در نسخه نهایی و قبل از صحافی، فرم تعهدنامه اصالت رساله / پایان نامه دانشگاه تبریز در این صفحه قرار داده شود.

همچنین فرم شمار ۱ ارزیابی رساله / پایان‌نامه در صفحه آخر پایان نامه قبل از چکیده انگلیسی قرار داده شود.

تقدیم

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است.

به استوارترین تکیه گاهم،دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم،چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما را آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم،باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پرمهرتان

تشکر و قدردانی

از استاد گرامیم جناب آقای دکتر جواد کاتبی بسیار سپاسگذارم چرا که بدون راهنمایی‌های ایشان تامین این پایان‌نامه بسیار مشکل می نمود

چکیده

استفاده از روش های کنترل ارتعاشات لرزه ای در سازه، سبب عملکرد مطلوب سازه‌ای می شود. الگوریتم مناسب جهت محاسبه نیروهای کنترلی از مهم ترین عناصر سیستم کنترلی بوده و از بخش های اصلی سیستم کنترل است. الگوریتم کنترل موثر نقش زیادی در دسترسی به اهداف کنترل مخصوصاً ایجاد تعادل مابین انرژی مصرفی و میزان بهبود پاسخ سیستم دارد. درکنترل بهینه سازه ها با وجود قیود موجود برای پاسخ سازه و همچنین محدودیت نیروی کنترل موردنیاز مسئله کنترل به یک مسئله بهینه سازی تبدیل شده است.

در این تحقیق از الگوریتم فرا ابتکاری بهینه سازی ارشمیدس جهت کنترل بهینه ارتعاشات سازه تحت تحریک زلزله استفاده می شود که این بهینه ساز دارای راندمان مطلوب در بهینه های محلی، عملکرد بالا و سرعت همگرایی بیشتر است که سبب کاهش بیشتر بیشینه پاسخ سازه، کاهش شاخص عملکرد سازه و نیروی کنترلی مورد نیاز می شود.

کلید واژه‌ها: طراحی کنترل، نیروی کنترلی، ارتعاشات لرزه ای، الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ ..... **۱**
مقدمه و کلیات **۱**
۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ بیان مسئله و اهداف تحقیق ۱۶
۱-۹ ساختار پایان نامه ۱۹
۱-۱۰ جمع بندی فصل ۱۹
فصل ۲ ..... **۲۰**
بررسی منابع **۲۰**
۲-۱ مقدمه ۲۰
۲-۲ مبانی نظری ۲۰
۲-۴ بررسی منابع ۲۱
۲-۵ نتیجه گیری ۲۷
فصل ۳ ..... **۲۹**
مواد و روش‌ها **۲۹**
۳-۱ مقدمه ۲۹
۳-۲ روش پیشنهادی ۳۱
۳-۶ جمع بندی فصل ۳۸
فصل ۴ ..... **۴۴**
نتایج مدل و تحلیل کیفی **۴۴**
۴-۱ مقدمه ۴۴
۴-۲ شبیه سازی روش پیشنهادی ۴۴
4-4 نتیجه گیری ۴۵
فصل ۵ ..... **۴۶**
نتیجه گیری و پیشنهادات **۴۶**
۵-۱ نتیجه گیری ۴۶
۵-۲ پیشنهادات ۴۶
مراجع **۴۷**

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فهرست علائم و نشانه‌ها

نشانه	واحد	توضیح

فصل ۱

مقدمه و کلیات

مقدمه

در این فصل مطالب اولیه مربوط به طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای و همچنین الگوریتم ارشمیدس، مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدیهی است بدون درک دقیق مطالب پایه نمی‌توان به روشی جدید جهت طراحی کنترلر بهینه دسترسی پیدا کرد.

کنترل ارتعاشات در سازه‌ها

نیاز به ساخت سازه‌های مقاوم در برابر زلزله و اهمیت مقاوم سازی و طراحی عملکردی سازه های موجود، کاهش هزینه های مربوط همواره مد نظر محققان بوده است.

وقوع اجتناب‌ناپذیر زلزله‌ها و تحمیل خسارت‌های فراوان جانی و مالی، تاکیدی بر لزوم یافتن راه حلی مناسب و قابل اعتماد جهت مقابله با این پدیده طبیعی است. آمار و ارقام تلفات و خسارت ناشی از زلزله، بیانگر این مهم است که بایستی در بسیاری از روش‌های مقابله با نیروهای لرزه‌ای تجدید نظر کرده و یا به فکر روش‌های جایگزین مطمئن‌تر بود. امروزه یکی از چالش‌های اصلی برای رسیدن به هدف، به‌کارگیری و ارائه روش‌های جدید در مفاهیم طراحی لرزه‌ای سازه‌ها و ارتقای کیفی مصالح مصرفی است.

روش‌ها و متدهای مختلفی برای طراحی ساختمان‌های با کارایی مناسب در برابر زلزله، آزمایش و مورد تحقیق قرار گرفته است. در روش‌های مرسوم، ساختمان با استفاده از ترکیبی از سختی، قابلیت شکل‌پذیری و همچنین استهلاک انرژی در برابر زلزله، از خود مقاومت نشان می‌دهد. مقدار میرایی در این قبیل ساختمان‌ها بسیار کم است. از این رو انرژی مستهلک شده در محدوده رفتار الاستیک ناچیز است. در هنگام وقوع زلزله‌های قوی، این ساختمان‌ها بعد از محدوده رفتار الاستیک، تغییر مکان زیادی می‌یابند و فقط به واسطه چگونگی قابلیت تغییر مکان غیر الاستیک خود، پایدار باقی می‌مانند. این تغییر مکان‌های غیر الاستیک موجب به وجود آمدن مفاصل پلاستیک به صورت موضعی در نقاطی از سازه می‌شوند که خود موجب افزایش شکل‌پذیری و همچنین افزایش استهلاک انرژی می‌شود. در نتیجه مقدار زیادی از انرژی زلزله به واسطه تخریب‌های موضعی در سیستم مقاوم جانبی سازه مستهلک می‌شود.

کارایی ساختمان را می‌توان با افزودن میراگر الحاقی به ساختمان افزایش داد. بدین صورت که این وسایل قسمتی از انرژی ورودی زلزله را به تنهایی جذب و مستهلک می‌کنند. میزان انرژی وارده به سازه در حین زلزله به زمان تناوب سازه و نسبت آن به پریود غالب حرکت زمین ارتباط مستقیم دارد. همچنین تخریب وارده به سازه نیز بستگی به میزان انرژی هیسترزیس جذب شده تحت فرم‌های غیر ارتجاعی اعضای سازه‌ای دارد.

کنترل فرآیندی است که در طی آن با دستکاری کردن پارامترای موثر یک سیستم دینامیکی، به عملکردی مطلوب از آن سیستم دست پیدا می‌شود. تفکر کنترل ارتعاش ورودی به سازه و پاسخ آن، تغییرات اساسی را در روند معمول مقاوم سازی سازه‌ها دربرابر زلزله ایجاد کرده است. در این تفکر به جای مقاوم سازی سازه به عنوان تنها راه، وسایل و امکانات جنبی نصب می شوند تا همراه با سازه و به صورت یک مجموعه در برابر زلزله مقاومت کنند. این وسایل و امکانات با رفتار خاص خود باعث بهبود پاسخ سازه به هنگام زمین لرزه می شوند.

به طور کلی اعمال هر گونه نیرو به سازه سبب ایجاد ارتعاش در آن می‌گردد. نیروی وارده به سازه می‌تواند منشاء داخلی یا خارجی داشته باشد. وجود یک دستگاه مرتعش در داخل سازه به نحوی که تکیه گاه این دستگاه به یک عضو سازه نیرو وارد کند، می‌تواند سبب ارتعاش موضعی یا کلی سازه گردد. نیرویی نظیر باد منشاء خارجی داشته و به طور مستقیم بر سازه وارد می‌گردد و از طرف دیگر، نیروهایی نظیر زلزله یا اثر ترافیک خارج ساختمان، ارتعاش را از طریق زمین به پایه ی سازه منتقل کرده و انرژی ارتعاش از شالوده سازه به سایر طبقات انتقال می‌یابد، که به این حالت تحریک پایه گفته می‌شود.

کنترل ارتعاش در سازه به کمک سیستم های مستهلک کننده انرژی صورت می‌گیرد. این امر به کاهش پاسخ تغییر مکان یا شتاب سازه در برابر بارهای جانبی زلزله منجر می‌شود. مطالعه این وسایل باعث ایجاد فلسفه طراحی جدیدی می‌شود که روی افزایش ظرفیت استهلاک انرژی در سازه تاکید دارد و سازه به جای مقاومت در برابر زلزله، در مقابل آن کنترل می‌شود.

۱-۳- تکنیک‌های کنترل ارتعاشات سازه بر اساس نحوه عملکرد سیستم

تکنیک‌های کنترل ارتعاشات سازه بر اساس نحوه عملکرد سیستم به دو دسته روش های کنترل فعال و روش‌های کنترل غیر فعال تقسیم می‌شوند که در ادامه هر دو روش تشریح شده است.

۱-۳-۱- روش‌های کنترل فعال

کنترل فعال یکی از سیستم‌هایی است که به صورت هوشمند جهت مقابله با نیروی جانبی فعالیت می‌کند. در سیستم های کنترل فعال، فرض بر استفاده از یک منبع خارجی برای افزایش راندمان کنترل و کاهش ارتعاشات سازه می‌باشد.

سیستم‌های کنترل فعال را می‌توان به صورت عمده به دو بخش تعیین مکانیزم اعمال نیرو بر سازه و نیز الگوریتم های محاسبه‌ی نیروی کنترل، تقسیم نمود. در این گونه سیستم‌ها ضمن تعیین پاسخ سازه که می تواند شامل شتاب، سرعت و یا تغییر مکان باشد، در هر لحظه و با استفاده از یک الگوریتم مشخص،

نیروی کنترل مورد نیاز تعیین می‌گردد. سپس با استفاده از یک منبع خارجی نسبت به اعمال نیروهای محاسبه شده، کنترلی بر سازه صورت می‌گیرد و این کار تا زمان کاهش پاسخ سازه به حد مورد نظر ادامه می‌یابد.

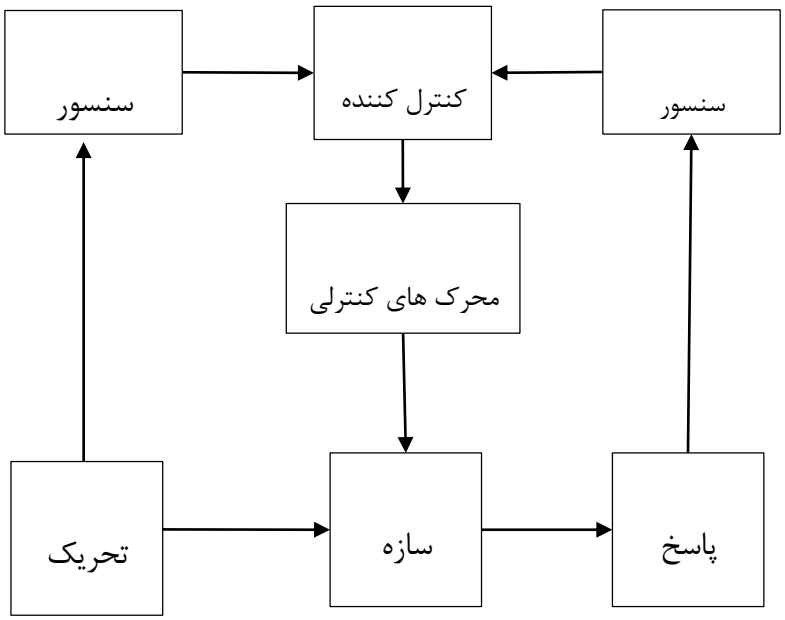
به بیان ساده می‌توان سیستم کنترل فعال را به سه جزء زیر تقسیم کرد:

- حسگرهایی که در سازه قرار گرفته‌اند تا مقدار و شدت نیرو ی خارجی یا پاسخ سازه یا هر دو را اندازه بگیرند.

