

کنترل فعال سازه های غیر خطی تحت اثر زلزله های Near-Field با استفاده از منطق فازی

سید آرش موسوی قاسمی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد تبریز

عبدالرحیم جلالی

استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز

چکیده:

مطالعات زمین شناسی حاکی از آن است که اکثر شهرهای بزرگ دنیا در نزدیک یا روی گسل ساخته شده اند. بنا براین احتمال وقوع زلزله از نوع Near-Field در این شهرها بسیار بالا می باشد. زلزله های Near-Field اخیر نظیر زلزله های Northridge و Kobe و Chi-Chi و ترکیه (Izmit و Koceili) آسیب های بسیاری را به سازه ها وارد کرده و باعث از دست رفتن زندگی بسیاری از مردم شده است. مشخصات اصلی حرکت زمین در زلزله Near-Field، شتاب حداکثر بالا و پالس سرعت با یک مؤلفه با پریود بلند نظیر تغییر مکان بزرگ می باشد

در این مقاله کاربرد ایده کنترل فعال برای کاهش اثرات ناشی از زلزله های Near-Field در سازه های مبنای غیر خطی (Benchmark) نسل سوم بررسی شده است. در این راستا از منطق فازی برای طراحی الگوریتم کنترل فعال استفاده شده است. نبود اطمینان کافی در اطلاعات ورودی ارتعاشات باد یا زلزله و ارتعاشات سازه از حس گرها، به طرز بسیار ساده تری در تئوری کنترل فازی در مقایسه با تئوری کلاسیک کنترل مورد بحث قرار می گیرد. به عبارت دیگر مهمترین مزیت کنترل گر فازی استحکام ذاتی و توانایی بررسی رفتار غیر خطی سازه ها می باشد. علاوه از آن تمامی کنترل گر فازی به سادگی می تواند در داخل یک تراشه فازی (Fuzzy Chip) گنجانده شود که این امر عکس العمل سریع و توانایی تغذیه آسان را باعث می شود. منطق فازی استفاده شده در این مقاله مستقیماً از اطلاعات crisp بدست آمده از تعدادی حسگر استفاده می کند. این اطلاعات در طی پروسه Fuzzification به متغیرهای زبان فازی یا توابع عضویت تغییر می یابند. تعداد حسگرهایی که در سیستم از آنها استفاده می شود، بستگی به مقدار متغیرهای ورودی کنترل گر دارد. از یک کنترل گر منطق فازی خودآموز، SOFLC (self-organizing) برای تعیین حافظه مشترک فازی و membership استفاده می شود. SOFLC به کار رفته در این مقاله دارای رویه کنترلی است که می تواند با توجه به پروسه کنترل و اطلاعات ورودی شرایط محیطی تغییر کند.

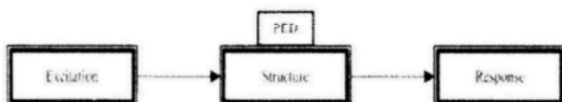
با در نظر گرفتن یک مدل هیستریک دو شاخه ای برای تعیین محل مفاصل پلاستیک و نقاط جاری شدن تحلیل غیر خطی کام به کام با استفاده از روش نیو مارک - بتا (Newmark-β) انجام شده است. کارایی الگوریتم کنترل فعال طراحی شده در این مقاله با استفاده از چند رکورد Near-Field هفده ملاک ارزیابی در مقایسه با روش LQG نشان داده شده است. ملاکهای ارزیابی به کار رفته به چهار دسته پاسخ های سازه ای، خرابی سازه ای، ابزار کنترل و نیازهای استراژی کنترل تقسیم می شوند.

کلمات کلیدی:

Near-Field، زلزله، کنترل گر فازی، مدل هیستریک، پاسخ های سازه ای

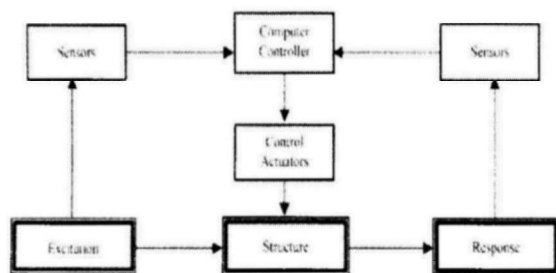
۱ - مقدمه

اگر یک ابزار اتلاف انرژی غیرفعال (PED) به روی سیستم اضافه شود سازه با PED در حکم یک سیستم کنترل حلقه باز (Open Loop Control System) می باشد که نمودار بلوکی آن را می توان مطابق شکل (۲) نشان داد.



شکل ۲- سازه با اتلاف انرژی غیر فعال

ویژگی اصلی یک سیستم کنترل حلقه باز را می توان به صورت عدم تاثیر خروجی اندازه گیری شده در اصلاح ورودی بیان نمود و به طور خلاصه این سیستمها فاقد پسخوراند (Feed back) می باشند. یک سیستم کنترل فعال که به صورت شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده است شامل قسمتهای زیر می باشد :



شکل ۳- سازه با کنترل فعال

۱ - سسورها یا حس گرها (Sensor) که در جاهای مناسبی از سازه برای اندازه گیری تحریک خارجی یا پاسخهای مختلف سازه و یا هر دو، تعبیه می شوند .

۲ - ابزاری که براساس اطلاعات اندازه گیری شده نیروی کنترل لازم را براساس الگوریتم کنترل داده شده محاسبه می نمایند .

۳ - جک ها که توسط یک منبع خارجی تغذیه می شوند و نیروی لازم را تولید می کنند .

هنگامی که فقط پاسخهای مختلف سازه توسط حس گرها اندازه گیری شود ، کنترل انجام یافته ، کنترل پس خوراند (Feedback) نامیده می شود. در کنترل پس خوراند به طور پیوسته پاسخ سازه اندازه گیری شده و نیروی کنترل در هر لحظه متناسب با پاسخ سازه اصلاح می شود. حالت دیگر کنترل فعال، کنترل پیش خوراند (FeedForward) نام دارد که در این حالت نیروی کنترل صرفاً با اندازه گیری تحریک خارجی ، مثلاً شتاب زمین لرزه در تراز پایه سازه ، تنظیم و محاسبه می شود . حالتی که از اطلاعات مربوط به پاسخهای مختلف سازه و میزان تحریک خارجی در محاسبه نیروی کنترل استفاده می شود ، حالت پس خوراند - پیش خوراند نام دارد .

در سالهای اخیر ابزار افزایش عملکرد و ایمنی سازهها در برابر خطرات طبیعی نظیر باد و زلزله و خطرات بوجود آمده توسط بستر نظیر انواع ارتعاشات ناشی از دستگاههای مکانیکی و ... چه در تحقیقات و چه در نمونههای واقعی (Full Scale) دچار تحولات بسیاری گشته است .

تلاشهای بسیاری در دو دهه اخیر در جهت کاهش اثرات تحریکات خارجی نظیر باد و زلزله در جهت افزایش عملکرد و ایمنی سازهها انجام یافته است . در طی سالهای اخیر الگوریتمهای مختلف کنترل و ابزارهای مختلف کنترل سازههای توسط محققین ارائه و بررسی شده اند که هر کدام دارای مزایا و معایبی می باشند .

در حالت کلی مسأله اصلی در طراحی سازهها به صورت کنترل دامنه ارتعاشات سازه مطرح می گردد که متضمن کنترل حالات حدی بهره برداری و ایمنی به صورت توأم می باشد. یکی از ابزارهای مدرن در کنترل ارتعاشات، کنترل سازههاست که می تواند به دو دسته عمده تقسیم شود :

۱- سیستمهای کنترل غیرفعال (Passive Control)

۲- سیستمهای کنترل فعال / دورگه / شبه فعال

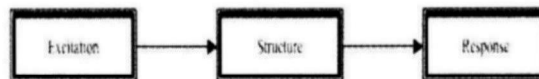
(active Control / Hybrid / Semi Active)

سیستمهای اتلاف انرژی غیرفعال شامل بازه ای از ابزارها و مواد می باشند که میرایی ، سختی و مقاومت سازه را افزایش می دهند و می توانند هم برای کاهش اثرات باد و هم برای کاهش خطرات زلزله به کار روند . این دسته از سیستمهای کنترل نیاز به هیچ گونه منبع انرژی خارجی نداشته و انرژی مورد نیاز خود را از انرژی پتانسیل سازه تأمین می نمایند . این ابزارها عموماً براساس اصولی مانند لغزش اصطکاکی

(Frictional Sliding)، جاری شدن فلز، اختلاف فاز حرکت، تغییر شکل ویسکوالاستیک (VE) جامدات یا مایعات و Fluid Orificing (جریان مایع از سوراخ) عمل می نمایند .

