http://mjmec.ir

مجله علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک مدرس

فروردین ۱۳۹۲، دوره ۱۳ شماره ۱ ص ص ۱-۱۲

مقاله پژوهشی کامل
تاریخ دریافت ۹۱/۶/۲۱
تاریخ پذیرش ۹۱/۷/۱۸
ارائه‌درسایت ۹۱/۱۰/۳۰

بهینه‌سازی آستانهٔ واژگونش تانکر خودروهای حامل سوخت بر مبنای طراحی الگوریتم بهینه‌سازی سطح مقطع تانکر

محمدحسن شجاعی‌فرد[۱]، روح‌اله طالبی‌توتی[۲*]، صادق یارمحمدی سطری[۳]

۱- استاد مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
۲- استادیار مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران
* تهران، صندوق پستی ۱۶۸۴۴، rtalebi@iust.ac.ir

چکیده- در این مقاله الگوریتمی جهت بهینه‌سازی سطح مقطع تانکر بر مبنای کمینه کردن همزمان دو تابع گشتاور واژگونش و ارتفاع مرکز جرم سیال و با استفاده از تابع بی‌اسپیلاین پیشنهاد شده است که آستانه واژگونش تانکر را بهبود می‌بخشد. این الگوریتم با دریافت مشخصات ظرفیتی تانکر به عنوان ورودی، تابع بی‌اسپیلاین درجه چهار با ۱۰ نقطه کنترلی را پیشنهاد می‌دهد که پایداری بیشتری نسبت به تانکرهای استوانه‌ای دارد. سپس این تابع با استفاده از الگوریتم ژنتیک در پرشدگی‌های گوناگون بهینه می‌شود. این الگوریتم در ابتدا بر مبنای تابع بی‌اسپیلاین درجه ۳ با ۸ نقطه کنترلی بنا نهاده می‌شود و سپس با بهینه‌سازی و میانگین‌گیری، بازه انتخاب نقاط کنترلی اصلاح شده و تعداد درجه و نقاط کنترلی تابع بی‌اسپیلاین افزایش می‌یابد. پارامترهای مؤثر در بهینه‌سازی این تابع با استفاده از الگوریتم ژنتیک مانند نرخ جهش و تعداد جمعیت ارزیابی شده و نرخ جهش ۴ تا ۶ درصد و جمعیت حداقل ۴۰ نفر به عنوان مناسب‌ترین عملگرها در نظر گرفته می‌شود. الگوریتم ارائه شده در این مقاله، روشی سریع و دقیق برای بهینه‌سازی تانکرهای متفاوت در عین حفظ سادگی کاربری در صنعت می‌باشد که پایداری تانکر را به میزان ۱۰ درصد بهبود می‌بخشد.

کلیدواژگان: آستانه واژگونش، الگوریتم ژنتیک، سطح مقطع تانکر سوخت‌رسان، پایداری تانکرهای سوخت‌رسان.

Enhancing rollover threshold of fuel tanks based on designing optimization algorithm

M.H. Shojaeefard[1], R. Talebitooti[2*], S. Yarmohammadi Satri[3]

1- Prof., Mech. Eng., Iran Univ. of Science and Tech., Tehran, Iran
2- Assoc. Prof., Automotive Eng., Iran Univ. of Science and Tech., Tehran, Iran
3- MSc., Automotive Eng., Iran Univ. of Science and Tech., Tehran, Iran
* P. O. B. 16844 Tehran, Iran. rtalebi@iust.ac.ir

Abstract- In this paper, an algorithm is presented based on using bspline function for optimizing tank cross section. This process minimizes fluid c.g. height and overturning moment and improve rollover threshold of tank vehicles. This algorithm receives tank capacity specifications as inputs and offers fourth order bspline function with 10 control points that has more roll stability, and then optimizes it for different filling conditions. This algorithm is based on the third order bspline function with 8 control points, initially. Therefore, with averaging and optimizing, range of control points is modified and the numbers of control points and degree of bspline function are increased. The results show that, the mutation rate is better to be between 4 and 6%, and the number of individuals in each generation should be at least 40. The algorithm presented in this paper, is a fast and accurate method for optimization of tank cross section in different filling conditions. The Algorithm based on GA maintains simplicity applicable for industries and specially has a rollover threshold of 10% higher than conventional tanks.

Keywords: Rollover Threshold, Genetic Algorithm, Fuel Tank Cross Section, Roll Stability of Fuel Tanker.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

۱- مقدمه

تلاطم سیال در تانکرها، پدیدهٔ نوسان سیال ناشی از حرکت تانکر می‌باشد. حرکت سیال در داخل یک تانکر تا حد زیادی به هندسهٔ تانکر، ارتفاع پر شدن سیال، دامنه‌ها و فرکانس‌های تحریک مختلف وابسته است [۲،۱]. بسته به کاربردهای مختلف، سیستم سازه ممکن است مانند خود تانکر ساده باشد یا مانند یک کامیون تانکر دوبل[1] پیچیده باشد [۳]. در سیستم‌های کوپل سیال-سازه، حرکات تانکر باید از معادلات حاکم بر سیستم سازه استنتاج شود. حرکت تانکر در سه راستای انتقالی و سه راستای دورانی تعریف می‌شود. نیروها و گشتاورهای حاصل از توزیع فشار روی دیواره‌های تانکر، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تانکر و کل سیستم سازه خواهند داشت که به نوبه خود حرکت سیال در تانکر را دستخوش تغییر خواهند کرد. لویی [۱] مطالعاتی در زمینه کوپلینگ دینامیکی یک سیستم سیال-سازه تحت تحریک‌های گذرا انجام داده است. در این مطالعه، سیستم تانکر به عنوان یک سیستم جرم فنر-دمپر مدل سازی شده و طبق قانون دوم نیوتن توصیف می‌شود [۳]. سپس آستانه واژگونش خودروهای تانکردار نیمه‌پر مطالعه شده است [۴]. مدل استاتیکی در صفحه چرخش با در نظر گرفتن حرکت انتقالی عمودی و عرضی محموله سیال، ناشی از زاویه چرخش و شتاب عرضی خودرو در طول دور زدن پایا ارائه شده است. رانگانتان و همکارانش [۵] تأثیر جابجایی بار سیال بر پاسخ دینامیکی یک تریلر را بوسیلهٔ تجمیع مدل استاتیکی سیال با استفاده از مرکز جرم توده سیال در صفحه چرخش توصیف کرده‌اند و با مدل سه بعدی خودرو مورد مطالعه قرار داده‌اند [۶]. پوپوو و همکارانش [۷] به‌منظور بهینه‌سازی شکل مخازن جاده‌ای بیضوی، که با توجه به موقعیت مرکز جرم استاتیکی، گشتاور واژگونش را به حداقل می‌رساند، یک تحلیل عددی انجام داده‌اند. تحقیق مشابهی برای یک تریلر انجام شده که در آن مقطع تانکر دایروی نیست [۸]. در این مطالعات، مرکز جرم توده سیال بر مبنای رابطهٔ هندسی، با این فرض که وقتی سیال در معرض شتاب‌هایی در دو راستای طولی و عرضی قرار گیرد سطح آزاد آن می‌تواند یک صفحه صاف شیب دار باشد، حل شده است. شیفت بار سیال نیز در تحلیل اثرات ترمزگیری و شتاب‌گیری بوسیلهٔ یک مدل کامیون تانکردار دو تریلری مورد استفاده قرار گرفته است [۹]. تانکرهای با سطح مقطع دایروی که به‌صورت کلی در جابجایی سیال به‌کار می‌روند، دارای مرکز جرم بالا اما جابجایی بار جانبی کم تحت شتاب عرضی ثابت می‌باشند و در پرشدگی‌های پایین پایداری بیشتری نسبت به تانکرهای بیضوی و بیضوی اصلاح شده دارند. با توسعه سطح مقاطع بادامی جهت ایجاد سطح مقطعی که در آن هر دو پارامتر ارتفاع مرکز جرم و جابجایی جانبی بار سیال کمینه شود، سطح مقطعی متشکل از ترکیبی از دوایر با شعاع‌های متفاوت بدست می‌آید که پهنای زیادی در پایین و نوک باریکی در بالای تانکر دارد [۱۰]. الگوریتم‌های گوناگونی جهت بررسی تلاطم ارائه شده، منجمله می‌توان به MDO[2]/PSO[3] اشاره کرد که با استفاده از روش بهینه‌سازی PSO، روشی جهت طراحی کشتی‌ها بر مبنای تلاطم موجود در آن‌ها ارائه می‌کند [۱۱]. در برخی بهینه‌سازی‌ها روش بازگشتی بر مبنای الگوریتم شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک بکار گرفته شده و تانکرهای مستطیلی بهینه می‌شوند [۱۲].

