بهینه سازی سازه های خرپایی به روش توده ذرات با در نظر گرفتن قیود دینامیکی

سیامک طلعت اهری، عضو هیأت‌علمی، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
حامد ابراهیم زاده، کارشناسی‌ارشد سازه دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهر، اهر، ایران

siamaktalat@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۰/۸

چکیده:

امروزه سازه های خرپایی باتوجه به کاربردهای گوناگون آنها بیش از پیش اهمیت پیدا کرده اند. علت استفاده فراوان از این نوع خاص سازه ها مزایای آنها شامل مشارکت اغلب اعضای سازه درتقسیم وتوزیع بار، ویژگی مقاوم بودن آنها (به طوری که فرو ریختن تعداد محدودی از اعضا لزوماً منجر به فروپاشی سازه نمی شود)، پوشاندن دهانه های بزرگ با حداقل مواد مصرفی، راحتی اجرا وغیره می-باشد. از این رو بهینه سازی سازه های خرپایی در پایین آوردن هزینه ها می تواند نقش قابل ملاحظه ای را ایفا کند. این الگوریتم دارای یک سری مزایا می باشد که در مقایسه با سایر الگوریتم ها آن را شاخص تر میکند از جمله این مزایا می توان به اختیار تعداد کم پارامترهای تنظیمی، استفاده مفید از حافظه مورد نیاز و سرعت همگرایی مناسب نام برد. انتخاب فرکانسها به عنوان قیود مسئله برای جلوگیری از پدیده تشدید در سازه و در نتیجه تغییر شکلهای بزرگ و تخریب سازه است. نتایج حاصل از بهینه سازی سازه های خرپایی با در نظر گرفتن قیود دینامیکی توسط الگوریتم پیشنهادی هم از نظر سرعت همگرایی و هم از نظر کیفیت جوابها به مراتب بهتر ازالگوریتم اصلی PSO و الگوریتم های دیگر مورد استفاده در این زمینه تحقیقاتی می باشد.

کلید واژگان: بهینه سازی،سازه های خرپایی،الگوریتم اجتماع ذرات،قیود دینامیکی

۱- مقدمه

الگوریتم اجتماع ذرات (pso) حاصل همکاری دو دانشمند آمریکایی با نام‌های (J.Kennedy) متخصص در رشته روانشناسی اجتماعی و (R.Eberhart) متخصص در رشته مهندسی برق به سال ۱۹۹۵ می‌باشد (Kennedy,1995). از آن پس این الگوریتم یکی از شاخه‌های مهم الگوریتم‌های تکاملی محسوب می‌شود و از زمان ظهور به واسطه ویژگی‌های متمایزی چون اختیار تعداد کم پارامترهای تنظیمی، سادگی مفاهیم و کاربرد و به دور بودن از پیچیدگی‌های محاسباتی، مورد توجه بسیاری از دانشمندان این زمینه قرار گرفته است.

بهینه‌سازی عبارت است از رسیدن به بهترین نتیجه، درمورد یک عملیات درحالی که محدودیت های مشخصی برآورد شده باشند.

انسان محصور در طبیعت، ذاتاً تمام فعالیت‌هایش را به شکلی انجام می‌دهد که در انرژی صرفه‌جویی شود یا ناراحتی و دردش به حداقل برسد. این تمایل به سبب استفاده از منابع محدود موجود، به منظور ماکزیمم کردن سود است. بهینه‌سازی اجتماع ذرات الگویی جدید از هوش دسته جمعی است که از روانشناسی اجتماعی و زندگی مصنوعی بهره گرفته است. الگوریتم اجتماع ذرات بیان می‌کند که با

هم کار کردن ذرات باعث ترقی دادن مسیر تکاملی جامعه می‌شود. در بهینه‌سازی، امید بر این است که توانایی ذرات جهت جست و جوی کلی برای یافتن مسیر بهینه کلی بالا برده شود و به طور تجربی نیز این در مورد انواع مسائل بهینه‌سازی نشان داده شده است (قاسمی،۱۳۸۹).