سیستمهای کنترل فعال ، دورگه و شبه فعال دگرگونی طبیعی تکنولوژی کنترل غیرفعال می باشند که در سالهای اخیر مورد توجه قابل ملاحظه ای قرار گرفته اند . این سیستمها در حقیقت ابزار واردکننده نیرو بر سازه به همراه کنترل کننده های با پردازش لحظه ای و حس گرها (Sensor) می باشند . پیشرفت تحقیقات در این زمینه به اندازه ای بوده است که نمونه های عملی در سازه های با مقیاس واقعی نصب شده اند .

از دیدگاه مهندسی کنترل، سازه های متداول در حکم یک سیستم کنترل حلقه باز به شکل زیر می باشند . (شکل ۱)



شکل ۱- سازه های متداول

شهری تحت اثر زلزله‌های Near - Field یکی از موضوعات بسیار پراهمیت با فواید اجتماعی و اقتصادی می‌باشد . مشخصات اصلی حرکت زمین در زلزله Near - Field ، شتاب حداکثر بالا و پالس سرعت با یک مولفه با پریود بلند نظیر تغییر مکان بزرگ می‌باشد. چنین مشخصاتی می‌توانند باعث خرابی‌های گسترده ای در مناطق شهری و ساختمانی و تأسیسات شهری شوند با توجه به اختلاف مشخصات ارتعاش زلزله Near - Field با زلزله‌های Far - Field و با توجه به اینکه اکثر کارهای تحقیقی و مقررات آیین نامه‌ای براساس زلزله‌های Far - Field انجام یافته‌اند، نیاز مبرمی به بررسی اثرات تخریبی زلزله‌های Near - Field و ابزارهای مورد نیاز جهت کاهش این اثرات احساس می‌شود .

۳- سازه‌های مینا (Benchmark)

در طی سالیان گذشته ، الگوریتم‌ها و ابزار کنترل بسیاری بررسی شده‌اند که هرکدام از آنها با توجه کاربردهای عملی و اثر مطلوب ، مزایای خاص خود را دارند . واضح است که برای توانایی مقایسه این ابزارها و الگوریتم‌ها بایستی ، اهداف قابلیت بهره‌برداری و مقررات مخصوصی وجود داشته باشد . و ایده آل ترین روش برای بررسی استراتژی کنترل و ابزار کنترل ارزیابی آزمایشگاهی در شرایط نزدیک به واقعیت و نمونه‌های نزدیک به اندازه واقعی می‌باشد . با توجه به اینکه این امکان فعلاً به صورت کامل وجود ندارد یکی از روشها معرفی مدل‌های آنالیزی مینا (Benchmark) می‌باشد که این مدلها امکان امتحان الگوریتم‌ها و ابزارهای مختلف را داده و امکان مقایسه مستقیم آنها را فراهم می‌سازد .

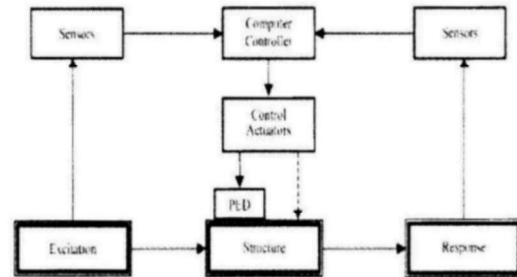
سازه‌های مینا به سه نسل تقسیم می‌شوند :

۱ - کمیته ASCE در بخش کنترل سازه‌های مطالعه سازه مینا (Benchmark) را با تمرکز بر روی مقایسه الگوریتم‌های مختلف سازه‌های برای یک مدل ۳ طبقه سازه‌ای را ارائه داد . آقای Spencer در سال ۱۹۹۸ این مدل را به صورت یک آنالیز جامع ارائه داده است .

۲ - نسل دوم سازه‌های مینا (Next Generation Benchmark) ، توسط گروه کاری دومین کارگاه آموزش بین‌المللی کنترل سازه‌های کمیته ASCE ارائه شد . هدف اصلی از ارائه نسل دوم سازه‌های مینا فراهم کردن امکان در نظر گرفتن جزئیات بیشتر و سیستماتیک استراتژی‌های کسرل شامل ابرارها ، الگوریتم‌ها ، حس‌گرها و ... برای مقایسه و امتحان بود . در این نسل دو سازه مینا معرفی شدند . سازه مینای اول که توسط Yang در سال ۱۹۹۹ ارائه شد یک سازه ۷۶ طبقه بتن‌آرمه می‌باشد که تحت اثر تحریک باد در ملبورن استرالیا قرار دارد. سازه مینای دوم که توسط Spencer در سال ۱۹۹۹ ارائه شد یک سازه ۲۰ طبقه است که برای منطقه لس - آنجلس طراحی شده است .

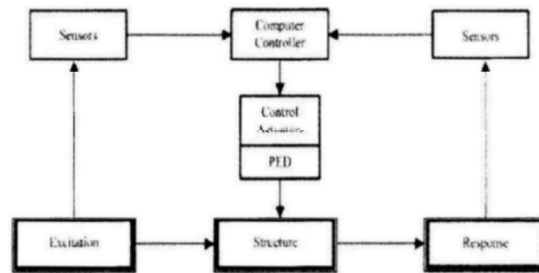
۳ - سازه‌های مینای نسل اول و دوم خطی در نظر گرفته شده بودند . باتوجه به اینکه در زلزله‌های بزرگ رفتار غیرخطی در المانهای

سیستم کنترل دوگانه یا دورگه عمدتاً به ترکیب دو سیستم کنترل غیرفعال و فعال اطلاق می‌شود که در شکل (۴) به صورت شماتیک نشان داده شده است . از آنجائی که بخشی از کنترل توسط سیستم غیرفعال انجام می‌شود ، نیروی کنترل کمتر و انرژی خارجی کمتری مورد نیاز خواهد بود .



شکل ۴ - سازه با کنترل دو گانه

ایده سیستم‌های کنترل شبه‌فعال در شکل (۵) نشان داده شده است . در این سیستم جک‌ها به طور مستقیم نیروی را به سازه وارد نمی‌کنند . سیستم‌های کنترل شبه‌فعال سیستم‌های کنترل غیرفعال هستند که خواص فیزیکی آنها نظیر میرایی و ... در هر لحظه با توجه به پسخوراند تغییر می‌نمایند و از آنها می‌توان به عنوان سیستم‌های غیرفعال قابل کنترل نیز نام برد .



شکل ۵ - سازه با کنترل شبه فعال

۲- زلزله‌های Near - Field

مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهند که بیشتر شهرهای بزرگ دنیا نزدیک یا روی گسل‌های فعال ساخته شده‌اند . همچنین بدیهی است که گسل‌ها به عنوان یکی از عوامل اصلی بوجود آورنده زمین لرزه ، باعث ایجاد زلزله‌های Near - Field در نواحی نزدیک به گسل خواهند شد .