- ابزارهایی که مقادیر اندازه گرفته شده را پردازش کرده و از آن مقدار نیروی کنترل مورد نیاز را به دست می‌آورند.

- عملکردهایی که معمولاً توسط منابع انرژی خارجی تغذیه می‌شوند و نیروی مورد نیاز را تامین می کنند.

شمای کلی از استراتژی کنترل فعال سازه در شکل ۱-۱، مشاهده می‌شود.



شکل ۱ -۱: شمای کلی از استراتژی کنترل فعال سازه

در شکل ۱-۱، شمای کلی از استراتژی کنترل فعال سازه نشان داده شده است. یک سیستم کنترل فعال، سیستمی است که در آن یک منبع خارجی به یک یا چند محرک سیستم کنترل، انرژی می‌دهد و این محرک‌ها [1]نیروهایی را مطابق با حالات از پیش تعریف شده به سازه وارد می‌سازند. این نیروها ممکن است جهت اضافه یا مستهلک نمودن انرژی سازه بکار روند.

در یک سیستم کنترل فعال همواره جهت راه اندازی محرک‌های الکترومکانیکی یا الکتروهیدرولیکی سیستم، که باعث اعمال نیروهای کنترل به سازه می‌شوند، به یک منبع بزرگ انرژی نیاز است. نیروهای کنترل بر اساس بازخوردهای حاصل از سنسورهایی که با اندازه‌گیری پاسخ سازه و یا تحریک اعمال شده به آن بدست می‌آیند، ایجاد می‌شوند. از آنجایی که سیستم‌های کنترل فعال جهت عملکرد به یک منبع انرژی خارجی نیاز دارند، لذا لازم است که این منبع انرژی در زمان وقوع رویدادهای شدید بدون تغییر و آسیب باقی بماند تا یکپارچگی سازه و عملکرد آن تحت الشعاع قرار نگیرد. در کنار این مسئله احتمال اینکه سیستم‌های کنترل فعال با اعمال نیروی مکانیکی اضافی به سازه منجر به ناپایداری آن شوند، نیز وجود دارد. بنابراین از سیستم‌های کنترل فعال اصولاً به عنوان مکمل برای سیستم‌های کنترل غیر فعال در سازه‌های مهندسی استفاده می‌شود. به عنوان نمونه‌ای از کاربرد این کنترل‌ها می‌توان به نقش میراگرهای جرم فعال در کاهش ارتعاشات ساختمان در بادهای پرقدرت و زلزله‌های متوسط و در نتیجه افزایش آسایش و راحتی ساکنین ساختمان‌ها اشاره نمود.

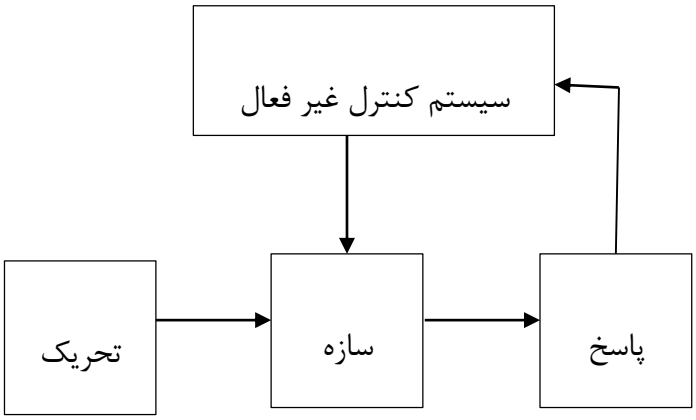
۱-۳-۲- روش های کنترل غیر فعال

سیستم‌های کنترلی غیرفعال در سازه، باعث افزایش میرایی در سازه می‌شوند و پاسخ سازه را تحت ارتعاشات خارجی کنترل می‌کنند. در سیستم های کنترل غیر فعال نیازی به منبع خارجی نیست و فعال

[1] - Actuators

شدن آن ها به حرکت سازه وابسته است. این سیستم ها در برابر تغییرات شرایط بارگذاری و پاسخ سازه عملکرد متفاوتی از خود نشان نمی‌دهند.

در اینگونه روش ها، عامل کنترل کننده ارتعاش در محل مناسبی از سازه قرار می‌گیرد و عملاً تا قبل از تحریک سازه، به صورت غیر فعال است. با شروع تحریک مثلاً زلزله، سیستم کنترلی به کار افتاده و عملکرد کنترلی اعم از تغییر سختی، پریود، میرایی یا جرم را در حین تحریک انجام می‌دهد و پس از خاتمه تحریک، مجدداً به حالت غیر فعال بازمی‌گردد که به دلیل جذب بخشی از انرژی ورودی به سازه، احتمال خرابی جزئی یا کلی در آن وجود دارد. جداسازی پایه و استفاده از میراگرهای انرژی، از جمله روش های کنترل غیر فعال می‌باشند. در شکل ۱-۲، شمای کلی از سیستم کنترل غیر فعال نشان داده شده است.



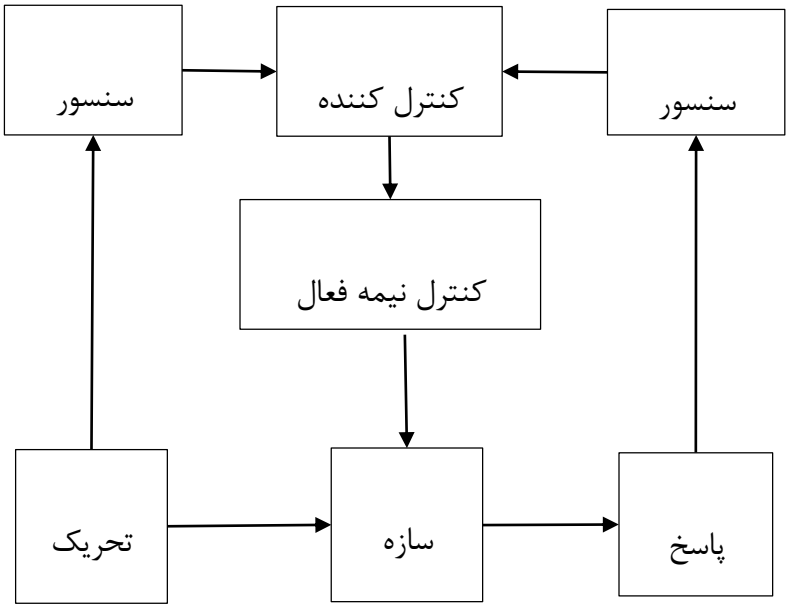
شکل ۱-۲، شمای کلی از سیستم کنترل غیر فعال

در شکل ۱-۲، شمای کلی از سیستم کنترل غیر فعال قابل مشاهده می‌باشد.

۱-۴- روش‌های کنترل نیمه‌فعال

روش کنترل نیمه فعال در واقع از اصلاح سیستم فعال حاصل می‌شود. در این روش سیستم اجازه می‌دهد که خواص مکانیکی سازه بر اساس بازخورد تحریک خارجی زلزله یا پاسخ اندازه گیری شده سازه ، تنظیم و اصلاح شود.

به بیان دیگر سیستم کنترل نیمه‌فعال، با اضافه کردن چند دستگاه ساده به بادبند یا دیوارهای سازه ایی ساخته می‌شود.این دستگاه‌ها که سازه را با سختی و میرایی متغیر برای کاهش پاسخ لرزه‌ایی در مقابل زلزله آماده می‌کنند، در مقابل زلزله های متوسط و باد مانند سیستم غیر فعال به عنوان مستهلک کننده انرزی، و در مقابل زلزله های غیر منتظره و قوی با صرف یک نیروی بسیار کوچک مانند کنترل فعال عمل می‌کنند. کنترل نیمه فعال در مقایسه با کنترل فعال بسیار قابل اعتماد تر و ساده تر بوده و برای کاهش پاسخ سازه بسیار موثر تر از سیستم کنترل غیر فعال است. در شکل ۱-۳، شمای کلی از سیستم کنترل نیمه فعال نشان داده شده است.



نمودار ۱-۳، شمای کلی از سیستم کنترل نیمه‌فعال

در شکل ۱-۳، شمای کلی از سیستم کنترل نیمه فعال نشان داده شده است.

سیستم‌های نیمه‌فعال دارای سه ویژگی مهم هستند:

- نیاز به نیرو و یا انرژی زیادی برای اثر گذاری مناسب بر سازه ندارند.

- سیستم‌های نیمه فعال باعث استهلاک انرژی می‌شوند، اما انرژی به سیستم اضافه نمی‌کنند و در نتیجه پایداری سیستم را ضمانت می‌کنند.

-در مقایسه با سیستم‌های غیر فعال، این سیستم توانایی بهتری در کاهش پاسخ ساختمان در اثر تحریکات طبیعی دارد.

سیستم کنترل غیر فعال سختی یا میرایی سازه را به طور مقتضی و بدون نیاز به منبع انرژی خارجی جهت عملکرد و بارگذاری در سیستم تغییر می‌هد. در یک سیستم کنترل غیر فعال به منبع خارجی نیرو جهت عملکرد سیستم کنترل نیازی نیست. سیستم با استفاده از حرکت سازه، نیروهای کنترل را به‌وجود می‌آورد. نیروهای کنترل به صورت تابعی از پاسخ سازه در محل سیستم کنترل غیر فعال ایجاد می‌شوند. در صورت نصب این سیستم در سازه، دیگر امکان ایجاد تغییرات دلخواه و آنی در آن وجود ندارد. برای موثر بودن این سیستم کنترل، همواره نیاز به یک پیش بینی قابل اعتماد از بارهای طراحی و یک مدل عددی دقیق از سیستم فیزیکی است. معمولاً در این سیستم کنترل، امکان بهبود موضعی پاسخ میسر نیست. قابل ذکر است که استفاده از سیستم‌های کنترل غیر فعال به دلیل سادگی نصب و کم بودن هزینه‌های اجرا و نگهداری در سازه‌های مهندسی بسیار شایع است.

به عنوان نمونه‌ای از این سیستم‌های کنترل می‌توان به تکنیک‌های جداسازی پایه[1] که در آن‌ها به علت انعطاف پذیر بودن پائین‌ترین طبقه ساختمان، میزان انتقال انرژی به سایر طبقات به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد، اشاره نمود.

۵-۱- روش‌های کنترل ترکیبی (هیبرید)

این روش هر دو سیستم کنترل فعال و غیر فعال را به صورت همزمان در بر می‌گیرد. به این صورت که در ابتدای تحریک، کاهش ارتعاشات توسط یک سیستم غیر فعال صورت گرفته و پس از دفع تاخیر زمانی، سیستم فعال نیز وارد عمل می‌شود.

در اینجا سیستم غیر فعال ممکن است به فعالیت ادامه داده و یا در صورت عدم نیاز به آن، از دور خارج شود.

