

به نام خدا

بهینه کنترل فعال سازه با رویکرد کلاسیک و هوش مصنوعی

تألیف:

جواد پالیزوان زند علی روشنی
(مدرس دانشگاه) (مدرس دانشگاه)

ناشر کتابهای فنی و مهندسی

نام کتاب	: بهینه کنترل فعال سازه با رویکرد کلاسیک و هوش مصنوعی
تألیف	: جواد پالیزوان زند - علی روشندی
ناشر	: انتشارات علمیران
ناشر همکار	: انتشارات عبادی
نوبت چاپ	: اول - بهار 1394
تعداد صفحه و قطع	: 292 صفحه - وزیری
تیراز	: 1000 نسخه
لیتوگرافی	: تبریز اسکنر
صحافی	: امین
طراحی جلد	: مؤسسه سایه نو
قیمت	: 35000 تومان

مسئلیت مندرجات این کتاب به عهده مولفین اثر می‌باشد و کلیه حقوق چاپ و نشر برای مولفین محفوظ است.

مرکز پخش: انتشارات علمیران: تبریز - خیابان امام- مابین سه راه طالقانی و تربیت - مجتمع تجاری استاد شهریار - طبقه پایین - تلفن: 044-35558945-35549304 - تلفاكس: 35549227

سرشناسه	: پالیزوان زند، جواد 1364
عنوان و نام پدیدآور	: بهینه کنترل فعال سازه با رویکرد کلاسیک و هوش مصنوعی / تالیف: جواد پالیزوان زند - علی روشندی.
مشخصات نشر	: تبریز: انتشارات علمیران- عبادی.
مشخصات ظاهری	: 292ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-5266-67-2: 350000
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا.
موضوع	: سازه - دینامیک.
موضوع	: سازه - نرم افزار.
شناسه افزوده	: روشندی، علی 1363.
رده بندی کنگره	: TA 645 / 9 ب / 2 1394
رده بندی دیوبی	: 624/172

سخن مؤلفین:

تدوین سیستمی هوشمند، جهت کاهش دادن اثرات نیروهای واردۀ خارجی به سازه، نیازی اساسی در جامعه مهندسی عمران کشور است. به منظور انجام وظیفه در راستای این رسالت، مؤلفین بر آن شدند تا با توجه به دستاوردهای مهندسی زلزله و مهندسی کترل کلاسیک و هوشمند و با توجه به تجربیات چندین ساله خود در زمینه کترول فعال سازه با الگوریتم‌های کترولی کلاسیک و هوش مصنوعی، کتاب بهینه کترول فعال سازه با رویکرد کلاسیک و هوش مصنوعی را به جامعه مهندسی عمران کشور تقدیم نمایند.

هدف اصلی مؤلفین این است که یک سیستم کترول فعال هوشمند طوری طراحی شود، تا در زمانی که نیروهای خارجی همانند زلزله یا باد بر سازه وارد شود، این سیستم بتواند پاسخ سازه را در مقابل نیروی واردۀ کاهش دهد و اجازه ندهد که تغییر مکان سازه از مقادیر تغییر مکان‌های مجاز، فراتر رود. مؤلفین سعی کرده‌اند در این کتاب با بهره‌گیری از علوم نوین و قدرتمند کترول فعال سازه، بهینه سازی، الگوریتم ژنتیک، سیستم‌های فازی، الگوریتم LQR و ... یک شیوه مناسب با بازده بسیار بالا برای کاهش دادن پاسخ سازه در مقابل بارهای خارجی وارد بر سازه ارائه دهند. مؤلفین امیدوارند که با ارائه این کتاب، به جامعه مهندسی کشور، سیستم‌های کترول هوشمند و فعال در کشور عزیzman ایران نیز همانند کشورهای ژاپن، آمریکا و مالزی جنبه عملی و اجرائی داشته باشد.

مؤلفین، سپاسگزاری صمیمانه خود را از توجهات و زحمات کلیه مسئولین محترم انتشارات علمیران، بویژه جناب آقای مهندس فرهاد آزادپور صالحی، مدیرعامل محترم انتشارات علمیران، در امر چاپ و انتشار کتاب فوق که به حق بدون حمایت‌های بی‌دریغ ایشان، مراتب، میسر نمی‌گشت، اعلام می‌نمایند.