زلزله‌های Near - Field اخیر نظیر زلزله‌های Northridge ، Chi - Chi ، Kobe و ترکیه (Koceli و Izmit) آسیب‌های بسیاری را به سازه‌ها وارد کرده و باعث از دست رفتن زندگی بسیاری از مردم شده است بنابراین واضح است که کاهش صدمات نواحی



در معادله فوق :

$M =$ ماتریس جرم سازه

$C =$ ماتریس میرانی سازه

$K =$ ماتریس سختی سازه

$\Delta u =$ بردار پاسخ افزایش یابنده

$G =$ بردار بارگذاری برای شتاب زمین

$\Delta \ddot{x}g =$ افزایش شتاب زمین

$P =$ بردار نیروی کنترل

$\Delta f =$ نیروی کنترل افزایش یابنده

$\Delta Ferr =$ بردار نیروی نامتعادل (تفاوت بین نیروی حالت خطی و

حالت استفاده شده از مدل هیستریزس در بازه زمانی $(t + \Delta t, t)$)

۵- ملاکهای ارزیابی

همانگونه که در بخشهای بعدی توضیح داده خواهد شد، الگوریتم های مختلف کنترل فعال بر روی سازه های مینا پیاده شده است. از چهار رکورد مختلف زلزله پیشنهاد شده در مقاله آقایان Ohtori و Spencer و با ضرایب ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ استفاده شده است. دو رکورد به کار رفته در مقاله مربوط به زلزله های Far - Field و دو رکورد دیگر مربوط به زلزله های Near - Field می باشند. برای بررسی کارایی از ۱۷ شاخص عملکرد معرفی شده در مقاله آقایان Spencer, Ohtori استفاده خواهد شد. ملاکهای ارزیابی کارایی به چهار رده تقسیم می شوند:

۱- پاسخهای سازه ای

۲- خسارتهای سازه ای (که فقط در مطالعه غیر خطی می تواند مطرح شود)

۳- ابزار کنترل (این شاخصها، عملکرد ابزارها را کنترل می کنند)

۴- تجهیزات استراتژی کنترل (نظیر تعداد ابزار کنترل - حسگرها و ...)

مقدار تمامی ملاکهای ارزیابی کارایی، max مقدار تحت اثر رکوردهای مختلف زلزله های Near - Field در نظر گرفته می شود.

سازه ای می تواند رخ دهد، سازه های مینای نسل سوم بعد از دومین کنفرانس بین المللی کنترل سازه ای در کیوتو ارائه شدند. آقایان Spencer, Ohtori و دیگران در مقاله

Benchmark Control for seismically excited > nonlinear building

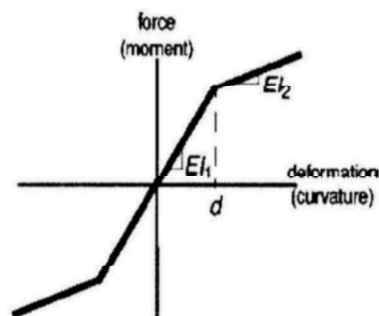
سه مدل سازه ای غیرخطی ۲۰ و ۳۰ و ۳۰۹ طبقه ای را که برای پروژه SAC در لس آنجلس طراحی شده اند را ارائه دادند.

سازه سه طبقه به ارتفاع ۱۱/۸۹ متر و سازه مینای ۹ طبقه به ارتفاع ۳۷/۱۹ متر و سازه مینای ۲۰ طبقه به ارتفاع ۸۰/۷۲ متر می باشد. در تمامی این سازه های سیستم باربر جانبی بصورت قابهای خمشی فولادی می باشند که در پیرامون سازه در حدود جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی قرار دارند.

تیرها و ستونهای سازه مینا به صورت المانهای قاب صفحه ای و ماتریس های جرم و سختی هر کدام از سازه ها با استفاده از روش اجزای محدود تعریف می شوند.

۴- مدل سازی برای آنالیز غیر خطی دینامیکی

واضح است که به هنگام زلزله های بزرگ، اعضای سازه ها می توانند جاری شده و به مرحله غیر خطی برسند که باعث پاسخ متفاوتی نسبت به حالت خطی شوند. برای نشان دادن رفتار غیر خطی سازه مینا از یک مدل دو شاخه ای همانگونه که در شکل ۶ نشان داده شده است استفاده می گردد. فرض می شود که مفاصل پلاستیک در محل اتصال تیر به ستون و ستون به ستون اتفاق می افتد و با استفاده از این مفاصل پلاستیک رفتار غیر خطی مصالح سازه های مینا مدل می شود.



شکل ۶- مدل دو شاخه ای خطی هیستریک برای خمش اعضای سازه ای

جهت آنالیز غیر خطی از روش نیومارک - بتا (Newmark - β) استفاده می شود. این روش یکی از روشهای انتگرال گیری عددی می باشد. معادله افزایش بازه زمانی برای حرکت سازه غیر خطی در روش فوق الذکر به شکل زیر نوشته می شود.

(۱)

$$M\Delta \ddot{u} + C\Delta \dot{u} + K\Delta u = -MG\Delta \ddot{x}g + P\Delta f + \Delta Ferr$$

جدول زیر خلاصه‌ای از مفاهیم شاخص‌های فوق را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱- ملاکهای ارزیابی

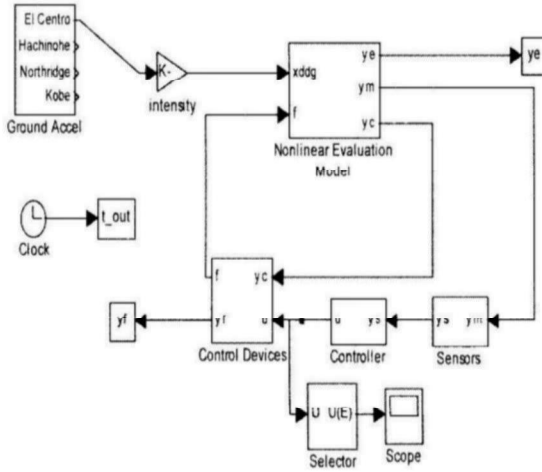
رده شاخص	نام شاخص	شرح
۱- پاسخ سازه‌ای	J_1	تغییر مکان نسبی طبقه
	J_2	سطح شتاب
	J_3	برش پایه
	J_4	تغییر مکان نسبی نرمالیز شده طبقه
	J_5	سطح شتاب نرمالیز شده
	J_6	برش پایه نرمالیز شده
۲- خرابی ساختمان	J_7	شکل پذیری
	J_8	انرژی تلف شده
	J_9	مفاصل پلاستیک
	J_{10}	شکل پذیری نرمالیز شده
۳- ابزار کنترل	J_{11}	نیروی کنترل
	J_{12}	حرکت ابزار کنترل
	J_{13}	نیروی کنترل
	J_{14}	نیروی کنترل نرمالیز شده
۴- تجهیزات کنترل	J_{15}	تعداد ابزار کنترل
	J_{16}	تعداد حس‌گرها
	J_{17}	بعد بردار حالت

۶- توضیح کلی در مورد برنامه تهیه شده

برای ارزیابی مدل غیرخطی برنامه‌ای در سیستم SIMULINK برنامه Matlab تهیه شده است. آنالیز دینامیکی غیر خطی براساس روش Newmark- β به صورت تابعی در سیستم SIMULINK گنجانده شده است.

برای ارزیابی ملاکهای کارائی معرفی شده از چهار رکورد زلزله Far-Field و Near-Field توصیه شده برای سازه های مبنا استفاده شده است. رکوردهای زلزله‌های El-Centro و Hachinohe با ضرایب ۰/۵ و ۱/۰ و ۱/۵ برای زلزله‌های Far-Field و رکوردهای زلزله‌های Northridge و Kobe با ضرایب ۱/۰ و ۱/۵ برای زلزله‌های Near-Field استفاده شده است.

مدل کلی برنامه در شکل ۷ نشان داده شده است.



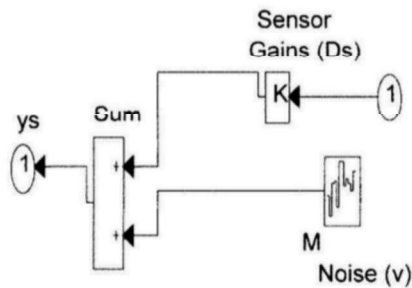
شکل ۷- شمای کلی بلوک Simulink

در جدول ۲ پارامترهای کنترل نشده لازم سازه مبنای ۲۰ طبقه برای محاسبه ملاکهای هفده گانه ارزیابی نشان داده شده است. در مدل فوق الذکر:

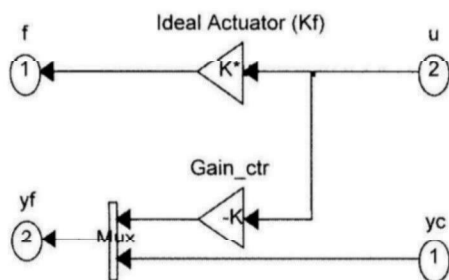
- ۱- خروجی های اندازه گیری شده، شتاب افقی مطلق و تغییر مکان تسمای طبقات می باشد.
- ۲- Sample time کنترل گر ۰/۱ sec فرض شده است.
- ۳- مدل‌های آنالوگ /دیجیتال و آنالوگ /آنالوگ با دقت ۱۶ رقم و با ولتاژ مابین محدوده ± 710 در نظر گرفته شده است.
- ۴- تمامی الگوریتم های طراحی شده در این مقاله Stable (پایدار) و Robust می باشند.
- ۵- از دینامیک ابزار کنترل صرفنظر شده است.
- ۶- خروجی تمامی الگوریتم ها برای سازه مبنای ۲۰ طبقه و قابهای خمشی دو بعدی شمالی - جنوبی می باشد.
- ۷- موتورهای محرک ایده آل فرض شده است.
- ۸- در مقاله حاضر سیستم کنترل برای اندازه گیری Feedback شتاب تنظیم شده است.
- ۹- اندازه گیری شتاب طبقات در ۵ طبقه ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ به عنوان Feedback انجام یافته است.