این سیستم ترکیبی از سیستم‌های کنترل فعال و غیر فعال است. در این سیستم کنترل، ممکن است از یک سیستم کنترل فعال به عنوان مکمل و بهبود بخش کارایی سیستم کنترل غیر فعال یا برعکس از یک سیستم کنترل غیر فعال جهت کاهش انرژی مورد نیاز در یک سیستم کنترل فعال استفاده شود. به عنوان مثال می‌توان به ساختمانی اشاره کرد که با یک سری میراگرهای ویسکوالاستیک[2] توزیع شده و یک میراگر جرم فعال که در طبقه بالای آن قرار دارد، تجهیز شده است. باید توجه شود که تنها تفاوت اصلی بین کنترل فعال و ترکیبی در اغلب موارد، میزان انرژی خارجی مورد نیاز سیستم است. بنابراین می‌توان گفت که سیستم‌های کنترل هیبریدی در واقع باعث کاهش برخی از محدودیت‌های موجود در هریک از سیستم‌های کنترل اصلی می‌شوند. در نتیجه این سیستم‌ها از سطح عملکرد بالاتری برخوردارند. علاوه بر

---
[1] - Techniques of Base Isolation
[2] - Viscoelastic Dampers

این در صورتی که بعضاً منبع انرژی با مشکل مواجه شود، مولفه غیر فعال کنترل پیوندی همچنان به وظیفه خود عمل نموده و به حفاظت از سازه می‌پردازد.

الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس

الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری اغلب برای حل مسائل مهندسی پیچیده به دلیل توانایی اکتشاف و بهره‌برداری آنها برای دستیابی به نتایج بهتر در مقایسه با الگوریتم‌های کلاسیک مورد توجه قرار گرفته‌اند. الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس[۱] یک ابزار بهینه‌سازی با عملکرد بالا با توجه به سرعت همگرایی و تعادل اکتشاف و بهره برداری است و به طور موثر برای حل مسائل پیچیده قابل استفاده است و نسبت به الگوریتم های مشابه دارای سرعت و عملکرد دقیق‌تری می‌باشد. این الگوریتم، یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است. مانند سایر الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت، الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس نیز فرآیند جستجو را با جمعیت اولیه اشیاء با حجم، تراکم و شتاب تصادفی آغاز می‌کند. پس از ارزیابی تناسب جمعیت اولیه، الگوریتم تکرار می‌شود تا زمانی که شرط همگرایی و پایان الگوریتم برآورده شود. در هر تکرار، الگوریتم، چگالی و حجم هر جسم را به‌روز می‌کند. شتاب جسم براساس شرایط برخورد آن با هر جسم همسایه دیگر به روز می‌شود. تراکم، حجم، شتاب به روز شده موقعیت جدید یک جسم را تعیین می‌کند.

الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس با الهام از قانون جالب فیزیک اصل ارشمیدس ابداع شده است. این اصل نیروی شناوری را تقلید می کند که به سمت بالا بر جسمی که به طور جزئی یا کامل در سیال غوطه ور شده است و متناسب با وزن سیال جابجا شده است. این الگوریتم یک ابزار بهینه‌سازی با عملکرد بالا با توجه به سرعت هم‌گرایی و تعادل اکتشاف- بهره‌برداری است، زیرا به طور موثر برای حل مسائل پیچیده قابل استفاده است.

۱- Archimedes Optimization Algorithm (AOA)

الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است. افراد جمعیت، اشیاء غوطه‌ور هستند. مانند سایر الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت، این الگوریتم نیز فرآیند جستجو را با جمعیت اولیه اشیاء (راه‌حل‌های کاندید) با حجم‌ها، چگالی‌ها و شتاب‌های تصادفی آغاز می‌کند. در این مرحله، هر شی همچنین با موقعیت تصادفی آن در سیال مقداردهی اولیه می‌شود. پس از ارزیابی تناسب جمعیت اولیه، الگوریتم در تکرار کار می‌کند تا زمانی که شرایط خاتمه برآورده شود. در هر تکرار، الگوریتم چگالی و حجم هر شی را به روز می کند.

شتاب جسم بر اساس شرایط برخورد آن با هر جسم همسایه دیگر به روز می شود. چگالی، حجم، شتاب به روز شده موقعیت جدید یک جسم را تعیین می کند. در ادامه بیان ریاضی دقیق مراحل الگوریتم بیان شده است.

مراحل الگوریتم:

در این بخش فرمول ریاضی الگوریتم بیان می‌شود. از نظر تئوری، الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس را می توان به عنوان یک الگوریتم بهینه سازی سراسری در نظر گرفت زیرا هر دو فرآیند اکتشاف و بهره برداری را در بر می‌گیرد. شبه کد الگوریتم پیشنهادی در ادامه بیان شده است که شامل اولیه‌سازی جمعیت، ارزیابی جمعیت و به روز رسانی پارامترها است. از نظر ریاضی، مراحل الگوریتم به شرح زیر است.

مرحله ۱ - مقداردهی اولیه: موقعیت های همه اشیاء با استفاده از رابطه زیر مقداردهی می شود.

$$Oi = lbi + rand \times (ubi - lbi); \quad i = 1, 2, ...,N$$

که در آن Oi ، i امین شیء در جمعیت اشیاء N است. lbi و ubi به ترتیب کران های پایین و بالای فضای جستجو هستند.

حجم (vol) و چگالی (den) برای هر یک شی i با استفاده از رابطه زیر مقدار دهی اولیه می‌شود.

$$den_i = rand$$

voli = rand

rand یک بردار D بعدی است به طور تصادفی عددی بین [0,1] تولید می کند. و در نهایت، شتاب (acc)، i امین شی با استفاده از رابطه زیر مقداردهی اولیه می‌شود.

acci = lbi + rand × (ubi − lbi)

در این مرحله جمعیت اولیه را ارزیابی کرده و شی با بهترین ارزش تناسب انتخاب می‌شود. xbest، denbest، volbest و accbest تخصیص داده می‌شود.

مرحله ۲- به روز رسانی تراکم ها، حجم ها: چگالی و حجم جسم i برای تکرار t + 1 با استفاده از رابطه زیر به روز می‌شود:

$$den_i^{t+1} = den_i^t + rand \times (den_{best} - den_i^t)$$
$$vol_i^{t+1} = vol_i^t + rand \times (vol_{best} - vol_i^t)$$

که در آن volbest و denbest حجم و چگالی مرتبط با بهترین شیء یافت شده تاکنون هستند و rand عدد تصادفی یکنواخت توزیع شده است.

عملگر انتقال و ضریب چگالی: در ابتدا، برخورد بین اجسام رخ می دهد و پس از مدتی، اجسام سعی می کنند به حالت تعادل برسند. این در الگوریتم با کمک اپراتور انتقال TF اجرا می شود که جستجو را از اکتشاف به بهره برداری تبدیل می کند و با استفاده از رابطه زیر تعریف شده است:

$$TF = \exp\left(\frac{t - t_{\max}}{t_{\max}}\right)$$

که در آن TF انتقال به تدریج با زمان افزایش می یابد تا به ۱ برسد. در اینجا t و tmax به ترتیب تعداد تکرار و حداکثر تکرار هستند. به طور مشابه، ضریب کاهش تراکم d نیز به الگوریتم در جستجوی سراسری به محلی کمک می‌کند. با گذشت زمان کاهش می یابد که در ادامه ذکر شده است.

$$d^{t+1} = \exp\left(\frac{t_{\max} - t}{t_{\max}}\right) - \left(\frac{t}{t_{\max}}\right)$$

که در آن dt+1 با زمان کاهش می‌یابد که توانایی همگرایی در منطقه امیدوارکننده از قبل شناسایی شده را می‌دهد. مدیریت صحیح این متغیر تعادل بین اکتشاف و بهره برداری در الگوریتم را تضمین می کند.

مرحله ۴,۱ - مرحله کاوش (برخورد بین اشیا رخ می دهد): اگر $TF \leq 0.5$، برخورد بین اشیا رخ می دهد، یک ماده تصادفی (mr) انتخاب می‌شود و شتاب شی را برای تکرار $t + 1$ با استفاده از رابطه‌زیر به روز می کند.

$$acc_i{}^{t+1} = \frac{den_{mr} + vol_{mr} \times acc_{mr}}{den_i^{t+1} \times vol_i^{t+1}}$$

که در آن deni، voli و acci چگالی، حجم و شتاب جسم i هستند. در حالی که accmr، denmr و volmr شتاب، چگالی و حجم مواد تصادفی هستند. ذکر این نکته ضروری است که $TF \leq 0.5$ کاوش را در طول یک سوم تکرارها تضمین می کند. اعمال مقداری غیر از ۰,۵ رفتار اکتشافی- بهره برداری را تغییر می دهد.

مرحله ۴,۲ - مرحله بهره برداری (بدون برخورد بین اشیا): اگر $TF > 0.5$ باشد، هیچ برخوردی بین اشیا وجود ندارد، شتاب شی برای تکرار $t + 1$ با استفاده از رابطه زیر به روز می شود.

$$acc_i^{t+1} = \frac{den_{best} + vol_{best} \times acc_{best}}{den_i^{t+1} \times vol_i^{t+1}}$$

که در آن accbest شتاب بهترین جسم است.

مرحله ۴,۳ – نرمال سازی شتاب: برای محاسبه درصد تغییر با استفاده از رابطه زیر شتاب نرمال می شود.

$$acc_{i-norm}^{t+1} = u \times \frac{acc_i^{t+1} - \min(acc)}{\max(acc) - \min(acc)} + l$$

که در آن u و l محدوده نرمال سازی هستند و به ترتیب روی ۰,۹ و ۰,۱ تنظیم می شوند.

$acc_{i,norm}^{t+1}$ درصد گامی را که هر عامل تغییر خواهد کرد را تعیین می کند. اگر جسم i از بهینه سراسری دور باشد، مقدار شتاب بالا خواهد بود، به این معنی که جسم در مرحله اکتشاف خواهد بود. در غیر این صورت در مرحله بهره برداری است. این نشان می دهد که چگونه جستجو از مرحله اکتشاف به مرحله بهره برداری تبدیل می شود. در حالت عادی، ضریب شتاب با مقدار زیادی شروع می شود و با گذشت زمان کاهش می یابد. این به عوامل جستجو کمک می کند تا به سمت بهترین راه حل سراسری حرکت کنند و در عین حال از راه حل های محلی دور شوند. اما قابل ذکر است که ممکن است چند عامل جستجو باقی بمانند که نسبت به حالت عادی به زمان بیشتری برای ماندن در مرحله اکتشاف نیاز دارند. از این رو، الگوریتم به تعادل بین اکتشاف و بهره برداری دست می یابد.

مرحله ۵، به‌روزرسانی موقعیت: اگر $TF \leq 0.5$ (مرحله کاوش) باشد، موقعیت جسم i برای تکرار بعدی $t + 1$ با استفاده از رابطه زیر است.

$$x_i^{t+1} = x_i^t + C_1 \times rand \times acc_{i-norm}^{t+1} \times d \times (x_{rand} - x_i^t)$$

که در آن C1 ثابت برابر با ۲ است. در غیر این صورت، اگر TF > 0.5 (مرحله بهره برداری)، اشیا موقعیت خود را با استفاده از رابطه زیر به روز می کنند.

$$x_i^{t+1} = x_{best}^t + F \times C_2 \times rand \times acc_{i-norm}^{t+1} \times d \times (T \times x_{best} - x_i^t)$$

که در آن C2 یک ثابت برابر با ۶ است. T با زمان افزایش می یابد و با عملگر انتقال رابطه مستقیم دارد و با استفاده از T = C3 × TF تعریف می شود. T با زمان در محدوده [c3*0.3,1] افزایش می‌یابد و در ابتدا درصد مشخصی را از بهترین موقعیت می‌گیرد. با درصد پایین شروع می شود زیرا این باعث تفاوت زیادی بین بهترین موقعیت و موقعیت فعلی می شود، در نتیجه اندازه گام پیاده روی تصادفی زیاد خواهد بود. با ادامه جستجو، این درصد به تدریج افزایش می یابد تا تفاوت بین بهترین موقعیت و موقعیت فعلی کاهش یابد. این امر منجر به دستیابی به تعادل مناسب بین اکتشاف و بهره برداری می شود.

