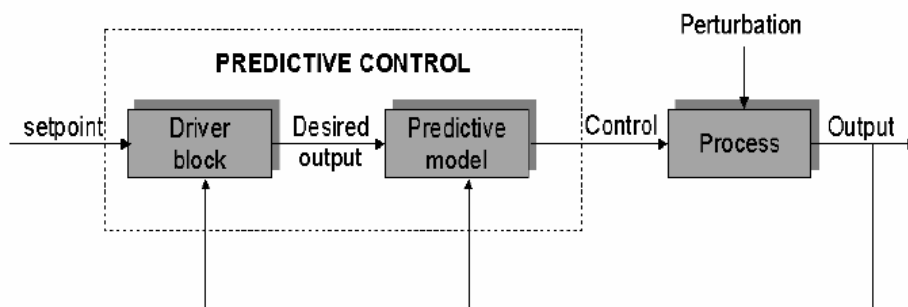
در قسمت های قبل با معادلات دینامیکی سازه ها و همچنین معادلات دینامیکی محرک ها و طریقه ارتباط بین آن دو آشنا گشتیم. در این قسمت می خواهیم با روشهایی که پردازنده بر روی ترکیب معادلات دینامیکی سیستم و محرک کنترل می نماید آشنا شویم.

فهرست مطالب :

- کنترل پیشبین
- کنترل پیشبین تطبیقی
- کنترل بر روی سطح لغزش
- کنترل فازی
- شبکه های عصبی فازی
- پیش بینی با روش شبکه های عصبی فازی

لازمه آنکه پردازنده بتواند بر سازه کنترل نماید بدست آوردن معادله دینامیکی سازه می باشد. پس از بدست آوردن این معادلات می توان هر یک از متدهای کنترلی که شامل کنترل پیش بین، کنترل بر روی سطح لغزش، کنترل تطبیقی، کنترل فازی، کنترل عصبی و ترکیباتی از این روشها را جهت کنترل سازه استفاده نمود.

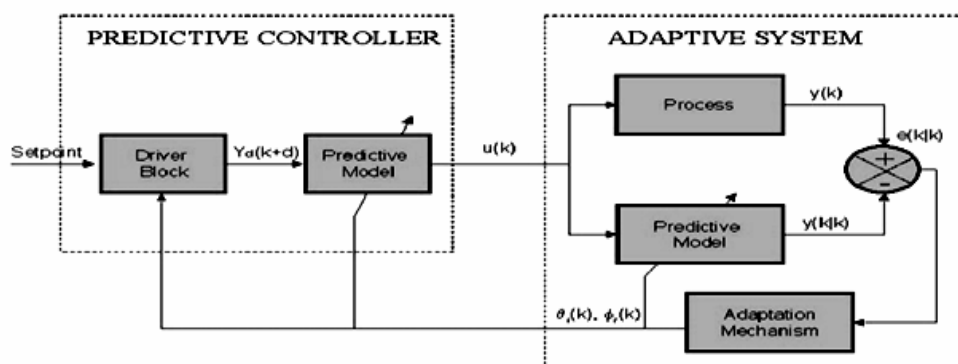
کنترل پیشبین : در این روش با دریافت تغییرات در وضعیت پارامترهای سازه از سنسورها و اعمال آن به معادله دینامیکی سازه پردازنده وضعیت حالت بعد پارامترهای سازه را پیش بینی و فرآینی را در جهت خنثی کردن نیروی وارد شده بر سازه به محرکها اعمال می کند. بلوک دیاگرام این متد کنترلی به صورت زیر می باشد:



Basic block diagram for predictive control system (PCS)

شکل (۳-۱) بلوک دیاگرام کنترل پیشبین

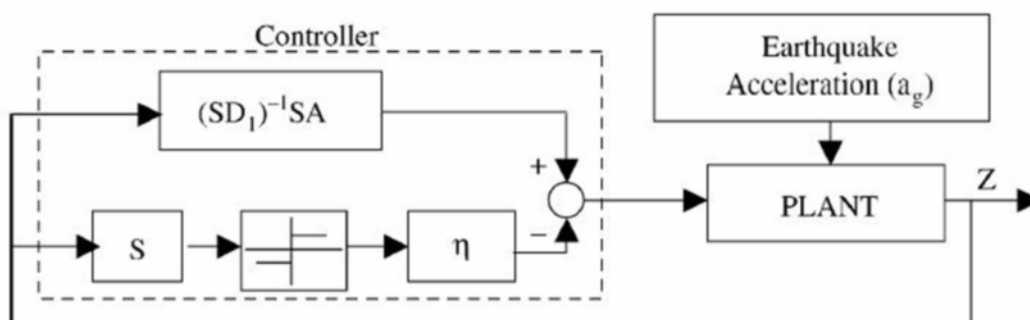
کنترل پیشبین تطبیقی^۱ : به علت آنکه معادلات دینامیکی به دست آمده معمولاً از دقت کافی بهره مند نیستند جهت جلوگیری از ناپایدار شدن سازه و همچنین رسیدن به پاسخ کنترلی مطلوب معمولاً همراه با کنترل پیشبین از کنترل تطبیقی نیز استفاده می شود. در این روش معادلات دینامیکی سازه با دریافت میزان خطا هر زمان بهینه می شود. بلوک دیاگرام این روش به شکل زیر می باشد :



شکل (۳-۲) بلوک دیاگرام کنترل پیشبین تطبیقی [23]

^۱ adaptive predictive control

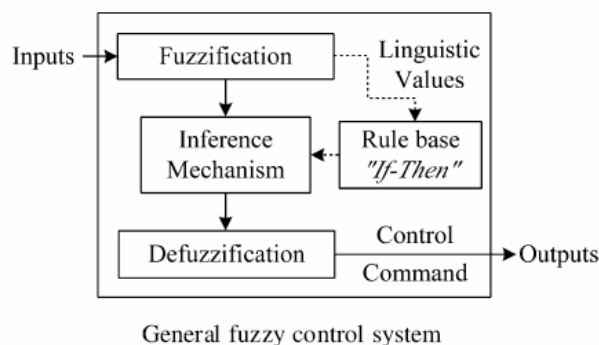
کنترل بر روی سطح لغزش^۱ : در کنترل سازه ها معادله دینامیکی بدست آمده برای سازه ، غیر خطی می باشد. یکی از بهترین روشها جهت کار با معادلات غیر خطی در کنترل ، روش کنترل بر روی سطح لغزش می باشد. در این روش یک سطح لغزش به عنوان سطح صفر یا مرجع می باشد. محرکها تنها در زمانی که پارامتر مورد کنترل بر روی این سطح قرار گرفته اند غیر فعال می باشند. در خارج از این سطح محرکها با توجه به میزان اختلاف دارای گین مثبت یا منفی در جهت رسیدن به این سطح می باشند. این روش به دلیل سادگی ، پایداری بالا و سرعت محاسبه سریع آن با توجه به این که کنترل سطح لغزش بر پایه دو شرط عمل می کند می توان از بهترین متدهای کنترلی عنوان نمود. بلوک دیاگرام این روش به شکل زیر می باشد :



شکل (۳-۳) بلوک دیاگرام کنترل بر روی سطح لغزش [25]

¹ sliding-mode control

کنترل فازی^۱ : از انجایی که کار با محدوده ها برای انسان راحت است و همچنین دوست داریم در نواحی مختلف کنترل های گوناگونی داشته باشیم کنترل فازی در کنترل سازه ها نیز جایگاه خود را پیدا نموده است. در زیر بلوک دیاگرام این متد کنترلی در شکل (۳-۴) آمده است.



شکل (۳-۴)

هر کنترل کننده فازی شامل چهار بخش می باشد:

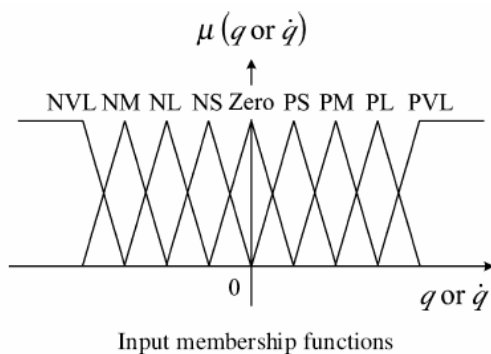
۱. فازی سازها : یک فازی ساز ورودی کنترلر را به اعداد فازی با توابع عضویت تبدیل می کند که در زیر نمونه ای از آن را مشاهده می کنیم.

$$\mu(x) = \begin{cases} \mu_i(x) & \text{if } x \in [x_{\min}^i, x_{\max}^i] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

در اینجا X ورودی کنترلر و μ_i تابع عضویت می باشد

۲. ماشین استنتاج : بر روی داده های ورودی که میتواند شتاب، جابجایی و.. باشد بر حسب قوانین پایه استنتاج میکند به عنوان مثال :

^۱ Fuzzy control



{NVL (negative very large), NL (negative large), NM (negative medium), NS (negative small), Zero (zero), PS (positive small), PM (positive medium), PL (positive large), PVL (positive very large)}

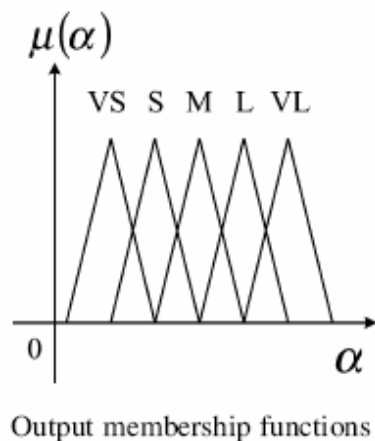
۳. قواعد پایه : شامل چندین اگر و آنگاه "If-Then" می باشد

۴. تجدید داده ها از خروجی کنترلر فازی : در این قسمت خروجی که به صورت فازی

می باشد به میزان بهره جهت استفاده محرکها تبدیل میشود. نمونه ای از خروجی فازی در

زیر آورده شده است :

{VS (very small), S (small), M (medium), L (large), VL(very large)}



شبکه های عصبی فازی :

برای پیش بینی روشهای مختلفی وجود دارد. معمولا برای این مهم از روشهای آماری مثل رگرسیون، مدل‌های سری های زمانی مانند اتورگرسیون و میانگین متحرک و از این قبیل استفاده می کنند در دهه اخیر با رشد ، روشهای فرا ابتکاری و هوش مصنوعی، استفاده از روشهای شبکه های عصبی و منطق فازی برای پیش بینی مورد چالش قرار گرفته و موضوع تحقیق بسیاری از محققین قرار گرفته است. اخیرا ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی که شبکه های عصبی فازی نامیده شده اند، بطور متداول به عنوان ابزار تقریبی غیر خطی استفاده می شوند و دارای محاسن زیادی در پیش بینی، طبقه بندی، خوشه بندی و تکنیک های بهینه سازی هستند.

ایده آموزش برای حل مسائل شناسایی الگوهای پیچیده با استفاده از دیدگاه عامل‌های داده هوشمند برای محققان دانشگاهی بسیار مورد توجه است. شبکه های عصبی ابزار محاسباتی ساده ای برای آزمون داده ها و ایجاد مدل از ساختار داده ها است. داده هایی که برای ایجاد مدلها استفاده می شوند، به داده های آموزشی مشهور هستند. هر گاه شبکه عصبی از داده های آموزشی برای یادگیری الگوهای موجود در داده ها استفاده کند، می تواند آنها را برای دستیابی به خروجی ها و نتایج مختلف بکار بگیرد.

انواع مختلفی از شبکه های عصبی مصنوعی وجود دارد که یکی از معروف ترین آنها، شبکه عصبی چند لایه پیش خور (MFNN) می باشد .

شبکه عصبی چند لایه پیش خور، مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با استفاده از ناظر است. این نوع شبکه عصبی بدلیل کاربردهای گسترده در بسیاری از ابعاد مسائل مربوط به مدیریت، مانند پیش بینی اصولی، طبقه بندی و مدلسازی، بسیار محبوب است. MFNN برای حل مسائلی که شامل یادگیری ارتباط بین یک مجموعه ورودی ها و خروجی های مشخص هستند، مناسب می باشد. که در حقیقت یک تکنیک آموزش با ناظر برای یادگیری ارتباطهای بین داده ها با استفاده از مجموعه داده های آموزش است.

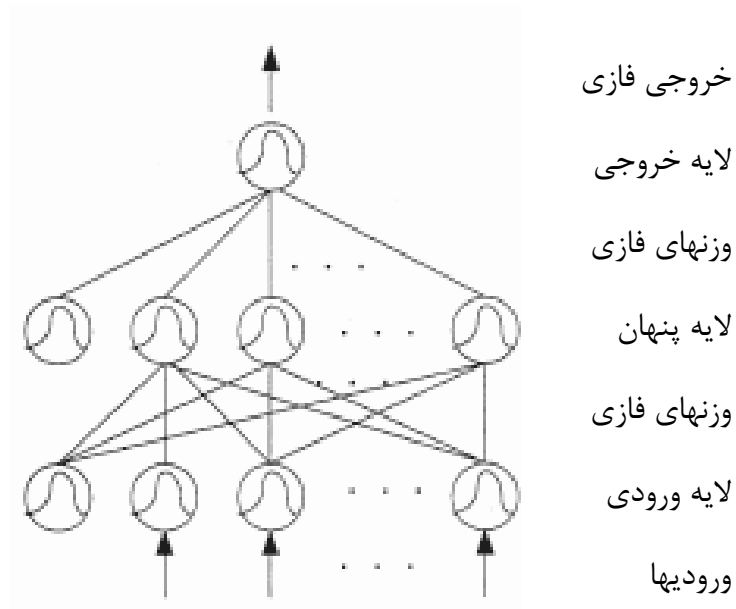
الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا بدین صورت است که برای یک الگوی ورودی داده شده، شبکه یک خروجی Z_k یا مجموعه ای از خروجی ها را ایجاد می کند و این واکنش را با واکنش مطلوب هر عصب d_k مقایسه می کند. این مقدار برای مسائل پیش بینی، مقداری پیوسته می باشد وزن های شبکه سپس برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می شوند و الگوی بعدی نمایان می شود. اصلاح وزن ها بطور پیوسته در این روال تا زمانی که کل خطاها از سطح تolerانس از پیش تعیین شده کمتر شود، ادامه می یابد. [16]

دلیل اینکه تاثیر این به روز رسانی ورودی ها بصورت تدریجی مجذور میانگین خطا را به حداقل می رساند، اینست که تمامی الگوهای ورودی، متکی بر این حقیقت هستند که الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا، گرادیان نزولی در تابع خطا دارد.

بطور کلی، به تنهایی شبکه های عصبی مصنوعی برای مقصودی که ما از آن استفاده می کنیم، توانایی بالایی در توسعه یک مدل در زمانی منطقی را ندارد. از سوی دیگر، مدلسازی فازی برای کاربرد ادغام تصمیمات از متغیرهای متفاوت، نیازمند یک رویکردی جهت یادگیری از تجربیات (داده های جمع آوری شده) است. شبکه ای عصبی مصنوعی و مدل فازی در بسیاری از زمینه های کاربردی استفاده شده اند و هر کدام آنها دارای محاسن و معایبی هستند. بنابراین، ترکیب موفقیت آمیز این دو دیدگاه، مدلسازی شبکه های عصبی مصنوعی و فازی، موضوع مطالعات آتی قرار گرفته است. با ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی، موفق به پیاده سازی یک سیستم فازی به گونه ای شده ایم که قابلیت یادگیری داشته باشد که به اینصورت عمل می کند؛ در هر دور آموزش، هنگام حرکت رو به جلو خروجیهای گره ها به صورت عادی تا لایه آخر محاسبه می شوند و سپس پارامترهای نتیجه توسط روش کمترین مجموع مربعات خطا محاسبه می شوند. در ادامه پس از محاسبه خطا در بازگشت رو به عقب نسبت خطا بر روی پارامترهای شرط پخش شده و با استفاده از روش شیب نزولی خطا مقدار آنها تصحیح می شود. ساختارهای مختلفی برای پیاده سازی یک سیستم فازی توسط شبکه های عصبی پیشنهاد شده اند که یکی از پر قدرت ترین این ساختارها، ساختار موسوم به

سیستم استدلال عصبی فازی مصنوعی (ANFIS) است. معماری سیستم استدلال عصبی فازی

مصنوعی در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. [14,15]



شکل (۳-۵)

روش آموزش اصلی ANFIS روش پس انتشار خطا است . در این روش با استفاده از الگوریتم تندترین شیب نزولی، مقدار خطا به سمت ورودیها پخش می گردد و پارامترها تصحیح می شوند. تفاوت اصلی شبکه های عصبی فازی با شبکه های عصبی مصنوعی در آن است که وزن های شبکه های عصبی فازی، بصورت فازی تعریف شده و بصورت قطعی در نظر گرفته نمی شوند.

پیش بینی با روش شبکه های عصبی فازی:

در طراحی مدل شبکه های عصبی فازی از شبکه عصبی چند لایه پیش خور با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و سیستم استنتاج فازی تاکاگی سوگنو استفاده میگردد. برای طراحی سیستم بهینه شبکه عصبی فازی، از طریق تغییر مداوم تعداد لایه ها و تعداد نرون های لایه های پنهان، توپولوژی مناسب شبکه عصبی مورد بررسی قرار می گیرد. از طریق تغییر مداوم توابع عضویت مختلف و تعداد توابع عضویت نیز سیستم مناسب پایگاه استنتاج فازی طراحی می شود. برای مسائل پیش بینی، از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباطهای داده ها در شبکه عصبی فازی استفاده می شود که عمدتاً مربوط به خطای بین خروجی های پیش بینی شده و خروجی مطلوب واقعی است. [12]

فصل چهارم

کنترل کننده های فازی

منطق فازی [2]

مقدمه

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی علی عسگر زاده ارائه شد این منطق تعمیمی از منطق دو ارزشی می باشد در حالی که در منطق دو ارزشی جایی برای واژه ایی همچون «کم»، «زیاد»، «بزرگ»، «کوچک» و مانند آن که پایه های اندیشه و استدلالهای معمولی انسان را تشکیل می دهند نیست، روش زاده بر پایه به کار گیری همین متغیرهای زبانی است.

به عنوان مثال، مساله رعایت فاصله با خودروی جلویی، در هنگام رانندگی را در نظر می گیریم. برای این کار معمولاً نکات زیر را رعایت می کنیم. «اگر اهسته می رانیم، می توانیم فاصله را کم کنیم»، «اگر جاده لغزنده است، فاصله را زیاد می کنیم»، «اگر هوا تاریک است، فاصله را زیاد می کنیم» و... معمول نیست که در هنگام رانندگی فاصله بین دو خودرو، میزان لغزندگی جاده، تاریکی هوا و حتی سرعت خودرو را به دقت اندازه بگیرند و بر پایه آن مقادیر فاصله مطلوب به دست آید. در منطق دو ارزشی برای مدل سازی چنین سیستمی نیاز به اندازه گیری دقیق هر یک از متغیرها و به کار بردن آنها در رابطه های مربوطه است تا نتیجه دقیقی که میزان فاصله لازم بین دو اتومبیل است، به دست می آید. اما در منطق فازی عباراتی مثل لغزندگی کم یا زیاد، تاریکی کم یا زیاد و سرعت کم یا زیاد را به عنوان متغیرهای ورودی و عباراتی مثل «فاصله را بیشتر (یا کمتر) کن»، به عنوان متغیر خروجی به کار می رود، مشابه آنچه در مغز انسان صورت می گیرد.

به طور کلی در منطق فازی احتیاج به دانستن سه چیز است، اول تعریف یا مدلی برای متغیرها، دوم چگونگی ارتباط متغیرها و سوم چگونگی نتیجه گیری.

در ادامه این سه موضوع را بررسی می کنیم.

مدل فازی متغیرها

مجموعه ای از اعداد را در نظر می گیریم. مثلاً «مجموعه اعداد بزرگتر از ۳» بر روی یک تاس، یعنی

$$A = \{4, 5, 6\}$$

عدد ۴ در این مجموعه هست ولی عدد ۳ در این مجموعه نیست. حال «مجموعه اعداد بزرگ» بر روی

یک تاس را در نظر می گیریم. آیا عدد ۴ در این مجموعه هست؟ در حقیقت نمی توان با قاطعیت

وجود و یا عدم وجود عدد ۴ را در این مجموعه پذیرفت. چنین مجموعه ای یک مجموعه فازی است.

در منطق دو ارزشی عضویت اشیا در یک مجموعه دو حالت را می پذیرد، تعلق و عدم تعلق و یا به

زبان ریاضی، صفر و یک. اما در منطق فازی درجه عضویت هر شیء می تواند عددی بین صفر و

یک (در بازه $[0, 1]$) را بپذیرد. به عنوان مثال اگر قد شخصی ۱۸۵ سانتیمتر باشد و بخواهیم ببینیم آن

شخص بلند قد است یا نه، در منطق دو ارزشی دو حالت داریم، یا قد شخص «بلند است» و یا «بلند

نیست». اما در منطق فازی قد شخص ممکن است «تا حدودی بلند» باشد. در این منطق به قد شخص

عددی بین صفر و یک نسبت می دهیم. مثلاً می گوییم او به اندازه 0.8 متعلق به بلند قد هاست. اما

اگر قد وی 200 سانتی متر باشد او را کاملاً قد بلند می دانیم و می گوییم: او به اندازه 1 متعلق به

بلند قد هاست. این که چه عددی به بلندی قد شخص نسبت داده شود، بستگی به تعریف «بلند قدی»

دارد. در عمل، معمولاً منحنی هایی به کار می رود که نمایش ریاضی ساده ای داشته باشند و با تعداد

کمی پارامتر قابل تنظیم باشند، مثل دوزنقه، مثلث و یا تابع زنگوله ای.

درجه عضویت x را در مجموعه فازی A به صورت $\mu_A(x)$ نشان می دهند. معمول بر این است که

منحنی درجه عضویت را کوژ یا محدب (Convex) می گیرند که در این صورت اگر هر دو نقطه از آن

با ارتفاع برابر را در نظر بگیریم، همه نقاط بین آن دو دارای ارتفاعی بیشتر یا برابر ارتفاع دو نقطه

هستند. یک عدد ممکن است تا حدودی متعلق به یک دسته باشد. در حالت استاندارد، مجموع

درجات عضویت هر متغیر به همه مجموعه های موجود برابر یک است. در بسیاری از موارد به جای

دانستن قد یک شخص تنها بلند قد بودن او بر ما معلوم است. در این صورت «منحنی بلند قد بودن» تمام آگاهی ما از قد او را در بر دارد.

می توان عملیات ریاضی معمولی را بر روی تابع های فازی تعریف کرد. به عنوان نمونه فرض کنید دو تابع فازی دوزنقه ای:

$$A = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ 1], \ B = [b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4 \ 1]$$

در این صورت می توان عملیات زیر را تعریف کرد.

$$\frac{1}{A} = \left[\frac{1}{a_2} \quad \frac{1}{a_1} \quad \frac{a_4}{a_2}(a_2 + a_4) \quad \frac{a_3}{a_1}(a_1 - a_3) \quad 1 \right]$$

$$A + B = [a_1 + b_1 \ a_2 + b_2 \ a_3 + b_3 \ a_4 + b_4 \ 1]$$

$$A - B = [a_1 - b_2 \ a_2 - b_1 \ a_3 + b_4 \ a_4 + b_3 \ 1]$$

توجه شود $A+B$ تعریف شده در بالا با رابطه اجتماعی بین دو مجموعه فازی که ان هم گاه با نماد + نشان داده می شود و به زودی در مورد ان توضیح خواهیم داد، یکسان نیست.

یکی از توابع مهم در منطق فازی، تابع مکمل می باشد. در منطق دو ارزشی مکمل a به صورت $1-a$ تعریف می شود. در منطق فازی این تابع را می توان به صورتهای گوناگونی نشان داد. مثلاً

$$\mu_A(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (1-4)$$

که تعمیم مستقیم منطق دو ارزشی است.

تابع مکمل باید بتواند چند شرط زیر را برآورده کند:

(۲-۴)

- 1) a) if $\mu_A(x) = 0 \Rightarrow \mu_{A^c}(x) = 1$
 b) if $\mu_A(x) = 1 \Rightarrow \mu_{A^c}(x) = 0$
- 2) if $\mu_A(x) < \mu_A(y) \Rightarrow \mu_{A^c}(x) \geq \mu_{A^c}(y)$

۳) تابع مکمل پیوسته است.

(۴) تابع مکمل C یا تابع انعکاس^۱ است یعنی:

$$\forall a \in [0,1] : C(C(a)) = a \quad (۳-۴)$$

رابطه های بین متغیرها :

بین دو متغیر فازی سه گونه رابطه وجود دارد، اشتراک، اجتماع و ایجاب . البته باید توجه داشت که رابطه بین دو مجموعه فازی A و B از دو متغیر X و Y به صورت $R(\mu_A(x), \mu_B(y))$ نوشته می شود. این رابطه در حقیقت تابعی است از فضای $X \times Y$ به فضای $[0, 1]$. به عبارتی یک رابط بین دو متغیر، رویه ای است در فضای سه بعدی، در حالت کلی تر رابط بین n مجموعه فازی $A_1, \dots, A_n$ از متغیرهای فازی $x_1, \dots, x_n$ به صورت $R(\mu_{A_1}(x), \dots, \mu_{A_n}(y))$ نوشته می شود که نتیجه، یک ابر رویه در فضای $n+1$ بعدی می باشد.

رابطه اجتماعی Union :

در منطق، رابط اجتماع هنگامی به کار می رود که به خواهیم حکم، در صورت درستی یکی از فرضهای به دست آید. به عبارتی، درست بودن یکی از فرضها، حکم را ثابت کند. در منطق فازی اجتماع رابطه ایست به صورت:

$$u : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \quad (۴-۴)$$

البته متغیرهای وابسته، $\mu_A(x)$ ، $\mu_B(y)$ در نظر گرفته می شوند و نه X و Y .

رابطه اجتماعی باید شرطهای زیر را برآورده کند:

✓ باید در حالت ویژه منطق دو ارزشی صدق کند.

$$u(0,0) = 0 , u(0,1) = 1 , u(1,0) = 1 , u(1,1) = 1 \quad (۵-۴)$$

✓ u باید جابجایی پذیر باشد

$$u(a,b) = u(b,a) \quad (۶-۴)$$

✓ u یکنواخت است.

^۱-Invotutive

$$\text{if } a \leq a', b \leq b' \Rightarrow u(a, b) \leq u(a', b') \quad (7-4)$$

✓ u شرکت پذیر است.

$$u(u(a, b), c) = u(a, u(b, c)) \quad (8-4)$$

در عمل شرطهای زیر نیز برآورده می شود:

u پیوسته است.

u همانی است.

$$u(a, a) = a \quad (9-4)$$

U به صورتهای گوناگونی چون:

$$u(a, b) = \max(a, b), u(a, b) = \min(1, x + y), u(a, b) = a + b - ab \quad (10-4)$$

تعریف می گردد. رابط اجتماعی را با S نمایش داده و به آن کونرم می گویند.