در این مقاله تابع بی‌اسپیلاین[4] که نوعی سطح مقطع بادامی است بر مبنای کمینه‌سازی دو پارامتر مؤثر در تلاطم تانکر که عبارتند از گشتاور واژگونش و ارتفاع مرکز جرم، توسعه داده شده است. هدف این تحقیق، ارائه الگوریتمی است که با دریافت تانکر استوانه‌ای به ساده‌ترین شکل، سطح مقطعی را ارائه دهد که بالاترین آستانهٔ واژگونش را داشته باشد. دقت و سرعت همگرایی بهینه‌سازی نیز بررسی شده است تا تأثیر نرخ جهش و تعداد افراد جمعیت و سایر المان‌های بهینه‌سازی مشخص شود. در این مقاله الگوریتمی ارائه شده که با نرخ جهش بین ۴ تا ۶ درصد و حداقل جمعیت ۴۰ نفر، سطح مقطعی با بیشترین آستانه واژگونش در پرشدگی‌های مختلف معرفی می‌کند به‌گونه‌ای که نسبت به روش‌های عددی دقت بالاتری را داشته باشد. فرایند بهینه‌سازی در این الگوریتم تنها با ورود شعاع تانکر که بیانگر مساحت تانکر استوانه‌ای است، آغاز می‌شود (در سایر سطوح مقاطع شعاع معادل محاسبه می‌شود) و خروجی سیستم سطح مقطعی بادامی شکل است که پایداری بیشتری نسبت به سطوح مقاطع دایروی و استوانه‌ای دارا می‌باشد.

1. B-Train Tank Truck

2. Multidisciplinary Design Optimization
3. Particle Swarm Optimization
4. B-Spline

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

۲- تابع بی‌اسپیلاین

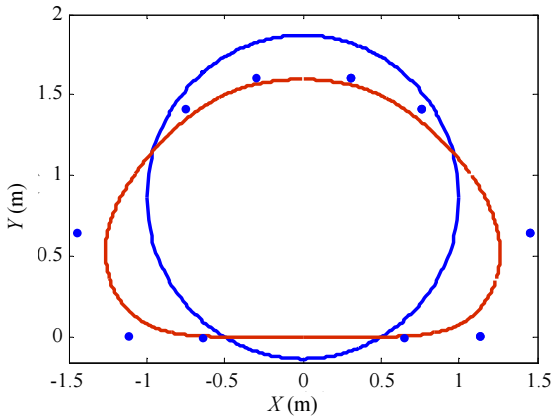
جهت ایجاد اشکال بادامی، از توابعی به نام بی‌اسپیلاین استفاده می‌شود. توابع بی‌اسپیلاین باندهای انعطاف‌پذیری هستند که با استفاده نقاط کنترلی تابع رسم می‌شوند. این توابع، تعدادی منحنی با درجات پایین را به گونه‌ای به یکدیگر متصل می‌کند که پیوستگی منحنی حفظ شود. درجهٔ منحنی مستقل از انتخاب تعداد نقاط کنترلی می‌باشد. محاسبه تابع بی‌اسپیلاین در حالت کلی به‌صورت معادله (۱) می‌باشد.

$$N_i^k(u)=\frac{u-u_i}{u_{i+k-1}-u_i}N_i^{k-1}(u)+\frac{u_{i+k}-u}{u_{i+k}-u_{i+1}}N_{i+1}^{k-1}(u) \quad (۱)$$

i بیان‌گر تعداد نقاط کنترلی، k درجهٔ چند جمله‌ای منحنی بی‌اسپیلاین $N_i^k(u)$ تابع سازندهٔ بی‌اسپیلاین می‌باشد. تابع بی‌اسپیلاین، یک تابع برگشت‌پذیر است به این معنا که مرتبه‌ها بالاتر تابع با استفاده از مرتبه‌های پایین آن نگارش می‌شود [۱۵-۱۳].

در این مقاله، بهینه‌سازی در ابتدا برای تابع درجه ۳ و با ۸ نقطه کنترلی انجام شده است و سپس الگوریتم ارائه شده برای بدست آوردن شکل مطلوب که نوعی شکل بادامی و نزدیک به تابع بیضوی است، بهینه شده است. شکل الگوریتم بهینه بدست آمده برای پرشدگی‌های متفاوت، نوعی شکل مثلثی اصلاح شده با تعدادی انحنا در گوشه‌ها می‌باشد. تعداد نقاط کنترلی تابع جهت افزایش کنترل‌پذیری و نزدیک کردن شکل از حالت مثلثی به بیضوی، ۱۰ عدد انتخاب می‌شود که ۱۰ تکه منحنی را به‌وجود می‌آورد. پس از رسم منحنی در پرشدگی‌های متفاوت، همچنان شکل از حالت بیضوی اصلاح شده فاصله خواهد داشت. در نتیجه درجه منحنی از حالت درجه ۳ به درجه ۴ تغییر پیدا می‌کند (شکل ۱). هدف از بهینه‌سازی در این مقاله بدست آوردن شکلی است که در پرشدگی‌های گوناگون پایداری بیشتری نسبت به تانکرهای بیضوی و استوانه‌ای داشته باشد. در نهایت با انجام بیش از ۱۰۰ نمونه بهینه‌سازی و با میانگین‌گیری در میان نقاط کنترلی الگوریتمی مناسب بدست می‌آید که بیان‌گر نقاط کنترلی و باند آن‌هاست. مناسب‌ترین باند مربوط به هر نقطه با نمونه‌گیری‌های انجام‌شده برابر ۰/۶R است که در جدول ۱ معرفی شده است.

تابع بی‌اسپیلاین درجه ۴ و با ۱۰ نقطه کنترلی به صورت بازگشتی و با استفاده از جملات قبلی بدست می‌آید که در معادله ۲ نشان داده شده است. شکل ۲ فرایند بدست آوردن تابع بی‌اسپیلاین درجه ۴ را به‌صورت کلی نمایش می‌دهد.



شکل ۱ سطح مقطع بهینه تانکر در حالت ۵۰ درصد پرشدگی در حالت درجه ۳ و ۱۰ نقطه کنترلی

جدول ۱ نقاط کنترلی و باند مربوط به هر متغیر

نقاط کنترلی	متغیرهای تابع	قیود نقاط کنترلی
$P_1(x_1,y_1)$	$X(1)=x_1=0.45R$ $X(6)=y_1=1.7R$	$0.3R\le X(1)\le 0.6R$ $1.55R\le X(6)\le 1.85R$
$P_2(x_2,y_2)$	$X(2)=x_2=0.8R$ $X(7)=y_2=1.3R$	$0.65R\le X(2)\le 0.95R$ $1.5R\le X(7)\le 1.45R$
$P_3(x_3,y_3)$	$X(3)=x_3=1.3R$ $X(8)=y_3=0.65R$	$1.15R\le X(3)\le 1.45R$ $0.5R\le X(8)\le 0.8R$
$P_4(x_4,y_4)$	$X(4)=x_4=R$ $X(9)=y_4=0$	$0.85R\le X(4)\le 1.15R$ $-0.15R\le X(9)\le 0.15R$
$P_5(x_5,y_5)$	$X(5)=x_5=0.5R$ $X(10)=y_5=0$	$0.35R\le X(5)\le 0.65R$ $-0.15\le X(10)\le 0.15$

$[u_0 \ , \ u_1)$ $N_{0,1}(u)$, $N_{0,2}(u)$

$[u_1 \ , \ u_2)$ $N_{1,1}(u)$, $N_{0,3}(u)$, $N_{1,2}(u)$, $N_{0,4}(u)$

$[u_2 \ , \ u_3)$ $N_{2,1}(u)$, $N_{1,3}(u)$, $N_{0,5}(u)$, $N_{2,2}(u)$, $N_{1,4}(u)$