جدول ۲- مقادیر پاسخ های کنترل نشده برای سازه مبنای ۲۰ طبقه
(Integration Time Step=۰/۰۱ s)

Earthquake	El Centro			Hachinohe				Northridge	Kobe	
	*۰/۵	*۱/۰	*۱/۵	*۰/۵	*۱/۰	*۱/۵	*۰/۵	*۱/۰	*۰/۵	*۱/۰
intensity	*۰/۵	*۱/۰	*۱/۵	*۰/۵	*۱/۰	*۱/۵	*۰/۵	*۱/۰	*۰/۵	*۱/۰
δ^{\max} (m)	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۷۱	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۹۲	۰/۰۱۰۹	۰/۰۱۸۸	۰/۰۱۰۸	۰/۰۲۰۵
\ddot{x}_a^{\max} (m/s ²)	۲/۶۷	۵/۳۴	۷/۷۹	۱/۸۳	۳/۶۶	۴/۷۲	۶/۰۱	۸/۵۱	۷/۴۹	۹/۹۷
F_b^{\max} (MN)	۳/۶۹	۷/۳۸	۹/۵۳	۳/۱۸	۶/۳۶	۹/۱۲	۱۰/۳۶	۱۴/۲۶	۱۰/۰۸	۱۱/۴۲
$\ \delta^{\max}\ $ (m)	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۷۴
$\ \ddot{x}_a^{\max}\ $ (m/s ²)	۰/۳۹	۰/۷۸	۱/۱۳	۰/۲۸	۰/۵۵	۰/۸۰	۰/۸۰	۱/۰۱	۰/۷۶	۱/۰۰
$\ F_b^{\max}\ $ (MN)	۰/۷۶	۱/۵۳	۲/۲۷	۰/۷۱	۱/۴۱	۲/۰۸	۲/۱۵	۲/۳۹	۱/۶۳	۲/۰۳
ϕ^{\max} (rad)	۰/۴۷	۰/۹۳	۱/۸۰	۰/۴۳	۰/۸۶	۱/۴۰	۱/۶۸	۳/۳۶	۱/۹۲	۳/۲۰
E _{max}	—	—	۱۹/۵	—	—	۶/۱	۲۰/۶	۸۶/۲	۱۸/۷	۲۸۲/۷
N _d	—	—	۸۶	—	—	۸۶	۹۶	۱۹۲	۷۸	۱۶۸
$\ \phi^{\max}\ $ (rad)	۰/۰۹۹	۰/۱۹۷	۰/۳۳۱	۰/۰۹۰۴	۰/۱۸۰۷	۰/۲۷۰۸	۰/۳۶۰۳	۱/۴۰۶	۰/۲۴۲	۱/۴۲۳
x^{\max} (m)	۰/۱۵۲	۰/۳۰۴	۰/۴۵۴	۰/۱۷۴	۰/۳۴۸	۰/۴۹۲	۰/۴۸۹	۰/۷۵۰	۰/۳۱۴	۰/۵۱۷
\dot{x}^{\max} (m/s)	۰/۴۵۸	۰/۹۱۶	۰/۳۰۱	۰/۴۵۱	۰/۹۰۲	۱/۲۶۸	۱/۶۶۲	۲/۰۳۹	۱/۳۱۵	۱/۸۴۶



شکل ۸



شکل ۹

بردار Feedback اندازه گیری شده به صورت زیر تعریف می شود .

$$y_m = [\ddot{x}_{aT} \quad \ddot{x}_{aL} \quad \ddot{x}_{a1T} \quad \ddot{x}_{a1L} \quad \ddot{x}_{aT} \quad \ddot{x}_{aL}]^T \quad (2)$$

که در آن \ddot{x}_a شتاب طبقه مربوطه می باشد .

فرض شده است که حداکثر نیروی وارده از طرف جک ها ۱۰۰۰KN می باشد که با نمونه های موجود تطابق دارد . جکهای محرک در این مقاله در تمامی ۲۰ طبقه سازه مبنا در نظر گرفته شده اند . ۴ جک در طبقه زمین و ۲ جک در طبقات اول و دوم و در بقیه طبقات یک جک در نظر گرفته شده است . جکهای طبقات اول و جکهای طبقات دوم نیروهای مساوی را در سازه در هنگام کنترل وارد خواهند نمود . تعداد کل موتورهای محرک ۲۵ عدد بوده و ۲۰ نیروی مستقل را به سازه وارد می کنند . بردار نیروی کنترل f به صورت زیر تعریف می شود .

$$f = k_f u \quad (3)$$

$$y_f = \begin{bmatrix} u \\ y_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

که در آن y_c Feedback اندازه گیری شده می باشد .

در شکلهای ۸ و ۹ محاسبه y_f و y_c در بلوک Simulink نشان داده شده است .

نتایج مربوط به ملاکهای ارزیابی محاسبه شده با استفاده از روش LQG در جدول ۳ نشان داده شده است .