رابط اشتراک Intersection :

این رابط هنگامی به کار می رود که بخواهیم حکم در صورت درست بودن تمام فرضها درست باشد،

به عبارتی درست بودن تمام فرضها، حکم را ثابت می کند. این رابط را می توان به صورت زیر بیان

کرد.

$$i = [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \quad (11-4)$$

که باید شرطهای زیر را برآورده کند:

i منطق دو ارزشی را باید برآورده کند:

$$i(0,0) = 0, i(0,1) = 0, i(1,0) = 0, i(1,1) = 1 \quad (12-4)$$

i جابجایی پذیر است:

$$i(a, b) = i(b, a) \quad (13-4)$$

i یکنواست:

$$\text{if } a \leq a', b \leq b' \Rightarrow i(a, b) \leq i(a', b') \quad (14-4)$$

i شرکت پذیر است:

$$i(i(a,b),c) = i(a,i(b,c)) \quad (۱۵-۴)$$

دو شرط پیوستگی و همانی نیز می توانند به شرطهای بالا اضافه شوند. 1 به صورتهای گوناگونی چون:

$$i(a,b) = \min(a,b) \quad i(a,b) = \max(0, x+y-1) \quad , i(a,b) = a.b \quad (۱۶-۴)$$

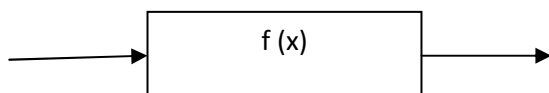
تعریف می گردد. رابطه اشتراک را به T نشان داده و به آن T نرم می گویند.

رابط ایجاب : Implication

رابط ایجاب به خوبی می تواند برای توصیف یک سیستم به کار رود. سیستم زیر را در نظر بگیرید. می

توان توصیف ورودی-خروجی آن را به صورت « اگر $x=a$ آنگاه $y=b$ » بیان کرد که یک رابط ایجابی

بین ورودی و خروجی است.



رابط ایجاب رابطی است به صورت زیر

$$R : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \quad (۱۷-۴)$$

$$R(\mu_A(x), \mu_B(y)) \equiv A \Rightarrow B \quad (۱۸-۴)$$

از منطق دو ارزشی می دانیم:

$$A \Rightarrow B \equiv A^c \vee B \quad (۱۹-۴)$$

در منطق فازی هم به پیروی از هم ارزی بالا، رابط ایجاب را به شکل زیر نشان می دهند:

$$R(\mu_A(x), \mu_B(y)) = S(\mu_{A^c}(x), \mu_B(y)) \quad (۲۰-۴)$$

مثالهایی از این رابط را می توان به صورتهای زیر بیان داشت:

$$R(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \text{Max}(1 - \mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (۲۱-۴)$$

که بر پایه رابط اجتماع $S(x,y) = \max(x,y)$ به دست آمده است و یا:

$$R(\mu_A(x), \mu_B(y)) = 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y) - (1 - \mu_A(x))\mu_B(y) = \mu_B(y) + \mu_{A^c}(x)\mu_{B^c}(y) \quad (۲۲-۴)$$

که بر پایه رابط اجتماع $S(x,y) = x + y - xy$ به دست آمده است.

هم ارزی را در منطق دو ارزشی به صورتهای دیگری می توان نوشت:

$$A \Rightarrow B \equiv A^c \vee (A \wedge B) \quad (۲۳-۴)$$

و یا

$$A \Rightarrow B \equiv (A^c \wedge B^c) \vee B \quad (24-4)$$

در منطق دو ارزشی تفاوتی از نظر کاربرد هر یک از آنها وجود ندارد، ولی در منطق فازی نتایج متفاوتی به دست می آید. بر پایه هم ارزی بالا می توان رابطه های ایجابی زیر را تعریف کرد:

$$A \Rightarrow B \equiv S(\mu_{A^c}(X), T(\mu_A(x), \mu_B(y))) \quad (25-4)$$

$$A \Rightarrow B \equiv S(T(\mu_{A^c}(x), \mu_{B^c}(y)), \mu_B(x)) \quad (26-4)$$

البته لازم به ذکر است که عملاً رابط هایی چون رابط ایجاب ممدانی:

$$A \Rightarrow B \equiv \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (27-4)$$

هم به کار می روند که منطق دو ارزشی را برآورده نمی کنند.

استنتاج Inference:

فرض کنید بدانیم که $A \Rightarrow B$ ، B مجموعه هایی فازی در فضای X و Y می باشند) برقرار است. چنانچه A' در فضای X باشد می خواهیم ببینیم چه نتیجه ای (B') می توان از آن گرفت. به عبارتی:

$$\begin{array}{c} A \Rightarrow B \\ \frac{A'}{\therefore ?} \end{array}$$

پاسخ به این پرسش حل مساله استنتاج است.

پیش از مطرح کردن استنتاج در منطق فازی، نگاهی به منطق دو ارزشی می اندازیم و عمل استنتاج در چنین منطقی را بررسی می کنیم.

فرض کنید بدانیم $A \Rightarrow B$ و نیز A' مشاهده شده باشد. به عبارتی $A \Rightarrow B$ و A' درست می باشند. می خواهیم ببینیم در رابطه قبل، «؟» چه چیزی می تواند باشد.

$$((A \Rightarrow B) \wedge A') \Rightarrow ?$$

به ازای چه گزاره ای برقرار است. سمت چپ این گزاره ایجابی برابر است با

$$(A \Rightarrow B) \wedge A' \equiv (A^c \vee B) \wedge A' \quad (28-4)$$

سمت چپ گزاره شرطی همواره درست است پس سمت راست نیز همواره درست است. به این ترتیب برای درست بودن گزاره شرطی می توان نوشت

$$? \equiv (A^c \vee B) \wedge A'$$

در منطق فازی بر پایه رابطه بالا قاعده استنتاج CRI (Compositional Rule of Inference)، به

صورت زیر تعریف شده است:

$$\mu_{B^i}(y_j) = \max_{x_i} [\min(\mu_{A^i}(x_i), \mu_{A \rightarrow B}(x_i, y_i))] \quad (29-4)$$

که در آن x_i و y_i اعضای مجموعه های X و Y می باشند و

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = R(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (30-4)$$

در صورت تعدد قواعد برای استنتاج به دو صورت می توان عمل کرد:

۱- از ترکیب تمامی قواعد یک قاعده کلی به دست آورده، با کمک آن استنتاج کرد:

$$\mu_R(x_i, y_i) = \mu_{A_1 \rightarrow B_1}(x_i, y_j) \oplus \dots \oplus \mu_{A_N \rightarrow B_N}(x_i, y_j), i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m \quad (31-4)$$

$$\mu_{B^1}(y_j) = \max_{x_i} \min(\mu_{A^1}(x_i), \mu_R(x_i, y_j)), j = 1, \dots, m \quad (32-4)$$

۲- نتیجه ترکیب هر قاعده را با مشاهده به دست آورده و سپس همه نتایج را با هم ترکیب کرد:

$$\mu_{B_K^1}(y_i) = \sup_{X_i} T(\mu_A(x_i), \mu_{A_K \rightarrow B_K}(x_i, y_j)) i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, k = 1, \dots, N \quad (33-4)$$

$$\mu_{B^1}(y_j) = \mu_{B_1^1}(y_j) \oplus \dots \oplus \mu_{B_N^1}(y_j), j = 1, \dots, m \quad (34-4)$$

روشهای دیگری نیز برای استنتاج موجود است که در زیر نگاهی گذرا به برخی از آنها می اندازیم.

قاعده درونیابی Interpolation Rule

در این روش برای استنتاج نخست فرض هر قاعده (A_i) را با مشاهده (A^1) ترکیب کرده و از روی آن اندازه شباهت آن دو، خروجی (B^1) به دست می آید.

$$(35-4)$$

$$\gamma_k = \sup_{X_1} T(\mu_{A_k}(x_i), \mu_{A^1}(x_i)) i = 1, \dots, m, k = 1, \dots, N$$

$$\mu_{B^1_k}(y_j) = T(\gamma_K, \mu_{B_K}(Y_j)) \quad (36-4)$$

$$\mu_{B^1}(y_j) = S_K \mu_{B^1_K}(y_j) \quad (37-4)$$

❖ درجه شباهت (γ_k) یک عدد است و نه یک تابع.

قاعده استدلال تشبیهی تقریبی^۱

این روش تعمیمی از روش درونیابی است. الگوریتم مربوط به موتور استنتاج را می توان به صورت زیر نوشت.

گام اول) برای $k=1, \dots, N$ درجه تشابه A' و A_k یعنی S_k را به دست می آوریم. این درجه تشابه به روشهای گوناگونی به دست می آید

گام دوم) در حالت کلی نیازی به شرکت دادن همه قواعد در استنتاج نیست. می توان قواعدی که درجه تشابه آنها با مشاهده یعنی S_k از مقدار مشخص بیشتر باشد و یا تنها L قاعده با بیشترین درجه تشابه را برگزید ($1 \leq L \leq k$). این گزینش در گام دوم انجام می شود. (در روش درونیابی همه قواعد برگزیده می شوند)

گام سوم) برای قاعده یا قواعد برگزیده شده در گام دوم، حکم B'_K را نتیجه می گیریم. این کار با کمک B_K و S_k انجام می شود.

گام چهارم) در پایان، این نتایج با هم ترکیب می شوند.

¹ Approximate Analogical Reasoning

استدلال قیاسی تقریبی^۱

روش استدلال تشبیهی تقریبی ارائه شده این اشکال را دارد که در حالتی که $A' \subset A$ باشد، پاسخی به غیر از B (پاسخ واقعی) ارائه می دهد. برای حل این مشکل استدلال قیاسی تقریبی را که بر پایه درجه زیر مجموعه‌گی به جای درجه تشابه کار می کند، ارائه کرده اند. روش ارائه شده مشابه استدلال تشبیهی تقریبی است و تنها در گام اول به جای درجه تشابه، درجه زیر مجموعه‌گی به کار می رود.

درجه زیر مجموعه‌گی را می توان به صورت

$$Q(A, A') = \frac{f(A' \cap A)}{f(A')} \quad (38-4)$$

نوشت مثلاً اگر

$$f(A) = \sum_{count} (A) = \sum_x \mu_A(x) \quad (39-4)$$

$$Q(A', A) = \frac{\sum_{Count} (A' \cap A)}{\sum_{Count} (A')} = 1 - \frac{Max(0, \mu_{A'}(x) - \mu_A(x))}{\sum_{Count} (A')} \quad \text{درجه زیر مجموعه‌گی به صورت}$$

می آید.

می توان هر دو درجه تشابه و زیر مجموعه‌گی را به کار برد. برای این کار نخست از روی درجه تشابه تعداد $1 \leq I \leq K$ قاعده برگزیده می شود و اگر درجه زیر مجموعه‌گی A' در فرض قواعد برگزیده شده از مقدار آستانه ای بیشتر بود آن قاعده برای استنتاج به کار می رود.

همان گونه که دیده شد برای تعریف و ترکیب متغیرهای فازی روش یگانه ای وجود ندارد. اینجاست که مساله انتخاب بهترین روش پیش می آید که گزینش ساده ای نیست. در واقع بسته به صورت مساله و میزان پیچیدگی پذیرفته شده، روش تعریف و ترکیب قواعد، برگزیده می شود

¹ Approximate Deductive Reasoning

کنترل کننده های فازی.[2]

در ابتدا با منطق فازی آشنا شدیم و دیدیم که چگونه می توان آن را برای استدلال تقریبی به کار برد. با کمک استدلال تقریبی می توان فرآیندهای گوناگون را کنترل کرد. در حقیقت بین این فرایندها، ایده های کنترل مشترک می باشند و تنها موارد مصرف آن فرق می کند. ساختار کلی کنترل کننده های فازی :

یک کنترل کننده فازی از چهار بخش پایه ای تشکیل شده است: فازی کننده، پایگاه معرفت، بخش تصمیم گیری و غیر فازی کننده، شکل (۴-۱) نمایی از یک کنترل کننده فازی را ارائه می دهد.

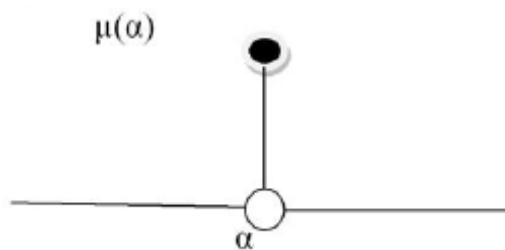


شکل (۴-۱) نمای داخلی کنترل کننده فازی

اینک به تشریح هر بخش می پردازیم.

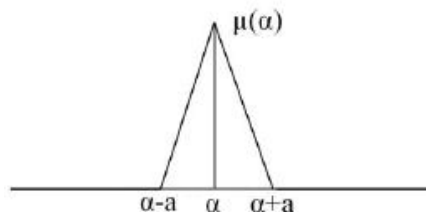
فازی کننده^۱:

در این بخش دو کار انجام می شود. نخست مقادیر متغیرهای ورودی به کنترل کننده، به هنجار شده و به محدوده متغیرهای کنترل کننده می رود. در مرحله بعد، این متغیرها فازی می شوند. یعنی به هر کدام در هر لحظه، به جای یک عدد، یک تابع که تابع عضویت آن است، نسبت داده می شود. برای این کار، چندین روش موجود است. روش اول این است که متغیر به صورت تک مقداری فازی شود. در این حالت تابع عضویت متغیر، به ازای مقدار خوانده شده متغیر برابر یک و در دیگر نقاط برابر صفر می باشد. شکل (۲-۴) نمونه ای از این گونه تابع عضویت را نشان می دهد.



شکل (۲-۴)

در روش دیگر می توان آن را به صورت یک منحنی نمایش داد. مثلاً فرض کنید انحراف معیار اندازه متغیر، در حالت غیر فازی، به علت وجود نویز و یا خطای اندازه گیری، برابر α باشد. در آن صورت تابع فازی متغیر به صورت مثلثی متساوی الساقین که میانه قاعده آن در مقدار اندازه گرفته شده بوده، طول قاعده آن برابر 2α بوده و بلندایی برابر یک دارد، تعریف می شود (شکل (۳-۴)).



شکل (۳-۴)

^۱ Fuzzifier

می توان به جای آن فرمهای دیگری مثل زنگوله ای یا دوزنقه ای را هم به کار برد که بستگی به مساله دارد. علاوه بر آن این امکان وجود دارد که ورودی از ابتدا به صورت متغیر زبانی باشد.

پایگاه معرفت¹ :

پایگاه معرفت، که اکنون آن را با KB نمایش می دهیم بخشی از کنترل کننده است که داده های مربوط به کنترل کننده در آن نگهداری می شود. KB شامل دو بخش است؛ پایگاه داده ها (DB) و پایگاه قواعد (RB). در بخش DB داده های مربوط به توابع فازی، فازی کننده، غیر فازی کننده، تعریف رابطه ها و چگونگی استنتاج نگهداری شده است. این داده ها شامل ساختار توابع و همچنین پارامترهای آن است. در بخش RB قواعدی که بر پایه آنها و با توجه به ورودی کنترل کننده، خروجی آن به دست می آید، نگهداری شده است. این قواعد به شکل قواعد زبانی «اگر... آنگاه...» می باشند. ممکن است قواعد با درجات ارزش گوناگون در استنتاج شرکت کنند. درجه ارزش هر قاعده در بخش DB نگهداری می شود. در صورتی که کنترل کننده توانایی یادگیری نداشته باشد هر دو بخش KB ثابت هستند. اما اگر سیستم توانایی یادگیری داشته باشد هر دو بخش و یا یکی از آنها می توانند تطبیقی باشند. داده های KB می تواند از راههای گوناگونی از جمله گرفتن داده از اپراتور خبره، به کارگیری مدل فازی فرایند، به کار گیری مدلهای خطی و غیر خطی فرایند و یا دریافت داده به وسیله خود کنترل کننده در حین کنترل فرایند به دست آید.

بخش تصمیم گیری یا موتور استنتاج² :

در این بخش با توجه به ورودی کنترل کننده که بیشتر به کمک بخش فازی کننده به شکل متغیر فازی در آمده است و RB موجود، خروجی کنترل کننده (به شکل متغیرهای فازی) با کمک روشهای استنتاج به دست می آید. خروجی این بخش به فرم متغیر فازی (متغیر زبانی) می باشد و به بخش غیر فازی کننده می رود تا به شکل پذیرفتنی برای فرایند درآید.

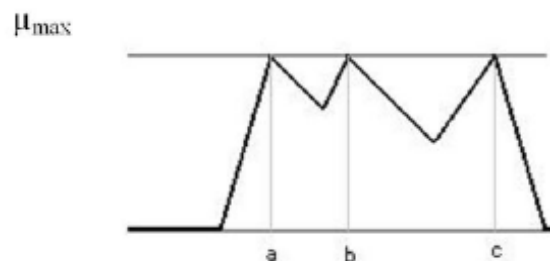
¹ Knowledge Base

² Inference

غیر فازی کننده^۱:

متغیر فازی ارائه شده از سوی بخش تصمیم گیری، در بیشتر حالتها قابل استفاده در فرایند نیست و باید به صورت متغیرهای غیر فازی در آید. این کار در غیرفازی کننده انجام می شود. روشهای گوناگونی برای این کار موجود است که در اینجا به ذکر دو روش می پردازیم.

در روش اول، که به آن روش معیار بیشینه می گویند، نقطه ای که در آن تابع خروجی ماکزیمم مطلق دارد را به عنوان خروجی بر می گزینیم. چنانچه شمار نقاط بیش از یک باشد، میانگین آنها را به عنوان خروجی بر می گزینیم. به عنوان مثال شکل (۴-۴) را در نظر بگیرید.



شکل (۴-۴)

می توان خروجی را به صورت زیر به دست آورد.

$$\mu_U(a) = \mu_U(b) = \mu_U(c) = \mu_{\max} \Rightarrow U = \frac{a+b+c}{3}$$

چنانچه بیشینه تابع یک بازه باشد، رابطه

$$u = \frac{1}{b-a} \int_a^b \mu_U(u) du \quad b > a, \quad \forall u \in [a, b] : \mu_U(u) = \mu_{\max}$$

به کار گرفته می شود. به این روش میانگین بیشینه ها (MOM) گفته می شود.

^۱ Defuzzifier

در روش دوم، که به آن روش مرکز سطح^۱ گفته می شود، مرکز وزن دار کل منحنی خروجی به دست می آید. در حالت گسسته داریم:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n u_i \mu_U(u)}{\sum_{i=1}^m \mu_U(u_i)} \quad (40-4)$$

و در حالت پیوسته خواهیم داشت

$$u = \frac{\int_U u \mu_U}{\int_U \mu_U(u) du} \quad (41-4)$$

به این روش مرکز جرم^۲ و مرکز ثقل^۳ نیز گفته می شود.

¹ COA
² COM
³ COG

انواع کنترل کننده های فازی [2]

همان طور که در بخشهای پیش دیده شد برای انجام هر کار در فرایند کنترل با کمک منطق فازی، راه های گوناگونی موجود است. در نتیجه دسته بندی آنها نیز به روشهای گوناگونی انجام می پذیرد به کار گیری ابزارهای دیگر مثل شبکه های عصبی و الگوریتم های بهینه سازی عمومی مانند الگوریتم های ژنتیکی (GA) می تواند توان بیشتری به یک کنترل فازی بدهد. در این بخش با ارئه نمونه هایی، روش های گوناگون کنترل فازی را معرفی می کنیم.

کنترل کننده های مستقیم و غیر مستقیم:

از یک دیدگاه کنترل، کننده های فازی می توانند به دو نوع مستقیم و غیر مستقیم تقسیم بندی شوند.

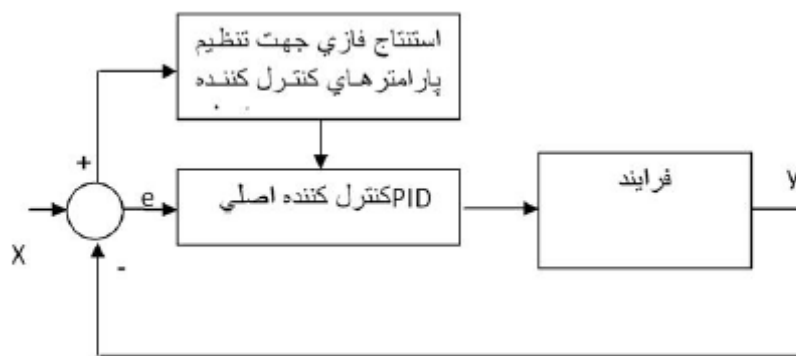
در نوع مستقیم، اندازه خروجی به صورت یک تابع غیر خطی از ورودیهاست:

$$u = f(x_1, \dots, x_n)$$

در نوع غیر مستقیم نخست یک کنترل کننده (مثلا PID) در سیستم جای می گیرد. سپس با کمک منطق فازی، پارامترهای آن به صورتی تغییر می کند که خروجی بهتری به دست آید. برای توضیح بیشتر به ذکر یک مثال ساده از هر کدام می پردازیم.

الف) کنترل کننده فازی از نوع غیر مستقیم. [2], [13]

اگر به یک کنترل PID معمولی دقت کنیم می بینیم که کاهش ضریب انتگرالگیری باعث افزایش سرعت خیز و بالازدگی می شود که معمولا اولی مطلوب و دومی نامطلوب است. از سویی افزایش ضریب مشتق گیری و یا کاهش ضریب تناسب باعث کاهش نوسانات می شوند. بنابراین یک کنترل کننده PID معمولی که بتواند ضرایب آن تغییر کند ساخته می شود و ضرایب با توجه به حالت سیستم تغییر می کند تا ویژگی های مطلوبتری به دست آید. برای کنترل شبکه شکل زیر به کار می رود.



شکل (۴-۵) کنترل کننده فازی غیر مستقیم

کنترل کننده PID از نوع دیجیتالی است. ورودی کنترل کننده فازی، خطا e و تغییرات خطا $\dot{e}$ و خروجی ضرایب کنترل کننده دیجیتالی است. فرض کنید ورودی ها و خروجی ها به صورت زیر فازی شود.

$$\{NB, NS, ZE, PS, PB\}$$

که در آن P مثبت، N منفی، B بزرگ، S کوچک و Ze صفر است. نمونه ای از پایگاه قواعدی که بر پایه آن می توان ضرایب PID را تغییر داد، در جدول (۴-۱) دیده می شود.

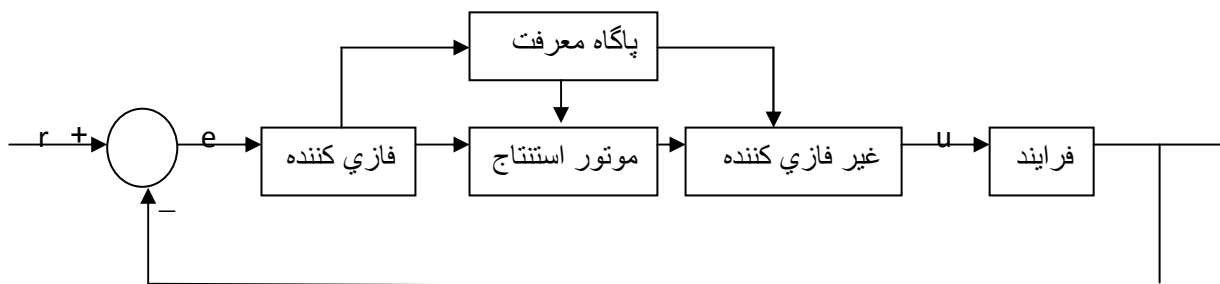
جدول (۴-۱)

*	NL	NS	ZE	PS	PL
NL	NL	NL	NM	NS	ZE
NS	NL	NM	NS	ZE	PS
ZE	NM	NS	ZE	PS	PM
PS	NS	ZE	PS	PM	PL
PL	ZE	PS	PM	PL	PL

کنترل کننده سطح لغزان نیز از نوع غیر مستقیم است.

ب) کنترل کننده فازی مستقیم

گونه دیگری از کنترل کننده های فازی به جای تعیین پارامترهای یک کنترل کننده دیگر، اندازه سیگنال کنترل را به دست می دهند که آنها را کنترل کننده فازی مستقیم می نامند. شکل (۴-۶) بلوک دیاگرام چنین کنترل کننده ای را نشان می دهد.



شکل (۴-۶)

هر قاعده از پایگاه قواعد آن به گونه ای است که از روی ورودیهای کنترل کننده (مثلاً e و $\dot{e}$) خروجی آن (u) را به دست می دهد.

عددی که از غیر فازی کردن خروجی موتور استنتاج به دست می آید همان سیگنال کنترل است که در فرآیند به کار می رود. توانایی یادگیری کنترل کننده ها :

بخش بندی دیگری که بر روی کنترل کننده ها انجام می پذیرد بر پایه توانایی یا ناتوانی یادگیری است. کنترل کننده هایی که پیش از این معرفی شدند توانایی یادگیری نداشتند. اما دسته ای از کنترل کننده ها توانایی یادگیری دارند. این دسته، خود به سه زیر دسته بخش می شود: یادگیری با سرپرستی، یادگیری بدون سرپرستی و یادگیری کمکی.

در یادگیری با سرپرستی، خروجی خواسته شده در کنترل کننده در ازای تعدادی ورودی داده شده معلوم است و کنترل کننده به صورتی تنظیم می شود که در ازای آن ورودی، خروجی متناظرش را ارائه دهد.

در روش یادگیری بدون سرپرستی، خروجی خواسته شده معلوم نیست بلکه حالت فرایند در ازای ورودیهای گوناگون (که به فرایند اعمال شده و همان خروجی های کنترل کننده هستند) چگونگی تعیین و تغییر پارامترها برای کارکرد بهتر سیستم را به دست می دهد. در روش یادگیری کمکی بر پایه کارکرد فرایند، سیگنالی به نام سیگنال کمکی تولید می شود، که با توجه به آن کنترل کننده پارامترهای خود را اصلاح می نماید.