هدف از بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسئله است. برای یک مسئله، ممکن است جواب‌های مختلفی موجود باشد که برای مقایسه آنها و انتخاب جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. انتخاب این تابع به طبیعت مسئله وابسته است. به هر حال، انتخاب تابع هدف مناسب یکی از مهمترین گام‌های بهینه‌سازی است. گاهی در بهینه‌سازی چند هدف به طور همزمان مد نظر قرار می‌گیرد؛ این گونه مسائل بهینه‌سازی را که در برگیرنده چند تابع هدف هستند، مسائل چند هدفی می‌نامند. ساده‌ترین راه در برخورد با این گونه مسائل، تشکیل یک تابع هدف جدید به صورت ترکیب خطی توابع هدف اصلی است که در این ترکیب میزان اثرگذاری هر تابع با وزن اختصاص یافته به آن مشخص می‌شود.

۲- الگوریتم اجتماع ذرات

در الگوریتم اجتماع ذرات هرذره به عنوان یک راه حل بالقوه در فضای D بعدی مسئله موجود در نظر گرفته می‌شود، ذره i ام اجتماع به صورت برداری با d بعد $(x_{i1}x_{i2}x_{i3} \ldots . x_{id})$ xi= نمایش داده می شود. این در حالی است که هر ذره دارای بردار سرعت $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \ldots v_{id})$، همچنین بهترین موقعیت دیده شده فردی، $pbest_i = (p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \ldots, p_{id})$ ، مربوط به خود می باشد. بهترین موقعیت دیده شده توسط تمامی ذرات اجتماع تا تکرار فعلی را با $g\ best = (p_{g1}, p_{g2}, \ldots . p_{gd})$ بیان می‌کنیم. برای هر ذره سرعت توسط ترکیبی از بهترین موقعیت دیده شده فردی $p\ best_i$ (مؤلفه شناختی) و بهترین موقعیت دیده شده اجتماعی g_{best} (مؤلفه شناختی) بدست می‌آید، همچنین موقعیت کنونی ذره توسط بردار سرعت مربوطه‌اش به روز رسانی می‌شود. با اضافه کردن وزن اینرسی w معرفی شده توسط (Eberhart وshi، ۱۹۹۸) موقعیت بعد d ام هر ذره توسط روابط زیر به روز رسانی می‌شود:

$$v_i^d(k+1) = w^* w_i^d(k) + c_1 * rand1_i^d * \left(p\ best_i^d(k) - x_i^d(k)\right) + c_2 * rand2_i^d * (g\ best^d(k) - x_d^i(k))$$
$$x_i^d(k+1) = x_i^d(k) + v_i^d(k+1) \qquad (۱)$$

در روابط فوق c_1, c_2 پارامترهای مثبتی هستند که اثر نسبی فاکتورهای شناختی و اجتماعی را در بر دارند، رندوم تابع تصادفی در بازه [0,1] می‌باشد و وزن اینرسی w که القا کننده اثر سرعت قبلی بر روی سرعت فعلی می‌باشد برای متعادل کردن فاز جستجوی کلی و محلی درنظر گرفته شده است. از طرفی استراتژی کاهش خطی وزن اینرسی به طوریکه قدرت جستجوی کلی در تکرارهای اولیه افزایش می‌یابد و در تکرارهای آخر، الگوریتم به جستجوی محلی بپردازد در طی فرایند بهینه‌سازی به منظور بالا بردن هرچه بیشتر سطح عملکرد الگوریتم (PSO) به آن اضافه شده است.