جدول (۳) ملاکهای ارزیابی تحریک لرزه براساس کنسول با روش LQG

Earthquake (intensity)	El Centro			Hachinohe			Northridge		Kobe		Average	
	*.۵	*۱/۰	*۱/۵	*.۵	*۱/۵	*۱/۰	*.۵	*۱/۵	*.۵	*۱/۰	Far-Field	Near-Field
J1	۰/۷۴۷۳	۰/۷۴۳۱	۰/۷۴۷۲	۰/۸۸۳۱	۰/۸۸۶۷	۰/۹۰۶۵۶	۰/۸۵۸۵۷	۰/۹۴۲۱۱	۰/۸۱۶۱	۰/۷۲۷۷۹	۰/۸۱۹۹۸	۰/۸۳۱۴۳
J2	۰/۶۲۷۵۸	۰/۶۴۶۰۹	۰/۶۶۴۱۲	۰/۷۴۵۷۸	۰/۷۴۲۹۳	۰/۸۳۲۶۹	۰/۸۰۶۷۸	۰/۹۰۴۳۲	۰/۷۰۲۱	۰/۸۳۹۱۴	۰/۷۱۳۱۹۸	۰/۸۱۳۰۸۵
J3	۰/۷۸۰۰۴	۰/۷۸۱۹۹	۰/۹۰۸۸۵	۰/۹۷۷۱۴	۰/۹۸۱۹۳	۱/۰۰۹۱	۰/۸۸۴۷۲	۰/۹۶۹۳۷	۰/۹۲۵۰۱	۱/۰۰۶۵۶	۰/۹۰۶۵۰۸	۰/۹۶۱۱۷۵
J4	۰/۶۶۲۳۳	۰/۶۶۲۸۷	۰/۶۶۶۶۴	۰/۸۸۴۴۴	۰/۸۸۳۹۹	۰/۹۰۲۷۲	۰/۷۳۳۹۱	۰/۹۲۹۴۷	۰/۶۴۷۷۲	۰/۳۳۰۳۳	۰/۷۷۷۱۵	۰/۶۳۱۵۸
J5	۰/۵۶۳	۰/۵۵۹۸۹	۰/۵۷۷۶۳	۰/۶۵۸۱۵	۰/۶۵۱۶۲	۰/۶۶۱۴۹	۰/۵۹۳۳۳	۰/۶۳۵۶۷	۰/۵۷۸۸۷	۰/۷۱۲۹۳	۰/۶۱۱۴۶۳	۰/۶۳۰۹۸۸
J6	۰/۷۲۴۴۱	۰/۷۳۳۹۸	۰/۷۲۹۱۶	۰/۸۴۹۲۲	۰/۸۴۷۸۸	۰/۸۵۷۶۶	۰/۷۷۵۸۵	۰/۸۴۰۷۴	۰/۶۸۸۶۸	۰/۸۴۰۳۳	۰/۷۸۸۶۰۲	۰/۷۸۶۴۲۵
J7	۰/۷۷۱۹۳	۰/۷۷۲۹۴	۰/۷۳۲۲۱	۰/۹۵۵۳۹	۰/۹۵۹۲۲	۰/۹۴۳۲۸	۰/۷۲۷۸۸	۰/۹۷۷۶۳	۰/۶۸۷۶۹	۰/۶۸۷۹۶	۰/۸۵۴۱۵۸	۰/۷۷۰۲۹
J8			۰/۰۰۷۸۱۸۳			۰/۰۰۲۲۲۲	۰/۰۰۳۲۰۲۷	۰/۰۰۵۲۷۸۷	۰/۰۰۲۲۲۲۳	۰/۰۰۳۲۲۲۲		۰/۰۰۸۶۳۸
J9			۰/۰۰۳۳۲۰۹			۰/۰۰۷۹۰۰۷	۰/۰۰۵۴۱۶۷	۰/۰۰۹۰۶۲۵	۰/۰۰۳۰۷۶۹	۰/۰۰۸۰۹۵۲		۰/۰۰۶۴۱۲۸۳
J10	۰/۷۳۳۳۵	۰/۷۳۳۴۴	۰/۶۵۵۷۷	۰/۸۴۷۴۱	۰/۸۴۷۰۳	۰/۸۸۹۵۸	۰/۶۳۳۳۹	۰/۹۴۳۷۲	۰/۷۷۷۳۹	۰/۲۲۶۶۹	۰/۷۸۴۴۳	۰/۶۴۵۰۲۳
J11	۰/۰۰۰۶۸۱	۰/۰۰۰۲۲۳۶	۰/۰۰۰۵۰۱۲	۰/۰۰۰۱۶۱۱	۰/۰۰۰۵۳۳۶	۰/۰۰۰۵۰۳۶	۰/۰۰۰۸۱۸۱	۰/۰۰۰۳۶۲	۰/۰۰۰۸۶۰۳	۰/۰۰۰۲۲۸	۰/۰۰۰۲۱۶۱	۰/۰۰۰۲۱۶۱
J12	۰/۷۲۱۶۸	۰/۰۰۷۲۰۰۶	۰/۰۰۷۲۵۱	۰/۰۰۷۵۲۲	۰/۰۰۷۵۷۷	۰/۰۰۸۰۵۱۱	۰/۰۰۷۸۱۸۱	۰/۰۰۳۰۰۷	۰/۰۰۲۶۱۱	۰/۰۰۱۴۱۷	۰/۰۰۳۳۴۴	۰/۰۰۵۳۸۳
J13	۰/۰۰۱۲۶۸	۰/۰۰۰۲۴۷	۰/۰۰۰۳۸۷۹	۰/۰۰۰۸۲۶	۰/۰۰۰۱۶۹۱	۰/۰۰۰۲۵۹۷	۰/۰۰۰۴۰۳۲	۰/۰۰۰۵۱۱۹	۰/۰۰۰۴۰۳۹	۰/۰۰۰۸۸۱۱	۰/۰۰۰۲۲۲۲	۰/۰۰۰۵۴۹۸
J14	۵۳۹۱-۰۰۵	۰/۰۰۰۱۰۳	۰/۰۰۰۱۶۱	۴/۰۷۱-۰۰۵	۷/۳۴۱-۰۰۵	۰/۰۰۰۱۱۳	۷/۹۲۱-۰۰۵	۰/۰۰۰۱۲۲	۷/۷۹۱-۰۰۵	۱/۴۵۱-۰۰۴	۹/۱۱۱-۰۰۵	۰/۰۰۰۱۰۶
J15	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
J16	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
J17	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

۷- روش کنترل فازی

(Fuzzy Logic Control)

نگاشت هایی به چند ورودی و یک خروجی از یک بردار با مقادیر حقیقی به یک اسکالر یا مقدار حقیقی) فراهم می سازد. به همین دلیل ما قادر خواهیم بود که از سیستم های مبتنی بر دانش (سیستم های فازی) در کاربرد های مهندسی (نظیر کنترل، پردازش سیگنال، سیستم های مخابراتی و . . .) استفاده نماییم. همچنین از آنجا که ما می توانیم از مدل های ریاضی استفاده کنیم، در نتیجه تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم ها را می توان به صورت یک مدل خشک ریاضی هم انجام داد.

منطق Fuzzy که در سال ۱۹۶۵ توسط Zadeh معرفی گردیده، قادر به استفاده از دستورات زبان به عنوان اساس کنترل می باشد. با توجه به اینکه برای ارزیابی سیستم های غیر خطی بایستی از یک سیستم دارای استحکام ذاتی (robust) استفاده شود.

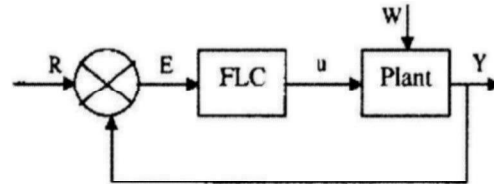
کنترل کننده منطق فازی FLC می تواند مانند شکل (۱۰) به عنوان قسمتی از یک نمودار کنترل حلقه بسته در نظر گرفته شود.

سیستم های فازی سیستم هایی مبتنی بر دانش یا قواعد می باشند. قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش بوده که از قواعد اگر - آنگاه فازی تشکیل شده است. یک قاعده اگر - آنگاه فازی یک عبارت اگر - آنگاه بوده که بعضی از کلمات آن توسط توابع تعلق پیوسته مشخص شده اند. بطور خلاصه نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی به دست آوردن مجموعه ای از قواعد اگر - آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه مورد بررسی می باشد. مرحله بعدی ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است. سیستم های فازی مختلف معمولاً از اصول و روش های متفاوتی برای ترکیب این قواعد استفاده می کنند.

جنبه مهم تئوری سیستم های فازی این است که یک فرایند سیستماتیک برای تبدیل یک پایگاه دانش به یک نگاشت غیر خطی



تغییر می‌یابند. تعداد حس‌گرهائی که در سیستم از آنها استفاده می‌شود، بستگی به تعداد متغیرهای ورودی کنترل گر دارد. متغیرهای استفاده شده برای تعریف فضای فازی در جدول (۷) نشان داده شده است.



شکل ۱۰ - سیستم کنترل منطق فازی

در شکل فوق :

R = ورودی مرجع

E = سیگنال ورودی (خطا)

u = نیروی کنترل خروجی

W = تحریک زمین لرزه

Y = پاسخ سازه بعد از کنترل

قاعده استنباطی که (Inference) در کنترل فازی معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد، قاعده IF - Then است که وقتی دو ورودی به کار گرفته شود، می‌تواند به شکل زیر بیان گردد.

$$M : \text{if } X_1 = A_i \text{ and } X_2 = B_i \text{ then } Y = C_i \quad (17)$$

که در آن :

i = تعداد قوانین کنترل

X_1, X_2 = متغیرهای شرح داده شده در قسمت پیشین

Y = متغیرهای شرح داده شده در قسمت پیشین

Fuzzyهای = A_i, B_i, C_i

مؤلفه‌های مختلف کنترل گر فازی ذیلاً شرح داده می‌شوند :

۱ - Fuzzification : این قسمت داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده را که ممکن است به شکل مقدار قطعی (Crisp Value) باشند با استفاده از مکانیزم استدلال فازی به مقادیر زبان فازی تبدیل می‌کند.

۲ - قانون پایه (Rule Base) : این بخش مجموعه‌ای از قوانین کنترل خاص است که برای رسیدن به هدف کنترل طراحی می‌شوند.

۳- تصمیم گیرنده (Making Decision) این قسمت همان مکانیزم استدلال فازی است که اعمال مختلف منطق فازی را برای استنباط کردن

عمل کنترل برای یک ورود فازی، انجام می‌دهد.

