

# طراحی و بهینه‌سازی شاسی فضایی برای یک خودروی هدایت‌خودکار چندمنظوره

حسین مهبادی  
استادیار بخش مهندسی مکانیک  
دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی  
h\_mahbadi@iauctb.ac.ir

آرمین رشیدی مهرآبادی\*  
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک  
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی  
aminrashidi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۱

## چکیده

در این مقاله به طراحی شاسی فضایی قابل مونتاژ برای یک نمونه خودروی هدایت‌خودکار چندمنظوره<sup>۱</sup> پرداخته شده است. پس از تعیین شکل هندسی شاسی، با شبیه‌سازی بارگذاری اعمالی که شامل حمل قطعات و بار یدک می‌باشد، شاسی در نرم‌افزار انسیس<sup>۲</sup> تحت بهینه‌سازی قرار گرفته و قطرهای داخلی و خارجی مقاطع لوله‌ها با توجه به ضریب اطمینان مجاز طراحی و با هدف کاهش وزن و قرارگیری تنش‌ها و تغییرمکان‌های سازه در محدوده مجاز حاصل شدند. سپس مفصل طراحی‌شده در برابر بار استاتیکی و متغیر با زمان تحت تحلیل استاتیک و خستگی قرار گرفته است. در انتها شاسی طراحی‌شده از حیث هزینه ساخت و مواد اولیه بهینه خواهد بود.

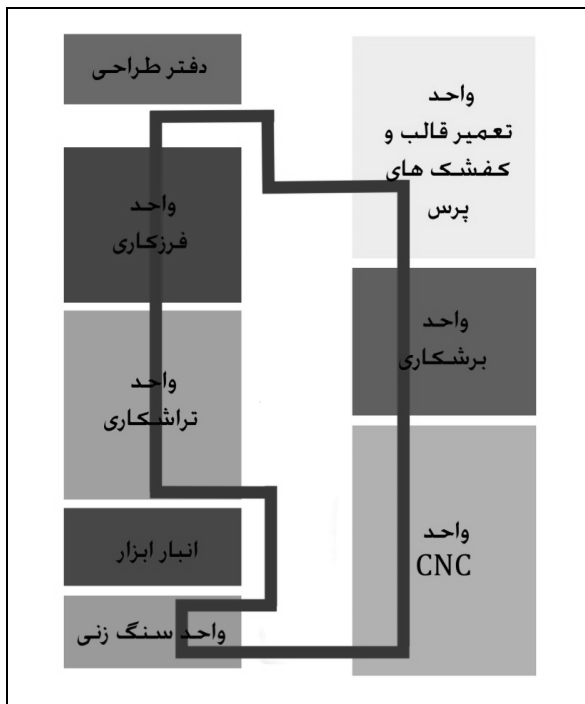
**واژگان کلیدی:** طراحی، شاسی، تحلیل اجزاء محدود، بهینه‌سازی، خستگی

## ۱. مقدمه

باشد. ویژگی دوم، قابلیت یدک‌کشی پالت‌های بار توسط این خودرو می‌باشد. شاسی طراحی‌شده از نوع شاسی فضایی است که فرم کلی آن متشکل از تعدادی لوله با سه سطح مقطع متفاوت است. شاسی می‌بایست به‌گونه‌ای طراحی شود که سایر ادوات خودرو به راحتی به آن متصل شوند. ویژگی دیگر این شاسی عدم نیاز به جوشکاری بین لوله‌هاست، زیرا لوله‌ها توسط مفاصلی به یکدیگر متصل می‌شوند. این امر فرایند مونتاژ شاسی را سرعت می‌بخشد و

طی سالیان گذشته، وسائل نقلیه هدایت‌خودکار نقش مهمی در جابه‌جایی قطعات و محصولات در کارخانه‌ها ایفا کرده‌اند. این خودروها برحسب نوع نیاز هر کارخانه در اقسام گوناگونی طراحی و تولید می‌شوند. در این مقاله، شاسی طراحی‌شده جهت به‌کارگیری در یک وسیله نقلیه هدایت‌خودکار چندمنظوره طراحی شده است که قابلیت جابه‌جایی قطعات تولیدشده بین واحدهای گوناگون یک سالن تولید و یا حمل هرگونه بار در سطح کارخانه را داشته