۳- بیان مسئله بهینه‌سازی سازه‌های خرپایی

در بهینه‌سازی سازه‌ها هدف کاهش هزینه‌های سازه در عین برآورده شدن محدودیت‌های طراحی نظیر محدودیت‌های تغییر شکل گرهی و تنش مجاز می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه هندسه سازه ثابت فرض شده است، هزینه مستقیماً به حجم و میزان مواد مورد نیاز برای ایجاد سازه وابسته خواهد بود. چون طول اعضا ثابت است، سطوح مقطع به عنوان متغیرهای طراحی در نظر گرفته می‌شوند و تابع هدف و قیود به صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$\text{Minimize} \quad w(\{x\}) = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i . A_i . l_i$$
$$\text{Subject to}$$
$$A^l \le A_i \le A^u \qquad i=1,2,3\ldots..,n$$
$$\omega^i \le \omega_i \le \omega^u \qquad i=1,2,3\ldots..,n$$

در روابط فوق w({x}) وزن سازه، n تعداد اعضای خرپا، γ چگالی مصالح تشکیل دهنده خرپا، l_i طول عضو i ام، A_1 مساحت عضو i ام که می‌بایست در بین مقادیر مجاز تعریف شده باشند.

الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات یک روش برای بهینه‌یابی مسائل نامقید است از این رو با استفاده ازتکنیک‌هایی، باید محدودیت‌های موجود را درمسئله طراحی وارد کنیم یکی از راه‌های وارد کردن قیود در تابع وزن روش تابع جریمه می‌باشد. روش تابع جریمه یک روش قدرتمند برای برخورد با قیود می‌باشد و از مزایای آن می‌توان به سادگی کاربرد در مسائل بهینه‌سازی اشاره کرد. توابع جریمه برای سازه‌ها به این صورت تعریف می‌شوند که اگر میزان محدودیت مورد نظر در محدوده مجاز باشد مقدار جریمه صفر و در غیر این صورت میزان عدول از محدوده مجاز تقسیم بر مقدار مجاز، حدود مقدار جریمه را نشان می‌دهد. توابع جریمه با اعمال ضرایب و انجام ترکیب جمع با تابع وزن، تابع هدف جدید را ایجاد می‌کند. در فرایند بهینه‌سازی عملاً هدف یافتن کمترین مقدار این تابع با توجه به محدودیت‌های انتخاب سطح مقطع می‌باشد.

اگر محدودیت‌ها را فقط تنش مجاز اعضا و تغییر مکان گره‌ها در نظر بگیریم و مجموع آنها را برای کل اعضای سازه و گره‌های آن با φ نمایش دهیم، تابع هدف به صورت زیر معرفی می‌گردد.

(۲)

$$Mer = \varepsilon_1 * w + \varepsilon_2 . (\varphi_\sigma + \varphi_\omega) \varepsilon_3$$

که در آن $\varphi_\sigma, \varphi_\omega$ به ترتیب مجموع جریمه‌های فرکانسی برای اعضا و تغییرمکان گرهی، w وزن سازه و $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ ثابت‌های مربوط به تابع شایستگی می‌باشند.

۴- تصحیح ذرات در محدوده غیر مجاز

Venter و Sobieski در سال ۲۰۰۲ در برخورد با ذرات متجاوز از محدوده قیود به PSO اضافه کردند، دراین مکانیسم بردار سرعت برای ذراتی که دارای حداقل یک قید متجاوز از حدود متجاوز آن قید هستند، با قرار دادن سرعت ذره مورد نظر برابر صفر در تکرار k ام، اصلاح می‌شود بدین صورت که درمرحله k+1 بردار سرعت از رابطه زیر بدست می آید:

$$v_i^d(k+1) = c_1 * rand1_i^d * \left(pbest_i^d(k) - x_i^d(k)\right) + c_2 * rand2_i^d * (gbest^d(\mathrm{k})\text{-}x_i^d(k)) \quad (۳)$$