F پرچمی برای تغییر جهت حرکت با استفاده از رابطه زیر تعریف می شود.

$$F = \begin{cases} +1 \text{ if } P \leq 0.5 \\ -1 \text{ if } P > 0.5 \end{cases}$$

$$\text{where } P = 2 \times rand - C_4.$$

مرحله ۶-ارزیابی: هر شی با استفاده از تابع هدف f ارزیابی می‌شود و بهترین راه حلی که تاکنون پیدا شده حفظ می شود. xbest، denbest، volbest و accbest مقدار دهی می شوند.

شبه کد الگوریتم در ادامه ذکر شده است.

Algorithm 2 Pseudo code of AOA.

procedure AOA(population size N, maximum iterations $t_{\max}$, C_1, C_2, C_3, and C_4)
  Initialize objects population with random positions, densities and volumes using (4), (5), and (6), respectively.
  Evaluate initial population and select the one with the best fitness value.
  Set iteration counter $t = 1$
  while $t \leq t_{max}$ **do**
    for each object i **do**
      Update density and volume of each object using (7)
      Update transfer and density decreasing factors TF and d using (8) and (9), respectively.
      if $TF \leq 0.5$ **then** ▷ Exploration phase
        Update acceleration using (10) and normalize acceleration using (12)
        Update position using (13)
      else ▷ Exploitation phase
        Update acceleration using (11) and normalize acceleration using (12)
        Update direction flag F using (15)
        Update position using (14)
      end if
    end for
    Evaluate each object and select the one with the best fitness value.
    Set $t = t + 1$
  end while
  return object with best fitness value.
end procedure

Activat
Go to Set

بیان مسئله و اهداف تحقیق

کنترل رفتار سازه‌ها جهت اطمینان از ایمنی سازه‌ها برای مقابله با نیروهای خارجی مثل باد وزلزله مهم و ضروری است. روش‌های موجود کنترل ارتعاش سازه ها در ارائه مقادیر بهینه پاسخ ها هنوز دارای ضعف‌هایی می باشند که نیاز به روش‌های جدید جهت بهبود رفتار سیستم کنترلی در سازه‌ها می‌باشد که بتواند سبب کاهش زیاد بیشینه پاسخ تغییر مکان سازه و بیشینه نیروی کنترل مورد نیاز شود و عملکرد بهینه‌تری را نسبت به روش‌های موجود از خود نشان دهد. در کنترل بهینه ارتعاشات لرزه‌ای سازه‌ها، نیاز به کاهش شاخص عملکرد بهینه شده در یافتن مقدار بهینه سراسری است.

روش‌های بهینه سازی دارای محدودیت هایی در کمینه ساختن شاخص عملکرد می‌باشند که پاسخ های بهینه دور از دسترسی فراهم می‌کنند. در کنترل بهینه مهم‌ترین کار برآورد نیروی کنترلی است برای تعیین نیروی کنترلی روش هایی وجود دارد که این روش‌ها بدون ملاحظه اثر تحریک خارجی عمل می‌کنند و برای یافتن آن فرض می‌کنند که نیروی کنترل مستقل از تحریک لرزه ای خارجی است و معادله ماتریس ریکاتی[1] (MRE)وابسته به زمان می‌باشد، نهایتاً ماتریس بهره نیز وابسته به زمان خواهد بود. زمانی که زمان نهایی به سمت بینهایت میل می‌کند، می‌توان نشان داد که معادله ماتریس ریکاتی وابسته به زمان، معادله جبری ریکاتی[2] (ARE)زمان - ثابت خواهد شد.

معمولاً با این فرضیات و یک سری عملیات ریاضی یا بهینه سازی بر اساس روش لاگرانژی، یک تابع ماتریسی تحت عنوان ماتریس بهره[3] شناخته می‌شود. شاخص عملکردهای متداول شامل ترم هایی از نیروی کنترل،

1- Matrix Riccati Equation (MRE)

2- Algebraic Riccati Equation (ARE)

3- Gain Matrix

سرعت و جابجایی هستند، ترم شتاب در آن نمی باشد و در فرآیند بهینه سازی اثر نیروی خارجی ملاحظه نمی‌شود.

در این پایان‌نامه از الگوریتم فرا ابتکاری ارشمیدس استفاده شده است که یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است که ترم شتاب بر اساس شرایط در هر تکرار به روز می‌شود و از زلزله های واقعی استفاده شده است و نیروی کنترل با در نظر گرفتن بردار تحریک زلزله بهینه می‌گردد.

سوالات و فرضیاتی که در تحقیق حاضر مطرح گردید به قرار زیر می‌باشد.

سوالات تحقیق

آیا با استفاده از روش پیشنهادی شاخص عملکرد مناسب‌تری نسبت به روش‌های موجود ارائه خواهد شد؟

آیا با استفاده از روش پیشنهادی بیشینه پاسخ تغییر مکان سازه نسبت به روش های موجودکاهش قابل ملاحظه ای از خود نشان خواهد داد؟

آیا استفاده از روش پیشنهادی، بیشینه نیروی کنترل مورد نیاز کاهش قابل توجهی در مقایسه با الگوریتم های موجود خواهد داشت؟

کارایی الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس نسبت به دیگر روش‌های بهینه‌سازی چگونه ارزیابی می‌شود؟

فرضیات تحقیق

تحریکات زمین لرزه به صورت زلزله‌های سطح خطر یکنواخت با سطح خطر مشخص که برای ساختگاه خاصی تولید شده است، اعمال می‌گردد.

رفتار سازه در ناحیه خطی باقی می‌ماند و وارد ناحیه غیرخطی نمی‌شود.

سازه‌های مورد بررسی به صورت مدل های برشی در نظر گرفته خواهد شد.

پارامترهای پسخوراند با فرض full state بودن در اختیار می‌باشند.

ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه در چهار فصل تدوین شده است. در فصل اول مفاهیم پایه‌ای طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای آن مورد بحث قرار گرفته است. در فصل دوم منابع و مراجع معتبر و کارهای گذشته بررسی شده و مزایا و معایب آن‌ها ذکر گردیده است. در فصل سوم روش پیشنهادی با جزئیات کامل ارائه گردیده و بطور کامل تشریح گردیده است. در فصل چهارم نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش نشان داده شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است و همچنین در فصل پنجم نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات آتی نیز مطرح گردیده است.

جمع بندی فصل

در این فصل مطالب اولیه و مقدماتی مربوط به طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای شرح داده شد. ارائه روش جدید در طراحی کنترلر بهینه با تشریح دقیق مطالب اولیه مربوطه امکان‌پذیر می‌باشد و در این فصل اهداف و راه کارهای طراحی کنترلر بهینه مورد بررسی قرار گرفته و شرح داده شد.

فصل ۲

بررسی منابع

مقدمه

در فصل قبل مطالب اولیه مربوط به طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای با استفاده از الگوریتم ارشمیدس مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این فصل منابع مراجع معتبر در این حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدیهی است بدون بررسی منابع معتبر موجود و عدم بررسی مزایا و معایب آن‌ها نمی‌توان به روشی جدید در طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای دست یافت. در این فصل ابتدا مبانی نظری مربوط به بهینه‌سازی سازه‌ها و روش‌های آن شرح داده شده و سپس منابع معتبر تشریح گردیده است.

مبانی نظری

یکی از مخرب‌ترین حوادث طبیعی غیر قابل پیش‌بینی زلزله است که همواره خسارات زیادی را تحمیل کرده است، با توجه به‌آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، توجه به ایمن‌سازی سازه‌ها و انجام اقدامات پیشگیرانه به

منظور کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله امری مهم است. برخی از سازه‌ها و ساختمان‌ها، دارای اجزای اصلی سازه مانند تیرها و ستون‌ها هستند اما در برابر زلزله‌های شدید و زلزله‌های نسبتا قوی مقاومت زیادی ندارند. این ساختمان‌ها و سازه‌ها در برابر زلزله، باآسیب‌های قابل توجهی همراه می‌شوند. هزینه تعمیر و بازسازی این سازه‌ها بعد از زلزله زیاد است و برای تعمیر آن‌ها هزینه های زیادی تحمیل می‌شود که مقرون به صرفه نیست. با استفاده از سیستم‌های انرژی گیر و هدایت نیروهای وارده به ساختمان ها و سازه‌ها می‌توان به بهسازی و کاهش خسارات کمک زیادی کرد تا از آسیب به اجزای اصلی سازه جلوگیری نمود. یکی از روش های رایج برای کنترل و غیرفعال کردن زلزله در ساختمان‌ها، استهلاک انرژی مصالح است.

کمبود فضا، رشدجمعیت و الزامات زیرساختی سبب ایجاد ساختمان‌های با طبقات زیادشده است. بلندتر شدن سازه‌ها و استفاده از مصالح با مقاومت بالا و وزن کمتر از یک طرف و آسیب دیدن سازه‌ها در مقابل زلزله‌های بزرگ و تلف شدن ثروت‌های ملی از سوی دیگر سبب شده کاهش ارتعاشات سازه‌ها در مقابل باد و زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گردد. روش‌های زیادی برای کنترل ارتعاشات سازه‌های بلند مرتبه‌ای که تحت حرکت لرزه‌ای زمین و یا اثرتند بادها قراردارند وجود دارد. یکی از این روش ها میراگر مایع تنظیم شده می‌باشد که در آن از نوسانات و تلاطم آب در یک تانک برای کنترل ارتعاشات سازه استفاده می‌شود که تحت عنوان سیستم میراگر مایع تنظیم شده شناخته می‌شود. میراگر مایع تنظیم شده، مخزن محتوی یک مایع (معمولاً آب است که در اثر یک تحریک دینامیکی، شتاب ایجاد شده در مایع باعث ایجاد نیروی اینرسی در آن شده و این نیرو نیز سبب بالا و پایین رفتن سطح آب در دیواره‌های مخزن می‌شود. این میراگرها کاهش پاسخی ایجاد می‌کنند که شبیه کاهش پاسخ ناشی از افزایش میرایی سازه است.

کنترل ارتعاشات سازه تحت اثر بارهایی نظیر باد، زلزله و ترافیک می‌تواند با استفاده از سیستم‌های کنترل غیرفعال، نیمه‌فعال، فعال و یا مرکب صورت گیرد.