در خاتمه از اساتید، دانشجویان و مهندسان بزرگواری که بر نگارندگان منت نهاده و پیشنهادات و انتقادات خود را ارسال می‌دارند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

علی روشنی

ali.rrmm@gmail.com

جواد پالیزوان زند

J.Palizvan@gmail.com

تَقْدِيمٌ بِهِ

حضرت ولی عصر(عج الله)

و

پرورماد عزیزان



فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

.....	- 1-1 پیشگفتار	15
.....	- 2-1 زلزله چیست	16
.....	- 3-1 سیستم‌های کنترل فعال (ATMD) و غیر فعال (TMD)	17
.....	- 4-1 استفاده از منطق فازی در سیستم‌های کنترل	19
.....	- 5-1 لزوم انجام تحقیق حاضر	20
.....	- 6-1 مرحله انجام پروژه	21

فصل دوم: زمین لرزه شناسی

.....	- 1-2 مبانی زمین لرزه شناسی	25
.....	1-1-2 ساختار درونی زمین	26
.....	2-1-2 زمین ساخت صفحه ای	27
.....	3-1-2 عوامل پدید آورنده زمین لرزه	30
.....	2-2 امواج لرزه‌ای	34
.....	3-2 سنبه‌های زمین لرزه	41
.....	1-3-2 بزرگای محلی	43

..... 2-3-2 بزرگای موج حجمی	44
..... 3-3-2 بزرگای موج سطحی	44
..... 4-3-2 بزرگای گشتاور لرزه‌ای	45
..... 5-3-2 آزاد سازی انرژی	47
..... 6-3-2 شدت	48
..... 4-2 سنجش زمینلرزه	51
..... 5-2 تاثیر ویژگی‌های خاک بر امواج زمین لرزه	54
..... 6-2 تحلیل خطر لرزه‌ای	56
..... 1-6-2 تحلیل قطعی خطر	57
..... 2-6-2 تحلیل احتمالاتی خطر	59
..... 3-6-2 خطر پذیری لرزه‌ای ساختگاه	67
..... 4-6-2 ریز پهنه بندی بر پایه تحلیل خطر	71

فصل سوم: ورودی‌های لرزه‌ای سازه

..... 1-3 مبانی ورودی‌های لرزه‌ای سازه‌ها	75
..... 2-3 نگاشت‌های تاریخچه زمانی	75
..... 3-3 محتوای بسامدی جنبش زمین	77

.....	4-3 تابع چگالی طیفی توان جنبش زمین.	86
.....	5-3 طیف پاسخ زمینلرزه.	92
.....	1-5-3 طیف های جابجایی، سرعت و شتاب.	92
.....	2-5-3 طیف انرژی و طیف فوریه.	94
.....	D-V-A 3-5-3 طیف ترکیبی	
.....	97	
.....	4-5-3 طیف پاسخ طرح و ساخت آن.	101
.....	5-5-3 زلزله های پایه.	106
.....	6-5-3 طیف پاسخ احتمالاتی.	107
.....	7-5-3 طیف های ویژه ساختگاه و طیف های خطر یکنواخت.	108
.....	1-7-5-3 طیف های ویژه ساختگاه.	108
.....	2-7-5-3 طیف خطر یکنواخت.	115
.....	6-3 ساخت شتاب نگاشت های مصنوعی.	119
.....	1-6-3 شتاب نگاشت سازگار با طیف پاسخ.	120
.....	2-6-3 شتاب نگاشت سازگار با تابع چگالی طیفی توان.	120
.....	7-3 پیش بینی شناسه های ورودی لرزه ای.	121
.....	1-7-3 رابطه های پیش بینی برای PHA، PGA و PHV.	

..... 2-7-3 رابطه پیش بینی مدت زمین لرزه.....	123
..... 3-7-3 رابطه های پیش بینی rms شتاب زمین.....	128
..... 4-7-3 رابطه های پیش بینی برای طیف فوریه و طیف پاسخ	129
..... 5-7-3 رابطه های پیش بینی برای PSDF جنبش زمین.....	130
..... 6-7-3 رابطه های پیش بینی تابع تعديل.....	134
..... 7-7-3 رابطه های پیش بینی تابع همدوسی.....	137
	140