بنابراین سرعت ذره i ام در تکرار k+1 ام فقط تحت تأثیر بهترین موقعیت دیده شده فردی و اجتماعی خواهد بود حال اگر هر دوی این نقاط در فضای مطلوب مسئله قرار داشته باشند بردار جدید سرعت، ذره را به سمت ناحیه مطلوب مسئله (ناحیه‌ای که تمام قیود ارضا می‌شوند) می‌کشاند در غیر این صورت ذره به ناحیه‌ای از فضای جستجو سوق داده می‌شود که در آن میزان تجاوز از حدود قیدها کمتر است. این مکانیسم باعث جستجوی بهتر در فضای مطلوب مسئله می شود این در حالیست که نتایج بدست آمده از اجرای PSO با این مکانیسم در بهینه‌سازی سازه‌های خرپایی گواه بر این مطلب است که این مکانیسم باعث می‌شود الگوریتم فضای جستجوی مسئله را بهتر جستجو کند و به نتایج بهتری دست یابد.

۵- طرح مسئله بهینه‌سازی با محدودیت فرکانسی

در مسئله بهینه‌سازی خرپا با محدودیت‌های فرکانسی هدف کاهش وزن خرپا می‌باشد در حالی که چندین محدودیت از فرکانس طبیعی محقق می‌شود. حوزه‌های مقطع عرضی اجزا به همراه توابعی از گره‌ها در نظر گرفته شده‌اند تا متغیرهای طرح مطرح شوند. ارتباط و اتصال ساختاری توصیف شده در طول روندهای بهینه‌سازی بدون تغییر باقی می‌مانند. ارتباط بالاتر وکمتر هم برای هر یک از متغیرها از پیش توصیف شده است مسئله بهینه‌سازی به صورت ریاضی به شکل زیر در می‌آید:

$$find\ x = [x_1, x_2, x_3, \dots . x_n] \quad (۴)$$

$\omega_{\mathrm{J}} \leq \omega_{\mathrm{j}}^*$ for some natural

frequencies jto minimizes $\mathrm{mer(x)} =$

$\mathrm{f(x)} * \mathrm{f_{penalty}(x)}$ $\omega_{\mathrm{K}} \geq \omega_{\mathrm{K}}^*$ for some natural

frequencies

$\mathrm{x_{imin}} \leq \mathrm{X_i} \leq \mathrm{X_{imaX}}$

x : بردار در بر گیرنده متغیر های طرح، شامل توابع گرهی و حوزه های مقطع عرضی

n : تعداد متغیرهایی که معمولا در رابطه با مقتضیات تقارن و عمل انتخاب می شوند

$Mer(x)$: توابع امتیاز و توانایی

$F(x)$: تابع هزینه

$\mathrm{f_{penalty}(x)}$: تابع حد مشخص شده که حاصل تفاوتهای محدودیت های مطابق با پاسخ سازه

ω_j: امین فرکانس طبیعی سازه j

ω_k : امین فرکانس طبیعی سازه k

ω_j^* : ترکیب بالایی آن

ω_k^* : ترکیب پایینی آن

همانطور که قبلا گفته شد محدودیت در نظر گرفته شده فرکانس ارتعاشی سازه است اما قبل از بیان روابط باید بدانیم که چرا فرکانس ارتعاشی سازه را محدود می کنیم.

علل محدود کردن فرکانس ارتعاشی سازه:

کاهش دامنه ارتعاشی سازه، باعث کاهش تنش وخیز در سازه خواهد شد.