بررسی منابع

در سال۲۰۱۸کاتبی و شعاعی پرچین به طراحی کنترلر فعال بهینه سازه ها با استفاده از الگوریتم تفاضل تکمیلی پرداختند و در مقاله دیگری رویکردی بهینه جهت کنترل فعال سازه ها پیشنهاد کردند که در آن سیگنال زلزله را به سطح های فرکانسی تجزیه کرده و توسط الگوریتم رقابت استعماری با هدف مینیموم کردن شاخص عملکرد، جستجو را انجام دادند و برای بیان موثر بودن کنترلر ارائه شده در کاهش پاسخ های سازه و بهینه کردن نیروی کنترلی مقایسهای با LQR ،برای چند سازه تحت تحریک زلزله مصنوعی انجام دادند.[1]

دایکی سیتو و همکاران در سال ۲۰۲۰به بررسی کنترل نیروی تماسی یک بازوی منعطف یک پیوندی پرداختند که نوک آن به یک محیط صلب محدود می شود. برای تحقق کنترل نیروی تماسی، یک کنترل کننده مرزی بر اساس یک مدل دینامیکی ارائه شده توسط یک مدل ابعادی نامحدود را پیشنهاد کردند. به خصوص، کنترل‌کننده پیشنهادی در پیاده‌سازی خود نیازی به پارامترهای فیزیکی ندارد و این امر منجر به کنترل‌کننده مرزی غیرهمسان می‌شود. آنها سیستم حلقه بسته در یک فضای هیلبرت مناسب را تحلیل کردند و نشان دادند که پایداری نمایی سیستم حلقه بسته با تنظیم سود پسخوراند[۳]برای قرار دادن مقادیر ویژه سیستم حلقه بسته در نیمه صفحه سمت چپ مجموعه به دست می آید. علاوه بر این، برای تحقق عملکرد بهتر کنترل، کنترلر دیگری که نسخه اصلاح شده کنترل کننده است را پیشنهاد کردند. در نهایت، پایداری، استحکام نسبت به عدم قطعیت در پارامترهای فیزیکی، و پاسخ اختلال سیستم حلقه بسته را توسط شبیه‌سازی‌های عددی بررسی کردند.[2]

دشواری و پیچیدگی مسائل بهینه‌سازی عددی در دنیای واقعی چندین برابر شده است و روش های بهینه سازی کارآمد، رویکردهای فراابتکاری مختلفی معرفی کرده‌اند، اما تنها تعداد کمی از آن‌ها در دسترس هستند، هاشم و همکاران در سال ۲۰۲۰ یک الگوریتم فراابتکاری جدید به نام الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس (AOA) ارائه دادند که برای حل مسائل بهینه سازی به کار می رود. AOA با الهام از یک قانون جالب فیزیک ابداع شده است.

---

[۳]Feedback

این اصل نیروی شناوری را تقلید می کند که به سمت بالا بر روی جسمی که به طور جزئی یا کامل غوطه ور شده است وارد میشود که در سیال، متناسب با وزن سیال جابجا می شود. برای ارزیابی عملکرد الگوریتم AOA پیشنهادی بر روی مجموعه آزمایشی CEC'17 و چهار مشکل طراحی مهندسی تست شده است راه‌حل‌های به‌دست‌آمده با AOA عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم های فراابتکاری پیشرفته و اخیراً معرفی شده مانند الگوریتم های ژنتیک (GA)، بهینه سازی ازدحام ذرات(PSO) ، الگوریتم بهینه سازی نهنگ (WOA)، بهینه‌سازی شاهین هریس (HHO) و بهینه‌ساز تعادل(EO) دارند نتایج تجربی نشان می دهد که AOA یک ابزار بهینه سازی با کارایی بالا با توجه به سرعت همگرایی و تعادل اکتشاف و بهره برداری دارد، زیرا به طور موثر برای حل مسائل پیچیده قابل استفاده است.[3]

شونو و همکاران در سال ۲۰۲۲ پارامترهای ساختاری مبتنی بر حساسیت سازه‌های غیرخطی با تحریک زلزله با ورودی ناشناخته را مورد بررسی قرار دادند. آنها یک روش شناسایی سیستم را برای سازه‌های غیرخطی تشکیل دهنده مواد در معرض زلزله پیشنهاد دادند، که در آن تحلیل حساسیت برای تسریع شناسایی سیستم غیرخطی پیچیده توسعه یافته است. ابتدا، مدل سازه ای غیرخطی مبتنی بر قانون اساسی مادی توسط عناصر تیر-ستون الیافی ساخته شده است. ورودی زلزله توسط چندجمله ای های متعامد چبیشف[۴] به شکل قابل تشخیص پارامتربندی می شود. پس از آن، حساسیت‌های پاسخ دینامیکی با توجه به پارامترهای سازنده و عوامل متعامد برانگیختگی زلزله برای تسریع شناسایی سیستم از یک مدل سازنده مواد پیچیده استخراج می‌شوند. در نهایت، پارامترهای سازنده و ورودی زلزله به طور همزمان توسط یک فرآیند بهینه‌سازی شناسایی می‌شوند.[4]

ونگ و همکاران در سال ۲۰۲۲ با هدف کاهش اشکال انتخاب پارامترهای اصلی تجزیه حالت متغیر (VMD) بر اساس تجربه(AOA) ازالگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس استفاده کردند، این الگوریتم به طور گسترده ای در تشخیص عیب ماشین های دوار استفاده می شود(AOA) برای جستجوی تعداد حالت بهینه و ضریب

---

[۴] Chebyshev

جریمه برای یافتن (IMF) هایی که به ویژگی های خطا حساس هستند استفاده می شود. در مقایسه با سایر روش های بهبود یافته (VMD) ،روش پیشنهادی عملکرد بهتری در استخراج ویژگی های خطا از موارد شبیه سازی شده و واقعی دارد.[5]

هیزارچی و همکاران در سال ۲۰۲۲ کنترل بهینه ای مبتنی بر حالت توسعه یافته برای کاهش ارتعاش بر روی یک تیر کنسول انعطاف پذیر با استفاده از محرک رانش هوا انجام دادند. آنها در این مطالعه، کنترل مبتنی بر ناظر حالت توسعه‌یافته بهینه (ESOBC)بهینه تنظیم‌شده توسط قانون کنترل بهینه و بهینه‌سازی ازدحام ذرات را (PSO) پیشنهاد دادند و با کنترل‌کننده‌های گاوسی درجه دوم خطی (LQG)و بازخورد موقعیت مثبت (PPF) مقایسه کردند.[6]

ابوعلیگاه و همکاران در سال۲۰۲۲ یک بهینه‌ساز فراابتکاری الهام گرفته از طبیعت جدید به نام الگوریتم جستجوی خزندگان (RSA) پیشنهاد کردند که با انگیزه رفتار شکار کروکودیل‌ها انجام می‌شود. دو مرحله اصلی رفتار کروکودیل اجرا می شود، مانند احاطه کردن که با راه رفتن بالا یا راه رفتن شکمی انجام می شود و شکار که با هماهنگی شکار یا همکاری شکار انجام می شود. روش های جستجوی ذکر شده (RSA) پیشنهادی در مقایسه با سایر الگوریتم های موجود منحصر به فرد است. آنها عملکرد (RSA) پیشنهادی با استفاده از بیست و سه تابع تست کلاسیک، سی تابع تست CEC2017، ده تابع تست CEC2019 و هفت مشکل مهندسی دنیای واقعی ارزیابی کردند. و نتیجه گرفتند که (RSA) پیشنهادی به نتایج بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی رقابتی دست می یابد.[7]

تفکری و همکاران در سال۲۰۲۲ یک الگوریتم فراابتکاری جدید (MA) به نام بهینه‌ساز خرچنگ‌های گوشه‌نشین (HCO) پیشنهاد کردند که هوش ازدحام خرچنگ‌های گوشه‌نشین را در طبیعت در یافتن پوسته‌هایی شبیه‌سازی می‌کند که از آنها محافظت می‌کنند و اجازه می‌دهند در طول زندگی رشد کنند. (HCO) عوامل جستجو را به طور جداگانه و به طور موازی با استفاده از اپراتورهای جدید جستجوی انفرادی و اجتماعی راهنمایی می کند. این شبیه به یک فرآیند یادگیری تقویتی عمل می کند، که در آن با عوامل موفق و افراد شکست خورده، با الهام از رفتار گروهی خرچنگ های گوشه نشین و ویژگی های محیطی رفتار

متفاوتی صورت می گیرد. آزمایش‌های محاسباتی با مشکلات تست معروف اعتبار، دقت، استحکام، توانایی فرار از بهینه محلی و تعادل اکتشاف- بهره‌برداری را تایید می‌کنند.[8]

چن و همکاران در سال ۲۰۲۲یک الگوریتم جدید به نام الگوریتم بهینه سازی صنوبر (POA) را ارائه دادند. این الگوریتم مکانیسم تکثیر جنسی و غیرجنسی صنوبر را تقلید می کند، جایی که فلسفه اصلی نحوه اجرای تکثیر جنسی و غیرجنسی برای افراد با جزئیات در الگوریتم طراحی شده است. استراتژی جهش الگوریتم جستجوی عقبگرد در (POA) برای حفظ تنوع در درجه خاصی اتخاذ شده است. عملکرد الگوریتم (POA) بر روی ۲۵ تابع از مجموعه آزمایشی CEC2005 و ۳۰ تابع از مجموعه آزمایشی CEC2017 با ویژگی های مختلف آزمایش شده است. نتایج (POA) از نظر کیفیت و کارایی با برخی دیگر از الگوریتم های مبتنی بر جمعیت مقایسه شده است. در نهایت، الگوریتم پیشنهادی برای یافتن آستانه بهینه برای تقسیم‌بندی تصویر استفاده می‌شود. نتایج نشان می دهد که الگوریتم بهینه سازی صنوبر می تواند عملکرد رقابتی یا برتر را به دست آورد.[9]

کاوه و همکاران در سال ۲۰۲۳ الگوریتم باغ میوه (OA) با الهام از باغداری میوه طراحی و معرفی کردند. در این فرآیند، اقدامات مختلفی مانند آبیاری، کوددهی، پیرایش و پیوند به باغ میوه ای می انجامد که در آن بیشتر درختان رشد می کنند و میوه به اندازه کافی تولید می کنند. در (OA) ، هم کاوش در فضای جستجو و هم بهره برداری از بهترین راه حل ها با استفاده از رفتار شخصی و اجتماعی به دست می آید. با معرفی عملگرهای مختلف مانند رشد سالانه، غربالگری و پیوند، این الگوریتم می تواند به طور موثر فضای جستجو را جستجو و کاوش کند. عملکرد الگوریتم (OA) پیشنهادی در CEC2005، IEEE CEC06 2019، توابع آزمایشی و پنج مشکل مهندسی دنیای واقعی در مقایسه با ۱۳ الگوریتم پرکاربرد و رقابتی مورد ارزیابی قرار گرفت. ۳۰ تابع معیار برای مقایسه قابلیت‌های الگوریتم (OA) با سایر تحقیقات مورد استفاده قرار گرفت. (OA) در بسیاری از جنبه ها نتایج بسیار بهتری نسبت به سایر الگوریتم ها دارد. نتایج نشان دهنده برتری (OA) و توانایی این الگوریتم در حل مسائل بهینه سازی است.[10]

حمیدا و همکاران در سال ۲۰۲۳ الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس (AOA) را برای بهبود عملکرد کنترل‌کننده سری PSS-PID از طریق تنظیم پارامترها برای کاهش موثر (LFO) و بهبود پایداری گذرا سیستم قدرت

پیشنهاد دادند. AOA برای بهینه سازی سیستم بر اساس به حداقل رساندن خطای مطلق زمان انتگرال (ITAE) سرعت زاویه ای روتور استفاده می شود. سپس، کنترل کننده PSS-PID با استفاده از الگوریتم (AOA) و الگوریتم بهینه سازی نهنگ (WOA) برای مقایسه بین عملکرد آنها بهینه می شود. سیستم مورد مطالعه در حوزه زمانی با استفاده از نرم افزار متلب شبیه سازی شده است.[11]