$[u_3 \ , \ u_4)$ $N_{3,1}(u)$, $N_{2,3}(u)$, $N_{3,2}(u)$

$[u_4 \ , \ u_5)$ $N_{4,1}(u)$

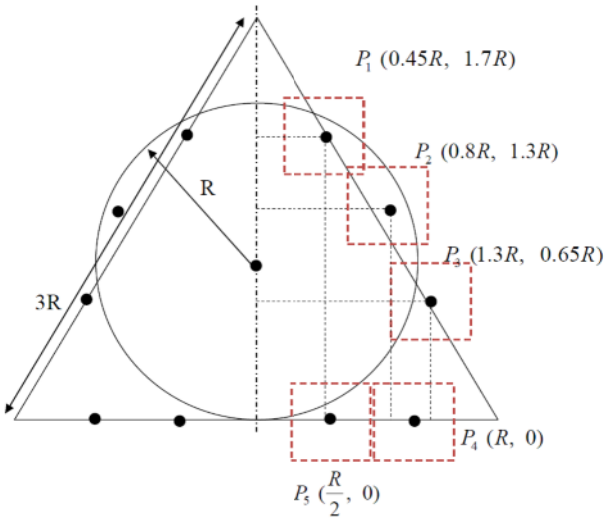
شکل ۲ نمودار بدست آوردن جملات تابع بی‌اسپیلاین

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

الگوریتم شکل ۳، الگوریتمی است بسیار کاربردی در صنعت که اشکال با پیچیدگی بسیار مانند توابع بی‌اسپیلاین را با تنها یک ورودی که شعاع دایرهٔ اولیه است، رسم می‌کند. در مواردی که شکل استوانه‌ای نیست ابتدا سطح مقطع محاسبه شده و سپس دایره‌ای هم مساحت با آن مدل شده و شعاع معادل بدست می‌آید.

۳- محاسبهٔ مرکز جرم سیال در مدل چرخش سطح[1]

مختصات مرکز جرم منحنی بسته، با استفاده از ممان انتگرال‌های سطح بدست می‌آید. در این تحلیل از مدل چرخش سطح با فرض تلاطم شبه استاتیکی سیال استفاده شده است، شتاب عرضی و چرخش تانکر سبب می‌شود تا مرکز جرم سیال از نقطه C_l جابجا شده و به نقطه X_l منتقل شود. C_l مرکز جرم سیال ساکن و X_l مرکز جرم سیال تحت شتاب عرضی می‌باشد. در این تحلیل فرض ما بر این بوده است که زوایای چرخش سیال کوچک باشد. هندسهٔ تانکر ترکیبی است از ۱۰ کمان منحنی شکل که نسبت به محور y متقارن و الگوریتمی عددی جهت بیان مختصات کمان‌های سطح مقطع تانکر استفاده شده است.



شکل ۳ الگوریتم انتخاب نقاط کنترلی در تبدیل شکل دایروی به بی‌اسپیلاین

معادله (۲) سطح آزاد سیال و معادله (۳)، مؤلفهٔ افقی و عمودی تابع بی‌اسپیلاین درجه ۴ را برای نقاط کنترلی متفاوت ارائه می‌دهد.

$$y = x\ \tan\varphi + h_0 \qquad (۲)$$

φ زاویه چرخش سیال، h_0 محل تقاطع محور x با سطح آزاد سیال است.

این تابع توانایی پذیرش هر تعدادی از نقاط کنترلی را دارد اما در این حالت از ۱۰ نقطه کنترلی برای بهینه‌سازی استفاده شده است. نقاط کنترلی به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که نسبت به محور y متقارن باشند. در نتیجه در نهایت ۵ نقطه انتخاب شده است و از آنجا که برای هر نقطه دو مختصه x و y وجود دارد، در مجموع ۱۰ متغیر ورودی وجود خواهد داشت.

$$\begin{cases} X_i(u) = \frac{1}{24}[(u^4-4u^3+6u^2-4u+1)P_{x(i-1)}(u) + \\ \quad (-4u^4+12u^3-6u^2-12u+11)P_{x(i)}(u) + \\ \quad (6u^4-12u^3-6u^2+12u+11)P_{x(i+1)}(u) + \\ \quad (-4u^4+4u^3+6u^2+4u+1)P_{x(i+2)}(u) + \\ \quad u^4 P_{x(i+3)}(u)] \\ Y_i(u) = \frac{1}{24}[(u^4-4u^3+6u^2-4u+1)P_{y(i-1)}(u) + \\ \quad (-4u^4+12u^3-6u^2-12u+11)P_{y(i)}(u) + \\ \quad (6u^4-12u^3-6u^2+12u+11)P_{y(i+1)}(u) + \\ \quad (-4u^4+4u^3+6u^2+4u+1)P_{y(i+2)}(u) + \\ \quad u^4 P_{y(i+3)}(u)] \\ i = 1,\ldots,10 \end{cases} \qquad (۳)$$

۳-۱- تئوری استوکس

تئوری استوکس بر این مطلب دلالت می‌کند که چرخش بردار $F=M_i+N_j$ حول مرز C از صفحه جهت‌دار S (در خلاف جهت عقربه‌های ساعت با دارا بودن بردار نرمال n) برابر انتگرال $\nabla\times F\cdot n$ بر روی S می‌باشد. معادلهٔ (۴) این تئوری را نشان می‌دهد.

$$\oint F\cdot dr = \iint_S \nabla\times F\cdot n\,d\sigma \qquad (۴)$$

$$A = \iint_S f(x,y)\,dX\,dY \qquad (۵)$$

برای $\nabla\times F\cdot n\,d\sigma = dx\,dy$ طرف چپ معادله ۴ برابر سطح

1. Roll Plane

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

محدود به منحنی C در معادله (۶) می‌باشد. تئوری استوکس مساحت را با یک‌بار انتگرال‌گیری بجای دو بار انتگرال‌گیری محاسبه می‌کند.

$$A = \oint_c F \cdot dr = \oint x \cdot dr \cdot j$$
$$= \oint X(u) f'(u) j du = \oint X(u) Y'(u) du \qquad (۶)$$

۳-۲- پارامترهای مشخصهٔ سطح مقطع

مساحت سطح مقطع A و ارتفاع مرکز جرم سیال Y_l، پارامترهای مشخصه در نظر گرفته می‌شود. چرا که مستقیماً با توابع حالت، ظرفیت حمل بار، راندمان حمل و نقل و عملکرد پایداری مستقیم در ارتباط هستند. پهنای نهایی تانکر در معادله (۷) بیان شده است.

$$H_1 = X(u)_{\max} - X(u)_{\min} \qquad (۷)$$

و ارتفاع نهایی نیز به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$H_2 = Y(u)_{\max} - Y(u)_{\min} \qquad (۸)$$

محاسبهٔ سطح مقطع و مختصات مرکز جرم منحنی بستهٔ پارامتریک با استفاده از تئوری استوکس به شکل معادله (۹) بدست می‌آید. به نحوی که S محدوده انتگرال سطح است.

$$\begin{cases} X_l = \frac{1}{A}\iint X dX dY = \frac{1}{A}\oint -X(u) Y(u) X'(u) du \\ Y_l = \frac{1}{A}\iint Y dX dY = \frac{1}{A}\oint X(u) Y(u) Y'(u) du \end{cases} \qquad (۹)$$

۴- مدل چرخش‌صفحه‌ای تانکر

یک خودروی مفصلی با چند محور، با سطح مقطع بهینه برای شبیه‌سازی آستانه واژگونش خودرو در دور زدن پایا فرض شده است. خودروی در نظر گرفته شده دارای ۳ محور می‌باشد که شامل محور جلوی تراکتور کشنده، محور عقب تراکتور کشنده و محور تریلر می‌باشد (شکل ۴). وزن تراکتور کشنده به عنوان دو وزن W_f و W_r، برای محورهای جلو و عقب مدل شده است. با در نظر گرفتن سختی پیچشی k_c برای چرخ پنجم و ساختار تریلر تانکر، مدل چرخش صفحه‌ای تانکر و خودروی مفصلی توسعه داده شده است. فنرهای سیستم تعلیق به صورت عمودی جابجا می‌شوند و سختی فنرها، خطی فرض شده است. وزن‌های فنربندی شده حول مرکز چرخش دوران می‌کند. زاویه چرخش برای جرم‌های فنربندی شده و فنربندی نشده کوچک فرض می‌شود، به‌نحوی که $\sin\theta = \theta$ و $\cos\theta = 1$. تأثیر زاویهٔ مفصلی و تغییر نیرو در محورها به دلیل پیچ[1] خودرو ناچیز در نظر گرفته می‌شود.