فصل چهارم: مروری بر تحقیقات گذشته

..... مقدمه.....	-1-4
	147
..... 2-4- مروری بر تحقیقات سیستم‌های کنترل فعال ATMD	148
..... 3-4- مروری بر تاریخچه تحقیقاتی نظریه مجموعه‌های فازی و زمینه‌های آن در مهندسی عمران.....	151
..... 1-3-4- اولین زمینه‌های فکری.....	151
..... 2-3-4- دهه 60: ظهرور فازی.....	152
..... 3-3-4- دهه 70: ثبیت مفاهیم بنیادی و ظهرور اولین کاربردها.....	153
..... 4-3-4- دهه 90 و سالهای آغازین قرن 21: چالشها کماکان باقیست.....	154
..... 5-3-4- فازی در ایران.....	155

.....- نظریه فازی در مهندسی عمران.....	156
فصل پنجم: سیستم‌های کنترل سازه‌ها	
..... مقدمه.....	-1-5
..... 159	
.....- کنترل غیر فعال (Structural Passive Control)	161
..... 1-2-5	
..... 161	
.....- سیستم‌های تغییر دهنده فرکانس سازه.....	171
..... 2-2-5	
..... کنترل فعال	-3-5
..... 177	
..... کنترل نیمه فعال.....	189
..... 4-5	
..... کنترل مرکب	191
فصل ششم: منطق فازی و کاربرد آن در مهندسی عمران	
..... مقدمه.....	-1-6
..... 195	
.....- مجموعه‌های فازی	198
..... 2-6	
.....- تعاریف و مفاهیم مجموعه‌های فازی.....	199
..... 1-2-6	
..... چند مفهوم مقدماتی.....	200
.....- گذاری	-3-2-6
..... 199	
نما	

.....	-4-2-6
.....	عملگرهای مجموعه‌ای
.....	200
.....
.....	-3-6 اصل توسعه و روابط فازی
.....	205
.....
.....	-1-3-6 اصل توسعه
.....	205
.....
.....	-2-3-6 حاصل ضرب کارتزین فازی
.....	206
.....
.....	-3-3-6 اصل توسعه بر روی فضای حاصل ضرب کارتزین
.....	207
.....
.....	-4-3-6 رابطه فازی
.....	207
.....
.....	-5-3-6 ترکیب روابط فازی
.....	208
.....
.....	-6-3-6 فانتزی اعداد اعداد
.....	208
L-R	فازی اعداد اعداد
.....	-7-3-6
.....	209
.....
.....	-4-6 منطق فازی
.....	211
استدلال
.....	-1-4-6 فازی
.....	211
.....
.....	-2-4-6 متغیرهای زبانی
.....	212
.....
.....	-3-4-6 قیود زبانی
.....	212
.....
.....	-4-4-6 قواعد اگر - آنگاه
.....	213
.....
.....	-5-4-6 گزاره فازی
.....	213

.....	- 6-4-6 شیوه استدلال فازی.....	215
.....	- 7-4-6 روش ممداňی.....	218
.....	- 8-4-6 روش استدلال فازی با استفاده از توابع خطی.....	223
.....	- 9-4-6 استدلال فازی ساده شده.....	226
.....	- 5-6 کاربردهای فازی در مهندسی عمران.....	227
.....	- 1-5-6 سیستم‌های فازی.....	227
.....	- 2-5-6 پایگاه قواعد.....	228
.....	- 3-5-6 ویژگی‌های مجموعه قواعد.....	229
.....	- 4-5-6 موتور استنتاج فازی.....	229
.....	- 5-5-6 فازی ساز.....	231
.....	- 6-5-6 غیرفازی ساز.....	231
.....	- 7-5-6 کنترل فازی.....	234
.....	- 6-6 طراحی منطق کنترل، کنترل کننده‌های فازی.....	235

فصل هفتم: روش‌های بهینه سازی

.....	1-7 مقدمه.....	239
.....	2-7 کلیاتی درباره روش‌های بهینه سازی.....	

.....	241
3-7 روش‌های برنامه ریزی ریاضی.....	242
..... برنامه ریزی خطی.....	242
..... 1-3-7	242
..... برنامه ریزی غیر خطی.....	242
2-3-7	242
.....	242
4-7 روش‌های بهینه سازی نامقید.....	242
.....	242
5-7 روش‌های بهینه سازی مقید.....	243
..... 1-5-7 روش‌های تابع جریمه.....	244
..... 1-1-5-7 روش تابع جریمه داخلی.....	246
..... 2-1-5-7 روش تابع جریمه خارجی.....	247
.....	247
6-7 روش‌های بهینه سازی مسایل با متغیرهای گستته.....	248
.....	248
1-6-7 انواع متغیرهای گستته.....	249
.....	249
2-6-7 الگوی مساله بهینه سازی با متغیرهای گستته.....	249
.....	249
7-7 روش‌های بهینه سازی برگرفته از طبیعت.....	251
.....	251
1-7-7 روش وراثتی (ژنتیک)	252
.....	252
فصل هشتم: مطالعه عددی	
..... مقدمه.....	-1-8
.....	257
..... ساختمان نمونه.....	-2-8