شکل ۲. مسیر در نظر گرفته شده جهت حرکت خودرو در سالن قالب ابزار

### ۳. طراحی سازه

در طراحی سازه شاسی بر سادگی و سهولت ساخت آن تأکید شده است. لازم است تا محل قرارگیری تجهیزات خودرو از جمله موتورها، چرخها، باتری نیکلی و سایر ادوات الکتریکی مانند حسگرها در طراحی اولیه مد نظر قرار گیرد. یکی دیگر از پارامترها چگونگی اتصال لولهها به یکدیگر می باشد. چون وظیفه خودرو تنها حمل بار است، بسیاری از پیچیدگیهای شاسیهای متداول در دیگر خودروها در این طرح وجود ندارد. مفاصل طوری طراحی شدهاند تا چهار چرخ خودرو به مفاصل اطراف شاسی متصل شده، شفتهای دو موتور با چرخها هم محور و به آنها کوپل شوند. چون عموماً سرعت اینگونه خودروها ثابت است، نیازی به سیستم انتقال قدرت نیست و دو موتور تکسرعت متصل به هر چرخ با ایجاد گشتاور متغیر، علاوه بر تأمین قوای محرکه، در عمل سیستم فرمان خودرو را نیز به وجود می آورند. در شکل ۳ نمایی شماتیک از سیستم فرمان و نحوه قرارگیری موتورها نمایش داده شده است.

نیاز به نیروی کار متخصص جهت مونتاژ را از بین می برد. آسان سازی تعمیر و همین طور حمل و نقل خودرو به نقاط مختلف کارخانه از دیگر مزایای شاسی سرهم شونده است. در این مقاله تلاش شده است تا به کمک نرم افزارهای مطرح در عرصه طراحی و تحلیل به کمک کامپیوتر شاسی مدل سازی و بهینه سازی شود. تحلیل مدل اجزای محدود سازه پیش از ساخت آن باعث می شود تا وزن شاسی و در پی آن هزینه نهایی کاهش یابد. همچنین از استحکام کافی سازه و مفاصل در برابر بارهای استاتیکی و نوسانی اطمینان حاصل می شود. در شکل ۱ نمونه ای از این خودرو نمایش داده شده است.



شکل ۱. یک خودروی هدایت خودکار چندمنظوره در حال کشیدن پالت بار

### ۲. مسیر حرکت

خودروی طراحی شده پاسخگوی نیازهای یک سالن تولید می باشد. با توجه به اینکه در فرایند تولید یک قطعه چندین واحد دخیل اند، اتوماسیون سازی این روند توسط خودروهای هدایت خودکار چندمنظوره علاوه بر صرفه جویی در زمان، تأثیر چشمگیری بر کاهش هزینههای انبارداری دارد. در شکل ۲ نمونه ای از مسیر حرکت این خودروها در سالن قالب ابزار یک کارخانه خودروسازی نمایش داده شده است. توجه به ابعاد شاسی و سیستم فرمان خودرو جهت بالابردن قدرت مانور خودرو در مسیر امری ضروری است.

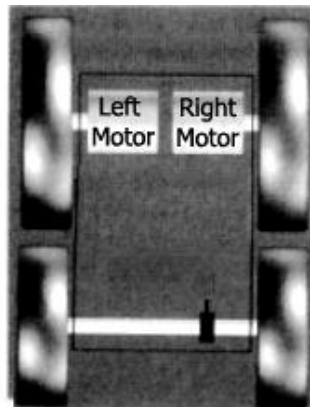
۶ بر لوله‌های سازه اعمال می‌شوند. همچنین شتاب گرانشی استاندارد ( ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه) به وزن کل سیستم اعمال شد. خودرو می‌بایست توانایی حمل ۷۰۰ کیلوگرم بار و یدک‌کشی یک پالت ۷۰۰ کیلوگرمی را داشته باشد.