محمد خاریچ، علی سلیم و همکاران در سال ۲۰۲۳ برای سیستم انرژی تجدیدپذیر ترکیبی طراحی موثر با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس انجام دادند. آن ها، الگوریتم بهینه‌سازی بهبود یافته ارشمیدس را (IAOA) برای طراحی یک سیستم انرژی تجدیدپذیر ترکیبی (HRES) برای یک سیستم ریزشبکه در منطقه فرافره مصر ارائه و اعمال کردند. ریزشبکه مورد مطالعه آن ها شامل سه سناریو مبتنی بر پانل‌های PV، سیستم‌های توربین بادی، ژنراتورهای دیزلی و سیستم ذخیره انرژی باتری (BESS)بود. هدف به حداقل رساندن تابع طراحی هزینه خالص فعلی (NPC) بود که تمام هزینه‌ها را در طول عمر پروژه با رعایت سه محدودیت شاخص کسر تجدیدپذیر، از دست دادن احتمال منبع تغذیه و در دسترس بودن درنظر بگیرد.
آن‌ها نتایج شبیه‌سازی را با چندین الگوریتم شناخته شده مانند الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس (AOA)، الگوریتم میدان الکتریکی مصنوعی (AEFA)، بهینه‌ساز تعادل (EO)، بهینه‌ساز گرگ خاکستری (GWO) و الگوریتم‌های بهینه‌سازی هریس هاکس (HHO) مقایسه کردند. نتایج آنها، توانایی الگوریتم پیشنهادی را برای حل طرح مسئله اثبات کرده و همچنین کارایی برتر آن را نسبت به الگوریتم‌های رقیب نشان داد. بهترین HRES یافت شده پانل PV /توربین بادی / ژنراتور دیزل / سیستم ذخیره باتری HRES بوده است، NPC 187,181 دلار است، معادل هزینه انرژی(LCOE) (0.213 ($/kWh که محدودیت ها را رعایت کرده اند ، قابلیت اطمینان آنها تقریباً ۵٪ و شاخص کسر تجدیدپذیر نزدیک به ۹۰٪ بوده و توانایی دسترسی به آن ب تقریباً ۱۰۰٪ است. این محققین از نتایج، مشاهده کردند که با هم کار کردن سیستم های PV و باد

در چنین مناطقی الزامی است و باتری نیز نقش مهمی در مدیریت و تنظیم جریان انرژی در سیستم های HRES ایفا می کند. توابع معیار را با استفاده از ۲۳ تابع آزمایش کردند که ثابت کرد (IAOA) بهتر از الگوریتم اصلی AOA عمل می کند.[12]

اعتدالی و همکاران ۲۰۲۳ چارچوب کنترل لرزه ای جدید سری کنترل کننده بهینه PIλDμ با کنترل کننده PD فازی شامل اندرکنش خاک و سازه را مورد بررسی قرار دادند. آن ها چارچوب جدیدی از سری کنترل‌کننده‌های متناسب-مشتق-انتگرال مرتبه کسری بهینه[1] با کنترل‌کننده مشتق متناسب فازی[2] یعنی کنترل‌کننده OFPD-FOPID، برای کنترل لرزه‌ای سازه‌های مجهز به میراگر جرمی تنظیم‌شده فعال پیشنهاد کردند. در این تحقیق، سه کنترل‌کننده شامل کنترل‌کننده‌های PID بهینه، FOPID بهینه و کنترل‌کننده‌های PID فازی (FPID) نیز برای مقایسه پیاده‌سازی شده‌اند. نتایج شبیه‌سازی انجام‌شده در یک ساختمان ۱۵ طبقه نشان داد که کنترل‌کننده FOPID نسبت به کنترل‌کننده‌های PID و FPID می‌تواند به طور قابل‌توجهی حداکثر جابجایی کف را کاهش دهد، اما عملکرد ضعیفی در کاهش حداکثر شتاب کف در شرایط مختلف خاک نشان می‌دهد، در حالی که OFPD پیشنهادی - کنترل کننده FOPID که میزان حداکثر شتاب کف را برای تخمین نیروی کنترل بهینه محرک ردیابی می کند، می‌تواند عملکرد برتر را ارائه دهد. کاهش متوسط ۴۱٪، ۴۵٪ و ۳۳٪ در حداکثر جابجایی طبقه ۳۶٪، ۳۳٪ و ۲۰٪ در حداکثر رانش بین طبقاتی توسط FOPID در خاک‌های متراکم، متوسط و نرم به دست آمد، در حالی که منجر به افزایش ۴۵٪، ۵۲٪ و ۲۴٪ در حداکثر شتاب کف گردید. به طور مشابه، کنترل کننده پیشنهادی OFPD-FOPID نشان دهنده کاهش متوسط ۵۲٪، ۵۵٪ و ۴۵٪ در حداکثر جابجایی طبقه است. [13]

نتیجه گیری

[1]- Fractional Order Proportional-derivative-Integral (FOPID)

[2]- Proportional-Derivative (PD)

در این فصل منابع و مراجع معتبر طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای ، بررسی گردیده و مزایا و معایب هر یک مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت. بدیهی است بدون بررسی دقیق روش‌های موجود نمی‌توان به یک روش جدید در بهینه‌سازی سازه‌ها که نسبت به روش‌های موجود کارایی بالاتری داشته باشد دست یافت.

فصل ۳

مواد و روش‌ها

مقدمه

در فصل‌های قبل مطالب اولیه و مقدماتی مربوط به طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه ای مورد بحث و بررسی قرار گرفت و منابع و مراجع معتبر در این موضوع تحلیل گردید. در این فصل روش پیشنهادی یعنی طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه ای با استفاده از الگوریتم ارشمیدس بطور مفصل تشریح گردیده و جزئیات آن بطور کامل ذکر شده است.

روابط و معادلات حاکم بر مسأله

فرم ماتریسی رابطه زیر روابط معادلات حرکت سیستم سازه ای یک سازه n درجه آزاد با کنترلر فعال تحت تحریک زلزله را نشان می دهد:

$$[M]n\times n\ \{\ddot{x}(t)\}n\times 1 + [D]n\times n\ \{\dot{x}(t)\}n\times 1 + [K]n\times n\ \{x(t)\}n\times 1 = -[M]n\times n\ \{E\}n\times 1\{\ddot{x}g\ (t)\}1\times 1 + \{Eu\ \}n\times 1\ \{u(t)\}1\times 1$$

که در این معادله ماتریسی متغیرهای M ,D,K به ترتیب ماتریس‌های جرم، میرایی و سختی سازه می‌باشند $x(t)$و$\dot{x}(t)$ و $\ddot{x}(t)$ به ترتیب بردارهای تغییر مکان، سرعت و شتاب طبقات سازه،. E بردار اغتشاش ورودی یا زلزله، $\ddot{x}(t)$ شتاب حرکت زمین، Eu بردار نیروی کنترل فعال ورودی و $u(t)$ بردار نیروهای کنترل می‌باشد.

ماتریسهای جرم، میرایی و سختی سازه به ترتیب براساس جرم، میرایی و سختی هر طبقه با استفاده از روابط ۴-۲و ۴-۴ محاسبه می‌گردد.

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & & \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & & & m_n \end{bmatrix}_{n\times n} \qquad (۴-۲)$$

$$D = \begin{bmatrix} d_1 + d_2 & -d_1 & & \dots & 0 \\ -d_2 & d_2 + d_3 & -d_3 & & \\ & -d_3 & & & \\ \vdots & & & \ddots & -d_n \\ 0 & & & -d_n & d_n \end{bmatrix}_{n\times n} \qquad (۴-۳)$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_1 & & \dots & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & & \\ & -k_3 & & & \\ \vdots & & & \ddots & -k_n \\ 0 & & & -k_n & k_n \end{bmatrix}_{n\times n} \qquad (۴-۴)$$

که در آن m_iوd_iو k_i به ترتیب نشان دهنده جرم، میرایی و سختی طبقه i ام است و n تعداد درجه آزادی یا تعداد طبقات سازه می باشد.

معادلات حرکت مرتبه ی دوم به فرم مرتبه ی اول فضای حالت سازه تحت تحریک زلزله به وسیله روابط زیر تبدیل می‌شود.

$$\dot{\chi}(t) = A\chi(t) + Buu(t) + Bd\ddot{x}g(t)$$

که در آن، $\chi(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ \dot{x}(t) \end{bmatrix}$ متغیر فضای حالت که شامل بردارهای تغییرمکان و سرعت است.

$A = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -M^{-1}K & -M^{-1}D \end{bmatrix}_{2n\times 2n}$ ماتریس سیستم، $B_u = \begin{bmatrix} 0 \\ M^{-1}E_u \end{bmatrix}_{2n\times n}$ ماتریس ورودی کنترل و

$B_d = \begin{bmatrix} 0 \\ -E \end{bmatrix}_{2n\times n}$ ماتریس اغتشاش ورودی (تحریک زلزله) است. 0 و I به ترتیب ماتریس‌های مربعی صفر و یک با بعد n می‌باشند. بردارهای $E_u = \{1\}_{n\times 1}$ و $E = \{1\}_{n\times 1}$ است.

روش پیشنهادی

مساله طراحی کنترلر در این تحقیق، انتخاب و تعیین بهینه المان های ماتریس بهره پسخور با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس است. برای این منظور شاخص عملکرد مرتبه دوم J به عنوان تابع هزینه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس مینیمم می شود. پس از محاسبه ماتریس بهره با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، پاسخ های کنترل نشده سازه و پاسخ های کنترل شده با روش پیشنهادی تحت تاثیر زلزله های تاریخی محاسبه شده و نتایج بدست آمده با روش LQR مورد مقایسه قرار می‌گیرد. الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است.

روند روش پیشنهادی توسط الگوریتم ارشمیدس در این تحقیق بصورت زیر است.

در روش پیشنهادی ارشمیدس، افراد جمعیت، اشیاء غوطه‌ور هستند و در تحقیق مورد نظر، عناصر ماتریس بهره پسخوراند افراد جمعیت را تشکیل می دهند. الگوریتم ارشمیدس فرآیند جستجو را با جمعیت اولیه اشیاء (راه‌حل‌های کاندید) با حجم‌ها، چگالی‌ها و شتاب‌های تصادفی آغاز می‌کند. در این مرحله، هر شی همچنین با موقعیت تصادفی آن در سیال مقداردهی اولیه می‌شود. پس از ارزیابی تناسب جمعیت اولیه، الگوریتم در تکرار کار می‌کند تا زمانی که شرایط خاتمه برآورده شود. در هر تکرار، الگوریتم چگالی و حجم هر شی را به روز می کند.

مرحله دوم به روز رسانی تراکم ها حجم ها چگالی ها و حجم جسم است در واقع شتاب جسم بر اساس شرایط برخورد آن با هر جسم همسایه دیگر به روز می شود. چگالی، حجم، شتاب به روز شده موقعیت جدید یک جسم را تعیین می کند.

مرحله سوم در الگوریتم ارشمیدس برخورد بین اجسام و به تعادل رسیدن به کمک اپراتور انتقال است که جست وجو را ازمرحله اکتشاف به بهره برداری می رساند، در این تحقیق عناصر ماتریس بهره پسخوراند به تعادل می رسند.

مرحله چهارم:

اولین قسمت مرحله کاوش می باشد (برخورد بین اشیا رخ می دهد)یعنی اگر $T F \leq 0.5$، برخورد بین اشیا رخ می دهد

قسمت دوم مرحله بهره برداری می باشد (بدون برخورد بین اشیا) یعنی اگر $TF > 0.5$، هیچ برخوردی بین اشیا وجود ندارد،

قسمت سوم مرحله تعادل سازی بین اکتشاف و بهره برداری می باشد یعنی شتاب به تعادل می رسد(عادی سازی) می شود.

در این تحقیق در ای مرحله عناصر ماتریس پسخور به تعادل می رسند.