.....	258
- 3-8 مدل اجزاء محدود.....	258
.....	260
- 4-8 معادلات دینامیک سازه.....	260
.....	263
- 1-4-8 تعاریف.....	263
.....	263
- 2-4-8 معادله حرکت سیستم.....	263
.....	263
- 3-4-8 اثر تحریک تکیه‌گاهی (نیروی زلزله).....	265
.....	265
- 4-4-8 ساخت ماتریس میرایی.....	267
.....	267
- 5-8 شتاب‌های افقی زلزله‌های مورد استفاده.....	269
.....	269
- 6-8 حل دستگاه معادلات دیفرانسیل.....	271
.....	271
- 1-6-8 حل کلاسیک.....	271
.....	271
- 2-6-8 فضای حالت.....	272
.....	272
- 3-6-8 نوشتن معادلات ساختمان بلند در فضای حالت.....	272
.....	272
- 7-8 افزودن روابط سیستم‌های کنترل TMD و ATMD به معادلات ساختمان بلند.....	274
.....	274
- 1-7-8 سیستم کنترل غیر فعال میراگر و جرم تنظیم شونده (TMD).....	274
.....	274
- 2-7-8 کنترل میراگر و جرم تنظیم شونده فعال (ATMD).....	278
.....	278
- 8-8 کنترل فعال ساختمان بلند با استفاده از روش LQR.....	279
.....	279

.....	9-8	کنترل فعال ساختمان‌های بلند با استفاده از منطق فازی	282
.....	9-1	سیستم فازی ممدانی با دو ورودی و یک خروجی همراه با جدول جستجوی فازی (FLC5) ; 5×5	283

مراجع

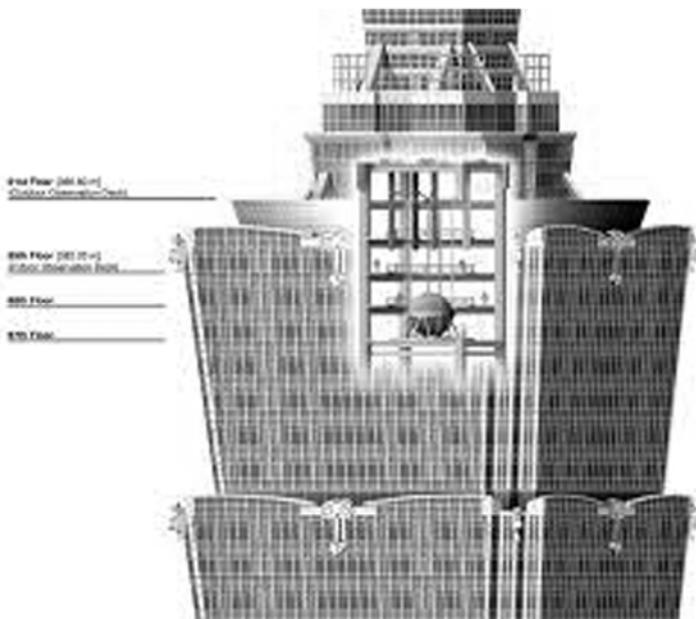
مراجع

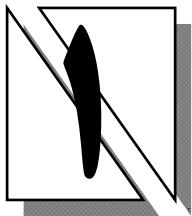
289.....



مقدمة

فصل ١





۱-۱- پیشگفتار

از دیر باز تا به حال بشر دستخوش حوادث بزرگی چون زلزله بر روی زمین بوده است. زلزله همواره ساختگاه زندگی انسانها را دچار تغییر و دگرگونی کرده است. تا به امروز انسانها همیشه سعی بر مهار این نیروی عظیم و خانمان افکن داشته‌اند. با وجود آنکه در این زمینه موقوفیت‌هایی نیز حاصل شده با این حال هنوز تعداد زیادی از ساکنین این کره خاکی هر ساله در زیر آوارهای بوجود آمده توسط زلزله مدفون می‌گردند و سازه‌های بسیاری کارآیی خود را پس از زلزله از دست می‌دهند.