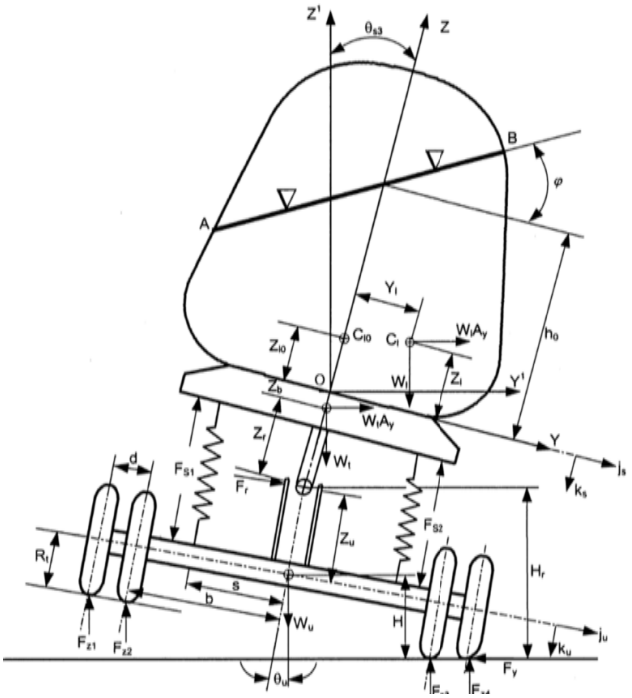
۴-۱- معادلات تعادل استاتیکی خودرو

۴-۱-۱- ممان‌های اعمالی به وزن فنربندی شده

جابجایی بار در nامین جزء ممان چرخش اعمالی به وزن فنربندی شده شامل ممان‌های اعمالی ناشی از سیستم تعلیق، سختی پیچشی تراکتور کشنده و ساختار تریلر تانکر، نیروهای جانبی اعمالی به مرکز چرخش، نیروهای جانبی جرم فنربندی و ممان‌های ناشی از جابجایی بار مایع در هر جزء است.

مجموع ممان‌ها حول مرکز جرم فنربندی شده=۰

$$\sum M_s = \Delta F_{ri} Z_{ri} + (FS_{i1} + FS_{i2}) Z_{ri}$$
$$(\Delta\theta_{si} - \Delta\theta_{ui}) + \Delta(FS_{i1} - FS_{i2}) S_i$$
$$+ \Delta\alpha_i + \Delta\beta_i + \Delta\gamma_i + \Delta\delta_i + \Delta\xi_i = 0 \qquad (۱۰)$$



شکل ۴ مدل چرخش سطح خودرو تانکر [۱۰]

$i = 1, 2, 3$ بیان‌گر محورهای ترکیبی جلوی کشنده تراکتور به ترتیب، S_i نصف پهنای جانبی سیستم تعلیق، FS_{ij} نیروی ناشی

1. Pitch

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

از فنر j در محور i که در ترم k_{ij} فنر بیان می‌شود.

زوایای چرخش وزن‌های فنربندی شده و فنربندی نشده (θ_{si} و θ_{ui}) و حرکت عمودی وزن فنربندی با در نظر گرفتن وزن جرم فنربندی نشده Z_{ui}.

$$FS_{ij} = k_{ij}\left(Z_{ui} + (-1)^{j}\left(\theta_{si} - \theta_{ui}\right)\right);$$
$$j = 1,2 \quad i = 1,2,3 \qquad (11)$$

F_{ri} نیروی اعمالی به مرکز چرخش است که فرض می‌شود به فاصله Z_{ri} زیر مرکز گرانش وزن فنربندی اعمال شود. Z_{ui} حرکت عمودی جرم فنربندی نشده محور i در طول محور ku، θ_{ui} زاویهٔ چرخش وزن فنربندی نشدهٔ iام.

$$\begin{cases} W_{s1} = W_f + W_{fr} \\ W_{s2} = W_r + W_5 - W_{fr} \\ W_{s3} = W_t + \sum W_l^{(k)} - W_5 \end{cases} \qquad (12)$$

W_{fr} نیروی برشی عمودی اعمالی به فریم تراکتور، W_5 نیروی عمودی اعمالی به چرخ پنجم، $W_l^{(k)}$ بارهای اعمالی بر سیال که به ترتیب به محور iام اعمال می‌شود، k_c سختی پیچشی چرخ پنجم در ساختار تانکر، α_i، β_i، γ_i، δ_i، ξ_i ممان‌های ناشی از سختی پیچشی فریم تانکر و k_{tr} سختی ناشی از فریم تانکر می‌باشد. این ممان‌های چرخشی اضافی به شیوهٔ زیر بیان می‌شود.

ممان‌های اعمالی به دلیل سختی پیچشی فریم تانکر:

$$\Delta\alpha_i = \begin{cases} (-1)^{i+1} k_{tr}\left(\Delta\theta_{s2} - \Delta\theta_{s1}\right); & i = 1,2 \\ 0; & i = 3 \end{cases} \qquad (13)$$

ممان‌های اعمالی به دلیل نیروی برشی W_{fr} که به فریم تانکر:

$$\Delta\beta_i = \begin{cases} (-1)^{i+1} W_{fr}\left(\Delta a_y - \Delta\theta_{si}\right) Z_{fi}; & i = 1,2 \\ 0; & i = 3 \end{cases} \qquad (14)$$

ممان به دلیل بار اعمالی W_5 به محور پنجم تراکتور و وزن فنربندی تریلر:

$$\Delta\gamma_i = \begin{cases} 0; & i = 1 \\ (-1)^{i+1} k_{tr}\left(\Delta\theta_{s2} - \Delta\theta_{s1}\right); & i = 2,3 \end{cases} \qquad (15)$$

ممان‌های اعمالی به دلیل سختی پیچشی چرخ پنجم و ساختار تریلر k_c:

$$\Delta\delta_i = \begin{cases} 0; & i = 1 \\ (-1)^{i+1} k_{tr}\left(\Delta\theta_{s2} - \Delta\theta_{s1}\right); & i = 2,3 \end{cases} \qquad (16)$$

ممان‌های اعمالی به وزن فنربندی شده به دلیل جابجایی بار $\bar{Z}^{(k)}$ و $\bar{Y}^{(k)}$:

$$\Delta\xi_i = \begin{cases} 0; & i = 1,2 \\ \sum_{k=1}^{n} W_l^{(k)}\left[\Delta\bar{Y}^{(k)}\left(1 + a_y\theta_{si}\right) + \bar{Y}^{(k)}\left(a_y\Delta\theta_{si} + \Delta a_y\theta_{si}\right)\right] - \\ \sum_{k=1}^{n} W_l^{(k)}\left[\Delta\bar{Z}^{(k)}\left(\theta_{si} - a_y\right) + \bar{Z}^{(k)}\left(\Delta\theta_{si} - \Delta a_y\right)\right]; & i = 3 \end{cases} \qquad (17)$$

Z_{5i} فاصله عمودی بین چرخ پنجم و مرکز جرم iام وزن فنربندی شده، Z_{fi} ارتفاع عمودی فریم تانکر با توجه به مرکز جرم فنربندی شده.

۴-۱-۲- ممان‌های اعمالی به وزن فنربندی نشده

معادله ممان چرخشی جرم فنربندی نشده شامل ممان ناشی از تایر و سیستم تعلیق بار جانبی اعمالی به مرکز دوران و نیروهای عرضی توسعه یافته در تایرها می‌باشد. معادله ممان چرخشی nامین وزن فنربندی نشده به شکل زیر بیان می‌شود.

جمع ممان‌های فنربندی نشده حول مرکز گرانش=۰

$$\sum M_u = -\left(FS_{i1} - FS_{i2}\right)s_i + \left(FT_{i1} - FT_{i4}\right)\left(b_i + d_i\right) - \left(FT_{i3} + FT_{i4}\right)y_i + \left(FT_{i2} - FT_{i3}\right)b_i$$
$$FR_i Z_{ui} + F_{yi} H_i + \left(\sum_{j=1}^{4} FT_{ij}\right) R_{ti}\theta_{ui} = 0 \qquad (18)$$

FT_{ij} نیروی عمودی اعمالی بر تایر j حول محور iام، b_i فاصله عرضی بین تایر داخلی و مرکز جرم وزن فنربندی نشده، d_i فاصله بین دوچرخ تایر، y_i فاصله چرخ‌های خارجی، F_{yi} نیروی عرضی توسعه داده شده در محور iام، R_{ti} شعاع تایر محور iام، H_i ارتفاع عمودی مرکز دوران، W_{ui} وزن کل فنربندی نشده محور iام، Z_{ui} محل عمودی مرکز فنربندی نشده از مرکز دوران.