۴ - Defuzzification: در این قسمت، عمل کنترل فازی استدلال شده به مقادیر کنترل تبدیل می‌شوند. معمولاً برای طراحی مقدماتی کنترل گر فازی از اصل تولید مینیمم لارسن (Larsen's Minimum Product Rule) برای ترکیب مقادیر عضویت (Membership Value) با هر اصل (rule) برای به دست آوردن مقادیر خروجی Crisp استفاده می‌شود.

کنترل کننده فازی استفاده شده مستقیماً از اطلاعات Crisp بدست آمده از تعدادی حس‌گر استفاده می‌نماید. این اطلاعات در طی پروسه fuzzification به متغیرهای زبان فازی یا توابع عضویت

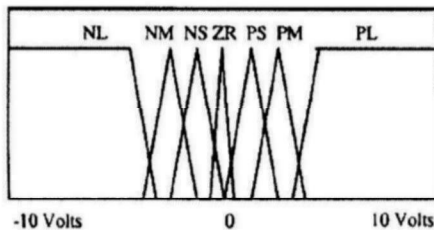
جدول ۴- متغیرهای فازی

PVL	Positive and very large
PL	Positive and large
PM	Positive and medium
PS	Positive and small
PVS	Positive and very small
ZR	Zero
NVS	Negative and very small
NS	Negative and small
NM	Negative and medium
NL	Negative and large
NVL	Negative and very large

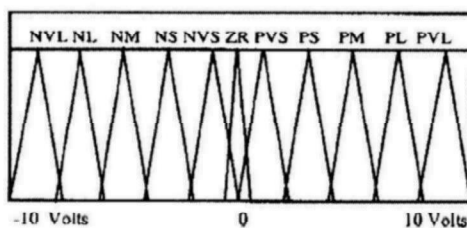
در این مقاله از یک کنترل گر منطق خودآموز (SOFLC - Self Organizing) برای تعیین حافظه مشترک فازی استفاده شده است. یک SOFLC دارای رویه کنترلی است که می‌تواند با توجه به پروسه کنترل و اطلاعات ورودی شرایط محیطی تغییر نماید. وظیفه اساسی این کنترل گر کوشیدن برای بهبود و عملکرد تا نزدیک شدن به مقادیر از پیش تعیین شده می‌باشد.

کنترل فازی طراحی شده دارای دو متغیر ورودی به همراه یک خروجی می‌باشد. هر متغیر ورودی دارای ۸ تابع عضویت می‌باشد و هر خروجی دارای یازده تابع عضویت می‌باشد. توابع عضویت به صورت مثلثی انتخاب شده اند.

توابع عضویت ورودی، و خروجی در اشکال (۱۳) و (۱۴) نشان داده شده اند.



شکل ۱۱ - تابع عضویت شتاب برای ورودی اول و دوم



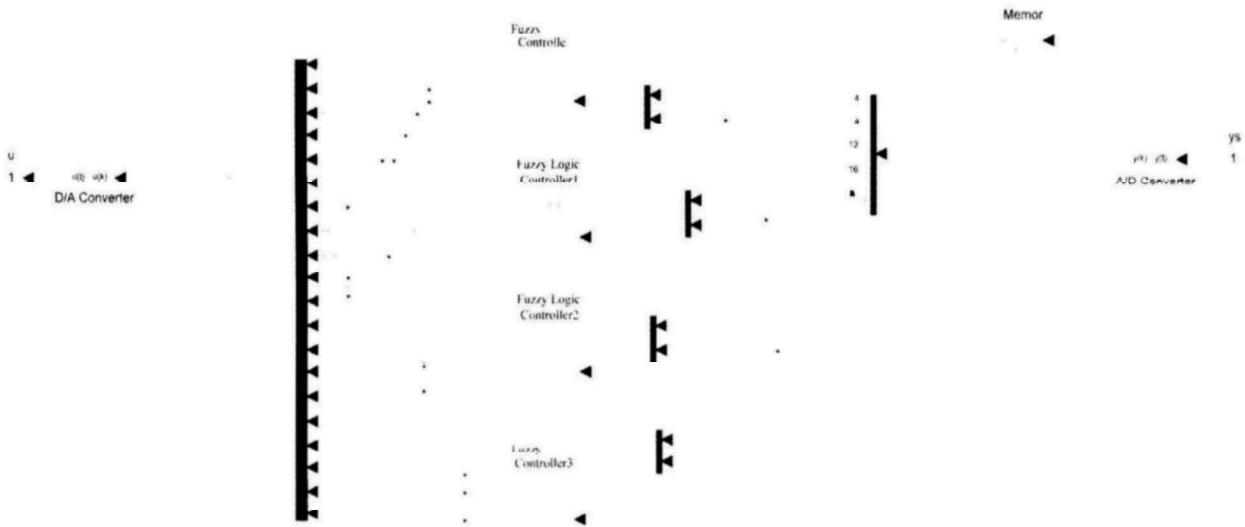
شکل ۱۲ - تابع عضویت نیروی کنترل

در شکل ۱۳ جزئیات کنترل گر فازی نمایش داده شده است در جدول ۶ نتایج مربوط به ملاکهای ارزیابی محاسبه شده با روش منطبق فازی نشان داده شده است .

جدول ۵ حافظه مشترک فازی به کار رفته (FAM) در Simulation را نشان می دهد . در کنترل گر طراحی شده فازی از اطلاعات شتاب نگاشت های دو طبقه مجاور (به عنوان مثال ۴ و ۸) به عنوان ورودی استفاده شده و خروجی هر کنترل گر فازی برای ۵ طبقه مجاور به طور مساوی به کار رفته است .

جدول ۵- حافظه مشترک فازی

Second input	Control force						
	First input						
	NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
NL	NVL	NL	NL	NS	PVS	PS	PM
NM	NL	NM	NS	NS	PVS	PS	PM
NS	NM	NS	NVS	NVS	PVS	PS	PM
ZR	NM	NS	NVS	ZR	PVS	PS	PM
PS	NM	NS	NVS	PVS	PVS	PS	PM
PM	NM	NS	NVS	PS	PS	PM	PL
PL	NM	NS	NVS	PS	PM	PL	PVL