جدول ۱. خواص مکانیکی مواد به کار رفته در شاسی و مفصل‌ها

ماده	چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	استحکام نهایی (مگاپاسکال)	استحکام تسلیم (مگاپاسکال)
آلومینیوم آلیاژی	۲۷۷۰	۴۶۰	۲۸۰
فولاد سازه‌ای	۷۸۵۰	۳۱۰	۲۵۰

#### ۵. بهینه‌سازی

شعاع‌های داخلی و خارجی سه سطح مقطع مورد استفاده به پارامترهای ورودی تبدیل شدند. همچنین تغییر مکان برابند، تنش‌های کششی و فشاری و وزن کل سازه به پارامترهای خروجی تبدیل شدند. گام بعدی تعریف دامنه بالا و پایین برای لوله‌هاست. با در نظر گرفتن لوله‌های موجود مقادیر ابتدایی و انتهایی برای هر مقطع تعریف شد، به طوری که لوله با ابعاد پیداشده موجود باشد. نرم‌افزار انسیس با توجه به محدودیت‌های اعمال شده به پارامترهای ورودی ۴۵ نقطه طراحی را تولید می‌کند. هر نقطه شامل مقادیر متفاوت قطر و ضخامت برای هر سه مقطع می‌باشد. پارامترهای خروجی برای هر نقطه محاسبه شدند. در نمودارهای اشکال ۷ تا ۹ نتایج استخراج شده قابل مشاهده است. این نمودارها تصویر خوبی از آنچه از روند بهینه‌سازی انتظار داریم ارائه می‌دهند. هدف، یافتن بهینه‌ترین نقطه از میان این ۴۵ نقطه است که تعادل مناسبی بین مقادیر مجاز خروجی‌ها برقرار کند.



شکل ۳. نحوه قرارگیری موتورها

از میان طرح‌های متنوعی که برای سازه‌های خرابی موجود است، در نهایت طرحی معروف به بالتیمور<sup>۲</sup> انتخاب و نهایتاً با ایجاد تغییراتی در ساختار کلی سازه، طرح اولیه شاسی مطابق با شکل ۴ مدل‌سازی شد. شاسی متشکل از سه نوع سطح مقطع با لوله‌هایی به قطر و ضخامت‌های مختلف است. در مدل اولیه این مقادیر به طور فرضی انتخاب شدند تا در ادامه برای هر مقطع قطر و ضخامت بهینه محاسبه شود. سه مقطع عبارت‌اند از:

۱. قاب اصلی شاسی

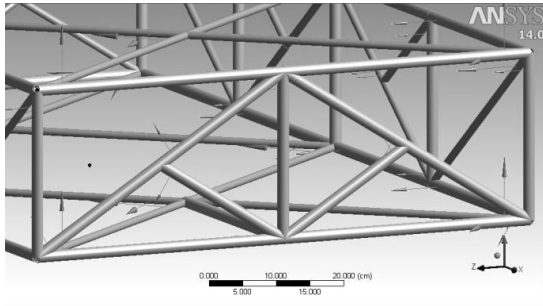
۲. مهارهای داخلی

۳. سازه متصل به یدک‌کش خودرو

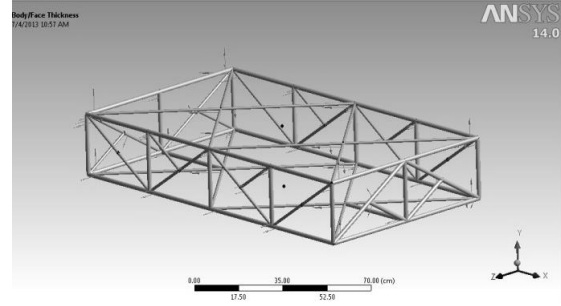
برای جنس شاسی، نوعی آلومینیوم آلیاژی انتخاب شد، اما پس از بررسی مقادیر تنش و تغییر مکان در طرح اولیه مشخص گردید که سازه متصل به بار یدک استحکام کافی ندارد و به همین دلیل جنس سازه پشت خودرو، که وظیفه تحمل بار یدک را به عهده دارد، به فولاد تغییر کرد. در شکل ۵ نمایی از این سازه نمایش داده شده است. خواص مکانیکی مواد به کار رفته نیز در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