مرحله پنجم به‌روزرسانی موقعیت می باشد

مرحله ششم مرحله ارزیابی مباشد

در الگوریتم ارشمیدس هر شی با استفاده از تابع هدف f ارزیابی شده و بهترین راه حلی که تاکنون پیدا شده به خاطر سپرده می شود.

در تحقیق ما عناصر ماتریس پسخور ارزیابی می شوند.

الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است. افراد جمعیت، اشیاء غوطه‌ور هستند. مانند سایر الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت، این الگوریتم نیز فرآیند جستجو را با جمعیت اولیه اشیاء (راه‌حل‌های کاندید) با حجم‌ها، چگالی‌ها و شتاب‌های تصادفی آغاز می‌کند. در این مرحله، هر شی

همچنین با موقعیت تصادفی آن در سیال مقداردهی اولیه می‌شود. پس از ارزیابی تناسب جمعیت اولیه، الگوریتم در تکرار کار می‌کند تا زمانی که شرایط خاتمه برآورده شود. در هر تکرار، الگوریتم چگالی و حجم هر شی را به روز می کند.

شتاب جسم بر اساس شرایط برخورد آن با هر جسم همسایه دیگر به روز می شود. چگالی، حجم، شتاب به روز شده موقعیت جدید یک جسم را تعیین می کند. در ادامه بیان ریاضی دقیق مراحل الگوریتم بیان شده است.

مراحل الگوریتم:

در این بخش فرمول ریاضی الگوریتم بیان می‌شود. از نظر تئوری، الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس را می توان به عنوان یک الگوریتم بهینه سازی سراسری در نظر گرفت زیرا هر دو فرآیند اکتشاف و بهره برداری را در بر می‌گیرد. شبه کد الگوریتم پیشنهادی در ادامه بیان شده است که شامل اولیه‌سازی جمعیت، ارزیابی جمعیت و به روز رسانی پارامترها است. از نظر ریاضی، مراحل الگوریتم به شرح زیر است.

مرحله ۱ - مقداردهی اولیه: موقعیت های همه اشیاء با استفاده از رابطه زیر مقداردهی می شود.

$$Oi = lbi + rand \times (ubi - lbi); \quad i = 1, 2, ...,N$$

که در آن Oi ، i امین شیء در جمعیت اشیاء N است. lbi و ubi به ترتیب کران های پایین و بالای فضای جستجو هستند.

حجم (vol) و چگالی (den) برای هر یک شی i با استفاده از رابطه زیر مقدار دهی اولیه می‌شود.

$$den_i = rand$$
$$vol_i = rand$$

rand یک بردار D بعدی است به طور تصادفی عددی بین [0,1] تولید می کند. و در نهایت، شتاب (acc)، i امین شی با استفاده از رابطه زیر مقداردهی اولیه می‌شود.

$$acc_i = lb_i + rand \times (ub_i - lb_i)$$

در این مرحله جمعیت اولیه را ارزیابی کرده و شی با بهترین ارزش تناسب انتخاب می‌شود. xbest، denbest، volbest و accbest تخصیص داده می‌شود.

مرحله ۲- به روز رسانی تراکم ها، حجم ها: چگالی و حجم جسم i برای تکرار $t + 1$ با استفاده از رابطه زیر به روز می‌شود:

$$den_i^{t+1} = den_i^t + rand \times (den_{best} - den_i^t)$$
$$vol_i^{t+1} = vol_i^t + rand \times (vol_{best} - vol_i^t)$$

که در آن volbest و denbest حجم و چگالی مرتبط با بهترین شیء یافت شده تاکنون هستند و rand عدد تصادفی یکنواخت توزیع شده است.

عملگر انتقال و ضریب چگالی: در ابتدا، برخورد بین اجسام رخ می دهد و پس از مدتی، اجسام سعی می کنند به حالت تعادل برسند. این در الگوریتم با کمک اپراتور انتقال TF اجرا می شود که جستجو را از اکتشاف به بهره برداری تبدیل می کند و با استفاده از رابطه زیر تعریف شده است:

$$TF = \exp\left(\frac{t - t_{\max}}{t_{\max}}\right)$$

که در آن TF انتقال به تدریج با زمان افزایش می یابد تا به ۱ برسد. در اینجا t و tmax به ترتیب تعداد تکرار و حداکثر تکرار هستند. به طور مشابه، ضریب کاهش تراکم d نیز به الگوریتم در جستجوی سراسری به محلی کمک می‌کند. با گذشت زمان کاهش می یابد که در ادامه ذکر شده است.

$$d^{t+1} = \exp\left(\frac{t_{\max} - t}{t_{\max}}\right) - \left(\frac{t}{t_{\max}}\right)$$

که در آن dt+1 با زمان کاهش می‌یابد که توانایی همگرایی در منطقه امیدوارکننده از قبل شناسایی شده را می‌دهد. مدیریت صحیح این متغیر تعادل بین اکتشاف و بهره برداری در الگوریتم را تضمین می کند.

مرحله ۴,۱ - مرحله کاوش (برخورد بین اشیا رخ می دهد): اگر $TF \leq 0.5$، برخورد بین اشیا رخ می دهد، یک ماده تصادفی (mr) انتخاب می‌شود و شتاب شی را برای تکرار $t + 1$ با استفاده از رابطه‌زیر به روز می کند.

$$acc_i^{t+1} = \frac{den_{mr} + vol_{mr} \times acc_{mr}}{den_i^{t+1} \times vol_i^{t+1}}$$

که در آن deni، voli و acci چگالی، حجم و شتاب جسم i هستند. در حالی که accmr، denmr و volmr شتاب، چگالی و حجم مواد تصادفی هستند. ذکر این نکته ضروری است که $TF \leq 0.5$ کاوش را در طول یک سوم تکرارها تضمین می کند. اعمال مقداری غیر از ۰,۵ رفتار اکتشافی- بهره برداری را تغییر می دهد.

مرحله ۴,۲ - مرحله بهره برداری (بدون برخورد بین اشیا): اگر $TF > 0.5$ باشد، هیچ برخوردی بین اشیا وجود ندارد، شتاب شی برای تکرار $t + 1$ با استفاده از رابطه زیر به روز می شود.

$$acc_i^{t+1} = \frac{den_{best} + vol_{best} \times acc_{best}}{den_i^{t+1} \times vol_i^{t+1}}$$

که در آن accbest شتاب بهترین جسم است.

مرحله ۴,۳ – نرمال سازی شتاب: برای محاسبه درصد تغییر با استفاده از رابطه زیر شتاب نرمال می شود.

$$acc_{i-norm}^{t+1} = u \times \frac{acc_i^{t+1} - \min(acc)}{\max(acc) - \min(acc)} + l$$

که در آن u و l محدوده نرمال سازی هستند و به ترتیب روی ۰,۹ و ۰,۱ تنظیم می شوند.

$acc_{i,norm}^{t+1}$ درصد گامی را که هر عامل تغییر خواهد کرد را تعیین می کند. اگر جسم i از بهینه سراسری دور باشد، مقدار شتاب بالا خواهد بود، به این معنی که جسم در مرحله اکتشاف خواهد بود. در غیر این صورت در مرحله بهره برداری است. این نشان می دهد که چگونه جستجو از مرحله اکتشاف به مرحله بهره برداری تبدیل می شود. در حالت عادی، ضریب شتاب با مقدار زیادی شروع می شود و با گذشت زمان کاهش می یابد. این به عوامل جستجو کمک می کند تا به سمت بهترین راه حل سراسری حرکت کنند و در عین حال از راه حل های محلی دور شوند. اما قابل ذکر است که ممکن است چند عامل جستجو باقی بمانند که نسبت به حالت عادی به زمان بیشتری برای ماندن در مرحله اکتشاف نیاز دارند. از این رو، الگوریتم به تعادل بین اکتشاف و بهره برداری دست می یابد.

مرحله ۵، به‌روزرسانی موقعیت: اگر $TF \leq 0.5$ (مرحله کاوش) باشد، موقعیت جسم i برای تکرار بعدی $t + 1$ با استفاده از رابطه زیر است.

$$x_i^{t+1} = x_i^t + C_1 \times rand \times acc_{i-norm}^{t+1} \times d \times (x_{rand} - x_i^t)$$

که در آن C1 ثابت برابر با ۲ است. در غیر این صورت، اگر TF > 0.5 (مرحله بهره برداری)، اشیا موقعیت خود را با استفاده از رابطه زیر به روز می کنند.

$$x_i^{t+1} = x_{best}^t + F \times C_2 \times rand \times acc_{i-norm}^{t+1} \times d \times (T \times x_{best} - x_i^t)$$

که در آن C2 یک ثابت برابر با ۶ است. T با زمان افزایش می یابد و با عملگر انتقال رابطه مستقیم دارد و با استفاده از T = C3 × TF تعریف می شود. T با زمان در محدوده [c3*0.3,1] افزایش می‌یابد و در ابتدا درصد مشخصی را از بهترین موقعیت می‌گیرد. با درصد پایین شروع می شود زیرا این باعث تفاوت زیادی بین بهترین موقعیت و موقعیت فعلی می شود، در نتیجه اندازه گام پیاده روی تصادفی زیاد خواهد بود. با ادامه جستجو، این درصد به تدریج افزایش می یابد تا تفاوت بین بهترین موقعیت و موقعیت فعلی کاهش یابد. این امر منجر به دستیابی به تعادل مناسب بین اکتشاف و بهره برداری می شود.

F پرچمی برای تغییر جهت حرکت با استفاده از رابطه زیر تعریف می شود.

$$F = \begin{cases} +1 \text{ if } P \leq 0.5 \\ -1 \text{ if } P > 0.5 \end{cases}$$

$$\text{where } P = 2 \times rand - C_4.$$

مرحله ۶-ارزیابی: هر شی با استفاده از تابع هدف f ارزیابی می‌شود و بهترین راه حلی که تاکنون پیدا شده حفظ می شود. xbest، denbest، volbest و accbest مقدار دهی می شوند.

شبه کد الگوریتم در ادامه ذکر شده است.

Algorithm 2 Pseudo code of AOA.

procedure AOA(population size N, maximum iterations $t_{\max}$, C_1, C_2, C_3, and C_4)
Initialize objects population with random positions, densities and volumes using (4), (5), and (6), respectively.
Evaluate initial population and select the one with the best fitness value.
Set iteration counter $t = 1$
while $t \leq t_{max}$ **do**
for each object i **do**
Update density and volume of each object using (7)
Update transfer and density decreasing factors TF and d using (8) and (9), respectively.
if $TF \leq 0.5$ **then** ▷ Exploration phase
Update acceleration using (10) and normalize acceleration using (12)
Update position using (13)
else ▷ Exploitation phase
Update acceleration using (11) and normalize acceleration using (12)
Update direction flag F using (15)
Update position using (14)
end if
end for
Evaluate each object and select the one with the best fitness value.
Set $t = t + 1$
end while
return object with best fitness value.
end procedure

Activat
Go to Set

جمع‌بندی فصل

در این فصل یک روش جدید یعنی طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای با استفاده از الگوریتم ارشمیدس شرح داده شد و جزئیات آن نیز بیان گردید. این روش در طراحی کنترلر بهینه دارای اهمیت ویژه ای بوده و دارای مزایای زیادی نسبت به روش‌های موجود می‌باشد. جهت نشان دادن این مزایا در فصل بعدی روش پیشنهادی شبیه سازی گردیده و با معیارهای کارایی مناسب مورد ارزیابی قرار گرفته است.

٪٪.