شکل ۱۳ - بلوک Simulation کنترل گر فازی

جدول ۶- ملاکهای ارزیابی براساس کنترل باروش منطق فازی

Earth quake (intensity)	El Centro			Hachinohe			Northridge		Kobe		Average	
	*.۵	*۱.۰	*۱.۵	*.۵	*۱.۰	*۱.۵	*.۵	*۱.۰	*.۵	*۱.۰	Far-Field	Near-Field
J _۱	۰/۹۳۲۲۴	۱/۲۹۷۴	۰/۳۱۰۹۹	۱/۹۹۴	۱/۴۳۳۵	۰/۳۶۱۲۹	۰/۵۸۶۴۹	۰/۱۷۵۸۲	۰/۵۹۱۴۸	۰/۳۱۲۰۹	۱/۰۵۵۲۳۷	۰/۴۱۴۶۷
J _۲	۰/۶۹۲۸۷	۰/۰۸۶۷۶۸	۰/۲۳۷۵۸	۱/۹۵۵۴	۱/۲۶۶۴	۰/۳۹۲۲۹	۰/۵۹۵۳۵	۰/۲۱۷۳۴	۰/۴۷۷۲۴	۰/۳۵۸۵۹	۰/۹۰۲۰۲۷	۰/۴۱۲۱۳
J _۳	۰/۸۸۹۳۲	۱/۲۳۶۶	۰/۲۴۴۲۴	۱/۹۸۷۸	۱/۴۳۳۴	۰/۳۵۹۵۲	۰/۶۰۹۶۸	۰/۲۳۰۰۷	۰/۶۲۶۶۶	۰/۵۵۳۰۹	۱/۰۲۸۴۸	۰/۵۰۴۹۲۵
J _۴	۱/۰۱۶۱	۱/۳۶۰۱	۰/۳۴۲۰۷	۲/۱۰۸۵	۱/۵۱۸۶	۰/۲۸۷۳۴	۰/۶۶۹۴۵	۰/۰۷۷۲۴۹	۰/۶۳۸۶۱	۰/۱۲۸۸۸	۱/۱۲۲۱۱۸	۰/۳۷۸۵۴۷
J _۵	۰/۸۶۵۰۲	۱/۱۲۲۵	۰/۲۹۷۷۷	۲/۲۶۱۷	۱/۵۸۱۲	۰/۴۱۷۷۴	۰/۷۷۷۱	۰/۲۵۹۹۵	۰/۶۲۲۰۱	۰/۴۷۰۶۶	۱/۰۹۰۹۸۸	۰/۵۲۲۴۲
J _۶	۰/۶۶۸۰۳	۱/۳۵۸۶	۰/۲۷۵۲۷	۲/۰۰۲۱	۱/۲۶۶۵	۰/۳۵۵۱۷	۰/۶۵۸۶۵	۰/۲۲۱۱۷	۰/۶۵۳۲۷	۰/۵۲۸۲۲	۱/۰۸۰۶۳۷	۰/۵۱۲۱۲۸
J _۷	۰/۸۷۳۳۷	۱/۴۴۴۵	۰/۲۷۰۹۱	۱/۹۳۳۳	۱/۵۷۴۵	۰/۲۹۱۵۱	۰/۴۹۳۶۸	۰/۱۲۲۱۲	۰/۴۳۰۰۱	۰/۲۵۸۵۶	۱/۰۶۴۶۸۲	۰/۳۲۵۸۸۵
J _۸			۷/۲۵۴-۰۵			۰/۰۰۰۰۴۳	۷/۹۲۱-۰۵	۴/۱۳۰۵۱	۰/۰۰۰۰۱۸	۱/۱۹۱-۰۵		۷/۸۲۴۱-۰۵
J _۹			*			*	*	*	*	*		*
J _{۱۰}	۱/۰۵۵۵	۱/۴۶۸۸	۰/۳۱۴۵۷	۲/۱۱۷۹	۱/۵۴۵۵	۰/۳۷۳۹۳	۰/۵۴۷۰۴	۰/۰۵۵۵۴۷	۰/۶۱۳۷۷	۰/۱۰۴۲۴	۱/۱۴۶۰۳۳	۰/۳۳۰۱۴۹
J _{۱۱}	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۲۷۶	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۲۷۶	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۱۰۱۶	۰/۰۰۱۰۲۱
J _{۱۲}	۰/۰۹۱۰۲۸	۰/۱۲۵۲۵	۰/۰۲۰۵۴۸	۰/۱۵۶۹۱	۰/۱۰۹۵۷	۰/۰۲۸۱۷۱	۰/۰۵۵۷۸	۰/۰۱۸۴۶۳	۰/۰۸۶۹۱۲	۰/۰۵۲۷۶۸	۰/۰۹۰۲۴۶	۰/۰۵۲۴۸۱
J _{۱۳}	۰/۰۰۱۳۳۷	۰/۰۰۱۷۳۱	۰/۰۰۰۴۶۷	۰/۰۰۲۴۶۶	۰/۰۰۱۷۵۶	۰/۰۰۰۴۷۹	۰/۰۰۰۶۷۸	۰/۰۰۰۲۹۸	۰/۰۰۰۸۵۷	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۱۳۳۶	۰/۰۰۰۶۱۱
J _{۱۴}	۱/۹۳۱-۰۴	۲/۵۲۱-۰۴	۶/۹۷۱-۰۵	۳/۶۵۱-۰۴	۲/۵۵۱-۰۴	۶/۹۷۱-۰۴	۹/۹۰۱-۰۵	۳/۰۲۱-۰۵	۷/۹۱-۰۵	۵/۶۳۱-۰۵	۰/۰۰۰۰۲	۶/۶۱۱-۰۵
J _{۱۵}	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
J _{۱۶}	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
J _{۱۷}	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

Method	Fuzzy		LQG	
	Far-Field	Near-Field	Far-Field	Near-Field
J _۱	۱/۰۵۵۲۳۷	۰/۴۱۴۶۷	۰/۸۱۹۹۸	۰/۸۳۶۱۳۳
J _۲	۰/۶۹۰۱۰۲	۰/۲۱۱۱۱	۰/۲۱۱۱۳۸	۰/۸۱۱۰۸۵
J _۳	۱/۰۲۸۴۸	۰/۵۰۴۹۲۵	۰/۹۰۶۵۰۸	۰/۹۶۱۱۷۵
J _۴	۱/۱۲۲۱۱۸	۰/۳۷۸۵۴۷	۰/۷۷۷۱۵	۰/۶۳۳۸۵۸
J _۵	۱/۰۹۰۹۸۸	۰/۵۲۲۴۲	۰/۶۱۱۹۶۳	۰/۶۲۰۱۸۸
J _۶	۱/۰۸۰۶۳۷	۰/۵۲۲۱۲۸	۰/۷۸۸۶۰۲	۰/۷۸۶۴۲۵
J _۷	۱/۰۶۴۶۸۲	۰/۳۲۵۸۸۵	۰/۸۵۴۱۵۸	۰/۷۷۰۲۹
J _۸		۷/۸۲۴۱-۰۵		۰/۳۰۸۹۲۸
J _۹		*		۰/۶۴۱۲۸۳
J _{۱۰}	۱/۱۴۶۰۳۳	۰/۳۳۰۱۴۹	۰/۷۸۴۴۲	۰/۶۴۵۰۳۳
J _{۱۱}	۰/۰۰۱۰۱۶	۰/۰۰۱۰۲۱	۰/۰۰۳۴۳۸	۰/۰۰۷۱۹۱
J _{۱۲}	۰/۰۹۰۲۴۶	۰/۰۰۳۴۸۱	۰/۰۰۷۷۷۴	۰/۰۰۵۳۸۳
J _{۱۳}	۰/۰۰۱۳۳۶	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۲۱۲۲	۰/۰۰۵۴۹۸
J _{۱۴}	۰/۰۰۰۰۲	۶/۶۱۱-۰۵	۹/۱۱۱-۰۵	۰/۰۰۰۰۱۰۶
J _{۱۵}	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
J _{۱۶}	۵	۵	۵	۵
J _{۱۷}	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

۱۰- نتایج و بحث

در جدول (۷) میانگین ملاکهای هفده گانه ارزیابی برای زلزله های Far-Field و Near-Field برای الگوریتمهای طراحی شده نشان داده شده است.

با دقت در نتایج به دست آمده مشخص میشود که:

- ۱- الگوریتم های طراحی شده برای زلزله های Near-Field برای زلزله های Far-Field "گافا" واگرا میباشد.
- ۲- با توجه به ملاکهای هفده گانه ارزیابی به نظر میرسد روش منطق فازی برای زلزله های Near-Field مناسبترین روش میباشد.

5 . B.F. Spencer . Benchmark Structural control problems for Seismic – and Wind – excited structures . Journal of engineering mechanics , ASCE , April 2004 .

6 . Y. Ohtori , R.E. Christenson , A.M. ASCE, B.F. Spencer Jr , S.J. Dylle. Benchmark control problems for Seismically excited nonlinear buildings . Journal of engineering mechanics , ASCE , April 2004 .

7 . B.F. Spencer Jr. , R.E. christenson and S.J. Dyke. Next generation benchmark control problem for seismically excited building . March 22 , 1999 .

8 Frequency domain optimal control of benchmark wind – excited building . Gang Jin , Yun chi , Michael K. Sain , B.F. Spencer Jr.

9 . B.F. Spencer Jr. , S.J. Dyke and H.S. Des kar . Benchmark problems in structural control , part I , Active mass driven system . ASCE structures congress , Portland , Oregon , 1997 .

10 . T.T. Soong , G.F. Darguh . Passive energy dissipation systems in structural engineering . State university of New York at Buffalo , USA , John Wiley & Sons , 1998 .

11 . J.N. Yang , A.K. Agrawal , B. Samali , J. Cheng . Benchmark problem for response control of wind – excited tall building . Journal of engineering mechanics , 2004 .

12 . B. Samali , E. Mayol , K.C.S. Kwok , A. Mak, P. Hitchcock . Vibration control of wind – excited 76 – story benchmark building by liquid column Vibration Absorbers . Journal of engineering mechanics , 2004 .

13 . Akira Fukukita , Tomoo Saito , K. Shiba . Control effects for 20 – story benchmark – building using passive or semiactive device . Journal of engineering mechanics , 2004 .