نیروهای عمودی اعمالی به چرخ‌ها در ترم ثابت فنر به نحوی که تایرهای درونی j=1,2 و خارجی j=3,4 به شکل معادلهٔ (۱۹) است:

$$\begin{cases} j = 1,2 \rightarrow \\ FT_{ij} = KT_{ij}\left[\left(b_i + (2-j)d_i\right)\theta_{ui} - H_i\right] \\ j = 3,4 \rightarrow \\ FT_{ij} = KT_{ij}\left[\left(b_i + (j-3)d - y_i\right)\theta_{ui} - H_i\right] \end{cases} \qquad (19)$$

KT_{ij} ثابت فنر عمودی برای تایر j و محور i

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

۴-۱-۳- نیروی اعمالی به فنرهای سیستم تعلیق

نیروها بوسیلهٔ فشرده و کشیده شدن فنرها برای حفظ تعادل در طول محور ku بکار می‌روند.

$$\begin{cases} FS_{i1}+FS_{i2}=W_{si}(1+a_y\theta_{ui}) \\ \Delta(FS_{i1}+FS_{i2})=W_{si}(\Delta a_y\theta_{ui}+a_y\Delta\theta_{ui}) \end{cases} \quad (۲۰)$$

با استفاده از معادلات ذکر شده رابطه (۲۱) بدست می‌آید.

$$(k_{i1}+k_{i2})Z_{ui}-(k_{i1}-k_{i2})s_i(\theta_{si}-\theta_{ui}) -W_{si}(1+a_y\theta_{ui})=0 \quad (۲۱)$$

نیروهای عمودی و جانبی تولید شده توسط تایرها نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

۴-۱-۴- ارزیابی آستانه واژگونش مدل تانکر

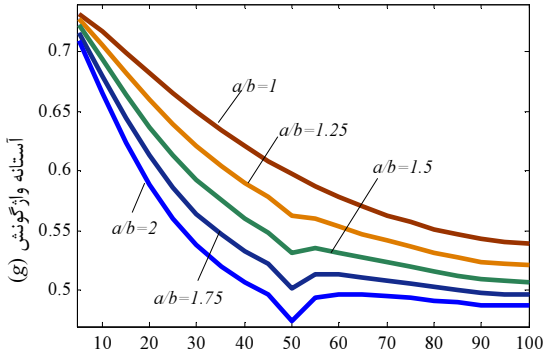
معادلات تعادل استاتیکی در ترم تغییرات زاویهٔ چرخش، جابجایی افقی و عمودی بار مایع، جابجایی جانبی و عمودی وزن‌های فنربندی شده و فنربندی‌نشده و شتاب جانبی هستند. معادله (۲۲) شکل ماتریسی این معادلات را نشان می‌دهد.

$$\begin{cases} [A]\{\Delta q\}=\{B\}\Delta\theta_{s3} \\ [P]\{\Delta x\}=\{Q\}\Delta\theta_{s3} \end{cases} \quad (۲۲)$$

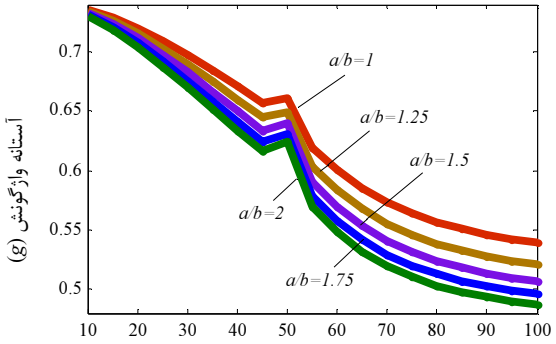
$[P]$ ماتریس ضرایب، $\{\Delta x\}$ بردار پاسخ پارامترهای خودرو ناشی از تغییر در زاویهٔ وزن فنربندی $\Delta\theta_{s3}$

$$\{\Delta x\}^T=\{\Delta a_y,\Delta\theta_{s1},\Delta\theta_{s2},\Delta\theta_{ui},\Delta Z_{ui},\Delta H_{ui},\Delta y_i\} \quad i=1,2,3 \quad (۲۳)$$

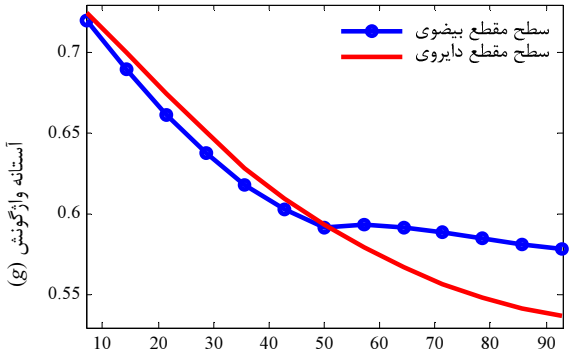
در حالت اولیه فرض می‌شود که خودرو در موقعیت قائم قرار دارد ($\theta_{si}=\theta_{ui}=0$)، معادله (۲۲) برای شیب کوچک زاویهٔ دوران وزن فنربندی‌شده $\Delta\theta_{s3}$ حل می‌شود. محاسبه هنگامی که متوقف می‌شود که محور عقب تراکتور و تریلر از زمین جدا شود. بالاترین شتاب جانبی که در این فرایند بدست می‌آید، آستانه شتاب واژگونش خودرو نامیده می‌شود. این روابط برای اشکال بیضوی اصلاح‌شده انجام شده و پس از بررسی درستی، عبارات برای اشکال بادامی ارائه شده در این مقاله تکرار می‌شود. شبیه‌سازی برای تانکر استوانه‌ای به قطر ۲/۰۳ متر و بیضوی ($H_1=2.4m, H_2=1.65m$) انجام شده و زاویهٔ واژگونش برای پرشدگی‌های متفاوت بدست می‌آید. شکل ۵ در دو حالت (الف و ب) آستانه واژگونش تانکر در حالت بار جامد و مایع را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌کنیم با افزایش عرض تانکر پایداری کاهش می‌یابد که ناشی از افزایش گشتاور واژگونش تانکر می‌باشد. در ادامه آستانه واژگونش دو تانکر بیضوی و استوانه‌ای با سطح مقطع‌های یکسان مقایسه می‌شوند. برخلاف انتظار که در ظاهر به نظر می‌رسد تانکر با سطح مقطع بیضوی پایداری بیشتری نسبت به تانکر استوانه‌ای دارد، شکل ۵-ج بیان می‌کند که در پرشدگی‌های زیر ۵۰ درصد تانکر استوانه‌ای و در پرشدگی‌های بالای ۵۰ درصد تانکر بیضوی آستانه واژگونش بالاتری از خود نشان می‌دهد.



الف- درصد پرشدگی در حالت بار مایع



ب- درصد پرشدگی در حالت بار جامد



ج- درصد پرشدگی مقطع‌های بیضوی و استوانه‌ای در حالت بار مایع

شکل ۵ آستانه واژگونش مدل چرخش صفحه‌ای تانکر

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

دلیل این امر را می‌توان در تقابل دو پارامتر ارتفاع مرکز جرم و گشتاور واژگونش دید، تانکرهای استوانه‌ای گشتاور واژگونش کمتری دارند که پایداری بیشتری را به آن‌ها می‌بخشد و در مقابل ارتفاع مرکز جرم بیشتری نسبت به تانکرهای با سطح مقطع بیضوی دارا می‌باشند. هرچه تانکر به پرشدگی ۱۰۰ درصد نزدیک‌تر شود، بیشتر رفتار جسم صلب را از خود نشان داده و عامل ارتفاع مرکز جرم از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. a و b در این اشکال به‌ترتیب بیانگر نصف اندازه پهنا ارتفاع تانکر می‌باشد. محاسبات مربوط به آستانه واژگونش بر مبنای تانکر با مشخصات ارایه شده در جدول ۲ صورت می‌گیرد.

جدول ۲ مشخصات تانکر مدل چرخش صفحه‌ای [۱۷]

مشخصات تانکر	مقدار مشخصه
جرم‌فنربندی‌شده تانکر m_s	۵۰۰۰ kg
فنربندی‌نشده تانکر m_u	۱۰۰۰ kg
ارتفاع جرم فنربندی‌شده تانکر h_{cs}	۱/۵ m
ارتفاع جرم فنربندی‌نشده تانکر h_{ca}	۰/۶ m
چگالی سیال تانکر (آب)	۱۰۰۰ kg/m^3

۵- گشتاور واژگونش تانکر

در پایداری دورانی تانکر، دو پارامتر ارتفاع مرکز جرم و گشتاور واژگونش با یکدیگر رقابت می‌کنند [۱۶،۷]. پایداری تانکر وابسته به اندازهٔ جابجایی عرضی و عمودی سیال در حالت تانکر کاملاً پر نشده می‌باشد. در این مقاله تابع گشتاور واژگونش دارای مقداری در محدودهٔ 10^4 و ارتفاع مرکز جرم بین صفر تا دو می‌باشد. در فرایند بهینه‌سازی دو تابع هدف گشتاور واژگونش و ارتفاع مرکز جرم در ابتدا هم ابعاد می‌شوند. این امر با تقسیم گشتاور واژگونش بر 10^4 صورت می‌گیرد و سپس با در نظر گرفتن ضرایب وزنی که دربرگیرندهٔ اثر هردو عامل می‌باشد، تابع هدفی به صورت معادله (۲۴) تعریف می‌شود که در بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محاسبات گشتاور واژگونش به‌صورت معادله (۲۵) و بر مبنای تانکری با مشخصات ارایه شده در جدول ۲ صورت می‌گیرد.

$$U(X) = Minimize\ [w_1 M_0 + w_2 Y_l],$$
$$w_1 = w_2 = 0.5 \qquad (۲۴)$$

$$M_0 = W[(Y_l \cos\theta_{s3} - X_l \sin\theta_{s3})a_{yl} + Y_l \sin\theta_{s3} + X_l \cos\theta_{s3}] \qquad (۲۵)$$

۶- الگوریتم ژنتیک

۶-۱- عملگرهای الگوریتم بهینه‌سازی

امروزه استفاده از روش‌های تکامل تدریجی برای حل مسائل بهینه‌سازی روندی رو به رشد دارد. الگوریتم‌های تکامل بر اساس شبیه‌سازی تکامل طبیعی شکل گرفته است. الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های تکامل تدریجی در فرایند بهینه‌سازی کاربرد وسیعی پیدا کرده‌است [۱۹،۱۸]. جمعیت‌های اولیه با اعمال عملگرهای ژنتیکی نظیر انتخاب[1] جهش[2]، تقاطع[3] به سمت جمعیت بهینه سوق پیدا می‌کند. تابع هدف یا تابع برازندگی[4] نقش انتخاب‌کننده را در بین جمعیت‌ها بازی می‌کند. در انتخاب جمعیت جهت اعمال عملگر ژنتیکی در این مقاله از مکانیزم چرخ گردان[5] استفاده شده و برای اعضای بد جمعیت نیز شانسی برای انتخاب شدن در نظر گرفته شده است. احتمال انتخاب هر عضو متناسب با برازندگی‌اش می‌باشد و اعضایی که برازندگی آن‌ها از یک معیار بهتر نباشد از شرکت در انتخاب محروم می‌شوند. قید مساحت و قیود اعمالی به متغیرهای موجود در معادله (۳) این کمینه‌سازی را جهت‌دهی می‌کند.

یکی از مهمترین مفاهیم الگوریتم ژنتیک تابع برازندگی می‌باشد. تابع برازندگی گونه‌ای خاص از تابع هدف می‌باشد که کیفیت بهینه‌سازی پاسخ را تعیین می‌کند (عبارتست از یک کروموزوم). در نتیجه آن یک کروموزوم بخصوص در برابر کروموزوم‌های دیگر رتبه‌بندی می‌شود. در طول فرآیند تبدیل از یک نسل به نسل دیگر، برازندگی کلی جمعیت افزایش یافته و پاسخ بهتری بدست می‌آید [۷]. یکی از عملگرهای اعمالی به جمعیت عملگر تقاطع می‌باشد. عملگر تقاطع دو رشته را با یکدیگر ترکیب کرده تا راه حل جدیدی بدست آید. معمولاً نقاط تقاطع به‌صورت تصادفی از دو پدر و مادر قطع می‌شود. پس از مبادله دو قطعهٔ متقاطع، آن‌ها به یکدیگر متصل شده تا دو رشته جدید را تولید کنند [۱۸].

1. Selection
2. Mutation
3. Cross over
4. Fitness
5. Roulette

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

۶-۲- توسعهٔ برنامهٔ الگوریتم ژنتیک

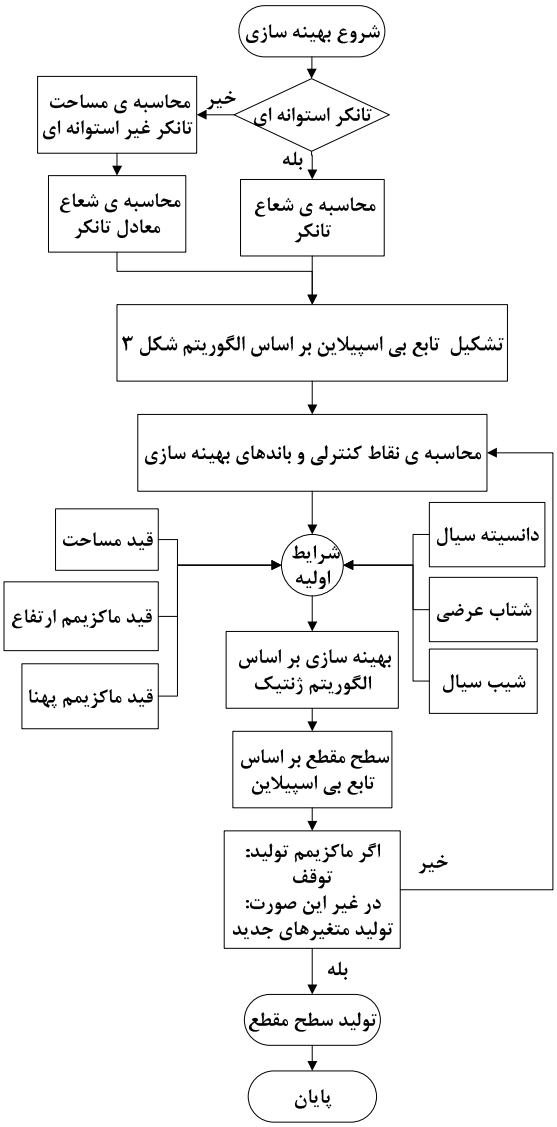
برای یافتن بهترین سطح مقطعی که کمترین گشتاور واژگونش و ارتفاع مرکز جرم را داشته باشد، برنامه متلب[1] متناسب با الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده‌است. گشتاور واژگونش عموماً بر مبنای تحلیل عددی و بر پایهٔ رفتار سیال بدست می‌آید [۱۹]. تابع هدف این بهینه‌سازی۱۰ نقطهٔ کنترلی را دارا می‌باشد که نسبت به محور y متقارن است و از آنجا که هر نقطه کنترلی ۲ مؤلفهٔ افقی و عمودی دارد، در مجموع ۱۰ متغیر وجود خواهند داشت. قیدهای اعمالی، معمولاً شامل قید مساحت (مساحت سطح مقطع بهینه شده با سطح مقطع ورودی که استوانه در نظر گرفته شده بدست می‌آید)، قید حداکثر ارتفاع و حداکثر عرض می‌باشد. از آنجا که شکل سطح مقطع توسط نقاط کنترلی تعیین می‌شود، نحوهٔ انتخاب این نقاط به‌گونه‌ای است که عرض و ارتفاع تانکر با انتخاب نقاط کنترلی بر اساس الگوریتم شکل ۳ محدود شده و این دو قید ارضا می‌شود و تنها از قید مساحت در بهینه‌سازی استفاده می‌شود. کم کردن تعداد قیود سبب افزایش سرعت بهینه‌سازی می‌شود. دیاگرام نشان‌داده شده در شکل ۶ و ۷ به‌صورت خلاصه بیان‌گر نحوهٔ عملکرد تابع الگوریتم ژنتیک در این فرآیند بهینه‌سازی می‌باشد. برای اشکال غیر دایروی ابتدا دایره معادل محاسبه و سپس شعاع معادل بر مبنای معادله (۲۶) بدست می‌آید و در الگوریتم قرار می‌گیرد.