جلوگیری از وقوع پدیده تشدید در پاسخ دینامیکی سازه، چرا که در اثر پدیده تشدید، جابجایی های بزرگی در سازه ایجاد شده و باعث تخریب سازه می گردد. برای توضیح بیشتر این مطلب به نکات ذیل توجه می کنیم

همانطور که می دانیم پاسخ کلی یک سیستم n درجه آزاد با تبدیل سیستم به n سازه یک درجه آزاد و محاسبه پاسخ ها قابل محاسبه است. پس با در نظر گرفتن نیروی هارمونیکی $f_0\ sin\omega t$ برای یک سیستم یک درجه آزاد، پاسخ ذیل با در نظر گرفتن میرایی برای سازه بدست خواهد آمد:

(۵)

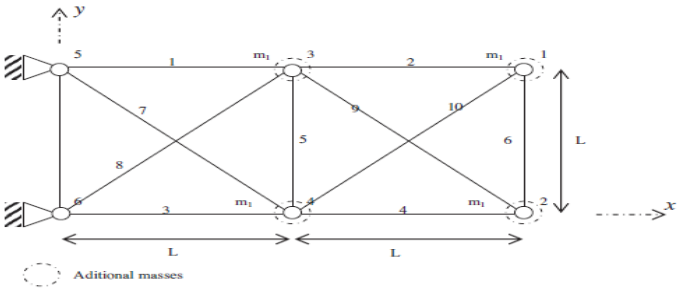
$$\bar{u} = \frac{f_0}{k}(\bar{u}: \text{جابجایی استاتیکی سیستم}) \qquad r = \frac{\bar{\omega}}{\omega}$$

$$u(t) = \left[\frac{1}{1-\left(\frac{\bar{\omega}}{\omega}\right)}\right]\bar{u}sin\bar{\omega}t$$

که $\bar{\omega}$ فرکانس بار و ω هم فرکانس ارتعاشی سازه است. حال چنانچه $\bar{\omega} = \omega$ باشد عبارت داخل کروشه که همان ضریب بزرگنمایی دینامیکی است به سمت بینهایت میل می کند که این حالت همان پدیده تشدید در سازه مورد نظر است همانطور که گفته شد تغییر شکل های بزرگی در سازه رخ خواهد داد وبا توجه به اینکه در عمل، مصالح مصرفی ما مقاومت کمی دارند، سازه گسیخته و تخریب خواهد شد.

۶- نمونه‌های طراحی

مثال ۱- یک خرپای ۱۰ محوری با شکل ثابت و اندازه‌های محوری متغیر مطرح شده است. در هرگره آزاد یک توده غیر ساختاری به وزن $454kg$ مورد استفاده قرار گرفته است که در شکل نشان داده شده است. ویژگی‌های ماده، ورودی‌های طرح در جدول یک ارائه شده اند. بنابراین این یک خرپای بهینه‌سازی شده با اندازه مناسب و محدودیت‌های فرکانس و ۱۰ متغیر طراحی می‌باشد.



شکل۱ - هندسه خرپای ۱۰ عضوی

جدول۲- ویژگی‌های ماده و محدودیت‌های فرکانس برای ساختار خرپای ۱۰ محوری

ورودی	مقدار	واحد
مدول الاستیسیته	$6.98 * 10^{10}$	N/m^2
چگالی	2770	kg/m^3
جرم	454	Kg
کمترین مقدار سطح مقطع	$0.645 * 10^{-4}$	m^2
طول اعضا	9.144	M
محدودیت اول سه فرکانس	$\omega_1 \geq 7, \omega_2 \geq 15, \omega_3 \geq 20$	Hz