این نیروی مهیب در درون زمین و به واسطه حرکت‌هایی که در پوسته ایجاد می‌شود باعث آزاد شدن انرژی زیادی می‌شود که مصنوعات روی زمین را دچار مخاطره می‌کند. تا به حال آئین‌نامه‌های بسیاری در سراسر دنیا برای محاسبه و ساخت سازه‌های مقاوم در برابر زلزله تهیه شده است و روش‌های بسیاری برای محاسبه این نیرو ارائه شده است که از آن جمله می‌توان روش استاتیکی معادل، شباهستاتیکی (یا طیفی)، دینامیکی و ... را نام برد. در تمام این روش‌ها، نیروی زلزله اعمال شده بر ساختمان‌ها توسط آمار و اطلاعاتی که از زلزله‌های قبلی در دنیا یا منطقه ثبت شده‌اند بدست می‌آید و این‌منی سازه‌ها را بر حسب اهمیت سازه و نوع ساختگاه زمین‌شناسی بستر و اطلاعات دیگر تامین می‌کند. اما با این وجود، ممکن است زلزله‌ای که در آینده به هر یک از این سازه‌ها وارد شود با تمام زلزله‌هایی که برای محاسبه مقاومت و پایداری سازه در نظر گرفته شده است متفاوت باشد. زیرا اساساً ماهیت زلزله یک پدیده اتفاقی بوده و رخ داد هر زلزله با تمام زلزله‌های دیگر در سراسر جهان متفاوت است. به همین دلیل پس از محاسبه نیروی زلزله توسط روش‌های ذکر شده روش‌هایی جهت طراحی

ساختمان مقاوم در برابر زلزله مطرح می‌شوند. که این روش‌ها را می‌توان به دو دسته کلاسیک (ستی) و مدرن تقسیم‌بندی کرد.

در روش‌های کلاسیک طراحی بر اساس حداکثر نیروی اعمال شده به ساختمان با ترکیب نیروهای احتمالی که از طریق آئین‌نامه‌های مختلف بدست می‌آید، تک‌تک اجزاء سازه را بر اساس روش مقاومت نهایی یا نیروی حداکثر طراحی می‌کنند. اما در روش‌های کلاسیک امروزی‌تر پایداری سازه با روش طراحی بر اساس عملکرد نیز مطرح شده است که در اینجا مجالی برای شرح این روش‌ها نمی‌باشد.

اما در روش‌های مدرن علاوه بر طراحی سازه به روش کلاسیک از سیستم‌های الحقیقی نیز به منظور بالا بردن ایمنی و مقاومت عناصر سازه در برابر بارهای دینامیکی و همچنین اقتصادی کردن اجزاء سازه کمک می‌گیرند.

این سیستم‌ها به چهار دسته عمده بر اساس نوع الحاقشان به سازه و بر اساس نوع سیستمی که جهت کاهش نیروی زلزله در آنها به کار رفته، تقسیم می‌شوند: سیستم‌های کترل غیر فعال، فعال، نیمه فعال و مرکب.

به طور کلی این سیستم‌ها انرژی زلزله را یا از طریق جذب یا از طریق تغییر در فرکانس سازه مهار می‌کنند و باعث می‌شوند که انرژی زلزله به اجزاء اصلی سازه صدمه نزنند.

این سیستم‌ها را می‌توان بر روی سازه‌های موجود نیز پیاده نمود که در صورت لزوم بعد از رخداد زلزله نیز قابل تعویض و یا تعمیر می‌باشند. با توجه به اینکه سازه‌های غیر مقاوم در برابر زلزله در کشورمان زیاد یافت می‌شود و همچنین با توجه به این نکته که استفاده از سیستم‌های الحقیقی به نحو بسیار مطلوبی پاسخ دینامیکی سازه‌ها را کاهش می‌دهد، لذا استفاده از این سیستم‌ها در کشورمان حائز اهمیت می‌باشد.