#### ۴. تحلیل اجزای محدود سازه

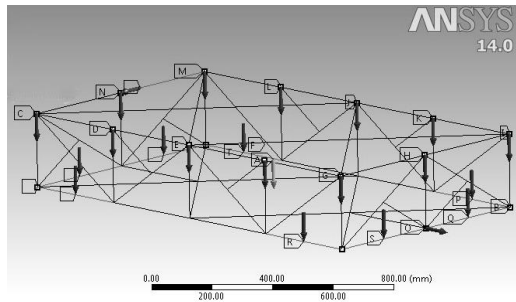
تکیه‌گاه‌های سازه در محل چرخ‌ها کاملاً گیردار می‌شوند. نیروهای ناشی از بارهای واحد، یدک‌کش، موتورها، باتری و سایر اجزای خودرو در قالب مؤلفه‌های برداری به صورت نیروهای متمرکز و نیروهایی بر واحد طول مطابق با شکل



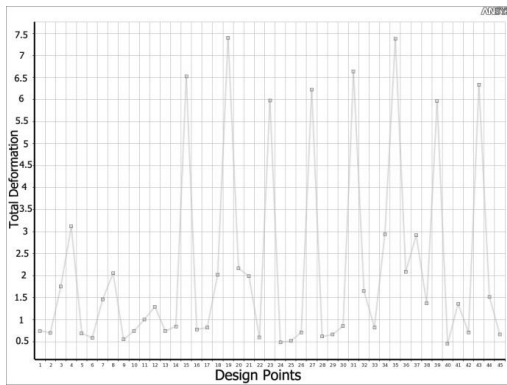
شکل ۵. قسمت فولادی متصل به یدک کش



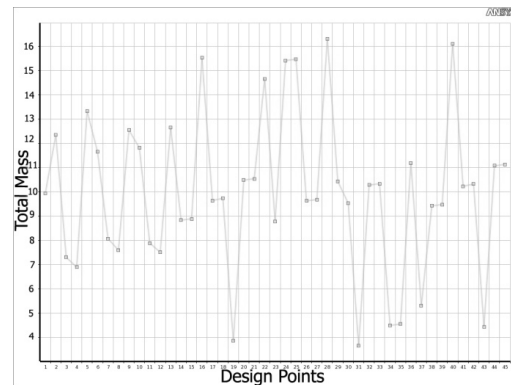
شکل ۴. طرح اولیه سازه



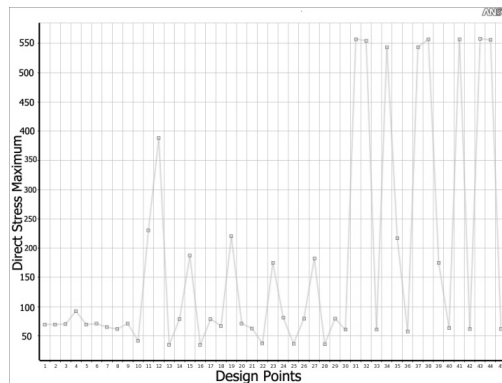
شکل ۶. نحوه بارگذاری



شکل ۸. نمودار تغییر مکان برآیند بر حسب نقاط طراحی



شکل ۷. نمودار وزن کل سازه بر حسب نقاط طراحی



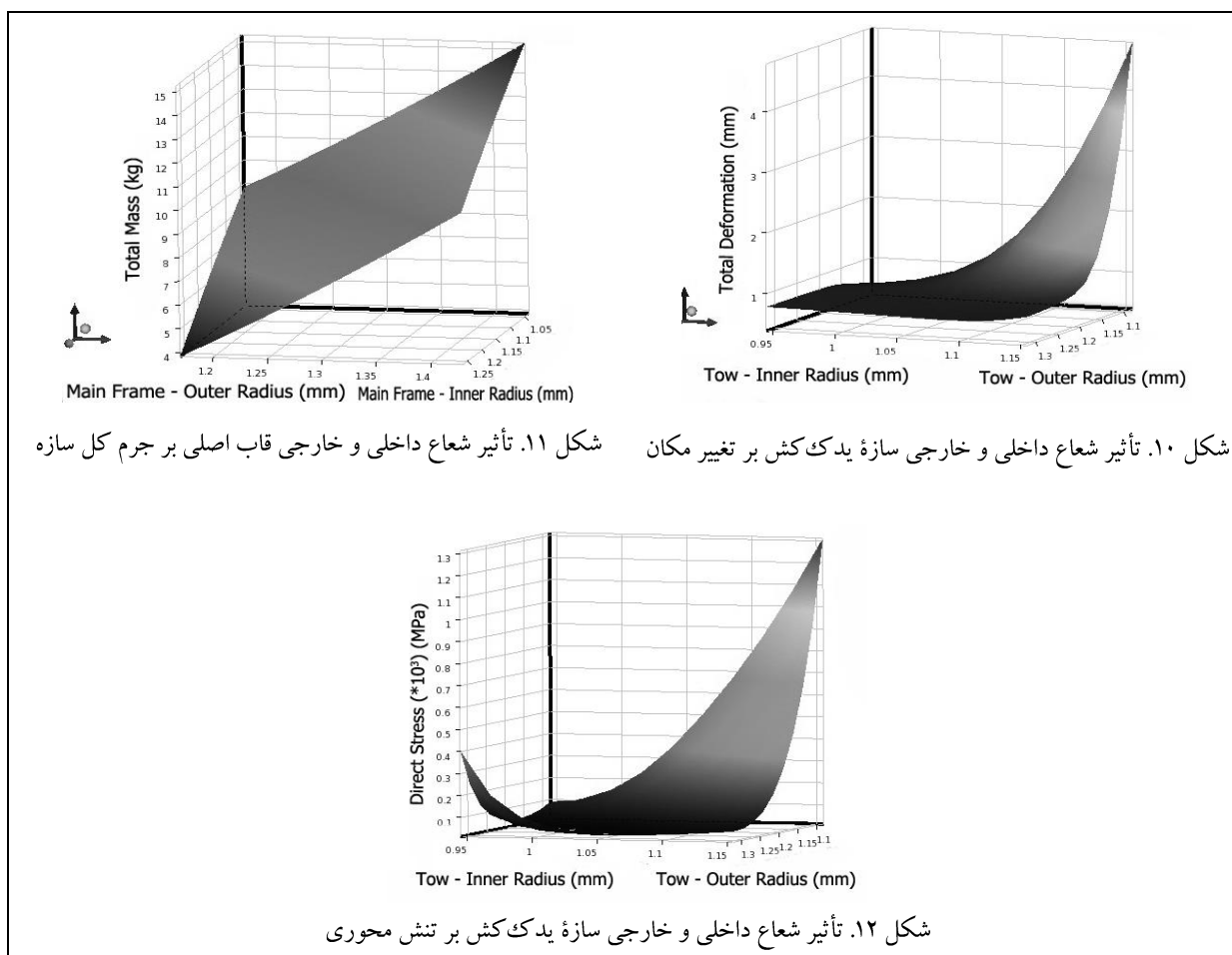
شکل ۹. نمودار تنش محوری بر حسب نقاط طراحی



## ۶. تأثیر مقادیر شعاعی بر پارامترهای خروجی

یکی از مزایای نرم‌افزار انسیس نمایش میزان تأثیرگذاری پارامترهای ورودی بر مقادیر خروجی نظیر تنش‌ها و تغییر مکان‌هاست. انسیس این امکان را به طراح می‌دهد تا تأثیر افزایش یا کاهش مقدار هر پارامتر را در نتایج نهایی مشاهده کند. نرم‌افزار این قابلیت را دارد که به‌جای نقاط

گسسته، تغییرات پیوسته مقادیر خروجی را برحسب مقادیر ورودی ترسیم کند. به‌کمک این روش قادر خواهیم بود تا تأثیر هر پارامتر را در نتایج نهایی به‌وضوح مشاهده کنیم. نرم‌افزار با رگرسیون‌گیری میان مقادیر خروجی، سطوح موجود در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ را ترسیم می‌کند.



شعاع انحنا برای خمش لوله نیز از رابطه ۲ به‌دست می‌آید:

$$K = \frac{\sigma}{E} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} \quad (3)$$

به‌طوری‌که در این روابط  $\sigma$  تنش بیشینه،  $E$  مدول الاستیسیته،  $M$  ممان خمشی و  $C$  بیشترین فاصله از تار خنثی است. از ترکیب دو رابطه اخیر داریم:

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار تغییر مکان بیشتر تحت تأثیر شعاع خارجی لوله می‌باشد. دلیل این مسئله وابستگی ممان اینرسی مقطع به شعاع خارجی است. پس انتخاب قطر خارجی بزرگتر در اولویت قرار می‌گیرد. ممان اینرسی برای لوله جدار نازک به شعاع‌های داخلی و خارجی  $R_2$  و  $R_1$  برابر است با:

$$I = \frac{\pi}{4} (R_2^4 - R_1^4) \quad (1)$$

$$K = \frac{M}{EI} \quad (4)$$

تیماشنکو<sup>۴</sup> عبارت EI را سختی خمشی نامید. این عبارت معیاری برای سنجش صلبیت سازه است و از آن نتیجه می‌شود که تغییر مکان هر لوله به جنس و مشخصات فیزیکی لوله وابسته است [۱]. با توجه به شکل ۱۱، وزن کل شاسی با کاهش ضخامت لوله کاهش می‌یابد. در شکل ۱۲ نیز مشاهده می‌شود که افزایش ضخامت لوله سبب کاهش تنش در امتداد محور میله می‌شود. با مشخص نمودن اهداف طراحی و محدود نمودن مقادیر خروجی در محدوده دلخواه، قطر و ضخامت بهینه برای هر مقطع در گام بعدی انتخاب می‌شود.

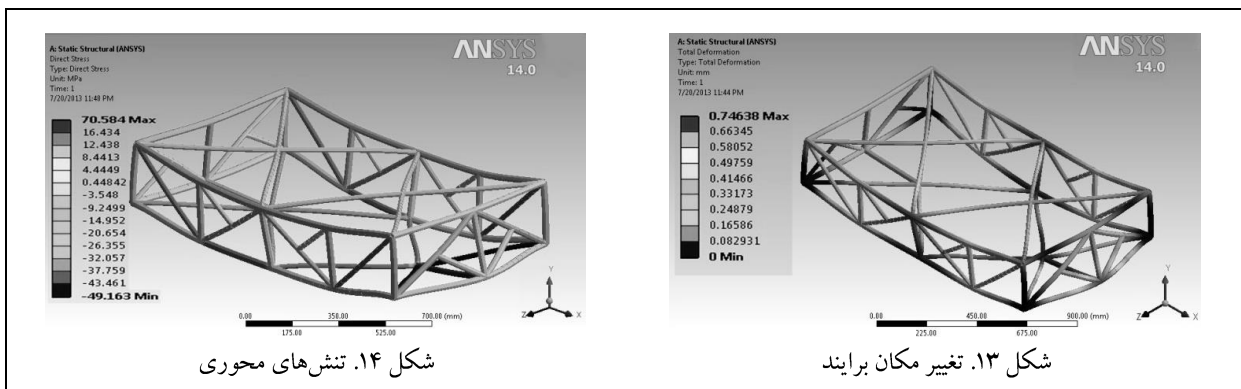
## ۷. انتخاب نقطه طراحی بهینه

در این مرحله گزینه‌های پیش‌رو را با مقید کردن اهداف طراحی محدود می‌نماییم. مقدار مجاز تغییر شکل برای سازه‌ای به کمتر از ۱/۴ میلی‌متر محدود شد. همچنین مقادیر تنش محوری با در نظر گرفتن ضریب اطمینان مجاز طراحی و تنش نهایی آلومینیوم مقید شدند. کمینه‌شدن وزن

سازه نیز به‌عنوان هدف تعیین شد. نرم افزار انسیس سه نامزد متناسب با اهداف طراحی پیشنهاد می‌کند. پس از بررسی نامزدها و تطبیق دادن نتایج با لوله‌های موجود سه نوع لوله برای مقاطع انتخاب شد:

الف) قاب اصلی: قطر ۳۲ میلی‌متر و ضخامت ۲/۲ میلی‌متر  
ب) مهارهای داخلی: قطر ۲۱ میلی‌متر و ضخامت ۱/۸ میلی‌متر  
ج) سازه یدک‌کش: ۲۶ میلی‌متر و ضخامت ۱/۸ میلی‌متر  
نتایج تحلیل پس از اعمال تغییرات در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نمایش داده شده است.

بیشینه تغییر مکان شاسی ۰/۷۴۶ میلی‌متر به‌دست آمد که با توجه به ابعاد سازه قابل قبول می‌باشد. همچنین پس از قرارگیری صفحه بالایی نگه‌دارنده بار نیز صلبیت سازه افزایش پیدا می‌کند [۲]. یکی از قابلیت‌های منحصر به‌فرد نرم‌افزار انسیس نمایش میزان تأثیرگذاری پارامترهای ورودی بر مقادیر خروجی نظیر تنش‌ها و تغییر مکان‌هاست. نرم‌افزار این امکان را به طراح می‌دهد تا تأثیر افزایش یا کاهش مقدار هر پارامتر را در نتایج نهایی مشاهده کند.



شکل ۱۴. تنش‌های محوری

شکل ۱۳. تغییر مکان برابند

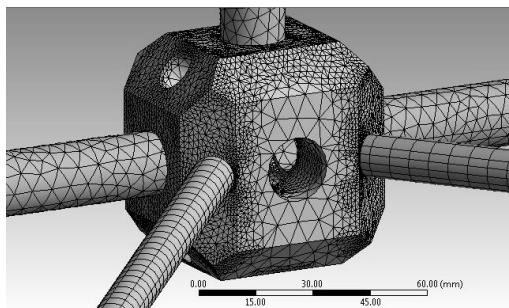
## ۸. طراحی مفصل

در طراحی مفصل نکته حائز اهمیت عدم تلاقی لوله‌ها هنگام اتصال می‌باشد. با ثابت در نظر گرفتن زاویه لوله‌ها با یکدیگر در سازه، مفصل در نرم‌افزار سالیید ورکس<sup>۵</sup> طراحی شد. همان‌طور که در بخش‌های بعدی خواهد آمد، مفصل آلومینیومی در برابر بارهای نوسانی و استاتیکی انتخاب

خوبی به‌نظر می‌رسد. سهولت تولید در ساخت مفصل در نظر گرفته شده است، به‌طوری‌که می‌توان با چند عملیات تراشکاری و فرزکاری از یک قطعه مکعبی خام آلومینیومی آن را تولید نمود. مفصل طراحی‌شده در شکل ۱۵ قابل مشاهده است.

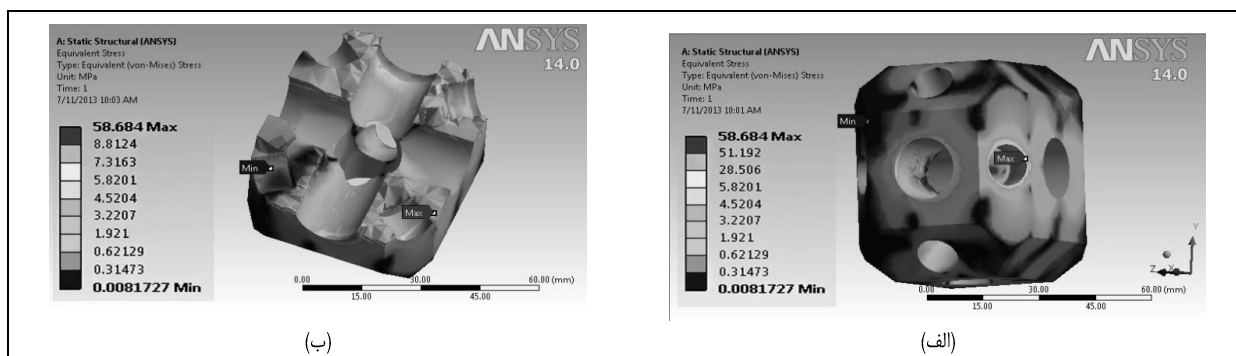
لوله‌ها و مفصل‌ها، اجزای تماسی در ناحیه درگیری ایجاد شدند. درگیری به‌نحوی تعریف شد که لوله در راستای شعاعی، محوری و مماسی ثابت شود. جهت شبیه‌سازی اثر تنش‌ها و تغییر شکل‌های کل سازه بر قسمت مدل‌شده، تغییر مکان‌های وارد شده به لوله‌های متصل به مفصل از مدل کامل شاسی استخراج و بر مدل دوم اعمال شد. با این روش، عملاً اثر بارهای اعمال‌شده بر سازه را بر مدل کوچک‌تر اعمال نموده‌ایم.