جدول۳- مقاطع طرح بهینه برای خرپای ۱۰ عضوی

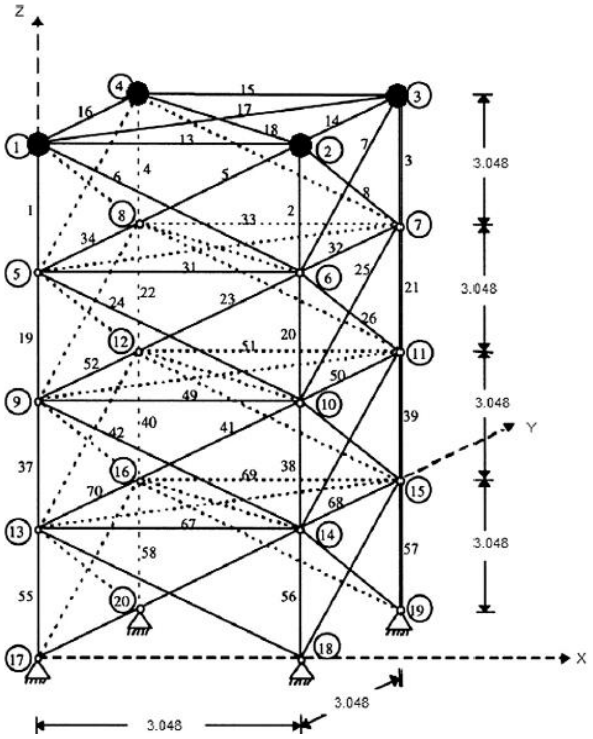
المان	wang (2004)	Grandhi(1993)	sedaghati(2002)	lingyun(2005)	*new method*
1	32.456	36.584	38.245	42.234	*38.85*
2	16.577	24.658	9.916	18.555	*9.027*
3	32.456	36.584	38.619	38.851	*37.08*
4	16.577	24.658	18.232	11.222	*18.49*
5	2.115	4.167	4.419	4.783	*4.48*
6	4.467	2.070	4.419	4.451	*4.21*
7	22.81	27.032	20.097	21.094	*20.8* ه
8	22.81	27.032	24.097	20.949	*23.01*
9	17.49	10.346	13.89	10.257	*13.76*
10	17.49	10.346	11.452	14.342	*11.38*
weight(kg)	553.8	594	537.01	542.75	*531.85*

جدول ۴- فرکانس‌های بهینه (هرتز) با روش‌های مختلف برای خرپای ۱۰محوری

فرکانس	wang (2004)	Grandhi(1993)	sedaghati(2002)	lingyun(2005)	*new method*
1	7.011	7.059	6.992	7.008	*7.000*
2	17.302	15.859	17.599	18.148	*17.44*
3	20.001	20.425	19.973	20	*20.03*
4	20.100	21.528	19.977	20.508	*20.21*
5	30.869	28.978	28.173	27.797	*28.26*
6	32.666	30.189	31.029	31.281	*31.14*
7	48.282	54.286	47.628	48.304	*47.72*
8	52.306	56.546	52.292	53.306	*52.43*

مثال ۲:

یک خرپای ۷۲ محور با چهار وزن که در گره‌های بالایی قرار گرفته است در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. فقط ۱۶طرح متغیر مربوط به حوزه‌های مقطع عرضی می‌باشد که مطابق با جدول زیر گروه‌بندی شده است. این مثال دارای دو محدودیت فرکانس می‌باشد. فرکانس اول $\omega_1 = 4\ HZ$ وسومین فرکانس $\omega_3 \geq 6HZ$ مورد *نیاز* می‌باشد. این مثال ابتدا توسط *Konzelman* با استفاده از روش دوگانه (*DM*) و بعداً توسط *sedaghati* با استفاده از روش نیرو مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته است. هر دو روش دارای بخش‌های مقطع عرضی و وزن مینیمم یکسان ۳۲۷٫۶۰۵ می‌باشند. در این مثال با استفاده از روش حرکت گروهی ذرات تحلیل می‌شود که پارامترهای آن در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۲ – هندسه خرپای ۷۲ عضوی

جدول۵ – ویژگی‌های ماده و محدودیت‌های فرکانس برای ساختار خرپای ۷۲ محوری

واحد	مقدار	ورودی های طرح
N/m^2	$6.98 * 10^{10}$	مدول الاستیسیته
Kg/m^3	2770	چگالی
kg	2770	شده جرم اضافه برای گره های ۱و۲و۳و۴
m^2	$0.6452*10^{-4}$	کمترین عرض طراحی
Hz	$\omega_1 = 4Hz, \omega_3 \geq 6Hz$	محدودیت فرکانس