2-1- زلزله چیست

گرچه بارهای دینامیکی وارد بر سیستم‌های سازه‌ای ممکن است ناشی از عوامل مختلفی مانند اثر باد و موج و حرکت خودروها باشد، بدون شک یکی از انواع این بارهای دینامیکی که برای مهندس سازه از بیشترین اهمیت برخوردار بوده تحریکی است که توسط زلزله‌ها ایجاد می‌شود. البته اهمیت مساله زلزله تا حدودی به علت نتایج زیان‌باری است که یک زلزله شدید

در یک منطقه پر جمعیت بجا می‌گذارد. از آنجا که طراحی سازه‌های اقتصادی و شکیل که قادر به تحمل نیروهای حاصل از یک زمین‌لرزه قوی باشند، توانایی بالایی را در هنر و علم مهندسی طلب می‌کند، تنها بر این اساس هم که شده منطقی بنظر می‌رسد که رشته مهندسی زلزله به عنوان چهار چوبی مورد استفاده قرار گیرد که در آن کاربرد تئوری‌ها و تکنیک‌های ارائه شده در دینامیک سازه به نمایش گذاشته شود.

به هر حال، امروز اهمیت مسئله زلزله برای ساختمان‌های بلند مقاوم در مقابل زلزله صد چندان شده است. زیرا با توجه به زلزله‌خیزی منطقه ایران و رشد صنعت ساخت و ساز در این سرزمین نیاز به طراحی و محاسبات ایستایی در مقابل زلزله برای برج‌ها، آسمان‌خراش‌ها و سازه‌های بلند نیز چندین برابر شده است. همچنین در برنامه توسعه صنایع نیروگاه‌های هسته‌ای، و سازه‌های خاصی که دارای اهمیت ویژه‌ای هستند معیارهای زیادی وجود دارد که در طراحی برای زلزله باید لحاظ شود.

در اینجا می‌توان جمله معروف نیومارک و روزن بلوت را نقل کرد که: زلزله‌ها به طور سیستماتیک اشتباهات طراحی را روشن می‌سازند - حتی اشتباهات بسیار کوچک را، و درست همین وجه مهندسی زلزله است که به آن جنبه مبارزه‌طلبی داده و آن را جالب توجه نموده است، و بالاخره ارزش آموزشی آن را بسیار بالاتر از اهداف آنی نموده است.

در طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها عمدتاً مهندسین از اطلاعات مربوط به زمین‌لرزه‌های حرکت-قوی که بیش از اندازه مخرب هستند استفاده می‌کنند که رکوردهای آن پس از ثبت توسط شتاب نگارها اصلاح شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و همچنین در روش‌های مختلف محاسبه نیروی زلزله بکار می‌رود.

3-1- سیستم‌های کنترل فعال (ATMD) و غیر فعال (TMD)

همان‌طور که در مقدمه این فصل اشاره شد، سیستم‌های کنترلی از جمله سیستم‌های مدرن طراحی سازه‌ها می‌باشد که امروزه کاربرد زیادی در صنعت ساختمان پیدا کرده است. این سیستم‌ها با الحاق یک جزء مکانیکی به سازه باعث کاهش در پاسخ سازه‌ها در هنگام اعمال نیروهای دینامیکی به سازه می‌شوند. یکی از این سیستم‌های کنترل استفاده از میراگر و جرم تنظیم شونده (TMD) می‌باشد. این سیستم یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌های الحاق می‌باشد و در عین

حال کاربردهای فراوانی در علوم مکانیک، هواشناسی و عمران را به دنبال داشته است. این سیستم از یک جرم، کمک فنر و فنر تشکیل شده است، به طوریکه جرم مذکور توسط یک کمک فنر و یک فنر به یکی از درجات آزادی سازه تحت کنترل متصل می شود که در نهایت باعث کاهش پاسخ سازه می گردد. لازم به توضیح است که طراحی بهینه این کنترل کننده منوط به تعیین درست پارامترهای جرم، سختی فنر، ضریب میرایی کمک فنر و مکان اتصال سیستم به سازه می باشد. این سیستم‌ها در سازمانهای مختلف جهت کنترل ارتعاشات باد و زلزله به کار برده شده‌اند. به دلیل ساختار این سیستم و اینکه تغییراتی روی پارامترهای سیستم در حین اعمال نیروی طبیعی صورت نمی‌گیرد، و همچنین به دلیل عدم وجود نیروی خارجی فعال جهت کنترل در سیستم، این سیستم جزء کنترل کننده‌های غیرفعال محسوب می‌شود. به منظر فعال نمودن این سیستم با بالا بردن کارآیی آن به این سیستم یک نیروی فعال خارجی اضافه می‌شود که در هنگام وجود نیروی دینامیکی طبیعی در هر لحظه برآورد شده و به جرم تنظیم شونده اعمال می‌شود. این سیستم یکی از سیستم‌های کاربردی در صنعت ساخت و ساز می‌باشد و امروزه تعدادی از ساختمان‌های بلند توسط همین سیستم کنترل می‌شوند. همان طور که اشاره شد فرق اصلی سیستم TMD و سیستم جدید میراگر و جرم تنظیم شونده فعال، تنها وجود یک نیروی فعال می‌باشد.