فصل پنجم

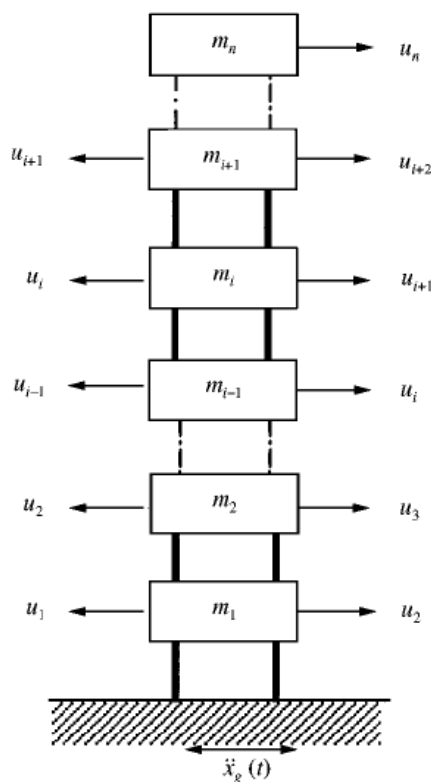
مدل سازی و شبیه سازی کنترل فعال فازی

بر روی سازه

مدل سازه :

ساختار یک سازه خطی به وسیله تجمع سیستمهای جرم و فنر و میراگر در ارتباط با شتاب

افقی زلزله $(\ddot{x}_g(t))$ و نیروی کنترل $u(t)$ به شکل (۵-۱) می باشد. [10], [1]



شکل (۵-۱)

در این مدل ایده ال فرض بر این است که جرم هر طبقه در یک مکان تجمع یافته و ستونهای سازه بدون جرم و به صورت یک فنر به همراه میرا کننده خطی مدل می شود. سیستم کنترل توسط محرک هایی که در هر طبقه قرار گرفته اند پشتیبانی می شود که در شکل فوق توسط نیروی کنترل نمایش داده شده است. حال معادله حرکت برای i طبقه به صورت رابطه (۵-۱) می توان نوشت.

(۵-۱)

$$m_i \ddot{x}_i - c_i \dot{x}_{i-1} + (c_i + c_{i+1}) \dot{x}_i - c_{i+1} \dot{x}_{i+1} - k_i x_{i-1} + (k_i + k_{i+1}) x_i - k_{i+1} x_{i+1} = -m_i \ddot{x}_g(t) + u_{i+1} - u_i,$$

جایی که m_i و x_i و k_i و c_i و u_i به ترتیب جرم طبقات، جابجایی نسبی نسبت به زمین، ضریب سختی، ضریب میرایی و نیروی کنترل می باشند که در آنها $(i=1, \dots, n)$ شماره طبقه می باشد.

حال با فرض داشتن ضریب جابجایی برابر (x_i) (سرعت) $(\dot{x}_i)$ (وشتاب زمین) $(\ddot{x}_g)$ که می توان هر کدام را توسط سنسورها اندازه گیری نمود میتوان معادله قبل را به صورت رابطه (۲-۵) بازنویسی نمود.

(۲-۵)

$$m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \dot{x}_1 - c_2 \dot{x}_2 + (k_1 + k_2) x_1 - k_2 x_2 = -m_1 \ddot{x}_g(t) + u_2 - u_1,$$

$$m_2 \ddot{x}_2 - c_2 \dot{x}_1 + (c_2 + c_3) \dot{x}_2 - c_3 \dot{x}_3 - k_2 x_1 + (k_2 + k_3) x_2 - k_3 x_3 = -m_2 \ddot{x}_g(t) + u_3 - u_2,$$

.

.

.

$$m_n \ddot{x}_n - c_n \dot{x}_{n-1} + c_n \dot{x}_n - k_n x_{n-1} + k_n x_n = -m_n \ddot{x}_g(t) - u_n$$

با استفاده از ماتریس معادله فوق به صورت (۳-۵) خواهد شد .

(۳-۵)

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{X}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{X}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{X}}(t) = \mathbf{m}\ddot{x}_g(t) + \mathbf{L}\mathbf{U}(t),$$

در اینجا $\mathbf{x}(t)=[x_1, x_2, \dots, x_n]$ بردار جابجایی نسبی با ابعاد n است و $\mathbf{C}, \mathbf{M}$ و $\mathbf{K}$ ماتریسهایی مثبت معین با ابعاد $n \times n$ به ترتیب معرف جرم ، میرایی و سختی هستند.

$$\mathbf{m}=[m_1, m_2, \dots, m_n]$$

$\mathbf{L}$ ماتریس موقعیت کنترل کننده با ابعاد $n \times n$ می باشد و $\mathbf{U}(t)$ بردار نیروی کنترل فعال با ابعاد $n \times n$ می باشد.

ماتریسهای M, C, K, L به صورت زیر می باشند:

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & & & 0 \\ & m_2 & & \\ & & m_3 & \\ & & & \ddots \\ 0 & & & & m_n \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & & & \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & & 0 \\ & -k_3 & \ddots & \ddots & \\ & & \ddots & \ddots & -k_{n-1} \\ & 0 & & -k_{n-1} & k_{n-1} + k_n & -k_n \\ & & & & -k_n & k_n \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & & & \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 & & 0 \\ & -c_3 & \ddots & \ddots & \\ & & \ddots & \ddots & -c_{n-1} \\ 0 & & & -c_{n-1} & c_{n-1} + c_n & -c_n \\ & & & & -c_n & c_n \end{bmatrix}; \quad L = \begin{bmatrix} -1 & 1 & & & \\ & -1 & 1 & & 0 \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & \ddots & \\ 0 & & & -1 & 1 \\ & & & & -1 \end{bmatrix}$$

مدل بیان شده را می توان به صورت مدل فضای حالت زیر باز نویسی نمود :

(۴-۵)

$$\dot{Z} = AZ + BU + H\ddot{x}_g(t), \quad Z(0) = 0,$$

$$Z(t) = \begin{bmatrix} X(t) \\ \dot{X}(t) \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -M^{-1}K & -M^{-1}C \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ M^{-1}L \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} 0 \\ M^{-1}m \end{bmatrix}$$

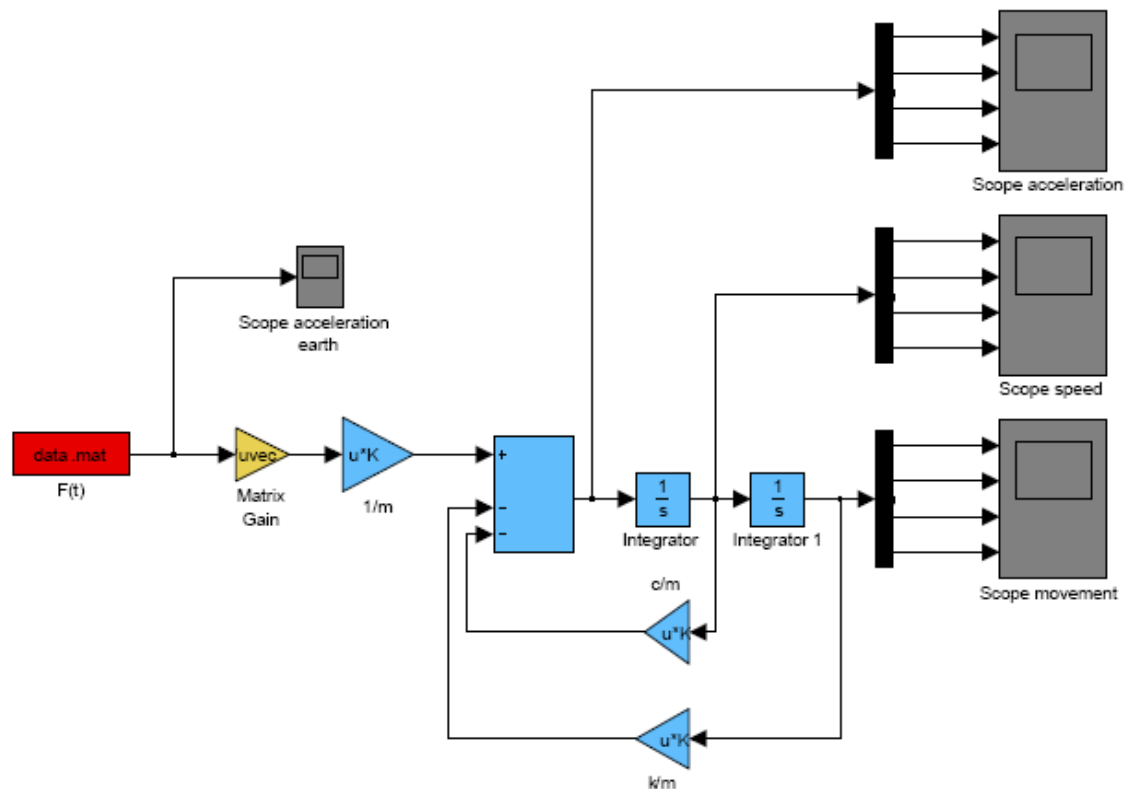
پیاده سازی مدل سازه در برنامه MATLAB به دو روش تابع انتقال ماتریسی و فضای حالت بیان خواهد شد.

پارامترها برای یک سازه چهار طبقه در جدول (۵-۱) می باشد [3]

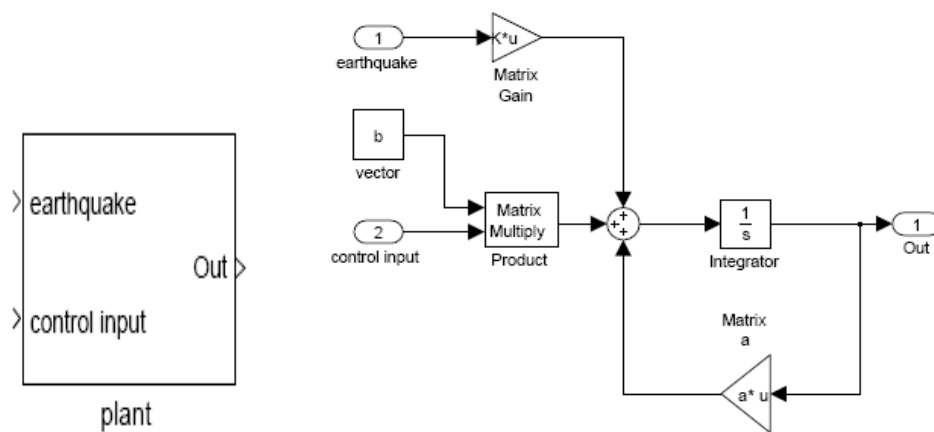
جدول (۵-۱)

واحد	مقدار	نماد	پارامتر	مدل
ton	60	m_i	جرم طبقات	سازه
KN/m	491	k_i	سختی طبقات	
KN.m/s	60	c_i	میرایی	

```
%MX''(t)+CX'(t)+KX(t)=mxg(t)+LU(t),
m=60*eye(4,4)
c=[120 -60 0 0;-60 120 -60 0;0 -60 120 -60;0 0 -60 120]
k=[982 -491 0 0;-491 982 -491 0;0 -491 982 -491;0 0 -491 982]
l=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1;0 0 0 0]-eye(4,4)
z=zeros(4)
i=eye(4)
a=[z i;-inv(m)*k -inv(m)*c]
b=[z;inv(m)*l]
j=-[60,60,60,60]'
h=[zeros(4,1);inv(m)*j]
```



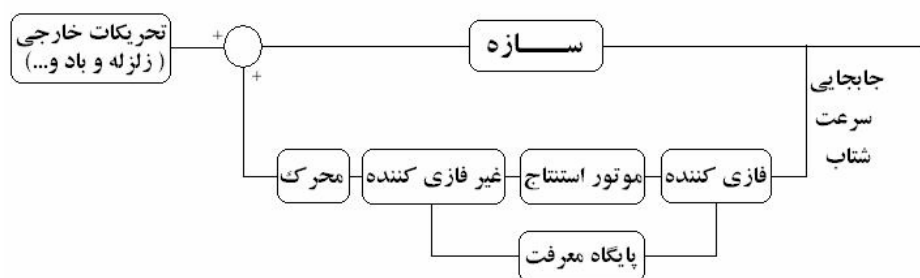
شکل (۵-۲) مدل تابع تبدیل سازه



شکل (۵-۳) مدل فضای حالت سازه

$$\begin{aligned}
 m &= \begin{bmatrix} 60 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 60 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 60 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 60 \end{bmatrix} \\
 c &= \begin{bmatrix} 120 & -60 & 0 & 0 \\ -60 & 120 & -60 & 0 \\ 0 & -60 & 120 & -60 \\ 0 & 0 & -60 & 120 \end{bmatrix} \\
 k &= \begin{bmatrix} 982 & -491 & 0 & 0 \\ -491 & 982 & -491 & 0 \\ 0 & -491 & 982 & -491 \\ 0 & 0 & -491 & 982 \end{bmatrix} \\
 l &= \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \\
 z &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 i &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 a &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 \\ -16.3667 & 8.1833 & 0 & 0 & -2.0000 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 8.1833 & -16.3667 & 8.1833 & 0 & 1.0000 & -2.0000 & 1.0000 & 0 \\ 0 & 8.1833 & -16.3667 & 8.1833 & 0 & 1.0000 & -2.0000 & 1.0000 \\ 0 & 0 & 8.1833 & -16.3667 & 0 & 0 & 1.0000 & -2.0000 \end{bmatrix} \\
 b &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0167 & 0.0167 & 0 & 0 \\ 0 & -0.0167 & 0.0167 & 0 \\ 0 & 0 & -0.0167 & 0.0167 \\ 0 & 0 & 0 & -0.0167 \end{bmatrix} \\
 j &= \begin{bmatrix} -60 \\ -60 \\ -60 \\ -60 \end{bmatrix} \\
 h &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

کنترل فازي مبتنی بر یک پایگاه داده و پایگاه قواعد است و تمامی تصمیم گیریها بر اساس این بخش صورت می گیرد. مجموعه پایگاه قواعد و پایگاه داده ها، پایگاه دانش سیستم را تشکیل می دهند.

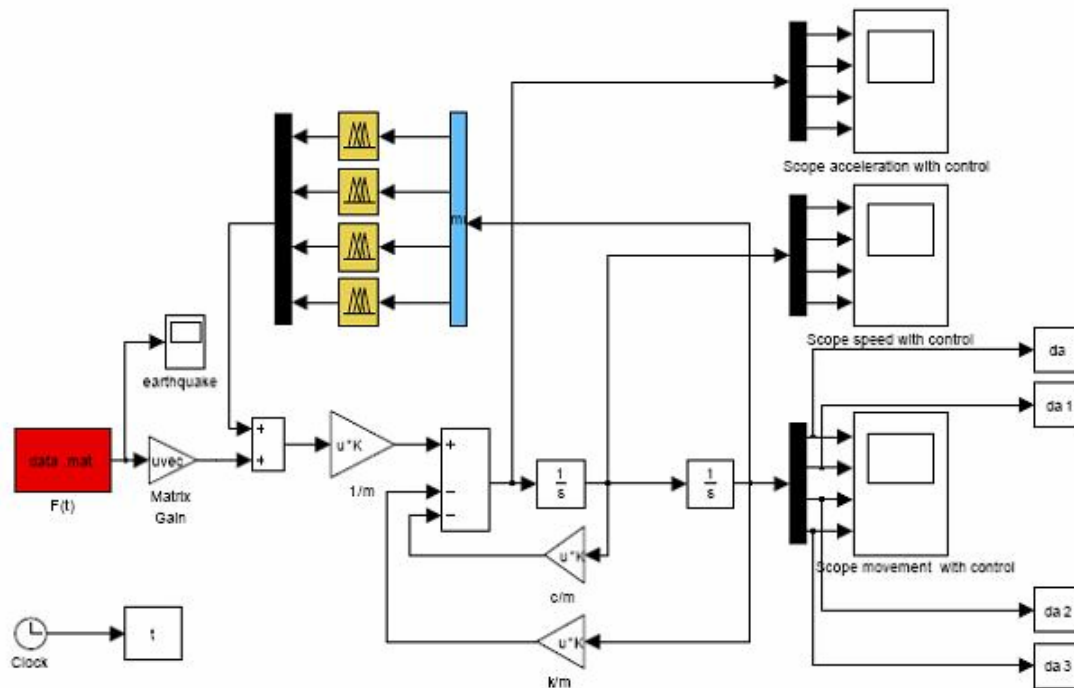


شكل (۵-۴)

متغير ورودی با استفاده از توابع عضویت که به صورت موردی بیان خواهد شد ، فازي می شوند.

الف- کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک جابجایی:

بلوک دیاگرام این سیستم به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۵)

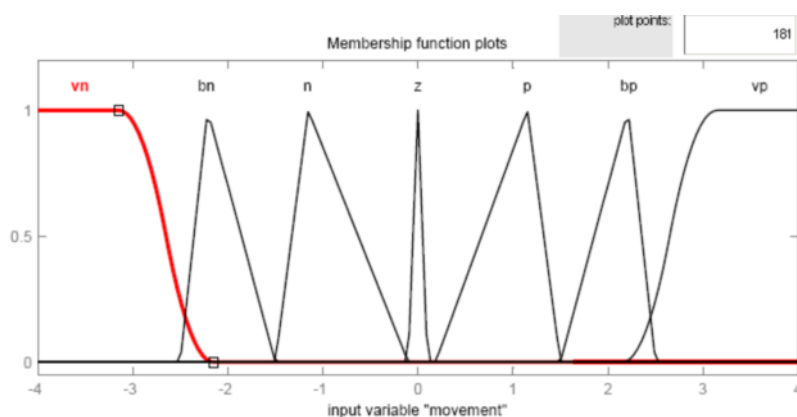
کنترل کننده فازى از نوع ممدانى به صورت زیر می باشد:

```

NumInputs=1
NumOutputs=1
NumRules=7
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='bisector'
    
```

متغیرهای ورودی که فیدبکی از جابجایی سازه می باشد توسط توابع عضویت زیر فازی می شود:

```
Name='movement'
Range=[-4 4]
NumMFs=7
MF1='vn':'zmf',[-3.14814814814815 -2.14814814814815]
MF2='bn':'trimf',[-2.5 -2.21164021164021 -1.5]
MF3='n':'trimf',[-1.5 -1.15343915343915 -0.1]
MF4='z':'trimf',[-0.1 0 0.1]
MF5='p':'trimf',[0.185 1.15343915343915 1.5]
MF6='bp':'trimf',[1.5 2.21164021164021 2.5]
MF7='vp':'smf',[2.15 3.15]
```

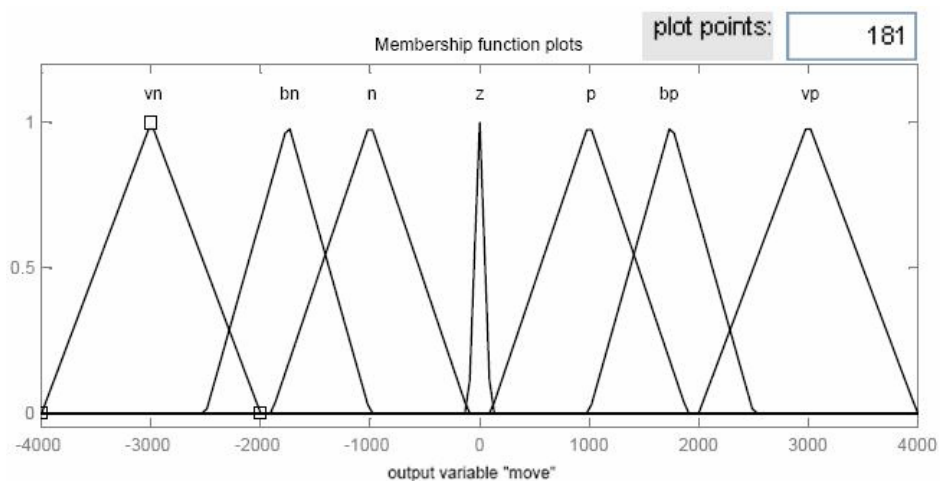


شکل (۵-۶)

در بالا فازی ساز ورودی دارای هفت تابع عضویت می باشد و مقادیر جابجایی بر حسب سانتیمتر هستند .

متغیرهای خروجی کنترل کننده فازی توسط توابع زیرجهت اعمال به محرکها غیر فازی می گردند که در اینجا مقدار نیرو بر حسب کیلوگرم می باشد .

```
NumMFs=7
MF1='vn':'trimf',[-3000 -2500 -2000]
MF2='bn':'trimf',[-2500 -1750 -1000]
MF3='n':'trimf',[-1900 -1000 -100]
MF4='z':'trimf',[-100 0 100]
MF5='p':'trimf',[100 1000 1900]
MF6='bp':'trimf',[1000 1750 2500]
MF7='vp':'trimf',[2000 2500 3000]
```



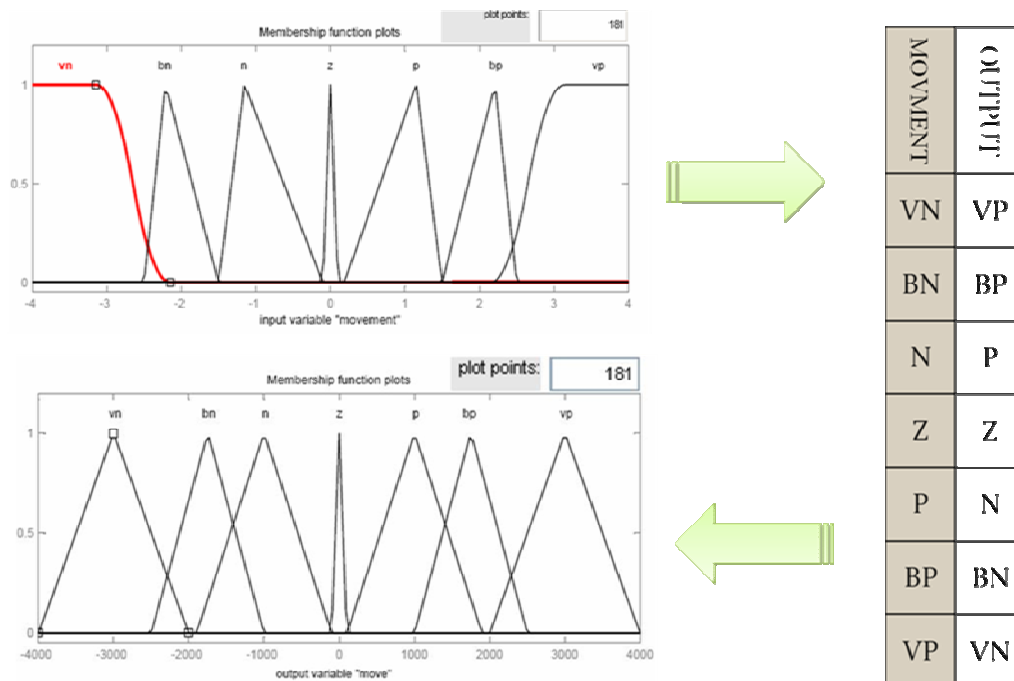
شکل (۷-۵)

جهت استنتاج فازی نیاز به قواعد فازی داریم تا خطای خروجی (میزان جابجایی) را صفر نماییم:

1. If (movement is vn) then (move is vp) (1)
2. If (movement is bn) then (move is bp) (1)
3. If (movement is z) then (move is z) (1)
4. If (movement is bp) then (move is bn) (1)
5. If (movement is vp) then (move is vn) (1)
6. If (movement is p) then (move is n) (1)
7. If (movement is n) then (move is p) (1)

عملکرد کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک جابجایی :

جدول (۵-۲)



شکل (۵-۸)

در این روش پس از فازی سازی، کنترل کننده فازی با توجه به تابع تعلق داده در ورودی، بهره خروجی را تعیین می نماید. در اینجا جابجایی VN به معنای جابجایی در جهت منفی محور مفروض به مقدار خیلی زیاد می باشد در نتیجه کنترل کننده فازی نیروی ماکزیمم را در جهت مثبت به خروجی اعمال می کند. به همین صورت BN, N, Z, P, BP, VP به ترتیب به معنای جابجایی در جهت و اندازه: منفی بزرگ، منفی، بدون جابجایی (صفر یا مرکز محور)، مثبت، مثبت بزرگ، مثبت خیلی بزرگ می باشد کنترل کننده فازی به ازای این ورودی ها فرامینی به ترتیب به صورت:

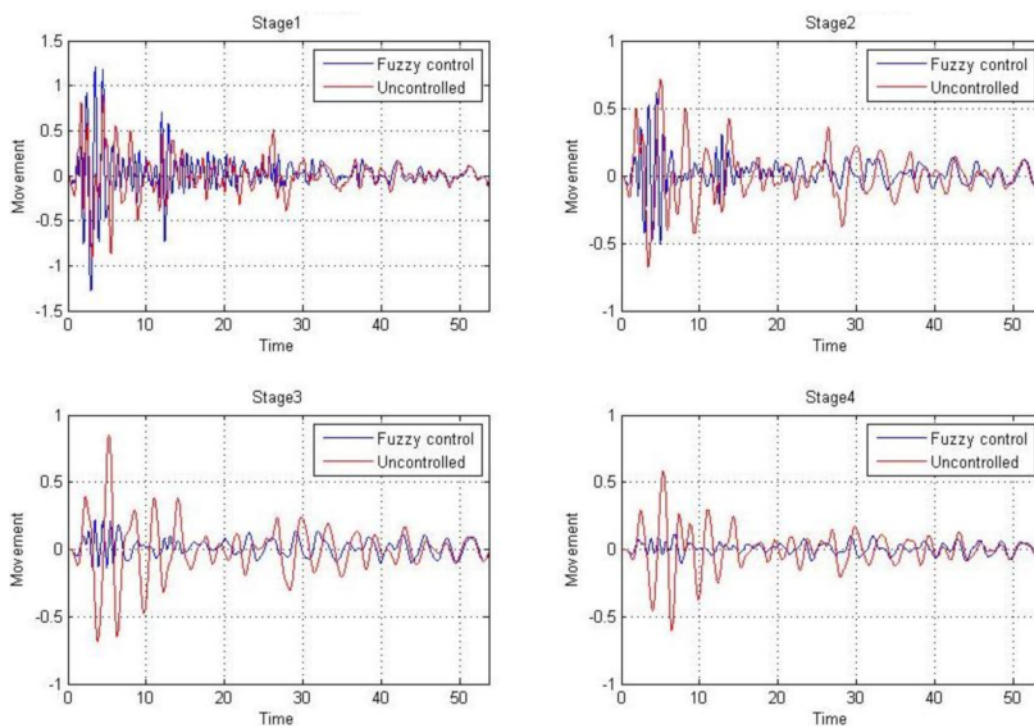
BN, N, Z, P, BP, VN به ترتیب معنای نیروی خروجی در جهت و اندازه: مثبت بزرگ،

مثبت، بدون اعمال نیرو، منفی، منفی بزرگ و منفی خیلی بزرگ می باشد و پس از غیر فازی

سازی به محرکها اعمال می گردد.

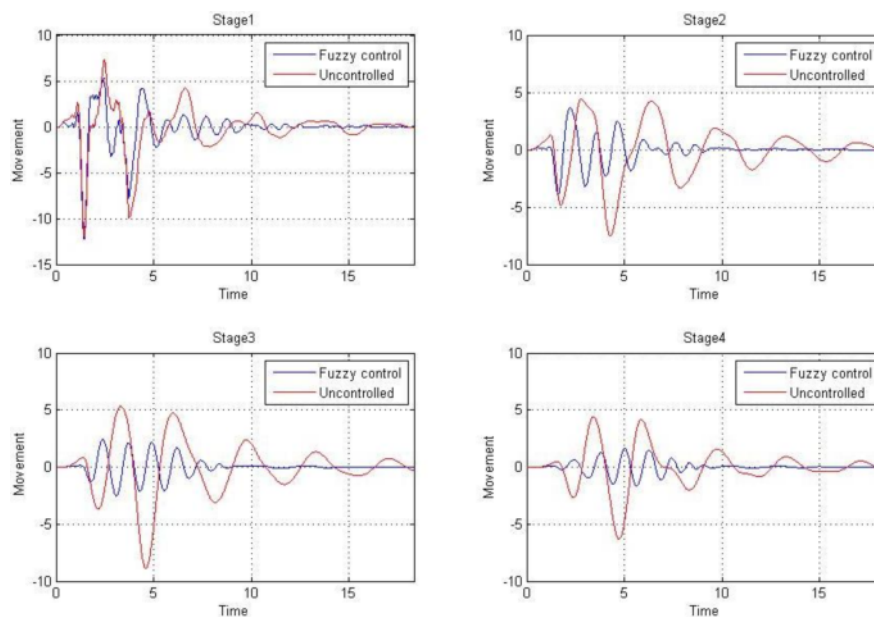
با اعمال رکورد زلزله به سیستم فوق نتایج این قسمت را مورد بررسی قرار می دهیم :

زلزله السنترو :



شکل (۵-۹)

زلزله Sanfernando :

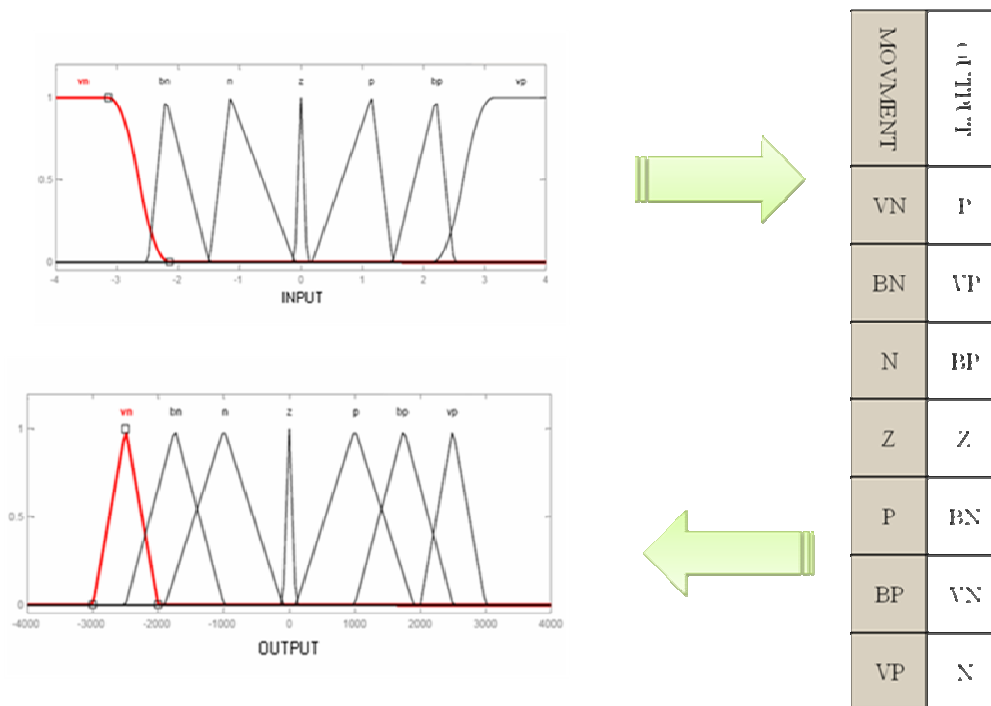


شکل (۵-۱۰)

در شکل (۵-۱۰) می بینیم که سیستم کنترل در کاهش اثر زلزله در جابجایی سازه موثر بوده است ولی از طرفی شاهد نوسانات زیادی در جابجایی سازه از طرف این سیستم کنترل فازي می باشیم . با کمی اصلاح در توابع عضویت و قوانین استنتاج به صورتی که حال بیان می شود می توان تا حدودی این نوسانات را کاهش داد.

کنترل اصلاح شده جابجایی با استفاده از فیدبک جابجایی :

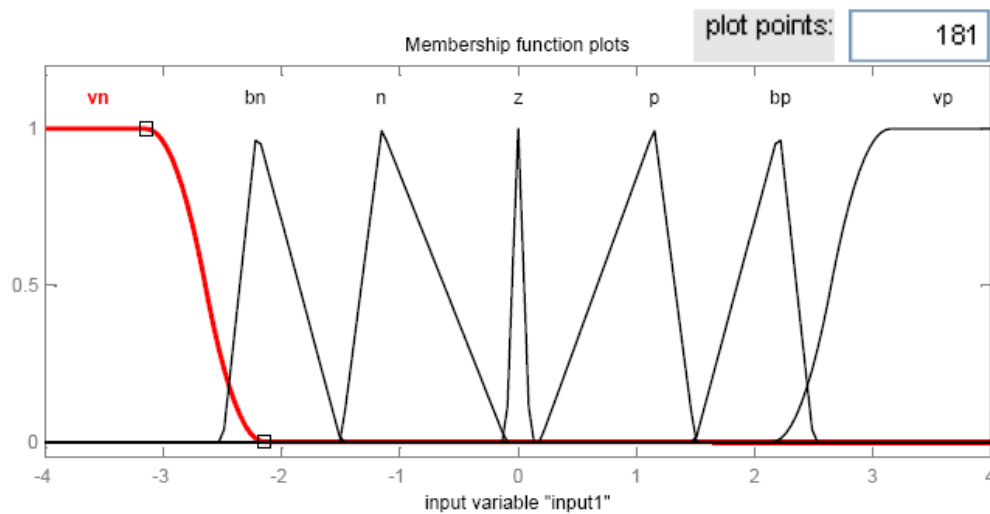
جدول (۳-۵)



شکل (۵-۱۱)

در این قسمت به دلیل آنکه در زمان ماکزیمم جابجایی، سازه در حال بازگشت به محور اصلی در اثر نوسان ناشی از زلزله می باشد نیروی کمی را در جهت بازگشت به سمت مبدا اعمال می کنیم و همچنین به دلیل آنکه سازه در نزدیکی مبدا دارای بیشترین نیرو در جهت حرکت به سمت خارج از محور مبدا می باشد در آن قسمت ماکزیمم نیرو را اعمال می نماییم .

ورودی به شکل زیر فازی میگردد:



شکل (۵-۱۲)

NumMFs=7

MF1='vn':zmf,[-3.148 -2.148]

MF2='bn':trimf,[-2.5 -2.21164021164021 -1.5]

MF3='n':trimf,[-1.5 -1.15343915343915 -0.1]

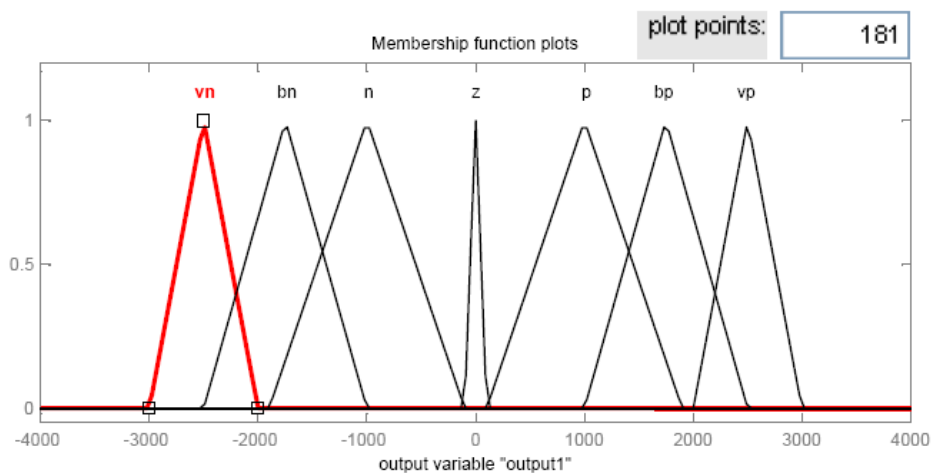
MF4='z':trimf,[-0.1 0 0.1]

MF5='p':trimf,[0.185 1.15343915343915 1.5]

MF6='bp':trimf,[1.5 2.21164021164021 2.5]

MF7='vp':smf,[2.15 3.15]

خروجی به شکل زیر غیر فازی می گردد:



شکل (۵-۱۳)

Name='output1'

Range=[-4000 4000]

NumMFs=7

MF1='vn':trimf,[-3000 -2500 -2000]

MF2='bn':trimf,[-2500 -1750 -1000]

MF3='n':trimf,[-1900 -1000 -100]

MF4='z':trimf,[-100 0 100]

MF5='p':trimf,[100 1000 1900]

MF6='bp':trimf,[1000 1750 2500]

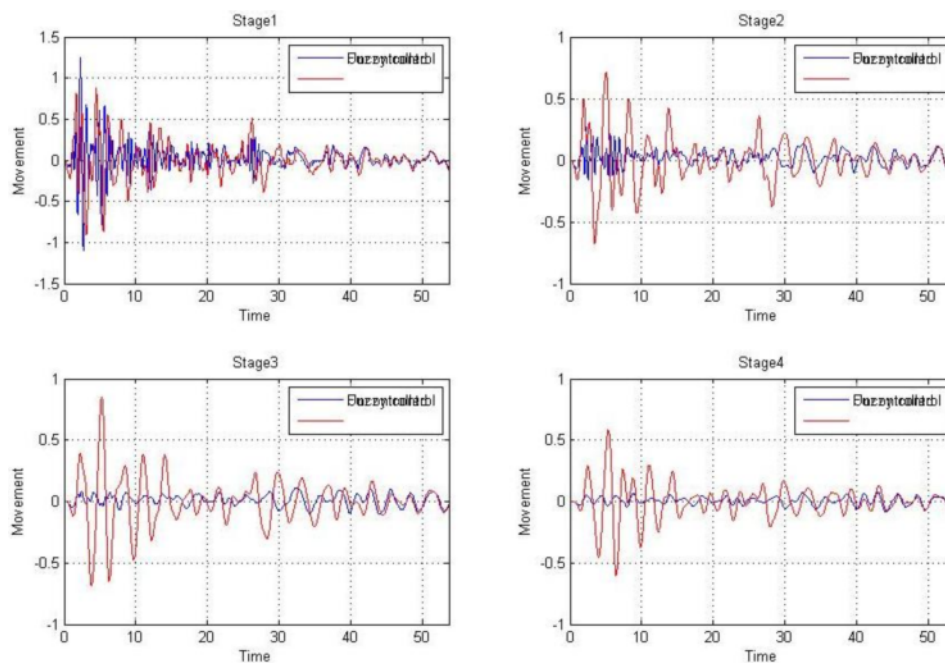
MF7='vp':trimf,[2000 2500 3000]

قواعد استنتاج به شکل زیر می گردد:

1. If (input1 is vn) then (output1 is p) (1)
2. If (input1 is bn) then (output1 is vp) (1)
3. If (input1 is z) then (output1 is z) (1)
4. If (input1 is bp) then (output1 is vn) (1)
5. If (input1 is vp) then (output1 is n) (1)
6. If (input1 is p) then (output1 is vn) (1)
7. If (input1 is n) then (output1 is vp) (1)

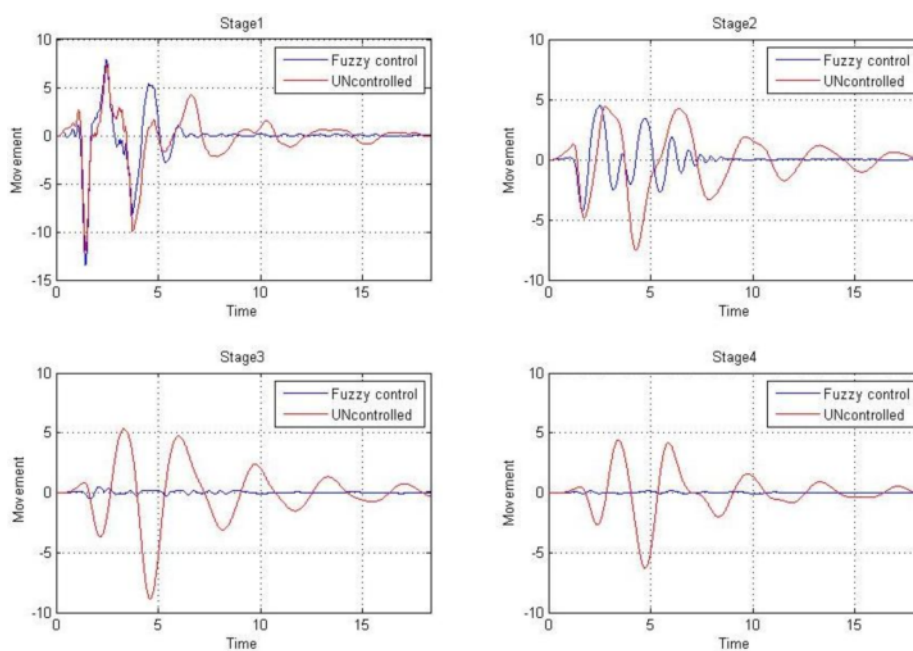
نتایج شبیه سازیها به صورت زیر می باشد:

زلزله السنترو :



شکل (۵-۱۴)

زلزله Sanferando :

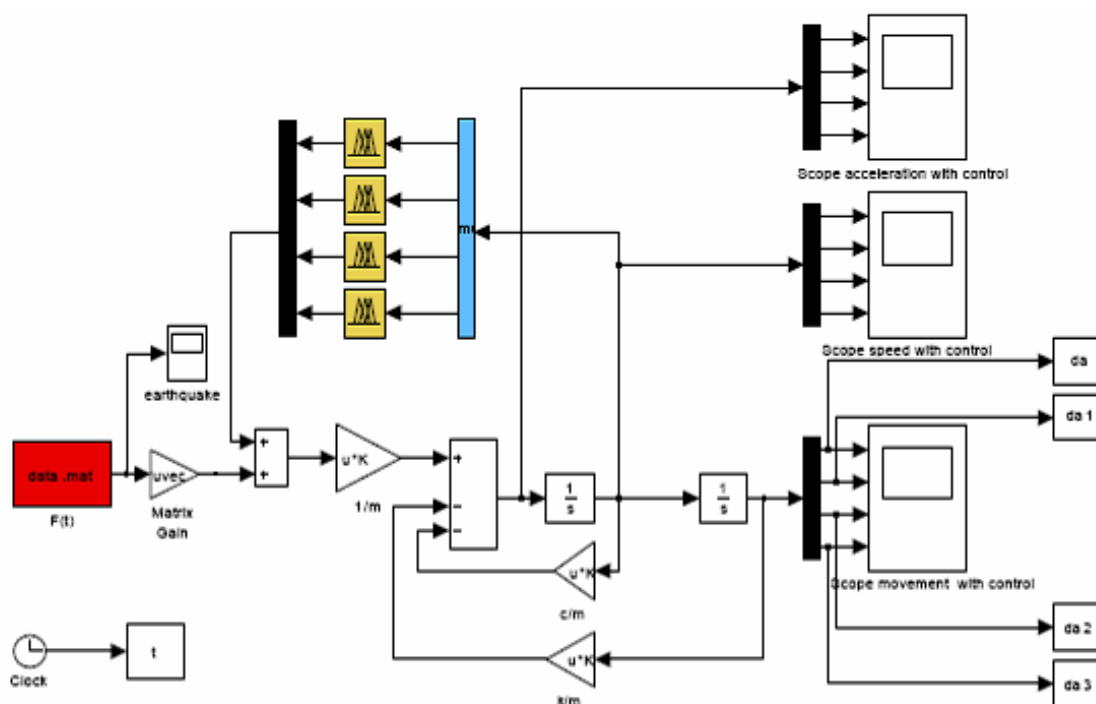


شکل (۵-۱۵)

ب- کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت:

در ابتدا استفاده از فیدبک سرعت جهت کنترل جابجایی عجیب به نظر می رسد ولی با کمی دقت متوجه می شویم به دلیل آنکه جابجایی از انتگرال سرعت به دست می آید با فیدبک سرعت در حقیقت مشتق جابجایی استفاده می شود و باعث کاهش نوسانات جابجایی گشته ایم. حال به صورت عملی این روش را اجرا نموده و محاسن و معایب آنرا بررسی می نماییم.

بلوک دیاگرام این سیستم به صورت شکل (۵-۱۶) می باشد.



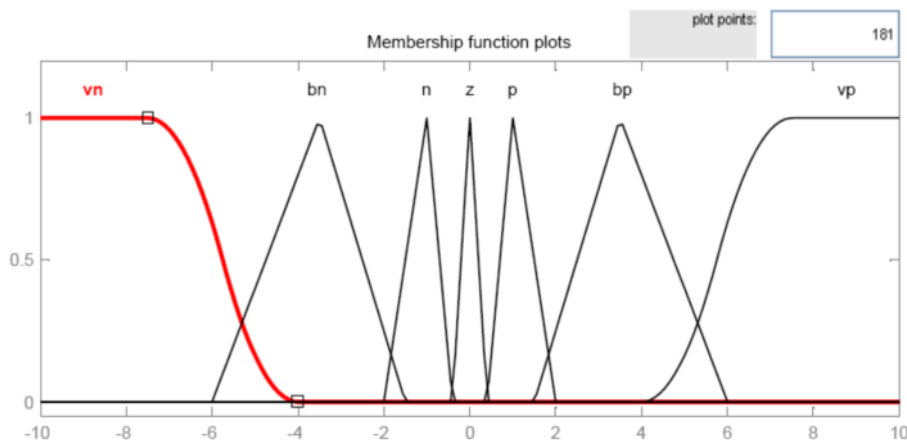
شکل (۵-۱۶)

کنترل کننده فازی از نوع ممدانی به صورت زیر می باشد:

```
NumInputs=1
NumOutputs=1
NumRules=7
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='bisector'
```

متغیرهای ورودی که فیدبکی از سرعت سازه می باشد توسط توابع عضویت زیر فازی می شود:

```
Range=[-10 10]
NumMFs=7
MF1='vn': 'zmf', [-7.5 -4]
MF2='bn': 'trimf', [-6 -3.5 -1.5]
MF3='n': 'trimf', [-2 -1 -0.4]
MF4='z': 'trimf', [-0.4 0 0.4]
MF5='p': 'trimf', [0.4 1 2]
MF6='bp': 'trimf', [1.5 3.5 6]
MF7='vp': 'smf', [4 7.5]
```



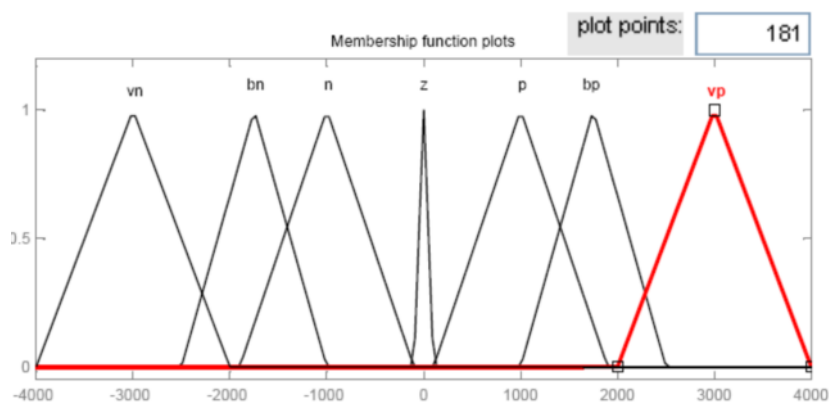
شکل (۵-۱۷)

در شکل (۵-۱۷) فازی ساز ورودی دارای هفت تابع عضویت می باشد و مقادیر جابجایی بر حسب سانتیمتر هستند.

متغیرهای خروجی کنترل کننده فازی توسط توابع زیرجهت اعمال به محرکها غیر فازی می گردند که در اینجا مقدار نیرو بر حسب کیلوگرم می باشد.

```
NumMFs=7
MF1='vn': 'trimf', [-4000 -3000 -2000]
MF2='bn': 'trimf', [-2500 -1750 -1000]
```

```
MF3='n': 'trimf', [-1900 -1000 -100]
MF4='z': 'trimf', [-100 0 100]
MF5='p': 'trimf', [100 1000 1900]
MF6='bp': 'trimf', [1000 1750 2500]
MF7='vp': 'trimf', [2000 3000 4000]
```



شکل (۵-۱۸)

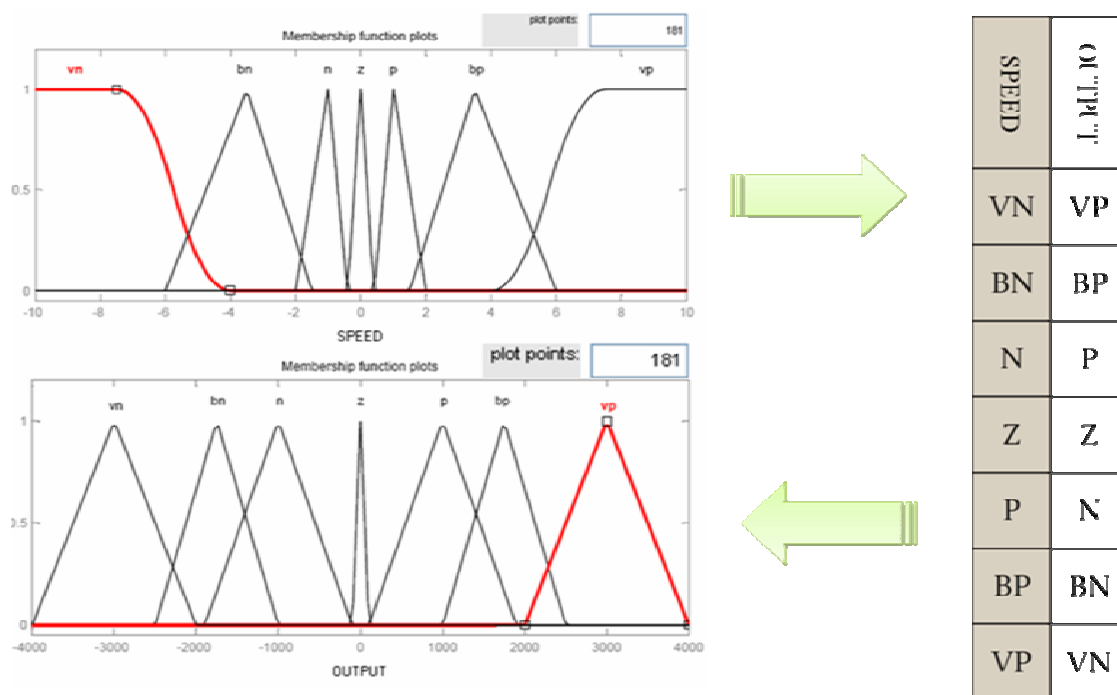
جهت استنتاج فازي نیاز به قواعد فازي داریم تا خطای خروجی (میزان جابجایی) را صفر

نماییم:

1. If (input1 is vn) then (output1 is vp) (1)
2. If (input1 is bn) then (output1 is bp) (1)
3. If (input1 is n) then (output1 is p) (1)
4. If (input1 is z) then (output1 is z) (1)
5. If (input1 is p) then (output1 is n) (1)
6. If (input1 is bp) then (output1 is bn) (1)
7. If (input1 is vp) then (output1 is vn) (1)

عملکرد کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت :

جدول (۴-۵)



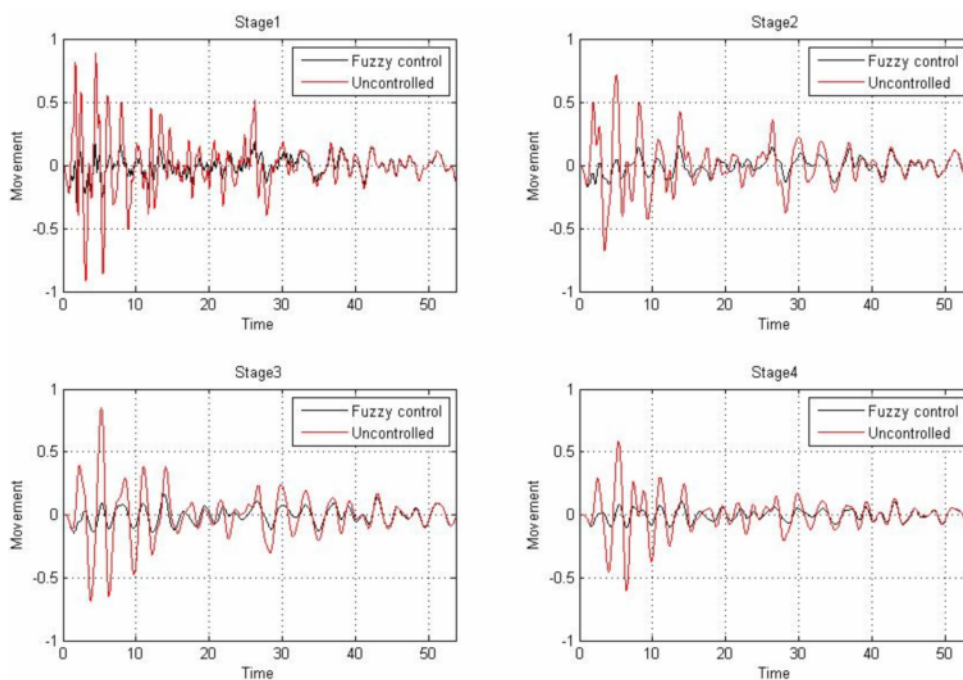
شکل (۵-۱۹)

قواعد در اینجا همانند قسمت کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک جابجایی می باشد تنها با این

تفاوت که به جای جابجایی از سرعت نمونه برداری و فازی می گردد و نسبت به ورودی سرعت

تصمیم سازی و غیر فازی می گردد.

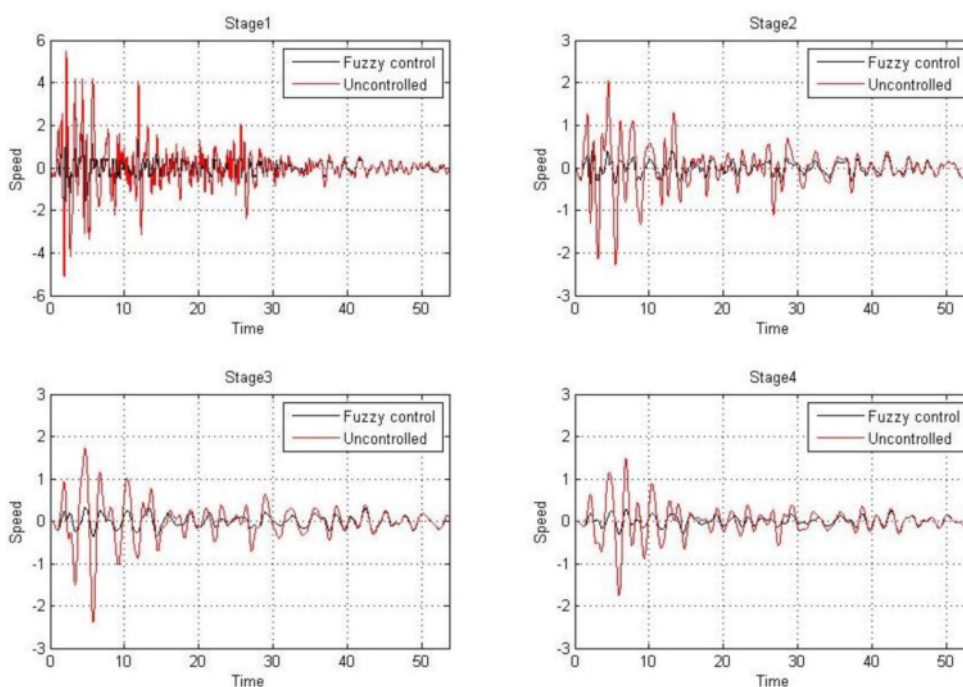
با اعمال رکورد زلزله السنترو به سیستم فوق نتایج این قسمت را مورد بررسی قرار می دهیم:



شکل (۵-۲۰)

در شکل فوق اثر مطلوب فیدبک سرعت را بر کنترل جابجایی سازه شاهد بودیم.

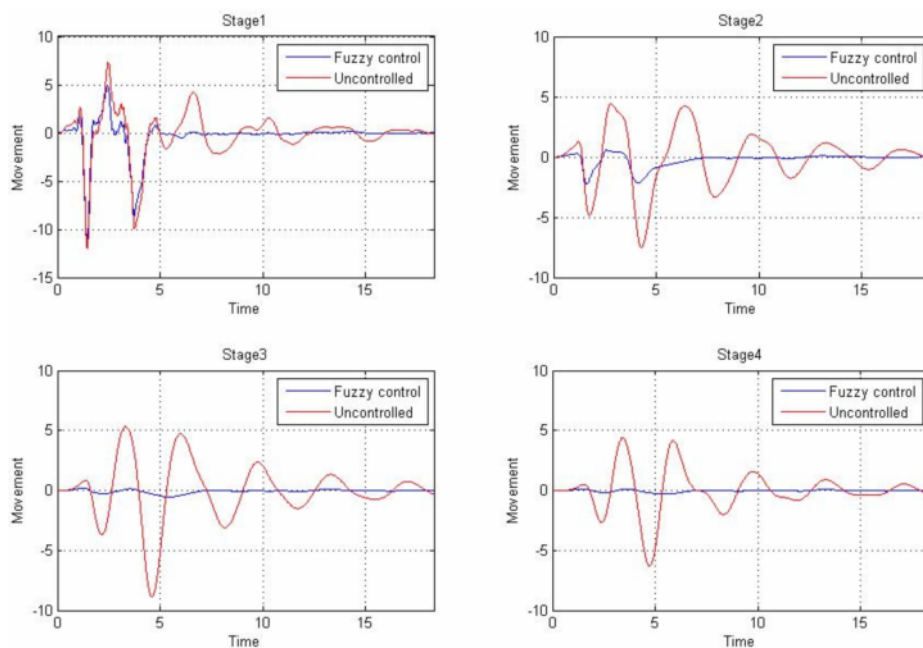
در زیر اثر فیدبک سرعت بر کنترل سرعت سازه را مشاهده می نماییم:



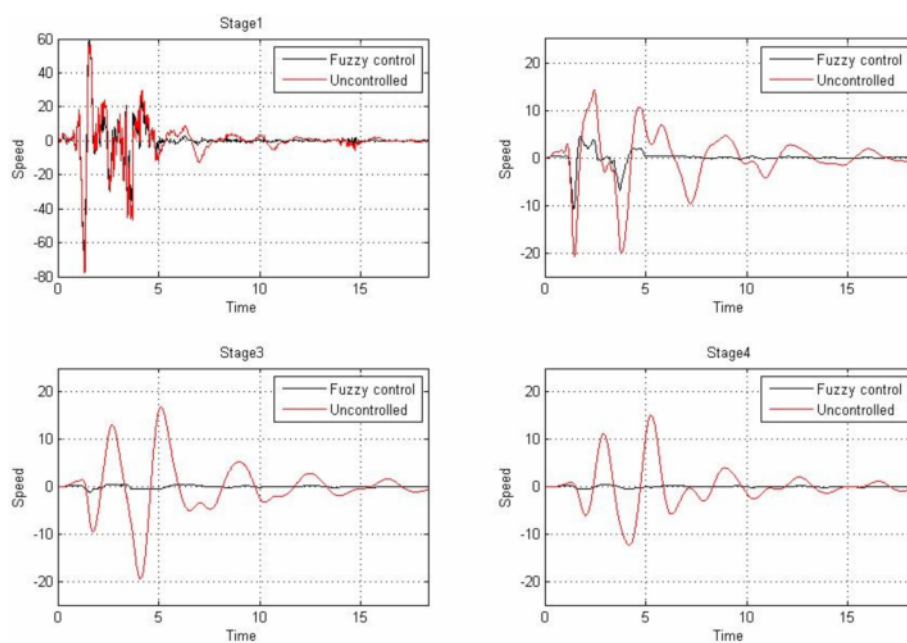
شکل (۵-۲۱)

از شبیه سازی برای کنترل سرعت سازه با استفاده از فیدبک سرعت می‌توان نتیجه گرفت که این ترفند در کاهش سرعت سازه نیز موثر بوده است.

شبیه سازی را برای زلزله sanfernando تکرار می‌نماییم:



شکل (۵-۲۲)



شکل (۵-۲۳)

از نمودارهای بدست آمده از شبیه سازی زلزله sanfernando می توان به نتایج مطلوب فیدبک سرعت برای کنترل جابجایی و سرعت سازه اطمینان یافت.

دو نکته در این شبیه سازی ها دارای اهمیت می باشد که اولی در رسیدن به نتیجه مطلوب مؤثر است و دومی ضعف این روش می باشد:

نکته اول : انتخاب فازی ساز و غیر فازی کننده می باشد که انتخاب نامناسب سبب نتایج نامطلوب می گردد که در قسمت های دیگر به آن خواهیم پرداخت.

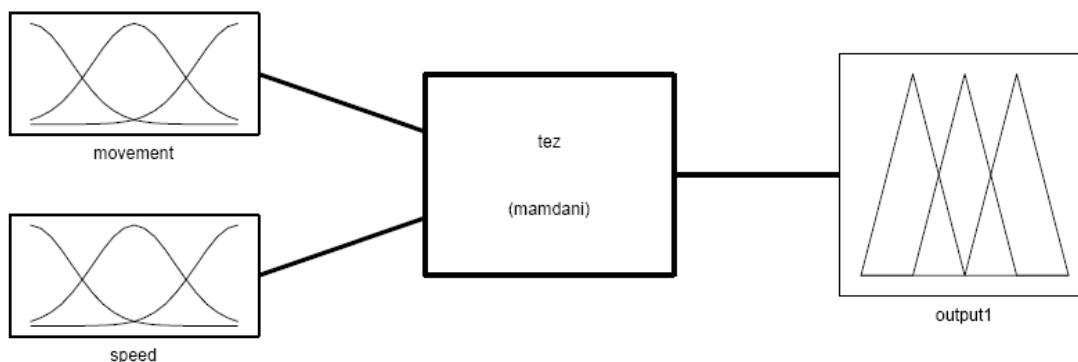
نکته دوم : در زمان پایان زلزله به علت فیدبک گرفتن از سرعت سازه ، علاوه بر نقطه تعادل در هر کجا در اطراف نقطه تعادل سازه ممکن است به حالت سکون در آید و به علت یکنواخت نبودن بار در کل سازه این اختلاف بیشتر وسازه به سمت مرکز ثقلش منعطف می شود و در نتیجه ممکن است سازه از لحاظ ظاهری دفرمه و شاید غیر قابل سکونت گردد.

با استفاده از فیدبکهای سرعت و جابجایی می توان بر مشکل بیان شده فوق که ناشی از پخش بار نا متعادل وابسته به چیدمان منازل می باشد به طوری که بیان خواهد شد غلبه نمود.

ج- کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت وجابجایی :

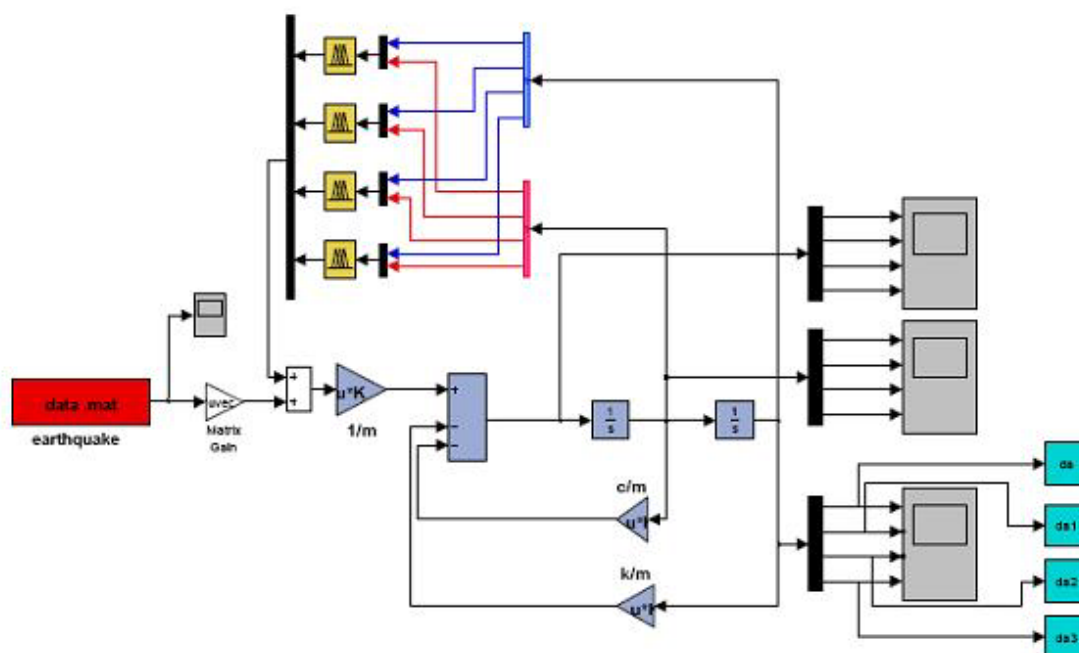
در این روش با انتخاب مجموعه فازی مناسب (فازی ساز، قوانین استنتاج، غیر فازی کننده) سعی بر رفع معایب گذشته (نوسانات ناشی از استفاده از فیدبک جابجایی — توقف نکردن در مکان اولیه سازه در حالت استفاده از فیدبک سرعت) شده است که در ادامه محاسن و معایب آن مورد بررسی قرار می گیرد.

سیستم فازی انتخابی به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۲۴)

```
Type='mamdani'
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=49
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='bisector'
```



شکل (۵-۲۵) بلوک کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت و جابجایی

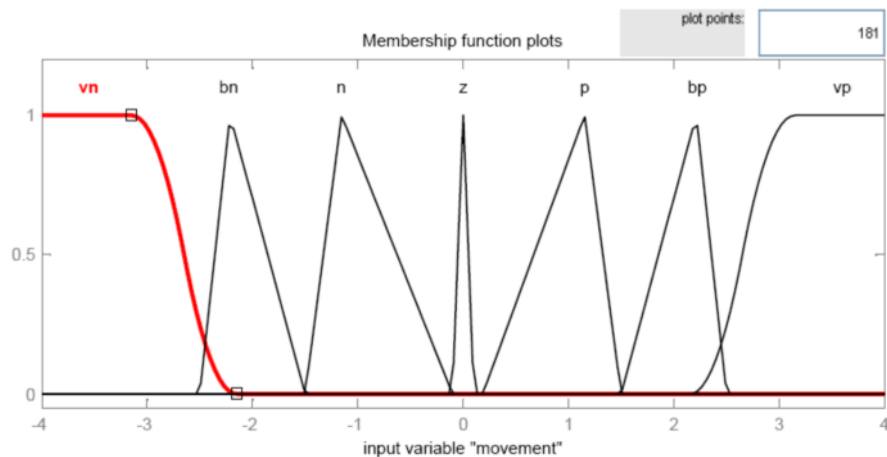
عملکرد کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت و جابجایی :

جدول (۵-۵)

		MOVEMENT						
		VN	BN	N	Z	P	BP	VP
SPEED	VN	VP	VP	VP	BP	Z	Z	N
	BN	VP	VP	BP	P	Z	N	BN
	N	VP	BP	BP	P	Z	BN	VN
	Z	VP	BP	P	Z	N	BN	VN
	P	VP	BP	Z	N	BN	BN	VN
	BP	BP	P	Z	N	BN	VN	VN
	VP	P	Z	Z	BN	VN	VN	VN

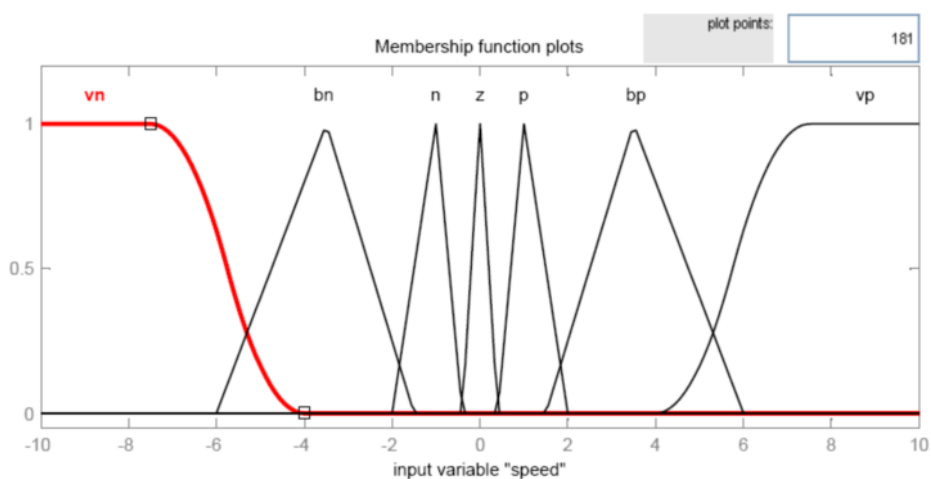
- جدول عملکرد کنترل فازی (جدول (۵-۵)) در این قسمت به چهار قسمت تقسیم می شود .
- قسمت اول که با رنگ خاکستری تیره مشخص گردیده زمانی است که سرعت و جابجایی هم جهت می باشند ، در مقابل آن نیروی کنترل با بهره ای متناسب با میزان جابجایی و سرعت در جهت عکس به سازه اعمال می گردد.
 - قسمت دوم که با رنگ خاکستری مشخص گردیده حالتی است که سرعت و جابجایی در جهت عکس هم می باشند در این حالت برای کاهش نوسانات فیدبک نیرو را با بهره ای متناسب با میزان جابجایی و سرعت در جهت حرکت به سمت محور صفر جابجایی به سازه اعمال می گردد.
 - قسمت سوم که با رنگ خاکستری روشن مشخص گردیده حالتی است که جابجایی برابر صفر گردیده ولی سازه متوقف نگردیده در این حالت به سازه نیرویی در جهت عکس و متناسب با میزان سرعت به سازه اعمال می گردد .

- قسمت چهارم که با رنگ سفید در مرکز مشخص گردیده حالتی است که سرعت وجابجایی برابر صفر می باشد در نتیجه نیروی اعمالی بر سازه برابر صفر می باشد .
- فازی کننده در ورودی کنترل کننده فازی به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۲۶)

```
Name='movement'
Range=[-4 4]
NumMFs=7
MF1='vn': 'zmf', [-3.14814814814815 -2.14814814814815]
MF2='bn': 'trimf', [-2.5 -2.21164021164021 -1.5]
MF3='n': 'trimf', [-1.5 -1.15343915343915 -0.1]
MF4='z': 'trimf', [-0.1 0 0.1]
MF5='p': 'trimf', [0.185 1.15343915343915 1.5]
MF6='bp': 'trimf', [1.5 2.21164021164021 2.5]
MF7='vp': 'smf', [2.15 3.15]
```

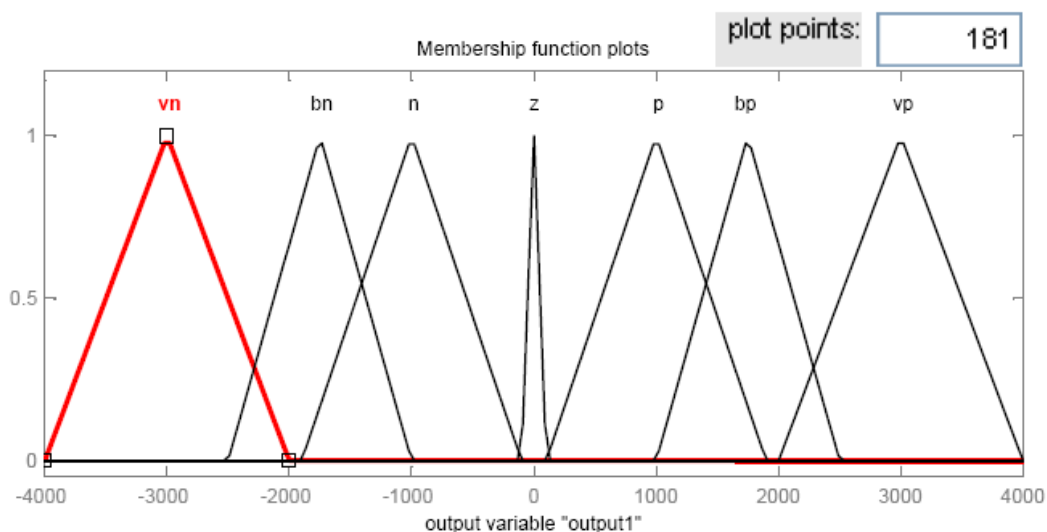


شکل (۵-۲۷)

```
[Input2]
Name='speed'
Range=[-10 10]
```

```
NumMFs=7
MF1='vn':'zmf',[-7.5 -4]
MF2='bn':'trimf',[-6 -3.5 -1.5]
MF3='n':'trimf',[-2 -1 -0.4]
MF4='z':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF5='p':'trimf',[0.4 1 2]
MF6='bp':'trimf',[1.5 3.5 6]
MF7='vp':'smf',[4 7.5]
```

غیرفازی کننده در خروجی کنترل کننده فازی به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۲۸)

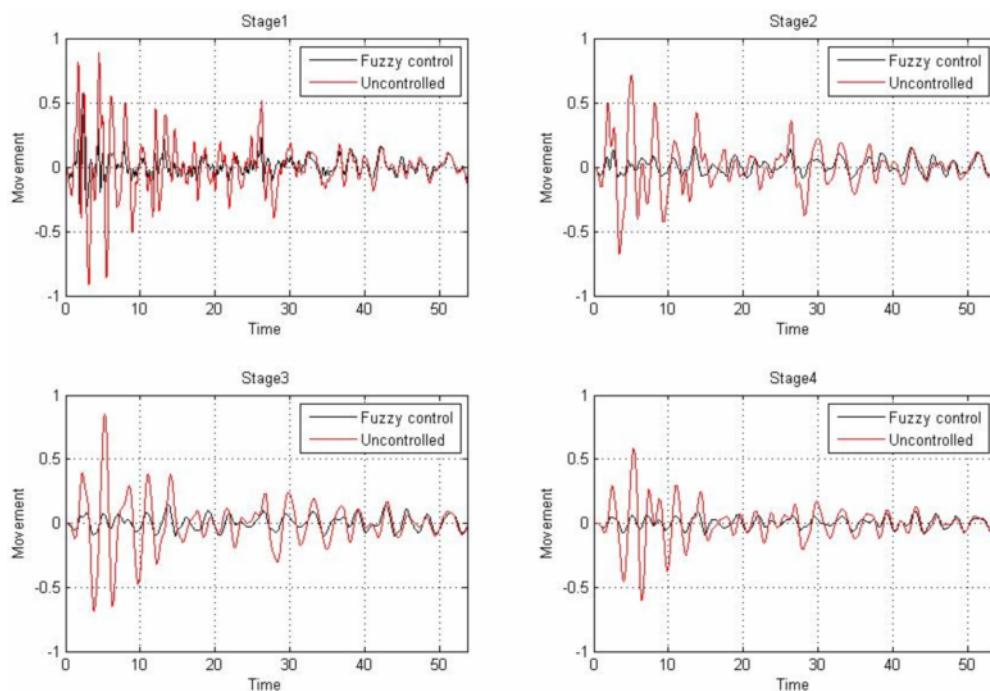
```
Name='output1'
Range=[-4000 4000]
NumMFs=7
MF1='vn':'trimf',[-4000 -3000 -2000]
MF2='bn':'trimf',[-2500 -1750 -1000]
MF3='n':'trimf',[-1900 -1000 -100]
MF4='z':'trimf',[-100 0 100]
MF5='p':'trimf',[100 1000 1900]
MF6='bp':'trimf',[1000 1750 2500]
MF7='vp':'trimf',[2000 3000 4000]
```

قواعد استنتاج کنترل کننده فازی در این قسمت به صورت زیر می باشد :

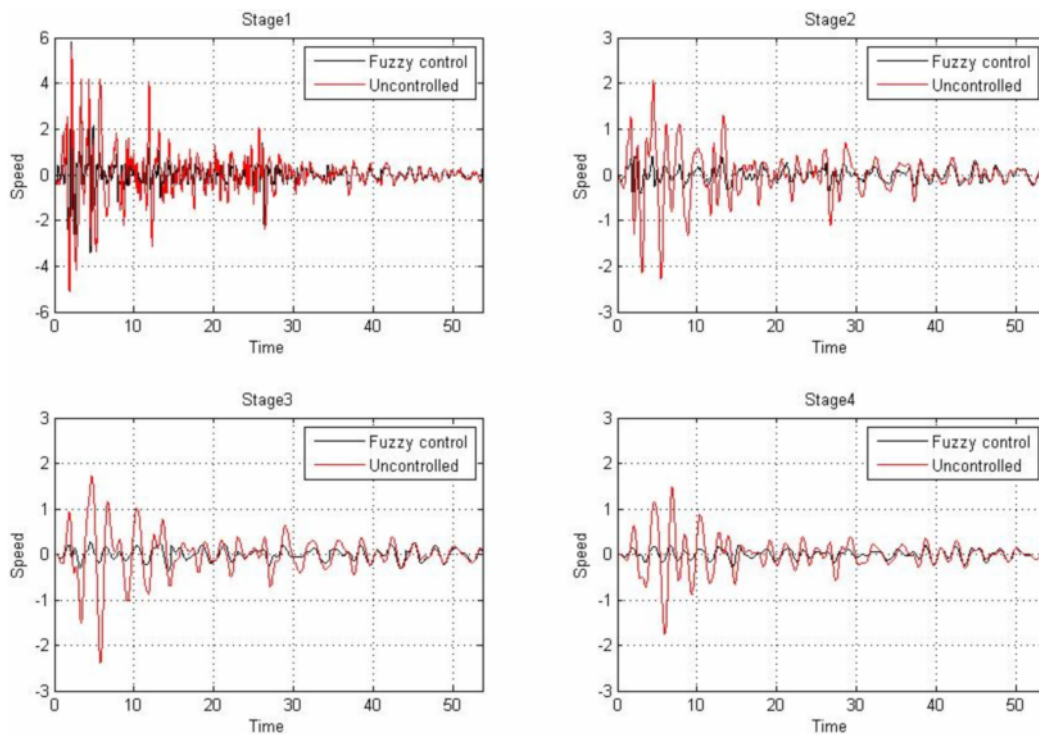
1. If (movement is vn) and (speed is vn) then (output1 is vp) (1)
2. If (movement is vn) and (speed is bn) then (output1 is vp) (1)
3. If (movement is vn) and (speed is n) then (output1 is vp) (1)
4. If (movement is vn) and (speed is z) then (output1 is vp) (1)
5. If (movement is vn) and (speed is p) then (output1 is vp) (1)
6. If (movement is vn) and (speed is bp) then (output1 is bp) (1)
7. If (movement is vn) and (speed is vp) then (output1 is p) (1)
8. If (movement is bn) and (speed is vn) then (output1 is vp) (1)
9. If (movement is bn) and (speed is bn) then (output1 is vp) (1)
10. If (movement is bn) and (speed is n) then (output1 is bp) (1)
11. If (movement is bn) and (speed is z) then (output1 is bp) (1)
12. If (movement is bn) and (speed is p) then (output1 is bp) (1)
13. If (movement is bn) and (speed is bp) then (output1 is p) (1)
14. If (movement is bn) and (speed is vp) then (output1 is z) (1)
15. If (movement is n) and (speed is vn) then (output1 is vp) (1)
16. If (movement is n) and (speed is bn) then (output1 is bp) (1)
17. If (movement is n) and (speed is n) then (output1 is bp) (1)
18. If (movement is n) and (speed is z) then (output1 is p) (1)
19. If (movement is n) and (speed is p) then (output1 is z) (1)
20. If (movement is n) and (speed is bp) then (output1 is z) (1)
21. If (movement is n) and (speed is vp) then (output1 is z) (1)
22. If (movement is z) and (speed is vn) then (output1 is bp) (1)
23. If (movement is z) and (speed is bn) then (output1 is p) (1)
24. If (movement is z) and (speed is n) then (output1 is p) (1)
25. If (movement is z) and (speed is z) then (output1 is z) (1)
26. If (movement is z) and (speed is p) then (output1 is n) (1)
27. If (movement is z) and (speed is bp) then (output1 is n) (1)
28. If (movement is z) and (speed is vp) then (output1 is bn) (1)
29. If (movement is p) and (speed is vn) then (output1 is z) (1)
30. If (movement is p) and (speed is bn) then (output1 is z) (1)
31. If (movement is p) and (speed is n) then (output1 is z) (1)

- 32. If (movement is p) and (speed is z) then (output1 is n) (1)
- 33. If (movement is p) and (speed is p) then (output1 is bn) (1)
- 34. If (movement is p) and (speed is bp) then (output1 is bn) (1)
- 35. If (movement is p) and (speed is vp) then (output1 is vn) (1)
- 36. If (movement is bp) and (speed is vn) then (output1 is z) (1)
- 37. If (movement is bp) and (speed is bn) then (output1 is n) (1)
- 38. If (movement is bp) and (speed is n) then (output1 is bn) (1)
- 39. If (movement is bp) and (speed is z) then (output1 is bn) (1)
- 40. If (movement is bp) and (speed is p) then (output1 is bn) (1)
- 41. If (movement is bp) and (speed is bp) then (output1 is vn) (1)
- 42. If (movement is bp) and (speed is vp) then (output1 is vn) (1)
- 43. If (movement is vp) and (speed is vn) then (output1 is n) (1)
- 44. If (movement is vp) and (speed is bn) then (output1 is bn) (1)
- 45. If (movement is vp) and (speed is n) then (output1 is vn) (1)
- 46. If (movement is vp) and (speed is z) then (output1 is vn) (1)
- 47. If (movement is vp) and (speed is p) then (output1 is vn) (1)
- 48. If (movement is vp) and (speed is bp) then (output1 is vn) (1)
- 49. If (movement is vp) and (speed is vp) then (output1 is vn) (1)

نتیجه شبیه سازی برای زلزله السنترو به صورت زیر می باشد :

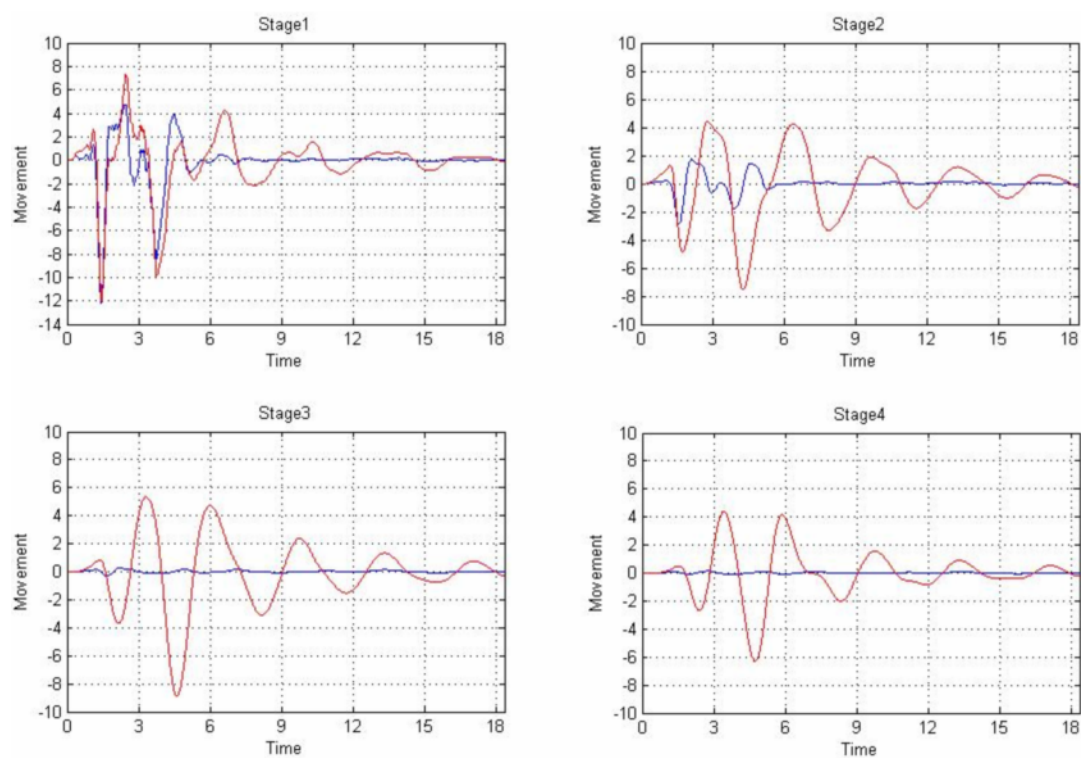


شکل (۵-۲۹)

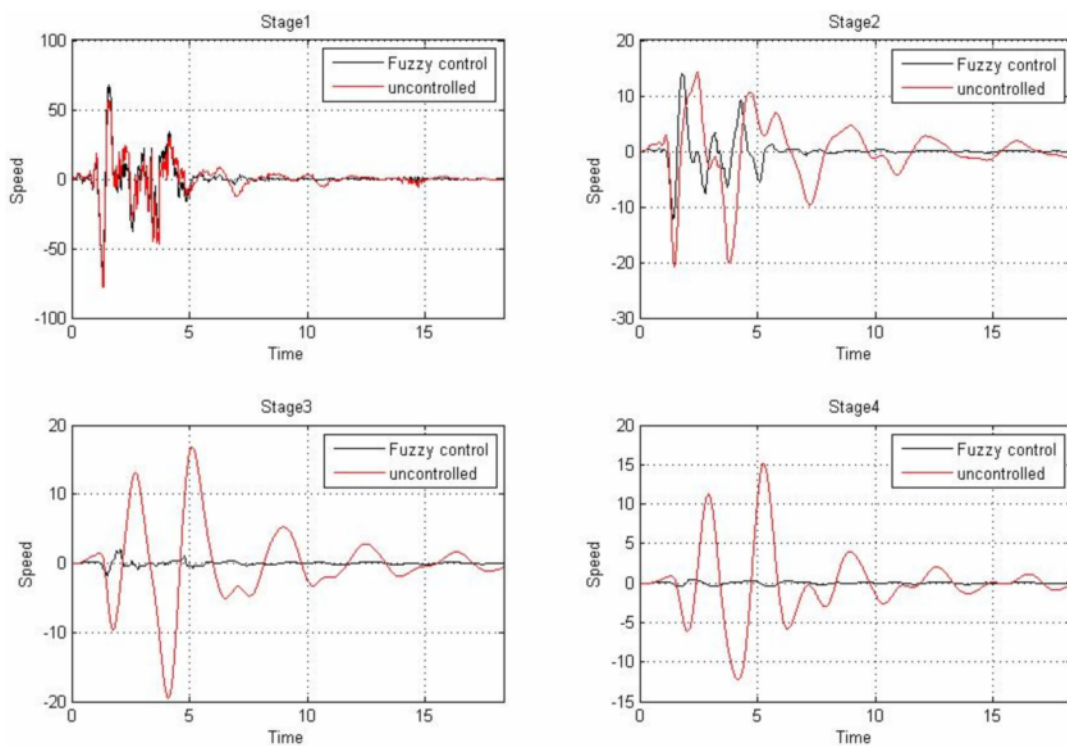


شکل (۵-۳۰)

نتیجه شبیه سازی برای زلزله Sanfernando به صورت زیر می باشد:

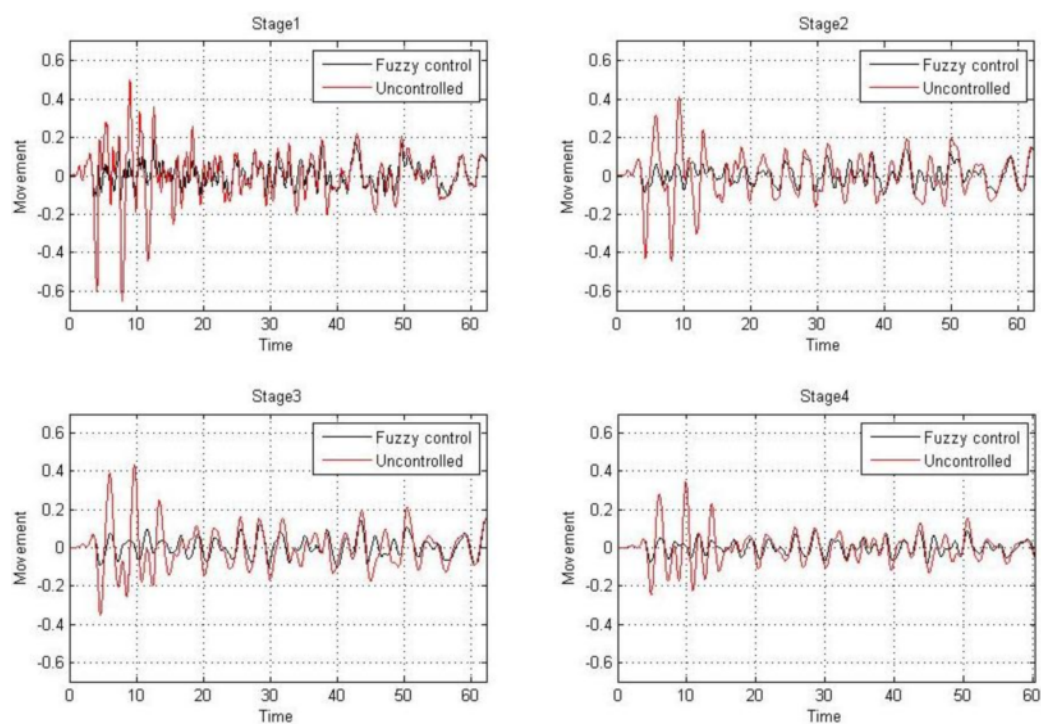


شکل (۵-۳۱)

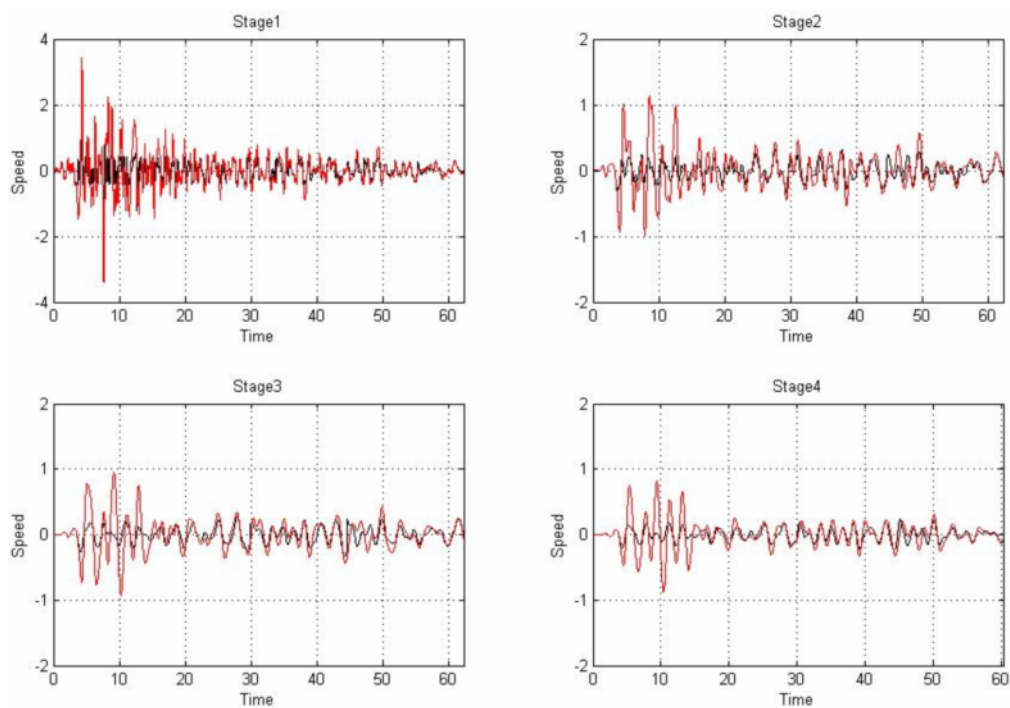


شکل (۵-۳۲)

نتیجه شبیه سازی برای زلزله تفت به صورت زیر می باشد:

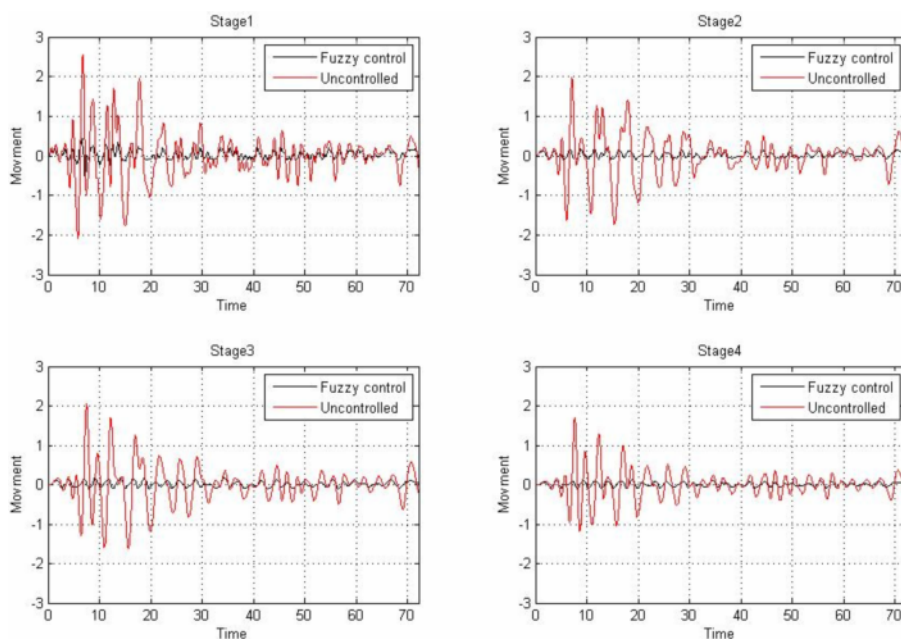


شکل (۵-۳۳)

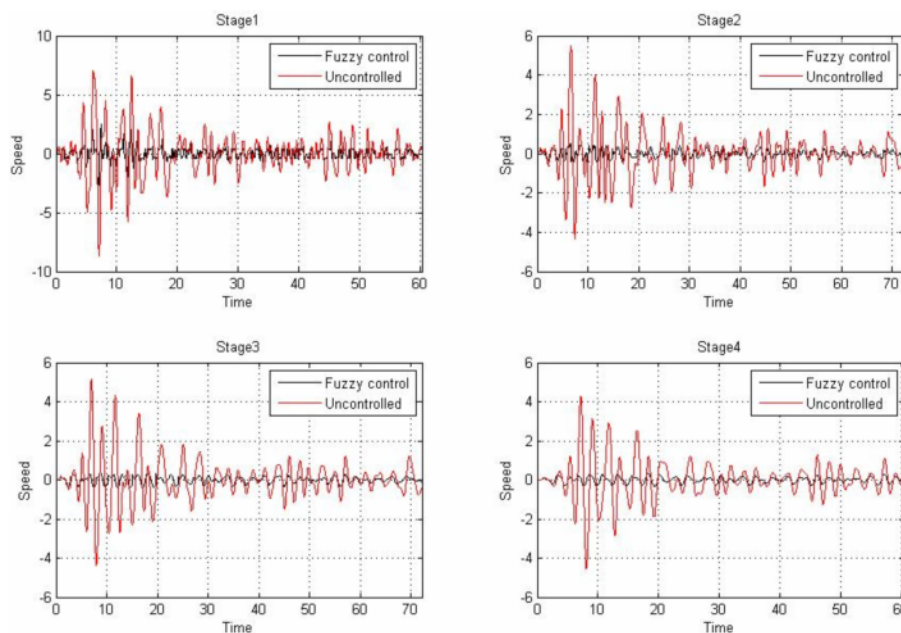


شکل (۵-۳۴)

نتیجه شبیه سازی برای زerkورد زلزله Hachinohe به صورت زیر می باشد :



شکل (۵-۳۵)

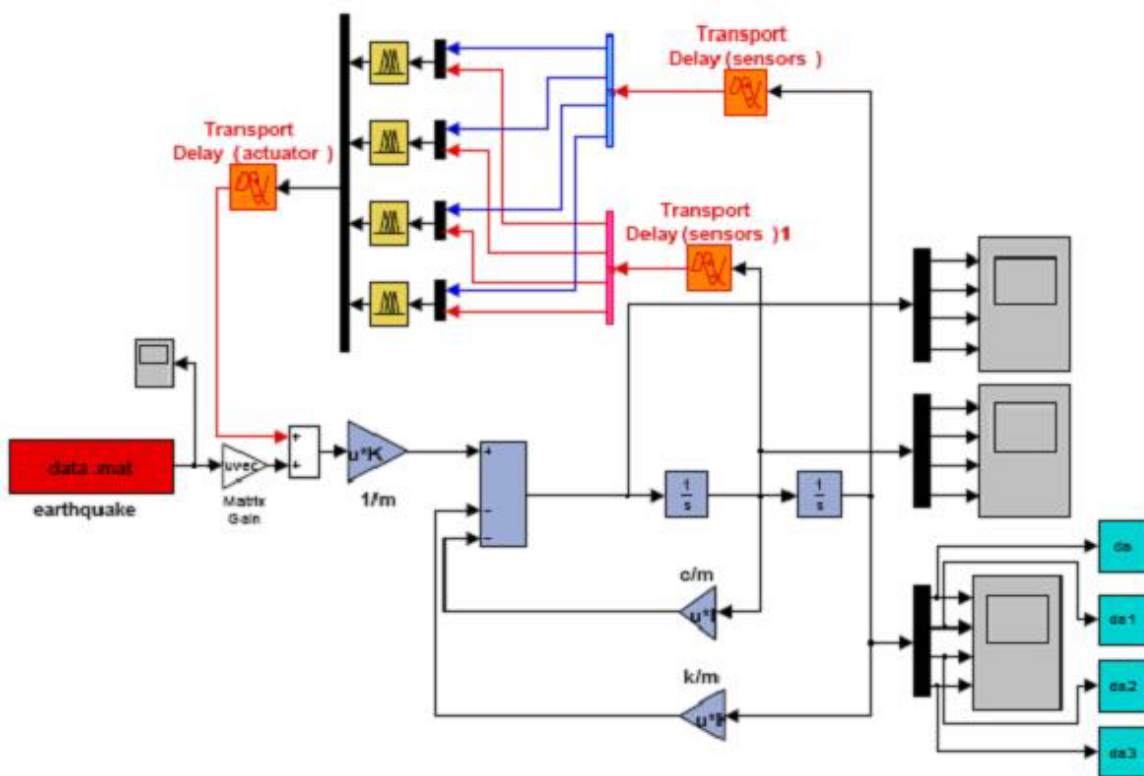


شکل (۵-۳۶)

با توجه به شبیه سازیهای ارائه شده صحت عملکرد روش بیان شده مشخص گردید.

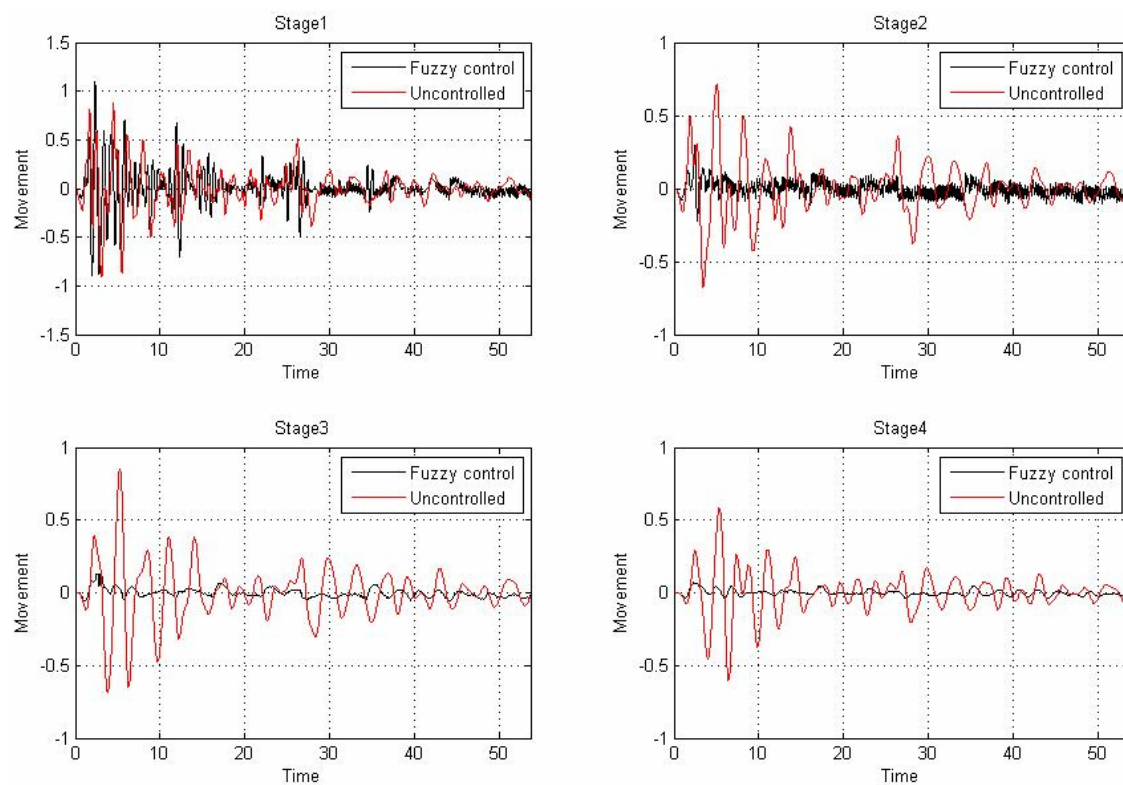
زمان آن فرا رسیده که در ورودی و خروجی کنترل کننده بیان شده تاخیرات زمان را در نظر گرفته میزان پاسخ دهی این سیستم را به تاخیرات زمان بررسی نماییم .

مدل سازی سازه دارای تاخیر در نمونه گیر و محرک :



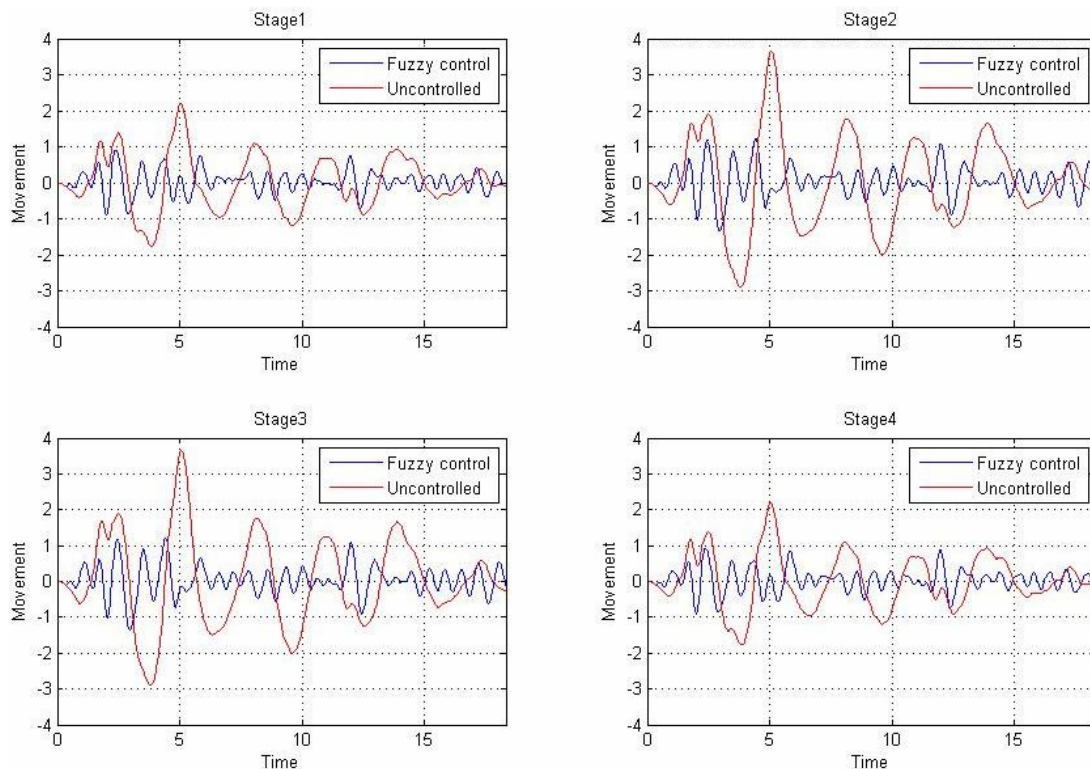
شكل (٥-٣٧)

شبیه سازی برای سازه دارای 40 ms تاخیر در سنسور و 40ms تاخیر بعد از کنترل کننده فازی و محرک برای رکورد زلزله السنترو به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۳۸)

شبیه سازی برای سازه دارای 40 ms تاخیر در سنسور و 40ms تاخیر بعد از کنترل کننده فازی و محرک برای رکورد زلزله Sanfernando به صورت زیر می باشد:

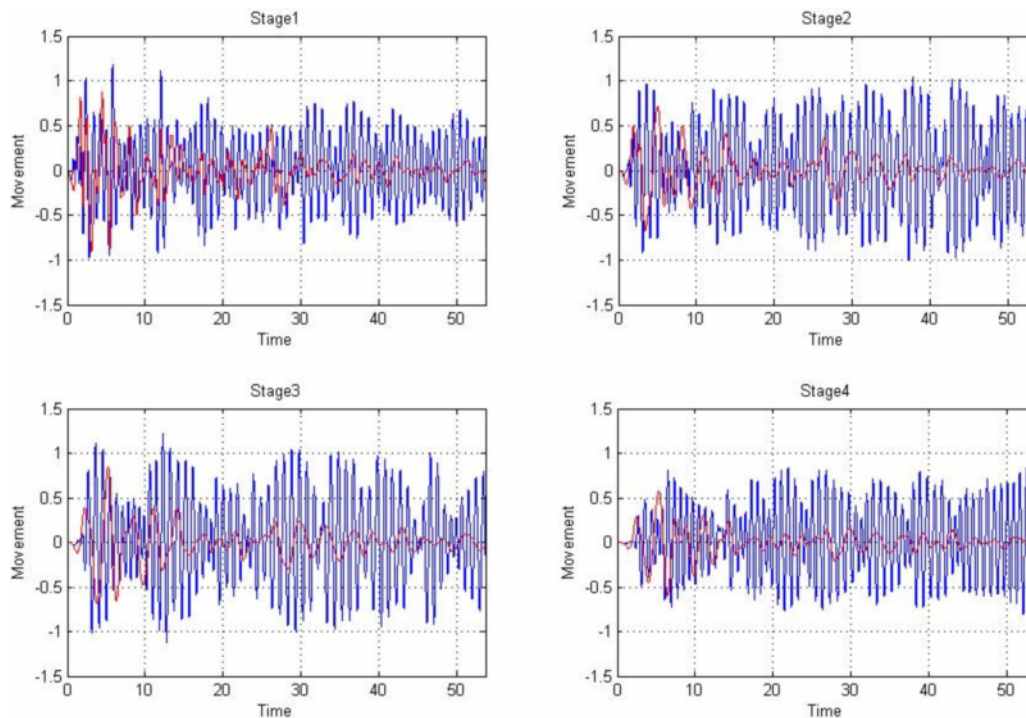


شکل (۵-۳۹)

با توجه به شبیه سازیهای فوق مشاهده می شود نتایج کمی ضعیف شده ولی هنوز سیستم کنترل اثر زلزله کاهش داده است.

قصد داریم در شبیه سازیها نهایت دقت و مطابقت با سیستم واقعی رخ دهد، در همین راستا میزان تاخیر را در سنسورها ۴۰ میلی ثانیه و در خروجی تا مقدار متوسط که برابر ۰,۱ ثانیه می باشد بالا میبریم و نتایج را برای شبیه سازی ها بررسی می نمائیم.

شبیه سازی برای سازه دارای 40 ms تاخیر در سنسورها و 0.1 s تاخیر بعد از کنترل کننده فازی و محرک برای رکورد زلزله السنترو به صورت زیر می باشد :



شکل (۵-۴۰)

با توجه به شکل فوق متوجه میشویم تاخیر زمانی سبب به نوسان در آمدن سیستم کنترل فوق شده است.

اکنون این سوال پیش می آید که سیستم کنترل فازی با شکست مواجه شده؟ پاسخ سوال خیر است. زیرا با اندکی تغییر در قواعد استنتاج و غیر فازی ساز مشکل فوق رفع می گردد. مزیت سیستم فازی نسبت به سایر سیستمها در بهینه نمودن این سیستم با توجه به تاخیرات زمانی محرکها و تنها تغییر در فازی ساز و غیر فازی ساز و قواعد استنتاج بدون نیاز به الگوریتمهای پیچیده و زمان بر پیشبین می باشد. در این قسمت سعی بر اصلاح قواعد استنتاج و غیر فازی ساز در کاهش نوسانات ناشی از تاخیر زمان نمونه برداری و عکس العمل محرک گشته است.

توضیح کنترلر فازي اصلاح شده اعمال شده به سازه دارای تاخیر در نمونه گیر و محرک :

جدول (۵-۵)

		MOVEMENT						
		VN	BN	N	Z	P	BP	VP
SPEED	VN	VP	VP	VP	BP	Z	Z	N
	BN	VP	VP	BP	BP	Z	N	BN
	N	VP	BP	P	BP	Z	BN	VN
	Z	VP	BP	P	Z	N	BN	VN
	P	VP	BP	Z	BN	N	BN	VN
	BP	BP	P	Z	BN	BN	VN	VN
	VP	P	Z	Z	BN	VN	VN	VN

این کنترل کننده همانند کنترل کننده فازي با استفاده از فیدبک سرعت وجابجایی دارای چهار بخش

می باشد که کلیه بخش ها غیر از بخش سوم دارای همان توضیحات می باشد.

در این قسمت جهت کاهش نوسانات و پاسخ دهی سریعتر بهره مشتق خطا که در اینجا سرعت سازه

می باشد در حالتی که جابجایی برابر صفر گردیده و سرعت نابرابر صفر است و در شکل با رنگ

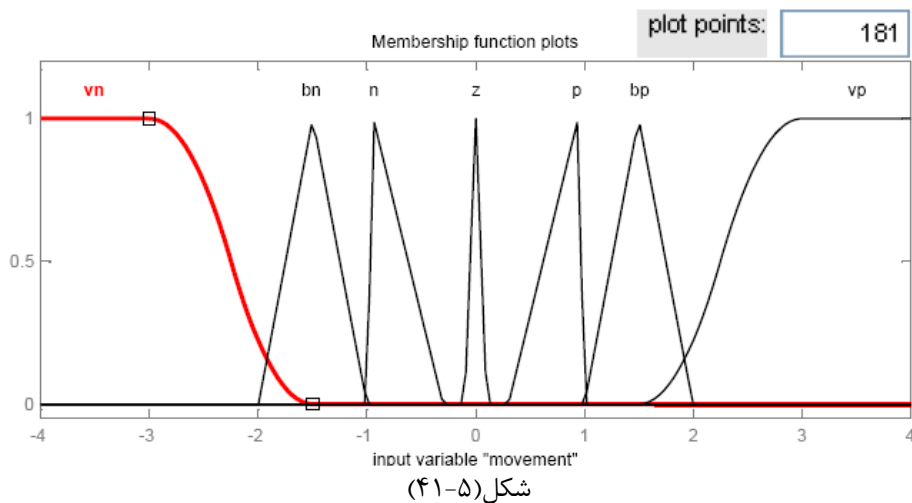
خاکستری مشخص گردیده افزایش یافته است .

1. If (movement is vn) and (speed is vn) then (output1 is vp) (1)
2. If (movement is vn) and (speed is bn) then (output1 is vp) (1)
3. If (movement is vn) and (speed is n) then (output1 is vp) (1)
4. If (movement is vn) and (speed is z) then (output1 is vp) (1)
5. If (movement is vn) and (speed is p) then (output1 is vp) (1)
6. If (movement is vn) and (speed is bp) then (output1 is bp) (1)
7. If (movement is vn) and (speed is vp) then (output1 is p) (1)
8. If (movement is bn) and (speed is vn) then (output1 is vp) (1)
9. If (movement is bn) and (speed is bn) then (output1 is vp) (1)
10. If (movement is bn) and (speed is n) then (output1 is bp) (1)
11. If (movement is bn) and (speed is z) then (output1 is bp) (1)
12. If (movement is bn) and (speed is p) then (output1 is bp) (1)
13. If (movement is bn) and (speed is bp) then (output1 is p) (1)
14. If (movement is bn) and (speed is vp) then (output1 is z) (1)
15. If (movement is n) and (speed is vn) then (output1 is vp) (1)
16. If (movement is n) and (speed is bn) then (output1 is bp) (1)
17. If (movement is n) and (speed is n) then (output1 is p) (1)
18. If (movement is n) and (speed is z) then (output1 is p) (1)
19. If (movement is n) and (speed is p) then (output1 is z) (1)
20. If (movement is n) and (speed is bp) then (output1 is z) (1)
21. If (movement is n) and (speed is vp) then (output1 is z) (1)
22. If (movement is z) and (speed is vn) then (output1 is bp) (1)
23. If (movement is z) and (speed is bn) then (output1 is bp) (1)
24. If (movement is z) and (speed is n) then (output1 is bp) (1)
25. If (movement is z) and (speed is z) then (output1 is z) (1)
26. If (movement is z) and (speed is p) then (output1 is bn) (1)
27. If (movement is z) and (speed is bp) then (output1 is n) (1)
28. If (movement is z) and (speed is vp) then (output1 is bn) (1)
29. If (movement is p) and (speed is vn) then (output1 is z) (1)
30. If (movement is p) and (speed is bn) then (output1 is z) (1)
31. If (movement is p) and (speed is n) then (output1 is z) (1)
32. If (movement is p) and (speed is z) then (output1 is n) (1)

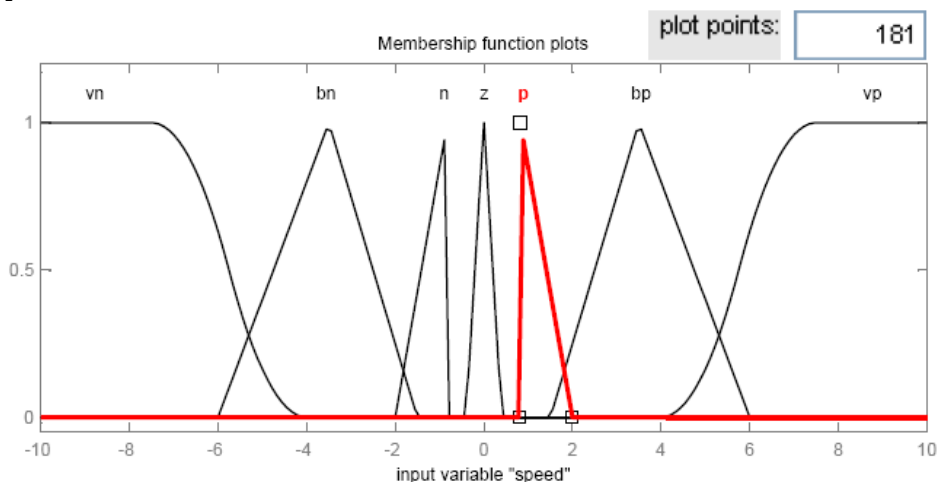
- 33. If (movement is p) and (speed is p) then (output1 is n) (1)
- 34. If (movement is p) and (speed is bp) then (output1 is bn) (1)
- 35. If (movement is p) and (speed is vp) then (output1 is vn) (1)
- 36. If (movement is bp) and (speed is vn) then (output1 is z) (1)
- 37. If (movement is bp) and (speed is bn) then (output1 is n) (1)
- 38. If (movement is bp) and (speed is n) then (output1 is bn) (1)
- 39. If (movement is bp) and (speed is z) then (output1 is bn) (1)
- 40. If (movement is bp) and (speed is p) then (output1 is bn) (1)
- 41. If (movement is bp) and (speed is bp) then (output1 is vn) (1)
- 42. If (movement is bp) and (speed is vp) then (output1 is vn) (1)
- 43. If (movement is vp) and (speed is vn) then (output1 is n) (1)
- 44. If (movement is vp) and (speed is bn) then (output1 is bn) (1)
- 45. If (movement is vp) and (speed is n) then (output1 is vn) (1)
- 46. If (movement is vp) and (speed is z) then (output1 is vn) (1)
- 47. If (movement is vp) and (speed is p) then (output1 is vn) (1)
- 48. If (movement is vp) and (speed is bp) then (output1 is vn) (1)
- 49. If (movement is vp) and (speed is vp) then (output1 is vn) (1)

فازی سازها نیز به صورت زیر تغییر نموده است:

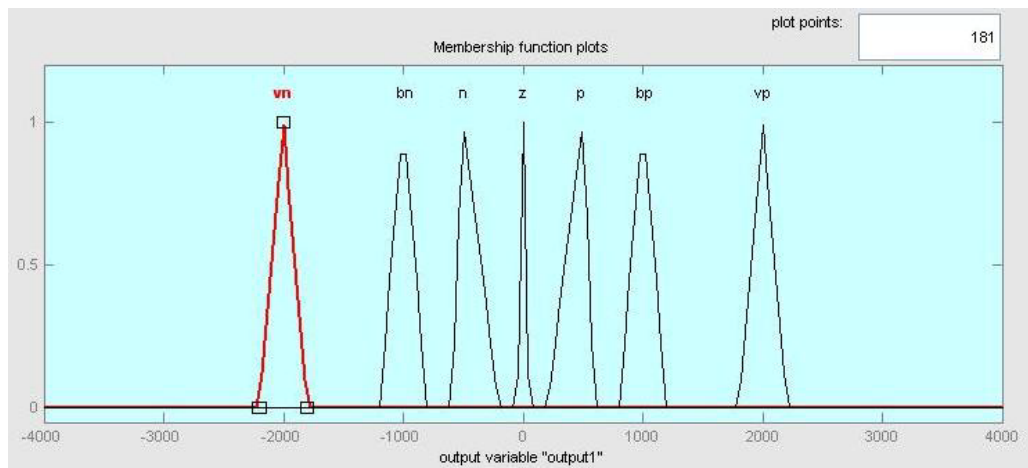
```
Name='movement'
Range=[-4 4]
NumMFs=7
MF1='vn':'zmf',[-3 -1.5]
MF2='bn':'trimf',[-2. -1.5 -1]
MF3='n':'trimf',[-1 -0.95 -0.3]
MF4='z':'trimf',[-0.1 0 0.1]
MF5='p':'trimf',[0.3 0.95 1]
MF6='bp':'trimf',[1 1.5 2]
MF7='vp':'smf',[1.5 3]
```



```
Name='speed'
Range=[-10 10]
NumMFs=7
MF1='vn':'zmf',[-7.5 -4]
MF2='bn':'trimf',[-6 -3.5 -1.5]
MF3='n':'trimf',[-2 -1 -0.8]
MF4='z':'trimf',[-0.4 0 0.4]
MF5='p':'trimf',[0.8 1 2]
MF6='bp':'trimf',[1.5 3.5 6]
MF7='vp':'smf',[4 7.5]
```



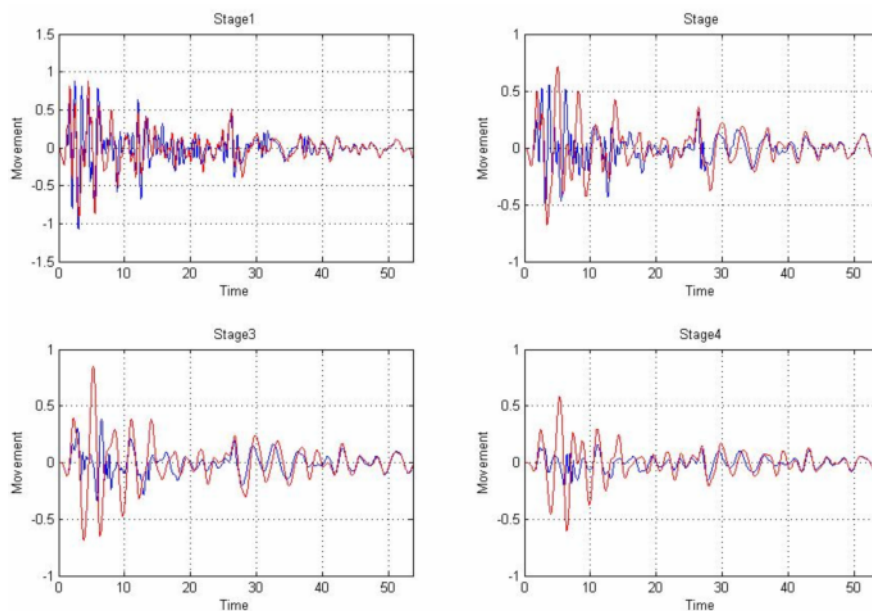
غیر فازی ساز به صورت زیر می باشد:



شکل (۴۳-۵)

حال سیستم اصلاح شده فوق را برای چند رکورد زلزله شبیه سازی می نمایم.

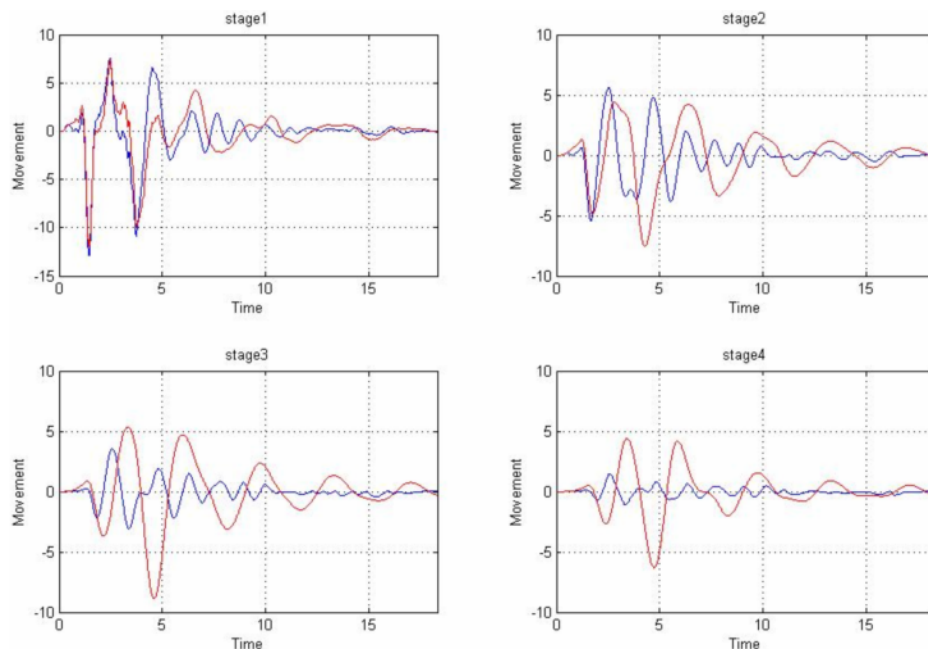
شبیه سازی زلزله ا لسنترو با استفاده از سیستم اصلاح شده جهت جبران تاخیر زمان در نمونه برداری و تحریک :



شکل (۴۴-۵)

شبیه سازی زلزله Sanfernando با استفاده از سیستم اصلاح شده جهت جبران تاخیر

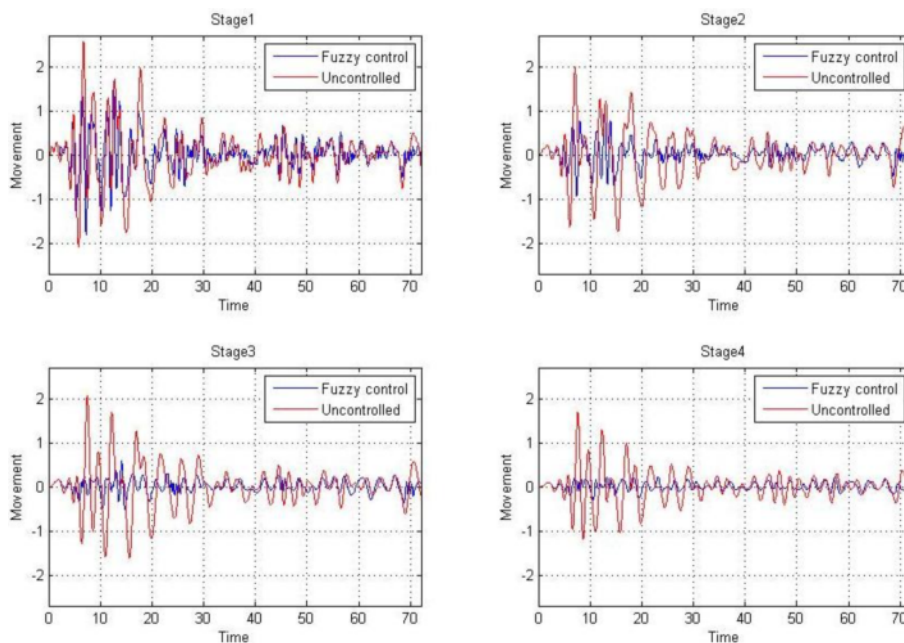
زمان در نمونه برداری و تحریک :



شکل (۴۵-۵)

شبیه سازی زلزله Hachinohe با استفاده از سیستم اصلاح شده جهت جبران تاخیر زمان

در نمونه برداری و تحریک :



شکل (۴۶-۵)

سیستم اصلاح شده جهت جبران تاخیر زمان در نمونه برداری و تحریک با توجه به نمودارها و به ویژه نمودارهای طبقات فوقانی نشان داده تا کنون توانسته پاسخگوی نیاز ما از کنترل فعال باشد.

کنترل پیشبین فازی:

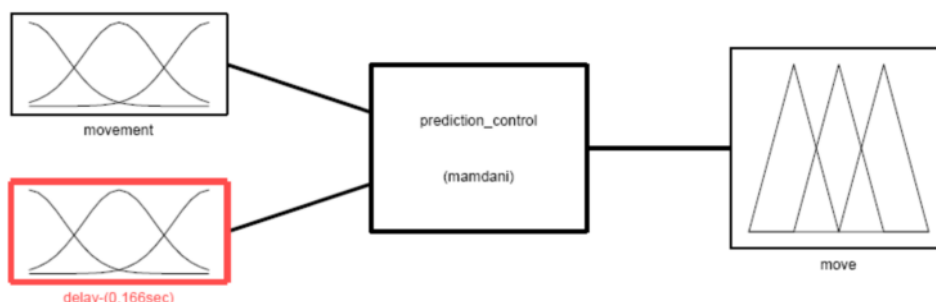
روش کنترل پیشبین در این تحقیق تفاوت فراوانی با تحقیقات دیگر دارد زیرا نیاز است زمان محاسبات، زمان عملکرد همچنین تعداد پارامترهای مورد بررسی به حداقل برسد.

در این روش پارامترهای، میزان جابجایی سازه و جابجایی سازه که دارای تاخیر زمانی می باشد به کنترل کننده فازی اعمال میشود. میزان تاخیر لازم با توجه به بررسی فرکانسی بر روی رکوردهای گذشته منطقه مورد نظر یا آزمایشات لرزه نگاری و زمین شناسی منطقه انتخاب می شود یعنی مود فرکانسی که بیشترین شتاب را ایجاد می کند مورد استفاده قرار می گیرد.

در این روش یک چهارم زمان تناوب مود فرکانسی مورد نظر به عنوان تاخیر زمانی استفاده می شود دلیل این انتخاب تلفیقی از کنترل سطح لغزش و پیشبین می باشد به صورتی که سازه را در کل زمان تحریکات زمین و بخصوص در آن مود فرکانسی به سطح صفر میل می دهد .

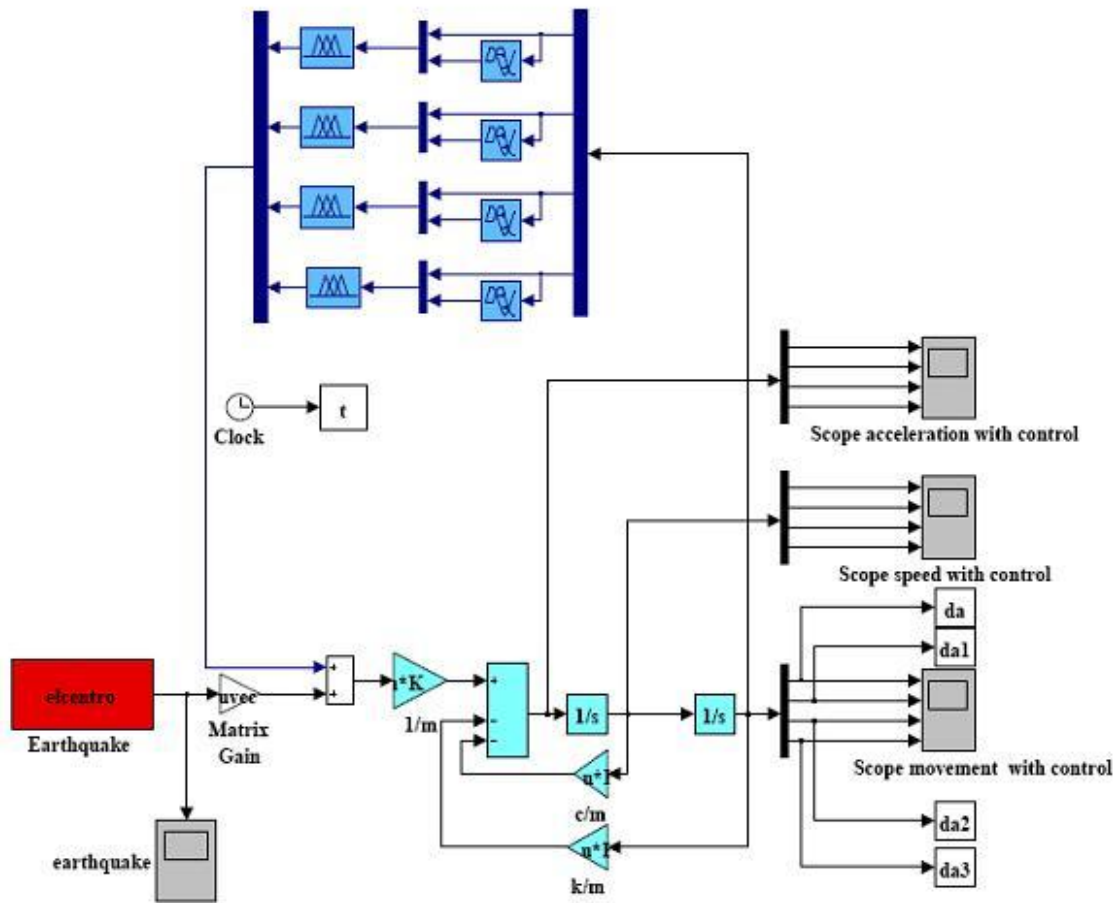
به عنوان مثال در شتابنگاشت زلزله السنترو ، بیشتر انرژی در محدوده فرکانسهای ۰,۱ تا ۱۰ هرتز قرار دارد و حداکثر دامنه در نزدیکی فرکانس ۱,۵ هرتز رخ می دهد. [1] در نتیجه زمان تناوب فرکانس ۱,۵ هرتز برابر ۰,۶۶۷ ثانیه و مدت زمان تاخیر برابر ۰,۱۶۶ ثانیه می باشد.

نمواد داخلی کنترل کننده پیشبین به صورت زیر می باشد:



شکل (۴۷-۵)

سیستم کنترل فازى پیشبین اعمال شده بر سازه:



شکل (۴۸-۵)

قوانین استنتاج کنترلر فازي پیشبین :

جدول (۵-۶)

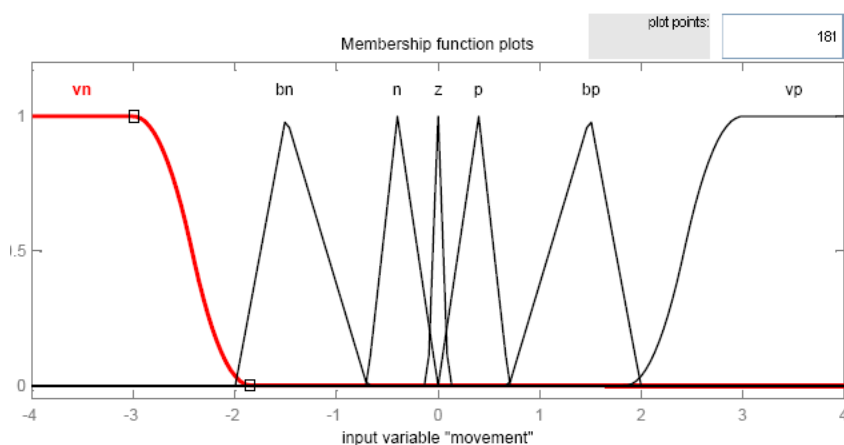
		MOVEMENT						
		VN	BN	N	Z	P	BP	VP
WITH DELEY TIME	VN	VP	P	Z	N	BN	VN	VN
	BN	VP	BP	P	N	BN	VN	VN
	N	VP	BP	P	Z	N	VN	VN
	Z	VP	VP	P	Z	N	VN	VN
	P	VP	VP	P	Z	N	BN	VN
	BP	VP	VP	BP	P	N	BN	VN
	VP	VP	VP	BP	P	Z	N	VN

این جدول قوانین در قسمت بیان می گردد :

۱. حالتی که سازه به سمت منفی حرکت نموده که در حالت قبل مقداری بیش از حالت کنونی داشته است . این قسمت در سمت چپ جدول با رنگ خاکستری تیره نمایش داده شده و خروجی در این حالت نیرویی به سمت محور(مثبت) می باشد .
۲. حالتی که سازه به سمت مثبت حرکت نموده که در حالت قبل مقداری کمتر از حالت کنونی داشته است . این قسمت در سمت راست جدول با رنگ خاکستری تیره نمایش داده شده و خروجی در این حالت نیرویی به سمت محور(منفی) می باشد .
۳. حالتی که سازه نسبت به حالت قبل بدون تغییر مانده است که در جدول در قسمت قطر با رنگ خاکستری روشن نمایش داده شده است . در اینجا نیروی اعمالی به سمت مبدا و با اندازه ای متناسب با فاصله از مبدا افزایش می یابد .