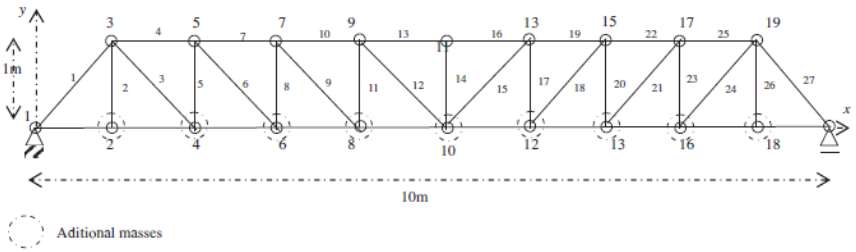
جدول ۶ –مقاطع طرح بهینه برای خرپای ۷۲ عضوی

گروه	konzelman(1986)	sedaghati(2005)	new method
1-4	3.499	3.499	*2.25*
5-12	7.932	7.932	*9.11*
13-16	0.645	0.645	*0.645*
17-18	0.645	0.645	*0.645*
19-22	8.056	8.056	*7.95*
23-30	8.011	8.011	*7.70*
31-34	0.645	0.645	*0.645*
35-36	0.645	0.645	*0.645*
37-40	12.812	12.812	*13.47*
41-48	8.061	8.061	*8.25*
49-52	0.645	0.645	*0.645*
53-54	0.645	0.645	*0.645*
55-58	17.279	17.279	*18.37*
59-66	8.088	8.088	*7.05*
67-70	0.645	0.645	*0.645*
71-72	0.645	0.645	*0.645*
weight(kg)	327.605	327.605	*328.4*

مثال ۳:

این مثال ابتدا توسط (Wang,2004) با استفاده از روش تغییر گره تکوینی وLingyan با استفاده از الگوریتم *NHGA* مورد بررسی قرار گرفته است. وزن های غیرسازهای *m=10kg* به هر یک از گره های پایینی نسبت داده شده اند وبه عنوان اجزای محوری بـا حـوزه مقطـع عرضی مستطیلی$4*10^{-2}\ m^2$ مدل سازی شـده اسـت. محـور هـای دیگر به عنوان اجزای محوری ساده در حوزه های مقطع اولیه $1*10^{-4}\ m^2$ مدل سازی شده اند. ویژگـی هـای مـاده بـرای اجـزای محوری به صورت $E=2.1*10^{11}\ N/m^2$ و $\rho = 7800\ ^{kg}/_{m^2}$ محاسبه شده اند. پارامترهای مورد استفاده برای الگوریتم pso در جدول لیست شده اند. سه محدودیت در

فرکانس طبیعی اول وجود دارند بنابراین $\omega_1 \geq 20Hz$ و $\omega_2 \geq 40Hz$ و $\omega_3 \geq 60Hz$ می باشند بنابراین یک مسئله خرپای بهینه سازی شده با سه محدودیت فرکانسی و نوزده متغیر طراحی در نظر گرفته شده است.



شکل ۳- خرپای ۳۷ عضوی

جدول۷ - مقاطع طرح بهینه برای خرپای ۳۷ عضوی

متغیر	Wang(2004)	Lingyun(2005)	new method
$y_3, y_{19}(m)$	1.2086	1.1998	1.08
$y_5, y_{17}(m)$	1.5788	1.6553	1.58
$y_7, y_{15}(m)$	1.6719	1.9652	1.90
$y_9, y_{13}(m)$	1.7703	2.0737	2.09
$y_{11}(m)$	1.8502	2.305	2.20
$A_1, A_{27}(cm^2)$	3.2508	2.8932	3.13
$A_2, A_{26}(cm^2)$	1.2364	1.1201	1.21
$A_3, A_{24}(cm^2)$	1	1	1
$A_4, A_{25}(cm^2)$	2.5386	1.8655	2.20
$A_5, A_{23}(cm^2)$	1.3714	1.5962	1.44
$A_6, A_{21}(cm^2)$	1.3681	1.2642	1.53
$A_7, A_{22}(cm^2)$	2.429	1.8254	2.13
$A_8, A_{20}(cm^2)$	1.6522	2.0009	1.65
$A_9, A_{18}(cm^2)$	1.8257	1.9526	1.53
$A_{10}, A_{19}(cm^2)$	2.3022	1.9705	1.37
$A_{11}, A_{17}(cm^2)$	1.3103	1.8294	1.41
$A_{12}, A_{15}(cm^2)$	1.4067	1.2358	2.01
$A_{13}, A_{16}(cm^2)$	2.1896	1.4049	1.26
$A_{14}(cm^2)$	1	1	1.08
Weight(kg)	366.50	368.84	366.42

۷- نتایج

با توجه به نتایج بدست آمده از مثال ها می توان دریافت که روشی که در انجام تحقیق استفاده شد جواب های بهینه تری نسبت به سایر روش ها می دهد همچنین کنترل فرکانس و محدود کردن آن به مقدار خاص، باعث می شود تا میزان ارتعاش سازه کم شده و درنتیجه آن ، خیز و تنش در سازه نیز به حداقل مقدار برسد.

با توجه به اینکه در این روش جواب های بهینه تری بدست آمد پس سازه ما سبکتر بوده و در نتیجه به لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

از مزایای الگوریتم PSO نسبت به سایر روش ها می توان به سادگی کار با آن و به دور بودن از پیچیدگی های محاسباتی را نام برد. در این پایان نامه روش PSO با در نظر گرفتن ذرات غیر مجاز برای بهینه سازی سازه های خرپایی با در نظر گرفتن قیود دینامیکی بهبود داده شده است.

۸- منابع:

[1]- Venter, G. and sobieszczanski-sobieski.,(2002) particle swarm optimization in proc. AIAA /ASME/ ASCE/AHS/ASC Structures,structural Dynamics, and Materials Conf.(held in Denver , Co)

[2]- Kennedy J , Eberhart Rc .A discrete binary version of the particle swarm algorithm.Int Conf syst Man Cybernet;1997-4104-8

[3]- Eberhart, R. and Shi, Y .,(1998), A modified particle swarm optimizer, proc. Of 1998 IEEE world congress on computational intelligence, Anchorage,pp 69-73

[4]- قاسمی محمد رضا، مالکی فردجواد و ارجمند محمد. بهینه سازی توپولوژی سازه های خرپایی با استفاده از الگوریتم ذرات اصلاح شده، اولین همایش ملی سازه، زلزله و ژئوتکنیک، ۱۳۸۹

Optimum design of truss structures using particle swarm optimization considering dynamic constraints

Siamak Talatahari
Assistant Professor, Departmen of Civil Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran
Hamed Ebraimzadeh
Master of Science in Civil Engineering-Structure, Islamic Azad University, Ahar Branch, Ahar, Iran

ABSTRACT

These days, truss structures becomes more important due to their high performance. The benefits of frequent use of this particular type of structures include the participation of all members on dividing and distributing of loads, robustness (this means that the collapse of a limited number of members does not necessarily lead to the collapse of the main structures), covering large spans with minimum consumption, ease implementing, etc. Therefore, the optimization of truss structures can play a significant role on reducing costs. The particle swarm optimization algorithm has a number of advantages compared to other algorithms, which make it superior; some of these benefits is as: a small number of regulatory parameters, good use of required memory and high speed of convergence. The frequency resonances of the structures were selected as the constraints due to prevent large deformation and thereby prevent structural damage. The results of the new proposed algorithm is far better than the original PSO algorithm and other algorithms used in this research in both the rate of convergence and the quality of solutions for finding optimum design of truss structures considering dynamic constraints.

Kay words: Gptimization, Truss structures, paritical swarm optimization, dynamics constraints.