$$R_{eq} = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \qquad (۲۶)$$

۶-۳- تأثیر نرخ جهش در آستانه واژگونش تانکر

در این بهینه‌سازی سه نوع تابع بی‌اسپیلاین در پرشدگی‌های گوناگون با یکدیگر مقایسه می‌شوند. با توجه به زیادی تعداد معادلات و متغیرها، بدست آوردن کمترین تکرار در رسیدن به پاسخ مطلوب اهمیت زیادی خواهد داشت. یک مقدار نامناسب برای نرخ جهش سبب همگرایی زود هنگام شده و در نتیجه بهترین پاسخ بهینه‌سازی بدست نمی‌آید. برای بررسی تأ ثیر نرخ جهش، مقدار مساحت ۳/۲۵۶ مترمربع و شعاع استوانه برابر با ۱/۰.۱۵ متر [۱] انتخاب شده و باند تغییر متغیرها در جدول ۱ ارائه شده است.

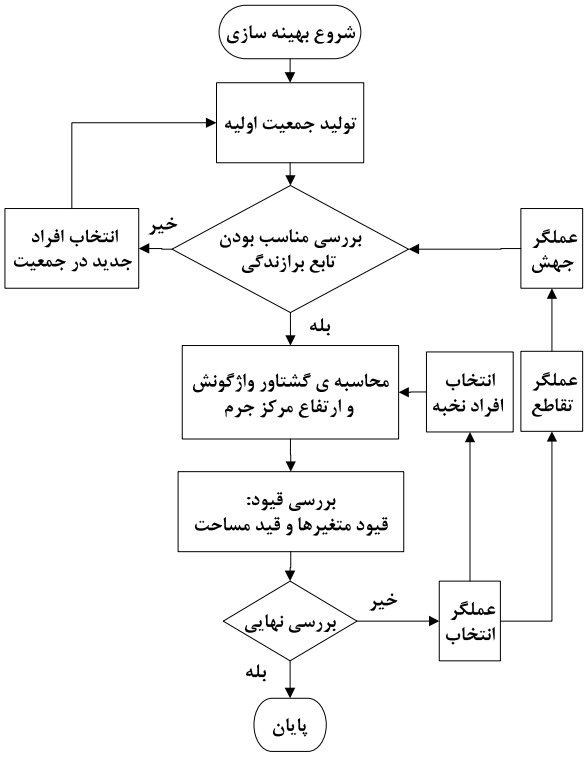
نرخ جهش برابر ۰ و ۱ و ۴ و ۶ و ۱۵ انتخاب می‌شود که در شکل ۸ نمایش داده شده است. بدون در نظر گرفتن جهش، همگرایی زودرس رخ خواهد داد و الگوریتم ژنتیک قابلیت بررسی همهٔ نقاط مطلوب در ناحیه ممکن را نخواهد داشت. زیرا میانگین میزان برازندگی حالت پایداری را نخواهد داشت که این ناپایداری ناشی از همگرایی زود هنگام است. به عبارت‌دیگر جمعیت در ناحیه محلی یا محدود شده، همگرا شده و تعداد نقاط کمی در ناحیه ممکن شانس ارزیابی در برنامه را دارند.



شکل ۶ دیاگرام بهینه‌سازی جهت بدست آوردن سطح مقطع بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک

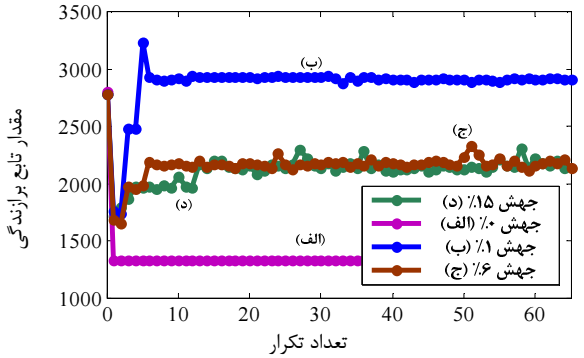
1. Matlab

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]



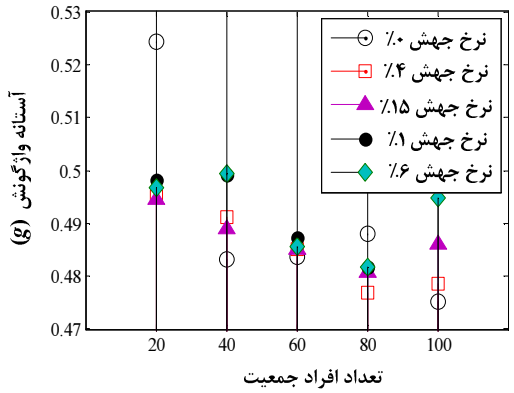
شکل ۷ دیاگرام الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی

به عنوان مثال در حالت تانکر با سطح مقطع بی‌اسپیلاین درجه ۴ با ۱۰ نقطه کنترلی، گشتاور کمینه ناشی از بهترین حالت (جهش ۴ درصد با جمعیت ۴۰) ۸۶۶ نیوتن‌متر و ارتفاع مرکز جرم سیال ۰/۳۷۱ متر می‌باشد. در این داده‌ها بهترین انتخاب پس از ۹۲ تکرار بدست می‌آید. در نرخ جهش یک درصد بهترین پاسخ پس از ۱۰۰ تکرار با ماکزیمم گشتاور واژگونش ۴۱۲/۶ نیوتن‌متر بدست می‌آید. ماکزیمم گشتاور واژگونش در نرخ جهش ۱۵ درصد، ۴۸۴/۷ نیوتن‌متر می‌باشد که در ۸۰ تکرار بدست می‌آید. همان‌گونه که در شکل ۸ نمایش داده شده است تغییرات تابع برازندگی با افزایش نرخ جهش افزایش می‌یابد که این امر بدلیل تصادفی‌تر بودن انتخاب افراد می‌باشد. در این مقایسه با افزایش نرخ جهش تا ۶ درصد تابع برازندگی همگرایی مناسب‌تری خواهد داشت اما برای انتخاب نرخ جهش بیشتر از ۶ درصد، تابع همگرا نمی‌شود. بهترین نرخ جهش در برنامهٔ الگوریتم ژنتیک بین ۴ و ۶ درصد می‌باشد. انتخاب تعداد جمعیت مناسب در هر تکرار بر روی خروجی الگوریتم ژنتیک تأثیر می‌گذارد. این محاسبات بر مبنای پرشدگی ۵۰ درصد انجام شده و تأثیر تعداد افراد جامعه و نرخ جهش در تابع برازندگی مورد بررسی قرار می‌گیرد.



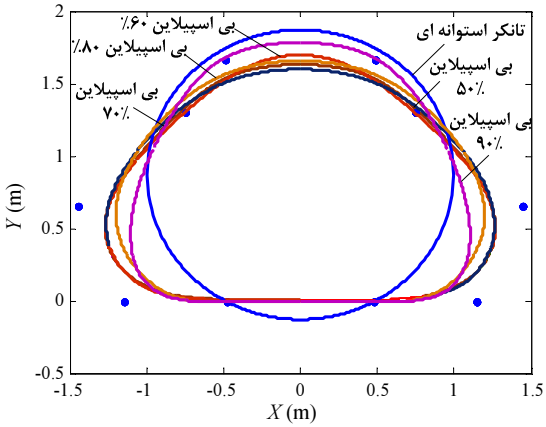
شکل ۸ نمودار گشتاور واژگونش برای (الف) جهش صفر درصد، (ب) یک درصد، (ج) شش درصد، (د) پانزده درصد

همان‌گونه که در شکل ۹ نمایش داده شده است بجز در حالت نرخ جهش صفر (که حالت ناپایدار دارد) نتایج، تغییر مهمی با تغییر نرخ جهش ندارد. اگرچه، همان‌گونه که مشاهده شد برای اندازه جمعیت کمتر از ۴۰ نفر با نرخ جهش کمتر از ۴ درصد، خروجی‌ها بهترین انتخاب را دارا نمی‌باشد. در نتیجه توصیه می‌شود که تعداد افراد باید حداقل ۴۰ نفر باشد. با انجام بهینه‌سازی در پرشدگی‌های متفاوت سطوح مقاطع بهینه تانکر بر مبنای تابع بی‌اسپیلاین بدست می‌آید (شکل ۱۰). بررسی‌های بیشتر جهت تحلیل تأثیر الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با مقایسهٔ نتایج بهینه‌سازی با روش عددی انجام شده است. تحلیل عددی گشتاور واژگونش و آستانه واژگونش تانکر بر مبنای روابط حاکم بر سیال انجام می‌شود. آستانه واژگونش ناشی از نقاط کنترلی جداول ۱ و ۲ بر مبنای معادله (۲۳) در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

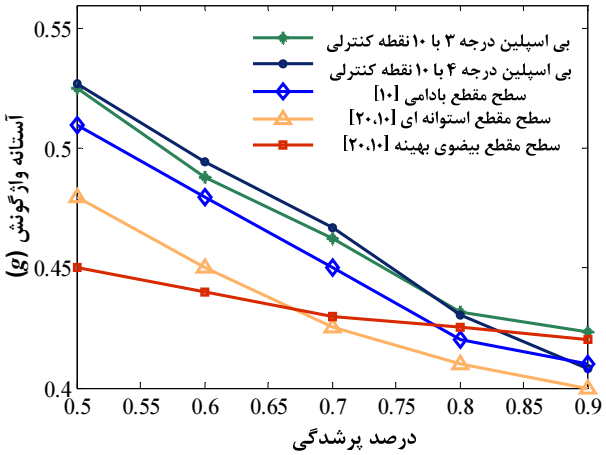


شکل ۹ تأثیر تعداد افراد جمعیت و نرخ جهش بر روی گشتاور واژگونش و ارتفاع مرکز جرم سطح مقطع بهینه

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]



شکل ۱۰ سطح مقطع بهینه تانکر در پرشدگی‌های متفاوت



شکل ۱۱ مقایسه آستانه واژگونش سطح مقاطع با تابع بی‌اسپیلاین درجه ۳ و ۴ با ۱۰ نقطه کنترلی و بیضوی اصلاح شده و استوانه‌ای

۷- نتیجه‌گیری

پدیدهٔ تلاطم در تانکرهای سوخت‌رسان بدلیل خطرات ناشی از واژگونش تانکرها اهمیت بسیار زیادی دارد. تحقیقات بسیاری در این زمینه بر مبنای سطوح مقاطع مختلف ارائه شده است. تانکرهای بیضوی و استوانه‌ای عموماً در حمل و نقل سیال استفاده می‌شوند که در پرشدگی‌های متفاوت تأثیرات گوناگونی را از خود نشان می‌دهد. تانکرهای بیضوی در پرشدگی‌های بالا و تانکرهای استوانه‌ای در پرشدگی‌های پایین پایداری بیشتری را دارا می‌باشند که این امر ناشی از تقابل دو اثر ارتفاع مرکز جرم سیال و گشتاور واژگونش تانکر می‌باشد. جهت رفع این نقص، تانکرهای بادامی شکل ارائه شده است. هدف از این تحقیق توسعهٔ این سطح مقطع‌ها بر مبنای استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی نظیر ژنتیک می‌باشد. جهت افزایش آستانه واژگونش تانکر، الگوریتمی ارائه شده که سطح مقطع تانکر (شعاع استوانه تانکر) را به عنوان ورودی دریافت و تابعی بی‌اسپیلاین در پرشدگی‌های گوناگون ارائه می‌کند. در این مقاله تأثیر پارامترهای مؤثر در بهینه‌سازی مانند نرخ جهش و تعداد افراد جمعیت در همگرایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سطوح بهینه در جمعیت بالای ۴۰ نفر و نرخ جهش بین ۴ تا ۶ بهترین برازندگی را دارا می‌باشد. در این تحقیق الگوریتمی جهت بدست آوردن سطح مقطع بهینه ارائه شده که با دقت و سرعتی بیشتر از حالت عددی پایداری تانکر را افزایش می‌دهد.

۸- مراجع

[1] Liu Z., Huang Y., "A New Method for Large Amplitude Sloshing Problems", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 175, No. 2, 1994, pp. 185-195.

[2] Wu G., Eatock Taylor R., "Numerical Simulation of Sloshing Waves in a 3D Tank based on a Finite Element Method", *Applied Ocean Research*, Vol. 20, 1998, pp. 337-355.

[3] Ibrahim R. A., Pilipchuk V. N., Ikeda T., "Recent Advances in Liquid Sloshing Dynamics", *Applied Mechanics Reviews*, Vol. 54, No. 2, 2001, pp. 133-199.

[4] Rakheja S., Sankar S., Ranganathan R., "Roll Plane Analysis of Articulated Tank Vehicles during Steady Turning", *Vehicle System Dynamics*, Vol. 17, No. 1, 1988, pp. 81-104.

[5] Ranganathan R., Rakheja S., Sankar S., "Influences of Liquid Load Shift on the Dynamics Response of Articulated Tank Vehicles", *Vehicle System Dynamics*, Vol. 19, 1990, pp. 177-220.

[6] Ranganathan R., Rakheja S., Sankar S., "Directional Response of a B-Train Vehicle Combination Carrying Liquid Cargo", *Vehicle System Dynamics*, Vol. 115, 1993, pp. 133-139.

[7] Popov G., "Shape Optimization of Elliptical Road Containers Due to Liquid Load in Steady-State Turning", *Vehicle System Dynamics*, Vol. 25, 1996, pp. 203-221.

[8] Rakheja S., Stiharu I., Kang X., "Influence of Tank Cross-Section and Road Adhesion on Dynamic Response of Partly-Filled Tank Trucks under Braking-in-a-Turn", *Int. J. of Vehicle Design*, Vol. 9, No. 3, 2002, pp. 12-15.

[9] Xu L., Dai L., "Transient Operation Effects to Fatigue Life of Tank Vehicles Structures", *5th Conference of the Canadian Society for Civil Engineering*, 2004.

[10] Kang X., Rakheja S. and Stiharu, I., "Optimal Tank Geometry to Enhance Static Roll Stability of Partially Filled Tank Vehicles", *SAE* paper No. 1999-01-3730, 1999, pp. 542-553.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]

[11] Christopher G. Hart Nickolas Vlahopoulos, "An Integrated Multidisciplinary Particle Swarm Optimization Approach to Conceptual Ship Design", *Industrial Application*, Volume 41, Number 3, 2010, pp. 481-494.

[12] Hyun-Soo K., "Optimization Design Technique for Reduction of Sloshing by Evolutionary Methods", *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 22, 2008, pp. 25-33.

[13] Les Piegl, Wayne Tiller, *The NURBS Book, Springer-Verlag*, *The main reference for Bézier, B-Spline and NURBS*, 2nd ed, Florida, Springer-Verlag, pp. 1995–1997.

[14] Prautzsch H., Boehm W., *Paluszny M., Bezier and B-spline Techniques*, 1nd ed., Braunschweig, Springer, 2000, pp. 11-21.

[15] Klause Hollig, *Finite Element Methods with B-Splines*, 1nd ed., Philadelohia, Frontiers, 2003, pp. 23-35.

[16] Popov, G., Sankar, S. and Sankar, T.S., "Optimal Shape of a Rectangular Road Container", *Journal of Fluids and Structures*, Vol. 7, 1993, pp. 75-86.

[17] Romero J. A., Lozano A., Ortiz W., "Modelling of Liquid Cargo-Vehicle Interaction during Turning Manoeuvres", *12th IFToMM World Congress*, Besançon (France), 2007, June 18-21.

[18] Deb K., Tiwari S., "Multi Objective Optimization of a Leg Mechanism using Genetic Algorithms Engineering Optimization", *Indian Academy of Science*, Vol. 37, No. 4, 2005, pp. 325-350.

[19] Gunawan S., Azarm S., "Multi-Objective Robust Optimization using a Sensitivity Region Concept", *Structural and Multidisciplinary* Optimization, Vol. 29, 2005, pp. 50-60.

[20] Hasheminejad M., Aghabeig M., "Transient Sloshing in Half-Full Horizontal Elliptical Tanks under Lateral Excitation", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 330, pp. 3507-3525

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.1.4.6]