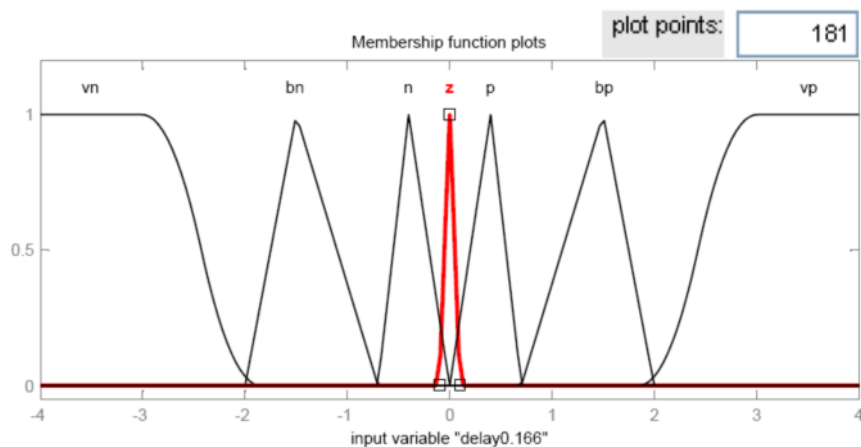
۴. حالتی که سازه به سمت مبدا باز می گردد این قسمت با رنگ خاکستری نمایش داده شده و در خروجی نیروی کم یا برابر صفر به علت گذر ننمودن از مبدا به آن در جهت حرکت به سمت مبدا اعمال گشته است.
۵. حالتی که سازه مبدا رسیده و نیازی به نیروی اعمالی ندارد و در جدول به رنگسفید و در مرکز قرار دارد .

فازی سازها در این کنترل کننده پیشبین به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۴۹)

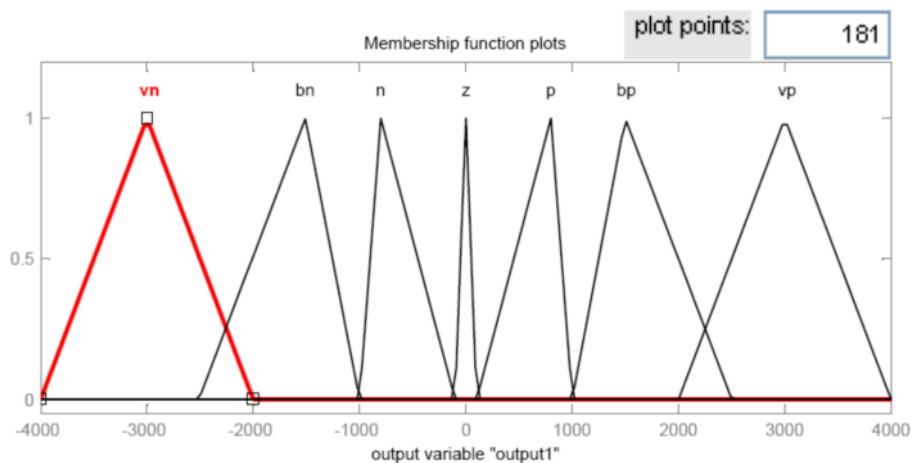
```
[Input1]
Name='movement'
Range=[-4 4]
NumMFs=7
MF1='vn':zmf,[-3 -1.85]
MF2='bn':trimf,[-2 -1.5 -0.7]
MF3='n':trimf,[-0.7 -0.4 -0]
MF4='z':trimf,[-0.1 0 0.1]
MF5='p':trimf,[0 0.4 0.7]
MF6='bp':trimf,[0.7 1.5 2]
MF7='vp':smf,[1.85 3]
```



شکل (۵-۵)

```
[Input2]
Name='delay0.166'
Range=[-4 4]
NumMFs=7
MF1='n': 'trimf', [-0.7 -0.4 -0]
MF2='vn': 'zmf', [-3 -1.85]
MF3='bn': 'trimf', [-2 -1.5 -0.7]
MF4='z': 'trimf', [-0.1 0 0.1]
MF5='p': 'trimf', [0 0.4 0.7]
MF6='bp': 'trimf', [0.7 1.5 2]
MF7='vp': 'smf', [1.85 3]
```

غیر فازی ساز در خروجی کنترل کننده فازی پیشبین به صورت زیر می باشد:



شکل (۵-۶)

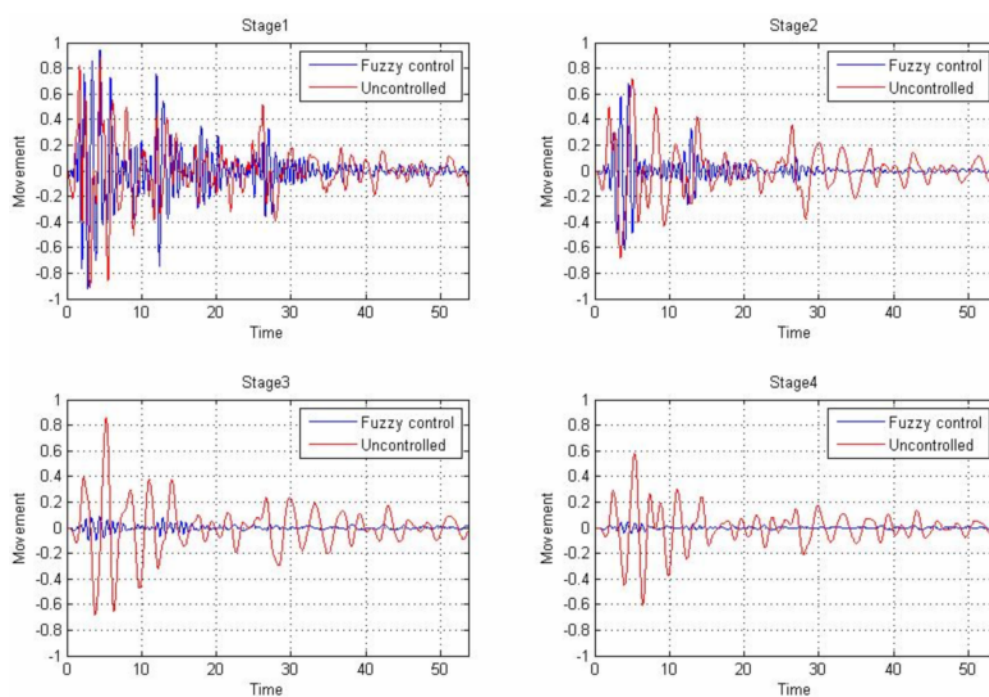
```
Name='output1'  
Range=[-4000 4000]  
NumMFs=7  
MF1='vn':trimf,[-4000 -3000 -2000]  
MF2='bn':trimf,[-2510 -1510 -1000]  
MF3='n':trimf,[-1000 -800 -100]  
MF4='z':trimf,[-100 0 100]  
MF5='p':trimf,[100 800 1000]  
MF6='bp':trimf,[1000 1500 2500]  
MF7='vp':trimf,[2000 3000 4000]
```

قوانین استنتاج به صورت زیر می باشد:

1. If (movement is vn) and (delay0.166 is vn) then (output1 is vp) (1)
2. If (movement is vn) and (delay0.166 is n) then (output1 is vp) (1)
3. If (movement is vn) and (delay0.166 is bn) then (output1 is vp) (1)
4. If (movement is vn) and (delay0.166 is z) then (output1 is vp) (1)
5. If (movement is vn) and (delay0.166 is p) then (output1 is vp) (1)
6. If (movement is vn) and (delay0.166 is bp) then (output1 is vp) (1)
7. If (movement is vn) and (delay0.166 is vp) then (output1 is vp) (1)
8. If (movement is bn) and (delay0.166 is vn) then (output1 is p) (1)
9. If (movement is bn) and (delay0.166 is bn) then (output1 is bp) (1)
10. If (movement is bn) and (delay0.166 is n) then (output1 is bp) (1)
11. If (movement is bn) and (delay0.166 is z) then (output1 is vp) (1)
12. If (movement is bn) and (delay0.166 is p) then (output1 is vp) (1)
13. If (movement is bn) and (delay0.166 is bp) then (output1 is vp) (1)
14. If (movement is bn) and (delay0.166 is vp) then (output1 is vp) (1)
15. If (movement is n) and (delay0.166 is vn) then (output1 is z) (1)
16. If (movement is n) and (delay0.166 is bn) then (output1 is p) (1)
17. If (movement is n) and (delay0.166 is n) then (output1 is p) (1)
18. If (movement is n) and (delay0.166 is z) then (output1 is p) (1)
19. If (movement is n) and (delay0.166 is p) then (output1 is p) (1)
20. If (movement is n) and (delay0.166 is bp) then (output1 is bp) (1)
21. If (movement is n) and (delay0.166 is vp) then (output1 is bp) (1)
22. If (movement is z) and (delay0.166 is vn) then (output1 is n) (1)
23. If (movement is z) and (delay0.166 is bn) then (output1 is n) (1)

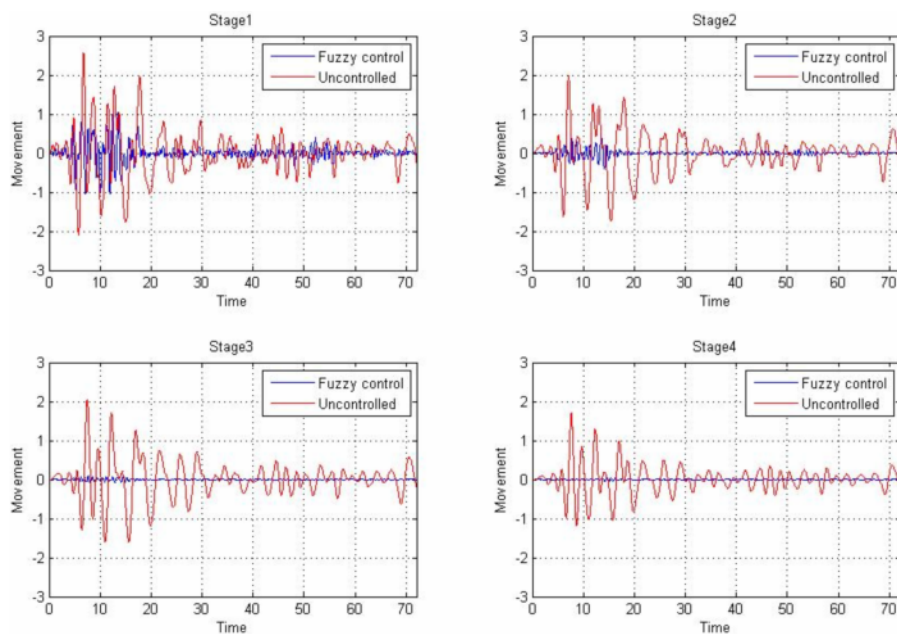
- 24. If (movement is z) and (delay0.166 is n) then (output1 is z) (1)
- 25. If (movement is z) and (delay0.166 is z) then (output1 is z) (1)
- 26. If (movement is z) and (delay0.166 is p) then (output1 is z) (1)
- 27. If (movement is z) and (delay0.166 is bp) then (output1 is p) (1)
- 28. If (movement is z) and (delay0.166 is vp) then (output1 is p) (1)
- 29. If (movement is p) and (delay0.166 is vn) then (output1 is bn) (1)
- 30. If (movement is p) and (delay0.166 is bn) then (output1 is bn) (1)
- 31. If (movement is p) and (delay0.166 is n) then (output1 is n) (1)
- 32. If (movement is p) and (delay0.166 is z) then (output1 is n) (1)
- 33. If (movement is p) and (delay0.166 is p) then (output1 is n) (1)
- 34. If (movement is p) and (delay0.166 is bp) then (output1 is n) (1)
- 35. If (movement is p) and (delay0.166 is vp) then (output1 is z) (1)
- 36. If (movement is bp) and (delay0.166 is vn) then (output1 is vn) (1)
- 37. If (movement is bp) and (delay0.166 is bn) then (output1 is vn) (1)
- 38. If (movement is bp) and (delay0.166 is n) then (output1 is vn) (1)
- 39. If (movement is bp) and (delay0.166 is z) then (output1 is vn) (1)
- 40. If (movement is bp) and (delay0.166 is p) then (output1 is bn) (1)
- 41. If (movement is bp) and (delay0.166 is bp) then (output1 is bn) (1)
- 42. If (movement is bp) and (delay0.166 is vp) then (output1 is n) (1)
- 43. If (movement is vp) and (delay0.166 is vp) then (output1 is vn) (1)
- 44. If (movement is vp) and (delay0.166 is bp) then (output1 is vn) (1)
- 45. If (movement is vp) and (delay0.166 is p) then (output1 is vn) (1)
- 46. If (movement is vp) and (delay0.166 is z) then (output1 is vn) (1)
- 47. If (movement is vp) and (delay0.166 is bn) then (output1 is vn) (1)
- 48. If (movement is vp) and (delay0.166 is vn) then (output1 is vn) (1)
- 49. If (movement is vp) and (delay0.166 is n) then (output1 is vn) (1)

شبیه سازی کنترل پیشبین برای زلزله السنترو به صورت زیر می باشد :



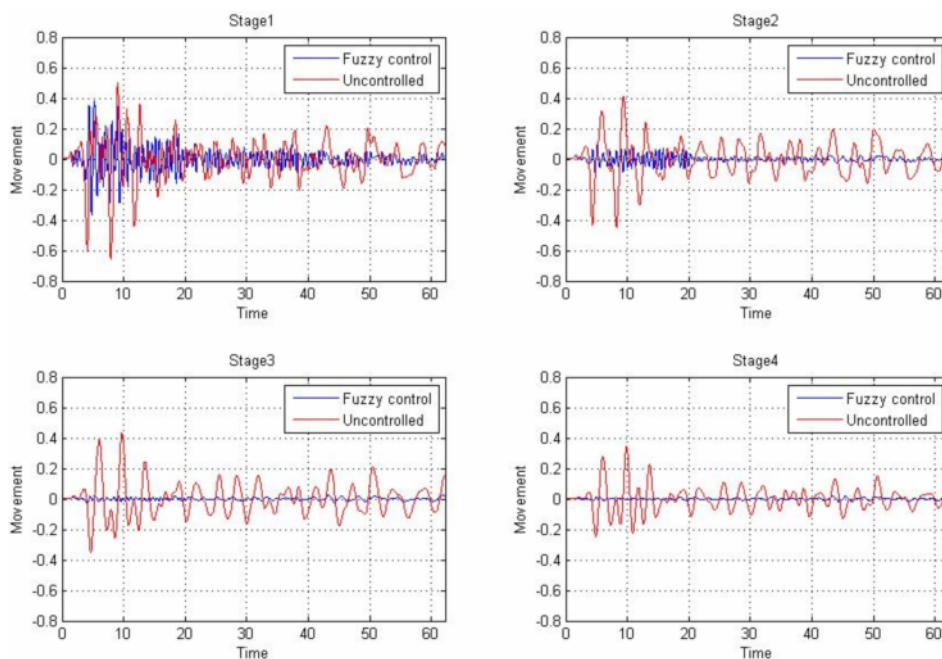
شکل (۵-۵۲)

شبیه سازی کنترل پیشبین برای زلزله hachinohe به صورت زیر می باشد :



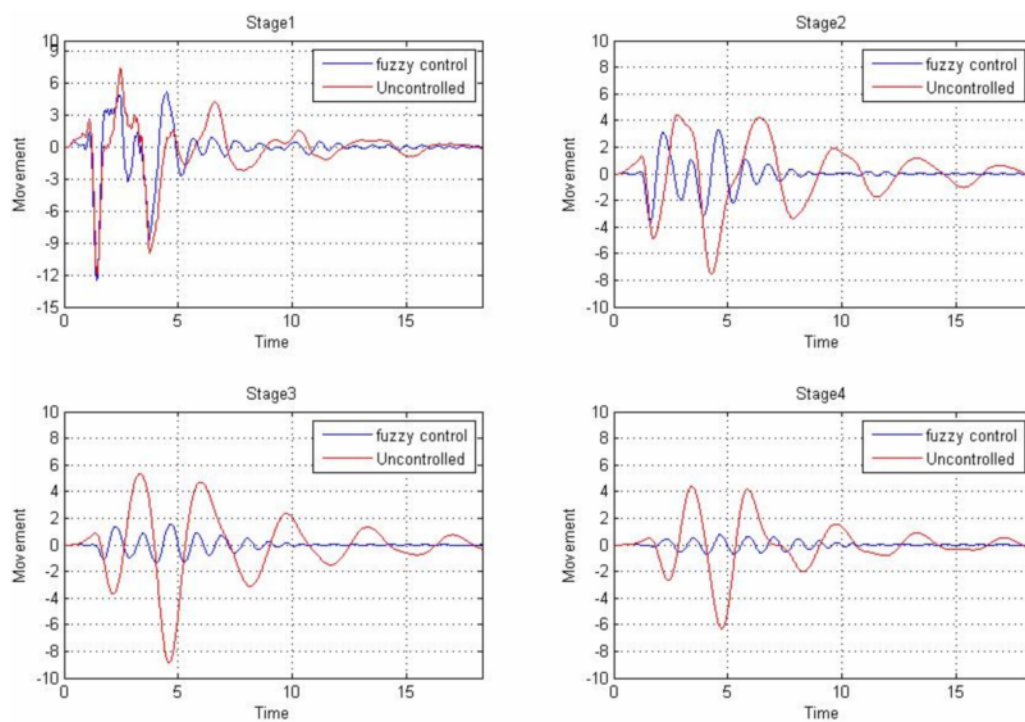
شکل (۵-۵۳)

شبیه سازی کنترل پیشبین برای زلزله تفت به صورت زیر می باشد :



شکل (۵-۵۴)

شبیه سازی کنترل پیشبین برای زلزله تفت به صورت زیر می باشد :



شکل (۵-۵۵)

فصل ششم

نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد

در این تحقیق بیان شد که سازه ها به خودی خود پایدار می باشند و در کنترل سازه ها سعی بر کنترل پارامترهایی از قبیل شتاب، سرعت و جابجایی سازه ها ناشی از عوامل خارجی همچون باد و زلزله می باشیم.

کنترل سازه ها به چهار دسته کنترل پسیو، اکتیو، نیمه اکتیو و ترکیبی تقسیم می شوند. بهترین پاسخ دهی مربوط به کنترل ترکیبی می باشد ولی به دلیل هزینه بالا تنها در سازه های دارای اهمیت استفاده می گردند. کنترل نیمه اکتیو به علت قابلیت استفاده از باتری و مقاوم بودن آن توسط طراحان بیشتر ترجیح داده می شود.

جهت کنترل سازه نیاز به بررسی معادلات دینامیکی سازه، نوع محرک مورد نظر، میزان تاخیرات (سنسور، محرک و پردازنده)، نوع زمین (جهت تعیین طیف فرکانسی جهت کنترل بهینه می باشد. [1. Page 190]

با توجه به دلایل و شبیه سازی های بیان شده در این تحقیق کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت و کنترل جابجایی با استفاده از فیدبک سرعت و جابجایی دارای بهترین پاسخ جهت کنترل جابجایی سازه می باشند و با اصلاح در قوانین استنتاج و فازی ساز و غیر فازی ساز می توان تاخیرات زمان را جبران نموده و به یک کنترل کننده پایدار دست یافت.

با بررسی طیف فرکانسی رکورد های زلزله پیشین می توان سیستم کنترل فازی پیشین بهینه طراحی نمود که در این تحقیق نمونه اولیه با پاسخی نسبتاً خوب

بیان گردیده است و در ادامه جای تحقیق را با در نظر گرفتن تاخیر در نمونه برداری و تحریک دارا می باشد.

با استفاده از مطالعات زمین شناسی جهت تعیین طیف فرکانسی زلزله مناطق زلزله خیز ایران و تعیین آنکه زلزله در چه فرکانسی در آن مناطق دارای بیشترین نیرو می باشد و استفاده از آن در طراحی کنترل کننده های فازی و فازی ترکیبی که دارای اهمیت می باشد پیشنهاد می شود.

مراجع :

- [۱] دکتر خسرو برگی، "اصول مهندسی زلزله"، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ چهارم، تابستان ۱۳۸۲.
- [۲] لی وانگ، "سیستمهای فازی و کنترل فازی"، ترجمه: دکتر محمد تشنه لب، نیما صفاریور، داریوش افیونی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، فروردین ۱۳۸۵.
- [۳] سید ابراهیم موسوی اشکیکی، علیرضا انتظاری، "کنترل فعال سازه ها با رویکرد فازی: تئوری و عملکرد"، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، CESC 2004.
- [4] Rao, Singiresu, Mechanical Vibrations, Addison Wesley, 1990, ISBN 0-201-50156-2.
- [5] Thompson, W.T., Theory of Vibrations, Nelson Thornes Ltd, 1996, ISBN 0-412-783908.
- [6] Hartog, Den, Mechanical Vibrations, Dover Publications, 1985, ISBN 0-486-647854.
- [7] Kelly, J.M., Leitmann, G. and Soldatos, A. Robust control of base isolated structures under earthquake excitation, J. of Opt. Theory and Appl., 1987, Vol. 53, pp. 159-180.
- [8] Luo, N., Rodellar, J. and De la Sen, M. Sliding mode control of a class of uncertain coupled systems: application to base isolated structures. Proc. of 34th IEEE Conf. on Dec. and Ctrl., 1995, New Orleans, USA, Vol. 3, pp. 2127-2132.
- [9] G. Leitmann and E. Reithmeier, Semiactive control of a vibrating system by means of electrorheological fluids, Dynamics and Control, 3, 7-33, 1993.
- [10] U. Aldemir, M. Bakioglu, Active structural control based on The Prediction and Degree of stability, Journal of Sound and Vibration (2001) 247(4), 561-576.
- [11] Claudia Mara Dias Wilson, Member, ASCE and Makola M. Abdullah, Member, ASCE, Structural Vibration Reduction Using Fuzzy Control of Magnetorheological Dampers, Department of Civil and Environmental Engineering, Florida State University.
- [12] Kasabov, Nikola K. Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering, ISBN 0-262-11212-4 (hc: alk. paper).

- [13] Kwan-Soon Park, Hyun-Moo Koh , Seung-Yong Ok, Active control of earthquake excited structures using fuzzy supervisory technique, *Advances in Engineering Software* 33 (2002) 761–768
- [14] Jang, J. R. and Sun, C. (1995). *Nero Fuzzy Modelling and Control*, Proc. of the IEEE, P.P: 378-405
- [15] Kuo, R.J., Chen, C.H. and Hwang, Y.C. (2001). An intelligent stock trading decision support system through integration of genetic algorithm based fuzzy neural network and artificial neural network, *Fuzzy Sets and Systems*, 118 .
- [16] Werbos, P.J. (1974). *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*. Cambridge, MA: Harvard University, Ph.D. dissertation.
- [17] T.T. Soong and B.F. Spencer Jr. Supplemental energy dissipation:state-of-the-art and state-of-the-practice. *Engineering Structures*, 24:243– 259, 2002.
- [18] S.J. Dyke. *Acceleration Feedback Control Strategies for Active and Semi active Control Systems: Modeling, Algorithm Development, and Experimental Verification*. PhD thesis, University of Notre Dame. Notre Dame, Indiana, 1996.
- [19] D.J. Inman. *Engineering Vibration*. Prentice-Hall, 2nd. Ed., 2001.
- [20] S.J. Dyke, B.F Spencer Jr., M.K. Sain, and J.D. Carlson. Modeling and control of magnetorheological dampers for seismic response reduction. *Smart Mat. and Struct.*, 5:565–575, 1996.
- [21] F. Spencer Jr., B, S.J. Dyke, M.K. Sain, and J.D. Carlson. Phenomenological model of a magnetorheological damper. *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, 123(3):230–238, 1997.
- [22] T.T. Soong and B.F. Spencer Jr. Controlling buildings: A new frontier in feedback. *IEEE Control Systems Magazine on Engineering Technology*, 17(6):19–35, 1997.
- [23] J. M. Mart´ın S. and J. Rodellar. *Adaptive Predictive Control: From the Concepts to Plant Optimization*. Prentice Hall International Series in Systems and Control Engineering. 1996.
- [24] M. D. Symans and M. C. Constantinou. Seismic Testing of a Building Structure with a Semiactive Fluid Damper Control System. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. John Wiley & Sons, Ltd., Vol 26, pp. 759-777, 1997.

- [25] Hasan Alli, O'guz Yakut. Fuzzy sliding-mode control of structures. Elsevier Ltd. Engineering Structures 27 (2005) 277–284

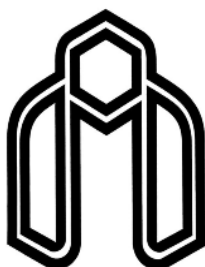
Abstract

Different methods for control the structures of buildings has been developed in recent years. These methods are based on reducing the amplitude of the vibration due to wind and earthquake. There are four methods as: passive, semi active, active and compound.

Improving structures control, strongly depend on measurement devices, actuators and correct modeling at the structures, computer knowledge, data processing, control systems, material science, measurement technology, stochastic, structures dynamics, earthquake engineering and wind are other field related to controlling the structures.

Existing of non certainty and non linearity in the structures behavior of our work, it is tried to control the structure by fuzzy controller bearing in mind structures dynamic, soil mechanic, and the records has been received from previous earthquakes. Simulations show the proposed fuzzy controller works properly.

Keywords: Fuzzy Controller – Response – Active Control of Structure – Earthquake Loads – Dynamic Load – Predictive Fuzzy Control



Shahrood University of Technology

Faculty Electrical and Robotics

Control Engineering MSC'S Thesis

**Design and Simulation Fuzzy Controller for Structural
Control Subject To Earthquake**

Mohammad Hossein Imani Cichani

Supervisor

Dr Heydar Toossian Shandiz

Advisor

Dr Ali Keyhani

JANUARY 2009