با توجه به ایجاد نیاز به کاهش خسارات سازه ای و حفظ خدمت پذیری و محدودیت های طراحی و اجرا در برابر تحریکات خارجی مانند زلزله یا باد مبحث کنترل فعال ارائه گردید. در کنترل فعال سازه ای نیرویی به سازه وارد می شود تا با انرژی بارگذاری دینامیکی مقابله کند و همچنین توانایی کنترل فعال، توانایی کنترل مودهای ارتعاشی مختلف و سازگار شدن با شرایط مختلف بارگذاری را داشته باشد. در این پایان نامه یک الگوریتم کنترل فعال جهت کنترل بهینه ارتعاشات لرزه ای سازه ها در برابر زمین لرزه پیشنهاد شده است. بدین منظور ابتدا معادلات ارتعاشات سازه مجهز به سیستم کنترل فعال توضیح داده میشود. سپس معادلات دینامیکی سازه در فضای حالت که در روش LQR مورد استفاده قرار می گیرد، بیان شده و شکل تغییر یافته

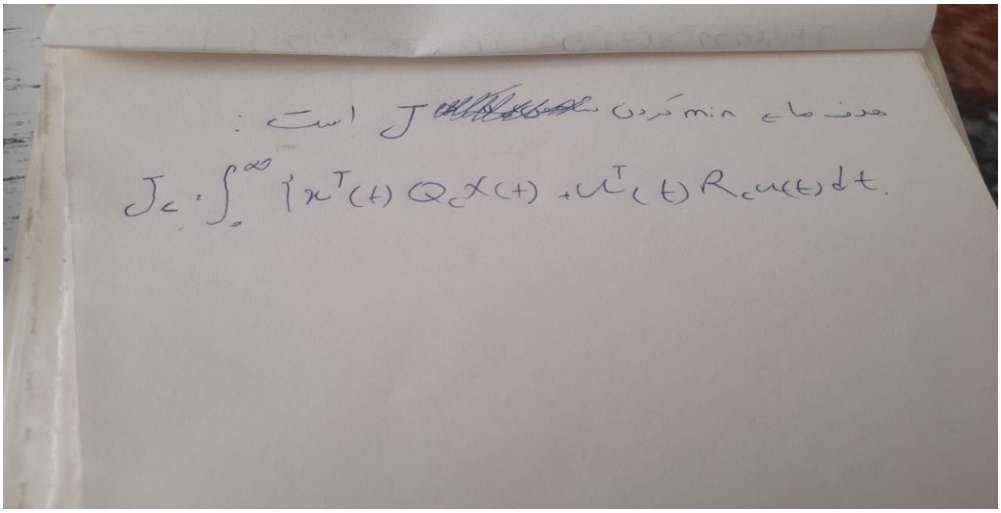
ای از شاخص عملکرد روش LQR به عنوان تابع هرینه معرفی می شود که این تابع توسط الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس بهینه میشود که مزیت بهینه سازی با روش ارشمیدس موجب درنظر گرفتن نیروی خارجی زلزله در طراحی کنترلر بهینه شده و نیازی به حل معادله جبری ریکاتی نخواهد بود. لازم به ذکر است تاکنون در زمینه های مهندسی از الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس استفاده شده است، اما در زمینه کنترل سازه ها تاکنون به طور وسیع این روش مورد استفاده قرار نگرفته است. در واقع برای اولین بار در این تحقیق، از الگوریتم ارشمیدس در زمینه کنترل فعال سازه ها استفاده شده است.

در این فصل از پایان نامه فرمول بندی و شرح روش پیشنهادی و معادلات حاکم بر مسأله ی کنترل نشان داده میشود. همان گونه که در بالاشرح داده شد توانایی روش ارشمیدس در بهینه سازی شاخص عملکرد (J) استفاده میشود و جزئیات آن بطور کامل ذکر شده است.

روش پیشنهادی

مساله طراحی کنترلر در این تحقیق، انتخاب و تعیین بهینه المان های ماتریس بهره پسخور با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس است. برای این منظور شاخص عملکرد مرتبه دوم J به عنوان تابع هزینه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس مینیمم می شود. پس از محاسبه ماتریس بهره با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، پاسخ های کنترل نشده سازه و پاسخ های کنترل شده با روش پیشنهادی تحت تاثیر زلزله های تاریخی محاسبه شده و نتایج بدست آمده با روش LQR مورد مقایسه قرار می گیرد.

شاخص عملکرد به صورت زیر تعریف می شود.



.هدف مطالعه و تحقیق

در کنترل فعال سازه ها به دلیل محدودیت ظرفیت ابزار های اعمال نیرو و ملاحظات اقتصادی، محاسبه ی بزرگی و جهت اعمال نیروی کنترلی در مدت اعمال بار دینامیکی و در لحضات متفاوت یکی از موارد مهم است. تا با صرف کمترین انرژی بتوانیم پاسخ های سازه را در محدوده مجاز و قابل قبولی نگه داریم.

در روش های کلاسیک جواب های بهینه با محاسبه ی نیروهای کنترلی از جمله LQR به دست نمی آید. در حل معادله ریکاتی جهت محاسبه نیروهای کنترلی باید تاریخچه زمانی بار خارجی وجود داشته باشد اما با توجه به این که تحریکات لرزه ای غیر قابل پیش بینی بوده و ماهیت ناشناخته دارند تاثیر آنها عملا دیده نمی شود بنابراین در روش LQR تحریکات خارجی در نظر گرفته نمی شود. این مسئله یکی از ضعف های روش LQR است. بنابراین مطالعه روش های بهینه سازی فراکاوشی در کنترل سازه ها امری ضروری می باشد. در این پژوهش قصد داریم از الگوریتم بهینه سازی ارشمیدس با در نظر گرفتن تحریکات خارجی برای طراحی کنترلر بهینه ارتعاشات لرزه ای سازه ها استفاده کنیم.

فرضیات مسأله

درفرمول بندی مسأله از فرضیات زیر استفاده می شود:

أ- با توجه به گستردگی روشهای خطی و عملکرد مورد قبولشان از قوانین کنترل خطی در این پایان نامه استفاده شده است. و همچنین سیستم کنترل خطی فرض می گردد و سازه کنترل شده در اثر نیروهای کنترلی اعمالی، در محدوده خطی باقی میماند و وارد ناحیه ی غیرخطی نمی شود. لذا میتوان بیان کرد که در زمان وقوع زمین لرزه انتظار می رود با وجود سیستم های کنترل، رفتار سازه خطی باشد.

ب- در تمام مطالعه سازه های مورد بررسی به صورت مدل های برشی خطی در نظر گرفته شده اند.

ج- بردار اثر تحریک زلزله در معادلات ارتعاش سیستم و معادلات فضای حالت وارد میگردد.

به این صورت که صلبیت سقف در مقایسه با صلبیت ستون ها بینهایت بوده، ارتعاشات قائم در نظرگرفته نمی شود وجابجایی ها مربوط به جابجایی افقی سقف هاست و جرم سازه به صورت متمرکز در طبقات فرض میشود.

د- پارامترهای پسخوراند با فرض state full بودن در نظر گرفته میشوند.

ه- در این تحقیق از اثر تأخیر زمانی چشم پوشی شده و فرض بر این است که تمامی مراحل برای کنترل سازه به صورت هم زمان انجام شده است

و- زلزله های تاریخی در بررسی کنترلر بکار گرفته میشود.

فصل ۴

نتایج مدل و تحلیل کیفی

مقدمه

در فصل قبل یک روش طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه‌ای با استفاده از الگوریتم ارشمیدس مطرح گردید و جزئیات آن شرح داده شد. در این فصل این روش شبیه سازی گردیده و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

شبیه سازی روش پیشنهادی

در این بخش روش پیشنهادی ارائه شده درفصل سوم یعنی طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه ای با استفاده از الگوریتم ارشمیدس شبیه‌سازی گردیده و نتایج حاصل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

نتایج حاصل با اثبات کارایی روش پیشنهادی

نتیجه گیری

در این فصل روش پیشنهادی فصل سوم شبیه سازی گردیده و نتایج حاصل از شبیه‌سازی مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج حاکی از کارایی بالای روش پیشنهادی در کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه ای بوده و نشان داد که این روش برای کاهش ارتعاشات لرزه ای مناسب می‌باشد ونتایج حاصل قابل قبول می‌باشد.

فصل ۵

نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری

پیشنهادات

در این پایان‌نامه از الگوریتم ارشمیدس جهت طراحی کنترلر بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه ای استفاده شدو یک روش جدید جهت کنترل بهینه برای کاهش ارتعاشات لرزه ای مطرح گردید و نتایج حاصل از آن مورد بررسی قرار گرفت.

مراجع

فصل ۶

[1]کاتبی, ج. و شعاعی پرچین, م., ۲۰۱۸ .کنترل بهینه ی ارتعا شات سازهها با ا ستفاده از تبدیل موجک و الگوریتم رقابت استعماری .

[2] Sato D, Chen Y, Miyamoto K, She J. A spectrum for estimating the maximum control force for passive-base-isolated buildings with LQR control. Engineering Structures. 2019 Nov 15;199:109600.

[3] Hashim FA, Hussain K, Houssein EH, Mabrouk MS, Al-Atabany W. Archimedes optimization algorithm: a new metaheuristic algorithm for solving optimization problems. Applied Intelligence. 2021 Mar;51:1531-51.

[4] Weng S, Chen Z, Yan Y, Xiao C, Li R, Li J. Sensitivity-based constitutive parameter identification of nonlinear structures with unknown input earthquake excitation. Journal of Sound and Vibration. 2022 Oct 27;537:117188.

[5] Wang J, Zhan C, Li S, Zhao Q, Liu J, Xie Z. Adaptive variational mode decomposition based on Archimedes optimization algorithm and its application to bearing fault diagnosis. Measurement. 2022 Mar 15;191:110798

[6] Hizarci B, Kıral Z, Şahin S. Optimal extended state observer based control for vibration reduction on a flexible cantilever beam with using air thrust actuator. Applied Acoustics. 2022 Aug 1;197:108944.

[7] Abualigah L, Abd Elaziz M, Sumari P, Geem ZW, Gandomi AH. Reptile Search Algorithm (RSA): A nature-inspired meta-heuristic optimizer. Expert Systems with Applications. 2022 Apr 1;191:116158.

[8] Tafakkori K, Tavakkoli-Moghaddam R. Hermit crab optimizer (HCO): a novel meta-heuristic algorithm. IFAC-PapersOnLine. 2022 Jan 1;55(10):702-7.

[9]Chen D, Ge Y, Wan Y, Deng Y, Chen Y, Zou F. Poplar optimization algorithm: A new meta-heuristic optimization technique for numerical optimization and image segmentation. Expert Systems with Applications. 2022 Aug 15;200:117118.

[11] Kaveh M, Mesgari MS, Saeidian B. Orchard Algorithm (OA): A new meta-heuristic algorithm for solving discrete and continuous optimization problems. Mathematics and Computers in Simulation. 2023 Jan 18.

[11] López-Romero MÁ, Peñas MS. A Positive Position Feedback controller for vibration control of wind turbines. Energy Reports. 2023 Dec 1;9:1342-53

[12] Kharrich M, Selim A, Kamel S, Kim J. An effective design of hybrid renewable energy system using an improved Archimedes Optimization Algorithm: A case study of Farafra, Egypt. Energy Conversion and Management. 2023 May 1;283:116907.

[13] Etedali S, Zamani AA, Akbari M, Seifi M. A new seismic control framework of optimal PIλDμ controller series with fuzzy PD controller including soil-structure interaction. Journal of the Franklin Institute. 2023 Aug 9.

در نسخه نهایی و قبل از صحافی، فرم شمار ۱ ارزیابی رساله / پایان‌نامه در این صفحه قرار داده شود.

Abstract

Keywords: