جدول ۱۲ ردیف ۶۱

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
هفتمین کنفرانس سیستم‌های هوشمند
۲۹ و ۳۰ آذر و اول دی ماه ۱۳۸۴

C.I.S
7th Conference on Intelligence Systems - K.N.T. University of Technology, Tehran, Iran - 2005

K.N.T.U

Tehran Nasir Toosi University

جدول نشستهاي كنفرانس

براي مشاهده مقاله، بر روي مقاله مورد نظر كليك نماييد

سالن A	سه شنبه ساعت ۱۱:۰۰ الي ۱۲:۳۰
نشست موازي اول	دکتر خاکی صدیق - دکتر غفاری - مهندس علیاری

موضوع نشست: کنترل هوشمند (۱)

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان
۱	کنترل سیستم پاندول وارونه به کمک شبکه عصبي گاما	حنیف طاهر سیما محمد تشنه لب
۲	Fuzzy Linear Quadratic Regulator Controller Design	محمد حداد ظریف محمدعلي صدرنيا
۳	تنظيم پارامترهاي يك كنترل كنندة PI با استفاده از شبكهCA	مهدي صفا علي خاكي صديق بيژن معاوني
۴	تنظيم بهينه پارامترهاي كنترل كننده مد لغزشي باروش بهينه سازي اجتماع پرندگان	حميد رضا مدرس علي اكبر قره ويسي محمد علي واحدي زاده محمود سموات
۵	Application of Reinforcement Learning to Control System Design	Mahdieh shadi S. D. Katebi

سالن B	سه شنبه ساعت ۱۱:۰۰ الي ۱۲:۳۰
نشست موازي اول	دکتر اکبري‌زاده توتونچي- دکتر فاتحي- دکتر ميرعابديني

موضوع نشست : ردیابی هوشمند اهداف

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان
۱	بهره گيري از الگوريتم مورچگان جهت بهينه سازي همكاري عاملها در دستيابي به هدف گريزان	عليرضا انصاري امير حسين انصاري
۲	On Competitive Reinforcement Learning of Preys and Predators	محمدرضا اكبرزاده مرتضي‌خادمي سربيشه‌اي تقي زاده- طيراني كاهوكار
۳	تصميم گيري مجرد عامل هاي فوتباليست مبتني بر وضعيت جمعي	سيد هاشم داورپناه عليرضا انصاري وحيده بانيگل محمد رياضت
۴	Formation of Football Teams without Explicit Coordination	روزبه دانشور مازيار احمد شعربافي كارو لوكس عليرضا فصيح
	Implementing a CBR model on MAS to	عليرضا انصاري

۲	Designing of Fuzzy Logic Controller for Parallel Hybrid Electric Vehicles	م. محبي م. چرخ گرد م. فرخي
۳	شبيه سازي كنترل ارتعاشات تير هوشمند به روش اجزاو محدود	جليل رضايي پژند علي توكلي
۴	حل مساله سينماتيک معكوس در رباتهاي افزونه با استفاده از اتوماتهاي سلولي باز	سيد عليرضا متوليان سعيد شيري محمد رضا ميبدي
۵	بهينه سازسي نيروهاي لرزشي مكانيزم چهار ميله در فضاي محدود با استفاده از الگوريتم ژنتيک	اميد مظاهري حبيب رجبي مشهدي عبدالرحمن جامي الاحمدي

سالن D	سه شنبه ساعت ۱۷:۰۰ الي ۱۸:۳۰
نشست موازي سوم	دكتر حسيبي -دكتر حسينی-دكتر باستاني

موضوع نشست : مهندسی پزشکی -پردازش تصویر

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان
1	CT and MRI Images Registration Based on Mutual Information	حسن قاسميان سبلان دانشور
۲	ارايه ي يک سيستم هوشمند در آشكارسازي لبه هاي تصاوير سونوگرافي	علي رفيعي محمد حسن مرادي محمد رضا فرزانه
۳	A time domain approach for EEG spike detection: Improving the technique	حميد حسن پور MB.MALARVILI
۴	تشخيص خودكار آريتمي هاي قلبي با استفاده از سيگنال تغييرات نرخ ضربان قلب(HRV)	بابک محمدزاده اصل سيد كمال الدين ستاره دان
۵	تشخيص خودكار مراحل خواب با استفاده از جدول جستجوي فازي	مهدي آذرنوش محمدرضا اكبرزاده توتونچي

سالن A	چهار شنبه ساعت ۸:۳۰ الي ۱۰:۰۰
نشست موازي چهارم	دكتر اعرابی - دكتر مشيری - مهندس عاروان

موضوع نشست : کنترل مدلسازی / شناسایی

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان
۱	خود سازماندهي در مدلسازي به كمك شبكه عصبي - فازي	عطيه سرابي جماب ايمان محمدزمان علي اكبر افضليان
۲	تركيب هوشمند اطلاعات در سيستم تلفيقي GPS/INS توسط شبكه عصبي توسعه يافته	علي اسديان بهزاد مشيري علي خاكي صديق
۳	مدل‌سازي مقاومت مارشال در تثبيت خاك با امولسيون و سيمان با استفاده از شبكه عصبي-فازي و بهينه‌يابي هزينه‌ها توسط الگوريتم ژنتيك	مجتبي قاسمي سهيل فاطري سيد مرتضي مرندي محمد تشنه لب
۴	بررسي عملكرد شبكه تطبيقي عصبي فازي در سيستم تلفيقي GPS/INS	علي اسديان بهزاد مشيري علي خاكي صديق
۵	شناسايي خطاهاي آنالوگ با استفاده از شبكه عصبي فازي احتمالي مقاوم	رضا عسگري كريم محمدي

سالن B	چهارشنبه ساعت ۸:۳۰ الي ۱۰:۰۰
نشست موازي چهارم	دكتر ابريشمی مقدم - دكتر اكبرزاده توتونچی

موضوع نشست : پردازش تصویر

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده/نویسندگان

بهینه‌سازی نیروهای لرزشی مکانیزم چهار میله در فضای محدود با استفاده از الگوریتم ژنتیک

امید مظاهری
دانشجوی کارشناسی
مکانیک جامدات*

حبیب رجبی مشهدی
عضو هیئت علمی گروه برق
دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی

عبدالرحمن جامی الاحمدی
عضو هیئت علمی گروه مکانیک
دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی

چکیده

طراحی سیستم‌های دینامیکی، بدون توجه به اثرات ناشی از دینامیک سیستم، مشکلات زیادی را پدید می‌آورد. در ماشین آلات دوار و مکانیزم‌ها، علاوه بر نیروهای خارجی سیستم، نیروهای ناشی از جرم اعضا نیز از اهمیت بسزایی برخوردارند. این نیروها، ارتعاشاتی را در شاسی دستگاه ایجاد می‌کنند که باید مبادرت به حذف آنها نمود. در این مقاله، مسئله بهینه‌سازی نیروهای لرزشی یک مکانیزم چهار میله مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. گر چه حل‌های تحلیلی این مسئله موجودند، ولی بدلیل اینکه در اکثر کاربردهای عملی، جواب‌های تحلیلی قابل پیاده شدن نیستند، سعی شده است با ارائه یک روش جدید بر پایه الگوریتم‌های ژنتیک، این نیروها را به حداقل رساند. انعطاف‌پذیری الگوریتم‌های ژنتیک در مدلسازی مسائل پیچیده، امکان لحاظ نمودن شرایط خاص مسئله و دستیابی به جواب‌های خوب و قابل پیاده‌سازی را فراهم می‌سازد. بدین منظور در این مقاله، ضمن تشریح صورت مسئله، با انتخاب یک تابع هدف مناسب، کارایی این روش و مزایای آن در بهینه سازی نیروهای لرزشی یک مکانیزم چهار میله بررسی می‌گردد.

کلمات کلیدی: الگوریتم‌های ژنتیک، نیروهای لرزشی، توازن نیرویی مکانیزم

۱- مقدمه

یک مکانیزم، مجموعه‌ای از اعضای مقاوم است که نسبت به یکدیگر قابلیت حرکت داشته و یک عضو بعنوان عضو مبنا ثابت باشد. اگر تعداد اعضا چهار تا باشد، و زوج‌های سینماتیکی آنها از نوع پست[1] باشد، به آن، چهار میله‌ای می‌گویند. چهار میله‌ای‌ها کاربردهای زیادی در صنعت دارند. می‌توان آنها را در دستگاه‌های تراش، پرس، پانچ، زیردریایی‌ها، موتور اتوموبیل و ... مشاهده نمود. بدلیل اینکه اعضای مکانیزم دارای جرم و عموما حرکات شتاب‌دار با شتاب متغیر هستند، در طول کورس کاری عضوها، نیروهای اینرسی به هر عضو وارد می‌شود. برایند این نیروها به زمین منتقل می‌گردد. طبق قانون سوم نیوتن، عکس العمل این نیروها به پایه‌های مکانیزم وارد می‌شود و ارتعاشات پایه را فراهم می‌آورند. این نیروها که بطور تناوبی به کل مکانیزم وارد می‌شوند، نیروهای لرزشی نامیده می‌شوند. در این مقاله، نیروهای لرزشی یک مکانیزم، با دو روش تحلیلی و استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک، در فضای نامحدود بهینه می‌شوند و با مقایسه نتایج، از الگوریتم ژنتیک، جهت حل مسئله با در نظر گرفتن محدودیت فضا، استفاده می‌شود. ساختار مقاله بدین شرح است.

---

*M.Sc. Student of mechanical Eng., Email: O.mazaheri@gmail.com

[1] Lower pair

در بخش ۲ مقدمه‌ای در باره مکانیزم‌ها و توازن نیروهای لرزشی در آنها، ارائه می‌شود. بخش ۳، الگوریتم ژنتیک، تابع هدف و نحوه کد کردن مسئله در GA را بیان می‌کند و در بخش ۴ با حل یک مسئله نمونه، جواب‌ها بررسی می‌گردند. نهایتا در بخش ۵ با ارزیابی جواب‌ها به نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

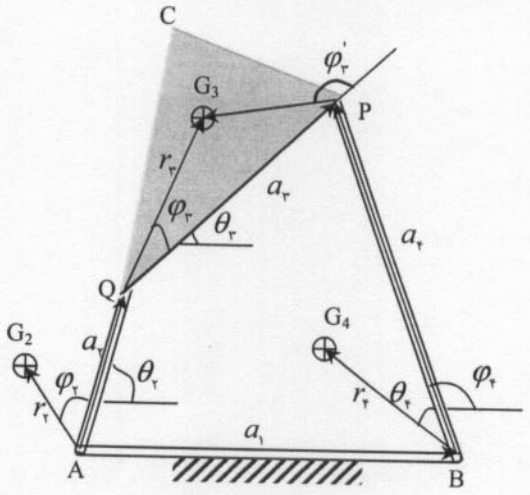
۲- توصیف مسئله تعادل نیرویی

هنگامی که یک مکانیزم میله‌ای حرکت می‌کند، نیروها را به پایه های نصب خودش وارد می‌کند. اگر مکانیزم متوازن نشده باشد، این نیروها منجر به ارتعاش، نویز، سایش و مسئله خستگی می‌شوند. Berkof و Lowen [۱]، به تشریح کامل این مسئله پرداخته‌اند. آنها دو روش مکمل یکدیگر را جهت حذف نیروها و ممان‌های لرزشی وارد به زمین، ارائه کرده‌اند. توازن نیروها با استفاده از مجموعه بردارهای تابع زمانی خطی انجام می‌شود. این بردارها، توزیع جرم و موقعیت مراکز اجرام را تعریف می‌کنند، بطوریکه مرکز جرم کل سیستم در طی کار آن ثابت می‌ماند. لذا برای یک مکانیزم متوازن شده از نظر نیرویی، بردار برایند نیروهای منتقل شده به زمین، صفر است. اگر چه توازن نیرویی، موجب حذف ممان لرزشی منتقل شده به زمین نمی‌شود، برای دستیابی به توازن کامل، معادله اندازه حرکت نیز باید برای سیستم نوشته شود. هنگامی ممان‌های لرزشی صفر می‌شوند که بردار برایند آنها، صفر شود. این کار با افزودن جرم‌های اضافی به سیستم انجام می‌شود. با این کار در واقع، مرکز جرم کلی سیستم، به نحوی تغییر می‌کند که نیروها و ممان‌های لرزشی وارد به سیستم، بهینه شوند.

در شکل ۱، یک چهار میله‌ای نمونه RRRR[1] نشان داده شده است. در این مکانیزم، میله ۱، زمین می‌باشد. میله ۲ با مرکز جرم G2، ورودی مکانیزم است. مرکز جرم عضو ۳ یا عضو شناور، در G3 می‌باشد و بطور مشابه، مرکز جرم میله ۴ در G4 است.

پارامتر های استفاده شده در شکل ۱ به شرح زیر می‌باشند:

طول میله‌های اول تا چهارم	a_i	جرم کل مکانیزم	M
زاویه میله ها با محور x	θ_i	نیروی وارد بر هر میله	F_i
شتاب نقطه Q مشخص شده در شکل ۱	a_{Qx}, a_{Qy}	جرم میله‌های ۲ و۳ و۴	m_i
شتاب نقطه P مشخص شده در شکل ۱	a_{Px}, a_{py}	زاویه نسبی مرکز جرم هر میله	φ_i
بردار مشخص کننده مکان مرکز جرم هر میله	r_i	بردار مکان مرکز جرم کلی مکانیزم	r_s



[1] چهار مفصل از نوع Revolute می باشند.

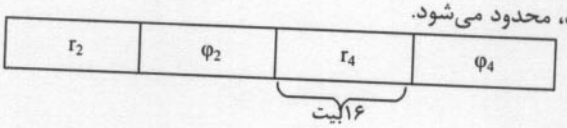
شکل ۱) پارامترهای استفاده شده در مسئله

برای حذف نیروهای لرزشی مکانیزم، با افزودن جرم‌های تعادل و جابجا کردن مرکز جرم میله‌های ۲ و ۴ را به نقطه‌ای منتقل می‌کنند که مرکز جرم کلی سیستم با اجرای مکانیزم، تغییری نکند. معادلات ۱۲ و ۱۳ در ضمیمه، موقعیت مراکز اجرام میله‌های ۲و ۴ را مشخص می‌کند. در این صورت، نیروی لرزشی ثابتی از نظر اندازه و جهت به پایه‌های نصب سیستم وارد می‌شود. این نیروی ثابت موجب ایجاد مشکلات ذکر شده در قبل نمی‌شود. روش تحلیلی بالانس کردن مکانیزم چهارمیله در ضمیمه آمده است. اما در عمل همواره نمی‌توان جواب‌های تحلیلی را پیاده سازی نمود و گاهی مناسب است که جواب‌هایی که نسبتا خوب هستند انتخاب شوند. درواقع با انجام مصالحه بین میزان خوب بودن جواب و میزان هزینه لازم برای رسیدن به جواب‌های تحلیلی، جواب بهینه انتخاب می‌شود. در این بررسی، سعی شده است که با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیکی، بتوان توازن نیرویی یک مکانیزم چهار میله را به طور مقید انجام داد.

۳- الگوریتم ژنتیک و کد نمودن مسئله

الگوریتم‌های ژنتیک، یک روش جستجوی موازی و تصادفی هستند که از تکامل طبیعی برای حل مسائل مختلف بهینه‌سازی، برنامه‌ریزی اتوماتیک، مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده و ... استفاده می‌کنند. این الگوریتم که کاربردهای آن در بهینه‌سازی مشهودتر است، جستجوی خود را با یک جمعیت تصادفی در فضای تصمیم‌گیری شروع می‌کند. هر شخص در این جمعیت یک جواب مسئله می‌باشد و معمولا با یک رشته باینری با نام کروموزوم مشخص می‌شود. اصول عملکرد الگوریتم ژنتیک، حرکت از یک جمعیت به یک جمعیت جدید، با استفاده از اپراتورهای زیستی مانند انتخاب، برش، جهش و ... می‌باشد[۳]. دو گام مهم برای تبدیل یک مسئله بهینه‌سازی به یک مسئله بهینه‌سازی تکاملی، تعریف کروموزوم و تابع برازندگی می‌باشد.

در این مسئله، چهار پارامتر مختلف داریم که باید تنظیم شوند. آنها عبارتند از دو پارامتر مربوط به فاصله مرکز جرم میله‌های۲ و ۴ و دو پارامتر مربوط به زاویه آن‌ها نسبت به میله‌های متناظرشان (مطابق شکل ۱، r_2، φ_2، r_4 و φ_4). این پارامترها با هم یک فرد را در الگوریتم ژنتیک تشکیل می‌دهند. اگر طول فرد ۶۴ بیت باشد، به هر متغیر ۱۶ بیت اختصاص می‌یابد. به نظر می‌رسد که برای عملی بودن طرح، متغیرهای مربوط به فاصله مراکز اجرام، نباید از حداکثر طول هر عضو، بیشتر شود، و نیز متغیرهای مربوط به زاویه، بر حسب رادیان از نظر اندازه کمتر از π هستند، لذا با قرار دادن دو بیت مربوط به عدد صحیح به هر سلول و ۱۳ بیت اعشاری (معادل دقت ۴ رقم اعشار) و یک بیت علامت، ناحیه جستجوی الگوریتم به فضای درون یک فوق مکعب، محدود می‌شود.



پس از تعیین ساختار کروموزوم، اکنون بایستی تابع برازندگی را جهت مقایسه کروموزوم‌ها برای حل این مسئله، معرفی نمود. لیکن باید مولفه‌های نیروی برایند وارد بر مکانیزم در محورهای x و y محاسبه گردد. در یک سیکل کامل یک مکانیزم، نیروهای لرزشی تابعی از زاویه دوران عضو ورودی می‌باشند. با شبیه سازی سیستم، تمامی مشخصات سینماتیکی سیستم از جمله شتاب‌ها، بدست می‌آیند و با استفاده از آن‌ها، مقادیر نیروها بدست می‌آیند. مقادیر نیروهای وارد بر میله‌ها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_2 = m_2 a_{G_2}$$
$$F_3 = m_3 a_{G_3 / fram}$$
$$F_4 = m_4 a_{G_4} \qquad (۱)$$

که در آن مقادیر شتاب‌ها عبارتند از:

$$a_{G_2} = \omega_2 \times (\omega_2 \times r_2) + \alpha_2 \times r_2 \qquad (۲)$$

$$a_{G_3/fram} = a_{G_3/Q} + a_{Q/fram}$$
$$a_{G_3/Q} = \omega_3 \times (\omega_3 \times r_3) + \alpha_3 \times r_3$$
$$a_{Q/fram} = \omega_2 \times (\omega_2 \times a_2) + \alpha_2 \times a_2 \qquad (۳)$$
$$a_{G_4} = \omega_4 \times (\omega_4 \times r_4) + \alpha_4 \times r_4 \qquad (۴)$$

کل نیروی لرزشی وارد به مکانیزم، برابر است با جمع برداری نیروهای F_2، F_3 و F_4.

$$F = \begin{vmatrix} F_x = F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\ F_y = F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} \end{vmatrix} \qquad (۵)$$

نیروی F عنوان شده با رابطه (۵) مربوط به زاویه ورودی θ_2 می‌باشد. با تغییر این زاویه، می‌توانیم نیروی F مربوط به زاویه جدید را بدست آورده و نیروی لرزشی را بعنوان تابعی از زاویه ورودی محاسبه نمود. هدف کلی به حداقل رساندن اندازه نیروی F می‌باشد. اگر اندازه نیروی بدست آمده در زاویه $(\theta_2)_i$ را با F_i نمایش دهیم می‌توانیم تابع برازندگی را با جمع وزنی میانگین این نیروها و مقدار ماکزیمم آن، بدست آوریم. با توجه به اینکه هدف عبارت است از به حداقل رساندن نیروی برایند در همه نقاط کاری که مکانیزم در یک سیکل از آنها عبور می‌کند، می‌باشد، تابع برازندگی به شکل زیر تعریف می‌گردد. یعنی:

$$f = \frac{1}{\theta_{stop} - \theta_{start}} \int_{\theta_{start}}^{\theta_{stop}} |F| d\theta + C \max(|F|) \qquad (۶)$$

ترم اول این رابطه، مقدار متوسط نیروی برایند را در بازه کاری مینیمم می‌کند و ترم دوم آن باعث مینیمم شدن مقدار ماکزیمم نیروی برایند می‌شود. این ترم از بروز نیروهای ضربه‌ای به سیستم در جواب بهینه، جلوگیری می‌کند. به نوعی می‌توان این دو جمله را بصورت یک مسئله بهینه‌سازی دو هدفی نیز در نظر گرفت. بدیهی است که طراح می‌تواند با کنترل وزن این دو جمله، اهداف مورد نظر خود را بطور دقیقتر در طراحی لحاظ کند.

۴- حل یک مثال عددی

روش حل مسئله بدین صورت است که مرکز اجرام میله‌های ۲ و ۴ را طوری تغییر می‌دهیم تا تابع هدف مینیمم شود. جواب‌های بدست آمده بصورت $\left((mr)_i^*, \varphi_i^*\right)$ می‌باشد. هر عضو، دارای جرم مشخص m_i در محل مرکز جرم خودش، (r_i, φ_i)، است. باید جرم m_i' در محل (r'_i, φ'_i) بگونه‌ای اضافه شود که:

$$\begin{cases} m_i' r_i' e^{\varphi_i'} + m_i r_i e^{\varphi_i} = m^* r^* e^{\varphi^*} \\ m_i' + m_i = m^* \end{cases} \qquad (۷)$$

در معادلات فوق، m_i'، r_i' و φ_i' مجهولند که با سه معادله فوق، قابل دستیابی هستند. m_i' جرم اضافه شده به عضو i در موقعیت (r'_i, φ'_i) است. ولی برای مکانیزم‌های مختلف، برخی از جواب‌ها ممکن است جواب‌های قابل قبولی نباشند. مثلا ممکن است m_i'، مقدار خیلی زیادی شود ویا محلی که جرم باید اضافه شود در موقعیت مناسبی نباشد.

شکل‌های ۲ و۳ گراف‌های دکارتی و قطبی نیرو را برای چهار میله‌ای با مشخصات

$a_1 = .6\,m$, $a_2 = .9\,m$, $a_3 = .75\,m$, $a_4 = 1\,m$

$\theta_1 = 0$, $\theta_2(input)$

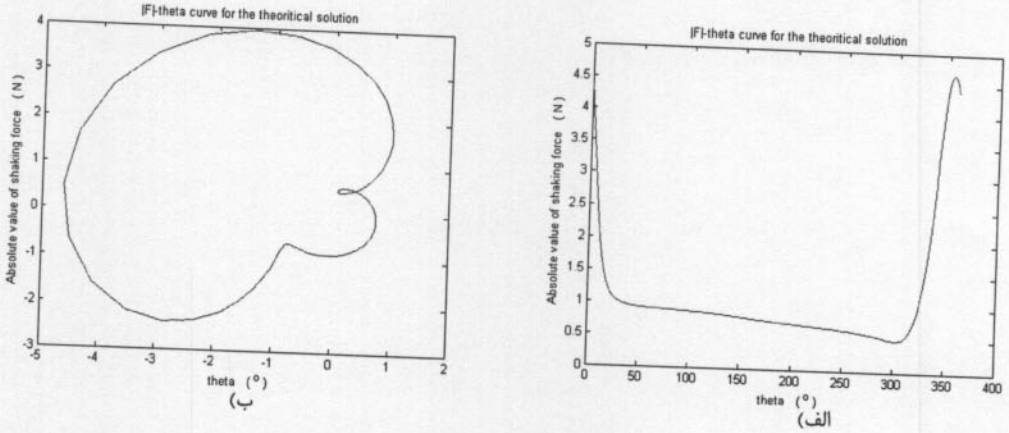
$\omega_2 = 1\,rad/\sec$, $\alpha = 0\,rad/\sec^2$

$r_2 = r_4 = 0$, $r_3 = .25\,m$

$\varphi_2 = \varphi_4 = 0$, $\varphi_3 = 15^\circ$

$m_3 = 1\,kg$

نشان می‌دهند. از حل سینماتیکی مکانیزم، سرعت‌ها و شتاب‌های آن، بدست می‌آیند. بدلیل وجود جرم عضوها، نیروهای اینرسی نسبتا بزرگی به سیستم وارد می‌شود و بدلیل تغییر در اندازه و/ یا جهت این نیروها، آن‌ها بطور نوسانی به مکانیزم وارد می‌شوند و ارتعاشات پایه را فراهم می‌آورند که باید توجه زیادی به حذف آنها نمود.



شکل ۲. الف)نمودار اندازه نیروی لرزشی بر حسب زاویه دوران،ب) نمودار قطبی نیروی لرزشی

جواب‌های حاصل از حل تحلیلی این مسئله عبارتند از:

$m_2 r_2 = .6151\, kgfm \quad \varphi_2 = 172.7486^\circ$

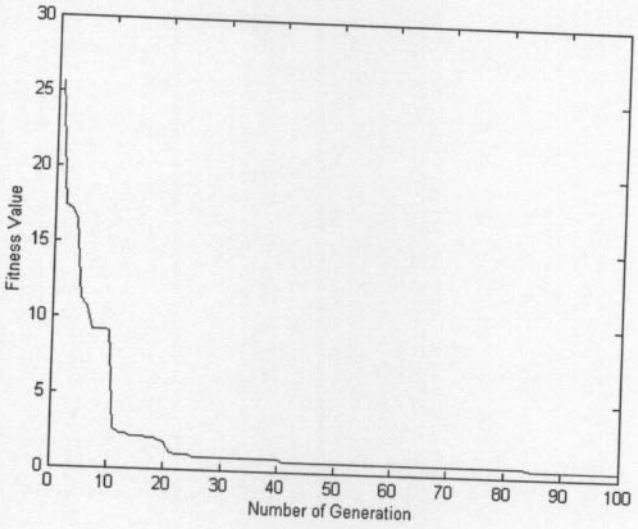
$m_4 r_4 = .3333\, kgfm \quad \varphi_4 = -75^\circ$

همانطور که ملاحظه می‌شود، جواب‌های تحلیلی برای داده‌های فوق، پیشنهاد می‌دهند که مرکز جرم لینک ۲ در محلی باشد که گشتاور $.6151\, kgfm$ به میله ۲ اعمال شود. جرم $6.15\, kg$ در فاصله ده سانتیمتری لولا و زاویه $\varphi_2 = 172.75^\circ$ نسبت به میله، چنین گشتاوری را تولید می‌نماید. اگر جرم میله ۲ برابر $2\, kg$ و به‌صورت متمرکز در وسط آن باشد، آنگاه باید جرم $4.15\, kg$ را در فاصله $.36m$ و زاویه $\varphi' = 177^\circ$ اضافه نماییم تا مرکز جرم، به محل مورد نظر منتقل شود. در واقع برای متوازن نمودن جرم کم میله، باید جرمی افزون بر دو برابر جرم میله افزوده شود. حال، سعی می‌کنیم که جواب‌های الگوریتم ژنتیک را در شرایطی بدست آوریم که قید فضای محدود طراحی را به متغیرها اعمال کنیم. قید اعمال شده برای فضای جستجوی جواب‌ها اینست که فضای جستجوی جواب‌ها بی‌نهایت نیست. قید اعمال شده بر روی فاصله مرکز جرم (r_2 و r_4) اینست که آن‌ها نمی‌توانند از حداکثر یک و نیم برابر طول میله متناظرشان بیشتر شوند و قید اعمال شده بر روی زاویه مرکز جرم میله‌های ۲ و ۴ اینست که آن‌ها در فضای $\left[-\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{6}\right]$ جستجو می‌شوند.

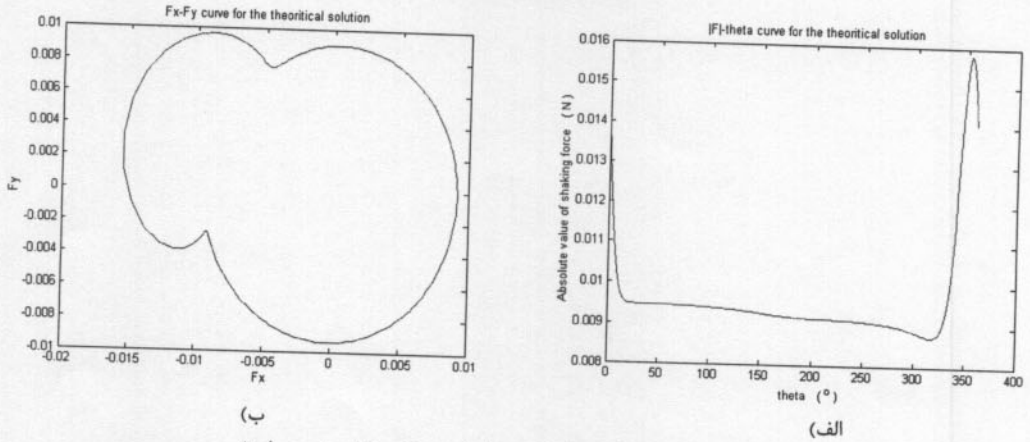
در شکل ۳ نمودار تابع هدف بر حسب تولید نسل، رسم شده است. ملاحظه می‌شود که الگوریتم برای جستجوی جواب در مراحل اول تولید نسل از رشد مناسبی برخوردار است. شکل ۴ الف) نمودار بهترین جواب بدست آمده (بهترین مقدار نیرو) بر حسب زاویه دوران ورودی را نشان می‌دهد و در شکل ۴ ب همان نمودار به فرم قطبی رسم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار ماکزیمم نیرو از $1.3N$ تجاوز نکرده است. همچنین، تغییرات شدیدی در مقدار نیرو و یا جهت آن نداریم. اگر چه این جواب‌ها، نیروهای لرزشی را کاملا حذف ننمودند، ولی مقدار آنها را تا حدی کاهش دادند که از نظر عملی قابل قبول باشد. جواب‌های بدست آمده برای فواصل تعریف شده مراکز اجرام و زوایای آن‌ها عبارتند از:

$m_2 r_2 = .2912\, kgfm \quad \varphi_2' = -16.3287^\circ$

$m_4 r_4 = -.2799\, kgfm \quad \varphi_4' = 12.1465^\circ$



شکل ۳. نمودار تابع هدف بر حسب تولید نسل



ب)

الف)

شکل ۴ الف).جواب بدست آمده برای نیروی لرزشی ب) فرم قطبی نیروی لرزشی

این جواب‌ها مقدار تابع هدف به N ۰۳۳۵۷۴. و مقدار ماکزیمم نیرو را به N ۰۱۵۸.، کاهش دادند که نسبت به جواب‌های تحلیلی در بازه نامحدود، قابل قبول می‌باشد.

۵- نتیجه گیری و بحث

اگر چه این مسئله، دارای جواب‌های تحلیلی است، ولی ممکن است جواب‌های تحلیلی بگونه‌ای باشند که نتوان آن‌ها را پیاده‌سازی نمود و یا حتی ممکن است شرایط کاری، محدوده مشخصی را برای فاصله مرکز جرم لینک‌ها فراهم نماید. مزیت الگوریتم‌های ژنتیک در اینجا کاملا آشکار می‌شود و آن اینست که با استفاده از این الگوریتم‌ها می‌توان جواب‌های بهینه در یک بازه خاصی را جستجو کرد. یعنی بسته به شرایط کاری مورد نیاز، جواب‌های بهینه مناسب را بدست آورد و این در صورتی است که روش‌های تحلیلی در باره جواب‌های نسبتا خوب، هیچ راه حلی پیشنهاد نمی‌کنند.

۶- مراجع

1- Berkof, R.S., Lowen, G.G.,"Theory of shaking moment optimization of force-balanced four-bar linkages", J. Eng. For Ind., Vol. 93 B, NO. 1, 1971, pp 53-60.

2- Erdman, A.G., Sandor, GN.," Advanced Mechanism Design: Analysis and Synthesis ", Vol. 2, pp 435-440.

3- Rajabi Mashhadi, H. et al," Transaction Evaluation and Unit Commitment in a Bilateral Electricity Market Using Genetic Algorithm", European Transaction for Electrical Power (ETEP), Vol. 11, No. 5, Sept/Oct 2001

ضمیمه

اکنون به حل تحلیلی تعادل نیرویی مکانیزم چهار میله می‌پردازیم [۲].

S را بعنوان مرکز جرم سیستم چهار میله‌ای در نظر می گیریم. r_s، موقعیت S را نسبت به نقطه A مشخص می‌کند.

جرم کل سیستم، عبارت است از:

$$M = \sum_{i=2}^{4} m_i \qquad (1)$$

که در آن m_i، جرم میله iام می‌باشد. بنابراین r_s از رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$M.r_s = \sum_{i=2}^{4} m_i.r_i \qquad (2)$$

که در آن بردارهای r_i در شکل ۱ مشخص شده‌اند. با توجه به شکل ۱ می‌توانیم بردار موقعیت مرکز ثقل هر میله بنویسیم.

$$\begin{aligned} \vec{r}_2 &= r_2 e^{i(\theta_2+\varphi_1)} \\ \vec{r}_3 &= r_2 e^{i(\theta_2+\varphi_2)} + a_2 e^{i\theta_2} \\ \vec{r}_4 &= r_2 e^{i(\theta_2+\varphi_1)} + a_1 e^{i\theta_1} \end{aligned} \qquad (3)$$

با جایگزینی روابط (۳) در معادله (۲) داریم:

$$Mr_s = m_2 r_2 e^{i(\theta_2+\varphi_1)} + m_3\left(r_2 e^{i(\theta_2+\varphi_2)} + a_2 e^{i\theta_2}\right) + m_4\left(r_2 e^{i(\theta_2+\varphi_1)} + a_1 e^{i\theta_1}\right) \qquad (4)$$

معادله حلقه بسته برداری زیر نیز باید در تمامی شرایط، حاکم باشد.

$$a_2 e^{i\theta_2} + a_3 e^{i\theta_3} - a_1 e^{i\theta_1} - a_4 e^{i\theta_4} = 0 \quad , \quad \theta_1 = const \qquad (5)$$

معادله فوق نشان می‌دهد که عبارات وابسته به زمان معادله (۴)، مستقل خطی نیستند. معادله (۵) را برای $e^{i\theta_3}$ حل می‌کنیم.

$$e^{i\theta_3} = \frac{1}{a_3}\left(a_4 e^{i\theta_4} + a_1 e^{i\theta_1} - a_2 e^{i\theta_2}\right) \qquad (6)$$

با جایگزینی معادله (۶) در معادله (۴) داریم:

$$M.r_s = \left[m_2 r_2 e^{i\varphi_2} + m_3 a_2 - m_3 r_3 \frac{a_2}{a_3} e^{i\varphi_3}\right] e^{i\theta_2} + \left[m_2 r_2 e^{i\varphi_2} + m_3 r_3 \frac{a_2}{a_3} e^{i\varphi_3}\right] e^{i\theta_3} + \left[m_4 a_1 + m_3 r_3 \frac{a_1}{a_3} e^{i\varphi_3}\right] e^{i\theta_4} \qquad (7)$$

که می‌توان آن را به فرم زیر نوشت.

$$M.r_s = Ae^{i\theta_2} + Be^{i\theta_3} + C \qquad (8)$$

اگر عبارات وابسته به زمان، حذف شوند، یعنی اگر $A=B=0$ آنگاه $M.r_s$ مقدار ثابتی می‌شود و معیار مورد نیاز برای توازن نیرویی، حاصل شده است. اگر $A=0$ آنگاه:

$$m_2 r_2 e^{i\varphi_2} + m_3 a_2 - m_3 r_3 \frac{a_2}{a_3} e^{i\varphi_3} = 0 \qquad (9)$$

با نوشتن معادله حلقه بسته برای مثلث PG_3Q داریم:

$$r_2 e^{i\varphi_2} = a_2 + r_2' e^{i\varphi_2'} \qquad (10)$$

با ترکیب معادلات (۹) و (۱۰) ،داریم:

$$m_1 r_1 e^{i\varphi_1} = m_2 r_2' \frac{a_2}{a_2} e^{i\varphi_2'} \qquad (11)$$

شرط فوق زمانی برقرار است که

$$m_1 r_1 = m_2 r_2' \frac{a_2}{a_2} \quad , \quad \varphi_1 = \varphi_2' \qquad (12)$$

با بررسی شرط B=0 نیز به رابطه

$$m_1 r_1 = m_2 r_2 \frac{a_2}{a_2} \quad , \quad \varphi_2 = \varphi_2 + \pi \qquad (13)$$

می‌رسیم. با برقراری شرایط فوق، مرکز جرم کلی سیستم، با تغییر زمان، تغییری نخواهد کرد و موقعیت مرکز مکانیزم در حین کار مکانیزم جابجا نمی‌شود.

$$r_s = \frac{1}{M}\left(m_1 a_1 + m_2 r_2 \frac{a_1}{a_2} e^{i\varphi_2} \right) e^{i\theta_1} = \frac{1}{M} C \qquad (14)$$