تحقیقات وسیعی در این خصوصی که چگونه در هر لحظه مقدار نیروی فعال را بدست آورده می‌شود، صورت گرفته است. سیستم TMD اولین بار توسط فرام در 1909 به عنوان سیستم جذب کننده انرژی مطرح شد و بعد توسط محققان زیادی مورد بحث و بررسی قرار گرفت و نمودارهای طراحی زیادی برای الحال این سیستم به یک سیستم یک درجه آزادی بدست آمد. پس از آن در سال 1970 مفاهیم کنترل فعال توسط یا وارد مباحثه مهندسی عمران گردید. از 1970 به بعد محققان الگوریتم‌های زیادی را جهت محاسبه نیروی فعال به کار برندند که هر یک نتایج قابل توجهی را در برداشت [soong.89]

۱-۴- استفاده از منطق فازی در سیستم‌های کنترل

نظریه مجموعه‌های فازی توسط پروفسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ ارائه شد. او مفهوم مجموعه‌ها و کمیت‌های نادقيق و همراه با عدم صراحة را در یک روال کاملاً منظم و قانونمند معرفی کرده و روش‌های تصمیم‌گیری در چنین محیط‌هایی را پیشنهاد نموده است. پس از ارائه نظریه مجموعه‌های فازی، نظریه منطق فازی بر اساس آن پایه‌ریزی شد. از آنجایی که منطق فازی با واقعیت‌ها و حقایقی که فکر بشر با آنها درگیر است بیشتر منطبق است و از طرفی مدل‌سازی پدیده‌ها و فرآیندها با استفاده از تئوری فازی ساده‌تر و حقیقی‌تر می‌باشد، این نظریه در بسیاری از علوم و گرایش‌های گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است. منطق فازی و روش استنتاج تقریبی مفهوم جدیدی را در مهندسی کنترل و سیستم‌های خبره عرضه کرده است. این مفهوم روش تفکر انسانی را تقلید کرده و در بسیاری از سیستم‌های واقعی به خصوص سیستم‌های مبتنی بر اپراتور انسانی بهتر از روش‌های کلاسیک عمل می‌کند. قسمت اساسی کنترل کننده مبتنی بر منطق فازی (fuzzy Logic Controller-FLC)، شامل مجموعه قوانین زبانی^۲ (Linguistic) است که فرایند تحت کنترل را مدل می‌کند. سیستم فازی از چهار قسمت اصلی زیر تشکیل یافته‌اند:

۱. جدول قوانین فازی: از تعدادی قانون به صورت زیر تشکیل شده است.

$$\text{If } x_1 \text{ is } C_1^L \text{ and...and } x_n \text{ is } C_n^L \text{ then } y_1 \text{ is } D_1^L \text{ and...and } y_n \text{ is } D_n^L \quad (1-1)$$

۲. موتور استنتاج فازی (روش ممداňی): این قسمت با استفاده از قوانین جدول فوق و بهره‌گیری از منطق فازی، مجموعه‌های ورودی فازی را به مجموعه‌های خروجی فازی تبدیل می‌کند.

۳. فازی ساز: که داده‌های ورودی را به مجموعه‌های فازی ورودی در قسمت «اگر» قوانین تبدیل می‌کند.

۴. غیرفازی ساز: که مجموعه‌های فازی خروجی موتور استنتاج را به خروجی نهایی تبدیل می‌کند.

در خصوص کنترل‌ها نیز در مقالات مختلفی کاربرد منطق فازی به چشم می‌خورد. کنترل

2 . Linguistic

فازی با الهام از منطق فازی صورت می‌گیرد این کنترل کننده معمولاً به صورت یک کنترل کننده حلقه بسته می‌باشد که با استفاده از مقادیر ورودی به قسمت پردازش‌گر کنترل کننده مقدار پارامتر کنترلی را محاسبه می‌کند. در سیستم ATMD معمولاً مقادیر تغییر مکان و سرعت طبقات در ساختمان‌ها یا درجات آزادی در دیگر سازه‌ها به عنوان ورودی‌های سیستم کنترل کننده فازی می‌باشد و میزان نیروهای فعال ضربه زننده به جرم ATMD به عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود.