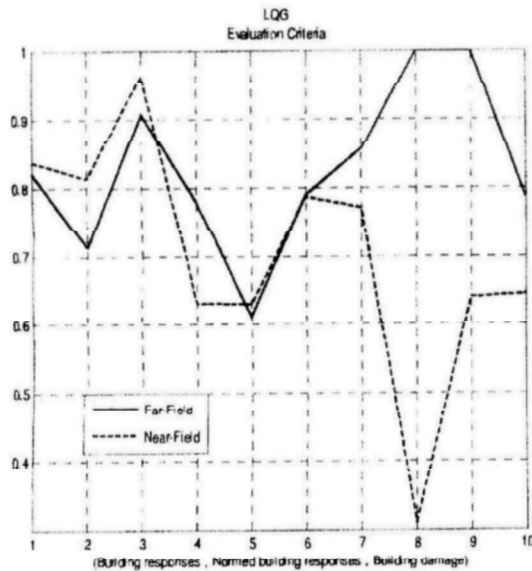
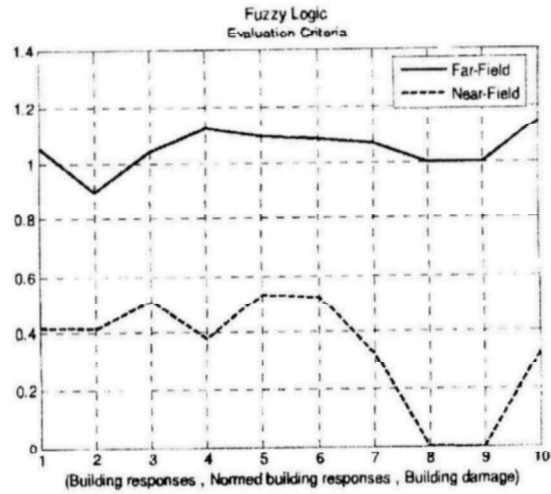
14 . J.N. Yang , A.K. Agrawal . Semi – active hybrid control systems for nonlinear building against near – Field earthquakes . Elsevier Ltd , 2002 .

15 . H. Cao , Q.S.Li . New control straregies for active tuned mass damper systems . Elsevier Ltd , 2004 .

16 . M. AL – Dawod , B. Samali , K.Kwok , F. Naghdy . Fuzzy controller for seismically excited nonlinear building . Journal of engineering mechanics , 2004 .

17 . A.S. Ahlawat , Ramaswamy . Multi objective optimal fuzzy logic controller driven active and hybrid control systems for seismically excited nonlinear building . Journal of engineering mechanics , 2004 .

18 . B. Samali , M. AL – Dowod , K.C.S. Kwok , F. Naghdy . Active control of cross wind response of 76 – story tall building using a fuzzy controller . Journal of engineering mechanics , 2004 .



منابع و مراجع:

1 . TT Soong, WF Chen . Active structural control : Theory and practice. New York : Longman , 1990 .

2 . J.J. Conner . Introduction to structural motion control . Massachusetts Institute of Technolog , September 2000 .

3 . John F.Hall , M. EERI , Thomas H. Heaton , M. EERI , Marvin W. Halling , M. EERI and David JwalD . Near – Source Ground motion and its effects on flexible building . Earthquake spectra , Volume 11 , No.4 , November 1995 .

4 . T.T. Soong , B.F. Spencer Jr. Supplemental energy dissipation : state – of – the – art and state – of – the – practice . Engineering structures Journal 24 (2002) PP 243 – 259 .



- 34 . N. Varadarajan , S. Nagarajaiah . Wind response control of building with variable stiffness tuned mass damper using empirical mode decomposition Hilbert transform . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 35 . K-M. Choi , S-W. Cho , D-O. Kim , I-W Lee . Active control for seismic response reduction using modal fuzzy approach . Elsevier Ltd , 2005 .
- 36 . Alok Madan . Vibration control of building structures using self – organizing and self – learning neural network . Elsevier Ltd , 2004 .
- 37 . A.K.Agrawal, J.N.Yang ,J.C.Wu . Application of optimal polynomial controller to a benchmark problem .
- 38 . A. Ruangrassmee , K. Kawashima . Control of nonlinear bridge response with pounding effect by variable dampers . Engineering structures , 2003 .
- 19 . S.B. Kim , Chung – Bang Yun , B.F. Spencer Jr. Vibration control of wind – excited tall building using sliding mode fuzzy control . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 20 . M. Battani , F. Casciati , L. Faravelli . Fuzzy control of structural vibration , an active mass system driven by a fuzzy controller .
- 21 . Osamu Yoshida , Shirley J Dyke . Seismic control of nonlinear benchmark building using smart dampers . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 22 . Sheng – Guo Wang . Linear quadratic gaussian – alpha control with relative stability and gain parameter for structural benchmark problems . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 23 . K.D. Pham , G. Jin , M.K. Sain , B.F. Spencer Jr , S.R. Liberty . Generalized linear quadratic gaussian techniques for wind benchmark problem . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 24 . Khaldoon . Bani – Hani and J. Ghaboussi . Neural networks for structural control of a benchmark problem , active tendon system .
- 25 . Dong – Hyawn Kim , Seung – Nam Seo , In – Won Lee . Optimal neuro controller for nonlinear benchmark structure . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 26 . N. Wongprasert , M.D. Symans . Application of a genetic algorithm for optimal damper distribution within the nonlinear seismic benchmark building . Journal of engineering mechanics , 2004 .
- 27 . P.M. Young , B. Bienkiewicz . Robust controller design for the active mass driver benchmark problem .
- 28 . B.F. Spencer Jr , J. Suhardjo , M.K. Sain . Frequency domain optimal control strategies for a seismic protection . Journal of engineering mechanics , 1994 .
- 29 . F.J.D. Amato , M.A. Rotea . Limits of achievable performance and controller design for structural control benchmark problem , May 1997 .
- 30 . B.F. Spencer Jr , S.J. Dyke , M.K. Sain . Experimental verification of acceleration feedback control strategies for seismic protection . 3rd colloquialm on vibration control of structures , 1995 .
- 31 . B.F. Spencer Jr , M.K. Sain , C.H. Won , D.C. Kaspari , P.M. Sain . Reliability – based measures of structures control robustness . Structural safety , Vol . 15 , 1994 .
- 32 . R.E. Christenson , B.F. Spencer Jr , N. Hori . Coupled building control using acceleration feedback . Computer – aided civil and frastrure engineering , 2001 .
- 33 . S.E. Breneman and H.A. Smith . Design of H_0 output feed back controllers for the AMD benchmark problem .

Neural Network Controller for Nonlinear Benchmark Structures Subjected to Near-Field Ground Motions

Arash Mousavi

PhD candidate, Structural Engineering Department, Tabriz azad university

Abdolrahim Jalali

Assistant Professor, Structural Engineering Department, University of Tabriz, Tabriz

Abstract:

Recent near-field earthquakes, such as Northridge, Kobe, Chi-Chi, and Turkey (Koceli and Izmit) earthquakes, have resulted in severe damages to civil infrastructures, in addition to loss of lives. Hence, the mitigation of damages to urban areas due to near-field earthquakes is an important subject with significant social and economical impact.

The strong ground motions from near-field earthquakes are characterized by high peak acceleration and a pulse type large amplitude velocity as well as a large displacement. Such kind of motions show strong directivity effects which makes fault normal component much larger than fault parallel component.

This paper focuses on the third generation benchmark control problems for nonlinear buildings against near-field earthquake. The benchmark study focuses on three typical steel structures, 3-, 9-, and 20-story buildings.

A bilinear hysteretic model is used to model the nonlinear behavior of structures. In this paper, the application of the active control scheme on the 3-, 9-, and 20-story benchmark buildings is investigated, where the control algorithm is achieved by a neural network controller. A neuro controller is trained based on a reduced-order linear design model, and then it is used to control a nonlinear evaluation model. In training the controller, a sensitivity evaluation scheme is used and weights are updated by minimizing a cost function. Absolute accelerations directly measured from sensors are used as the feedback signals for the controller. Not only is the current step acceleration, but delay signals of sensor readings, used to enhance the training capability. The performance of the controller is validated through the computer simulation on MATLAB.

The Newmark- β method, is used to solve the incremental equations of motion.

In order to evaluate proposed control strategies, seven near-field records are selected. The evaluation criteria are divided into four categories: building responses, building damage, control devices, and control strategy requirements.

Keywords:

Near-field earthquakes , sensor , Core , Newmark- β method , building responses , building damage , control devices , control strategy requirements.