در تحقیقات آقای samali سیستم کنترل فازی روی یک ساختمان یک طبقه مورد آزمایش قرار گرفت بعد از آن در سال 2001 آقای ahlawat این سیستم را بر روی بنچ مارک سه طبقه‌ای مورد تحقیق قرار داد به طوریکه پارامترهای این سیستم توسط الگوریتم ژنتیک دو هدفه‌ای بهینه شده بود.

5- لزوم انجام تحقیق حاضر

در تحقیق حاضر سیستم کنترل فعال ATMD بر روی ساختمان‌های بلند در مقابل زلزله با استفاده از منطق فازی مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجاییکه الحال سیستم‌های کنترلی از نظر اقتصادی و مقاومسازی کمک شایانی به صنعت ساختمان می‌کند، تحقیق بر روی این سیستم‌ها دارای اهمیت زیادی می‌باشد. با توجه به اینکه کشور ما یک کشور لرزه خیز می‌باشد لزوم تحقیق در زمینه سیستم‌های کنترل سازه‌ای در برابر زلزله بسیار به چشم می‌خورد. و با توجه به این که سازه‌های زیادی در کشور موجود است که دارای سطح مقاومتی پایین‌تری نسبت به سطح ایمنی سازه‌ها در برابر زلزله هستند، و با توجه به این نکته که نصب سیستم‌های ATMD در روی سازه‌های ساخته شده به راحتی امکان‌پذیر است می‌توان با طراحی درست یک سیستم ATMD و نصب آن بر روی سازه مقاومتی آن سازه را به حد مطلوب رساند.

از سوی دیگر در تحقیقات صورت گرفته بر روی سیستم ATMD مطالعات کمی در خصوص استفاده از کنترل کننده فازی صورت گرفته است. در بیشتر آنها به مباحث اولیه پرداخته شده و اکثر سازه‌های مورد بحث سازه‌های یک تا چند طبقه می‌باشند، و یک طرح جامع و بهینه برای ساختمان‌های واقعی ارائه نشده است لذا سعی بر آن شد تا با این تحقیق طرح یک سیستم کنترل کننده فازی کامل برای سازه‌ها طراحی شود و نمودارهایی جهت

طراحی اجزاء کنترل کننده‌های ATMD و TMD بدست آید که مرجع علمی- عملی برای طراحان این سیستم‌ها قرار گیرد. از طرفی به دلیل وجود پارامترهای زیاد این سیستم نیاز به بهینه‌سازی آنها توسط الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

6-1- مراحل انجام پروژه

در این کتاب از سیستم کنترل فعال میراگر و جرم تنظیم شونده ATMD استفاده شده است. در مقالات مختلفی نشان داده شده است که این سیستم‌ها نتایج خوبی را نسبت به سیستم‌های مشابه در کاهش ارتعاش سازه ساختمان‌های بلند در برابر زلزله از خود نشان می‌دهند. یکی از مزایای سیستم‌های فعال پویایی و قدرت تطبیق دادن رفتار سازه به منظور مقاومت در برابر نیروهای زلزله است. با توجه به این نکته که این سیستم‌ها در لحظه وقوع زلزله نیروهای زلزله را تشخیص داده و مطابق با ان این سیستم پاسخ لازم را اعمال می‌کند، لذا بهتر می‌تواند در برابر این نیروها مقاومت کند و در نهایت وجود این سیستم الحاقی موجب کاهش صدمات به سازه‌ها می‌شود.

نمونه عددی که در این کتاب بکار برده شده است ساختمانی یازده طبقه می‌باشد. در ابتدا روی نقشه‌های سازه‌های مدل اجزای محدود آن تهیه شد و سپس ماتریس‌های جرم و سختی تهیه گردید. در مراحل بعد با توجه به معادلات دینامیک سازه معادلات دیفرانسیل مساله بدست آمد. سپس معادلات با حضور سیستم الحاقی ATMD توسعه داده شد. در نهایت معادلات در فضای حالت حل گردید. در قسمت پایانی، طراحی سیستم فازی صورت گرفت.

این کتاب شامل هشت فصل می‌باشد که عبارتند از:

1. مقدمه
2. زمین لرزه شناسی
3. ورودی‌های لرزه‌ای سازه
4. مروری بر تحقیقات گذشته
5. سیستم‌های کنترل سازه‌ها
6. منطق فازی و کاربرد آن در مهندسی عمران
7. روش‌های بهینه سازی
8. مطالعه عددی