در تحلیل اجزای محدود، نحوه مش‌بندی مدل تأثیر به‌سزایی در صحت نتایج دارد. ازدیاد المان‌ها در اطراف سطوح منحنی، لبه‌ها و سوراخ‌ها سبب ایجاد تمرکز تنش می‌شود [۳]، اما تلاش شده است تا نواحی حساس به‌خوبی مش‌بندی شوند. نحوه مش‌بندی مدل در شکل ۱۷ نمایش داده شده است.

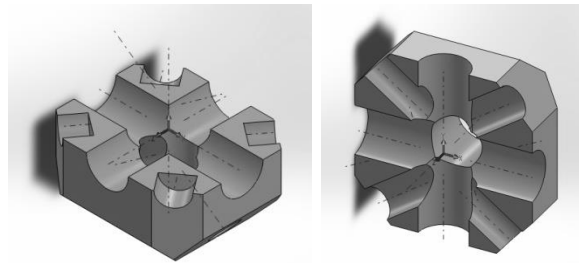


شکل ۱۷. مش‌بندی مفصل و لوله‌های متصل به آن

نتایج تحلیل استاتیکی ناشی از اعمال تغییر شکل‌ها بر لوله‌ها در شکل ۱۸ مشاهده می‌شود. ضریب اطمینان در برابر تنش ون میسس  $4/77^y$  به‌دست آمد.



شکل ۱۸. الف) تنش ون میسس در مفصل، ب) تنش ون میسس در مقطع مفصل



شکل ۱۵. مقاطع پرش‌خورده مفصل طراحی شده

## ۸-۱. تحلیل اجزای محدود مفصل

جهت دستیابی به نتایج صحیح و قابل اطمینان مفصل باید کاملاً در معرض تنش‌ها و تغییر شکل‌های ایجادشده در سازه آنالیز شود. مدل‌سازی شاسی به‌همراه مفاصل عملی زمان‌بر و پیچیده است. در نتیجه بحرانی‌ترین مفصل انتخاب و به‌همراه لوله‌های متصل به آن در نرم‌افزار سالیید ورکس مدل‌سازی شد (شکل ۱۶).

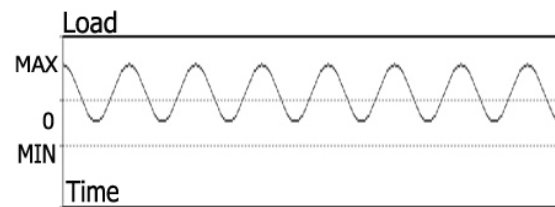


شکل ۱۶. قسمتی از شاسی به‌همراه مفصل

زیرمدل<sup>۶</sup> ایجادشده موجب می‌شود تا نیازی به مدل‌سازی کل سازه به‌همراه مفاصل نباشد. برای مدل‌سازی رزوه میان

## ۸-۲. تحلیل خستگی مفصل

با توجه به ماهیت کاری خودرو، بارگذاری و باربرداری مداوم سبب القای تنش‌های نوسانی<sup>۸</sup> در سازه و مفاصل می‌شود. از میان روش‌های تحلیل خستگی روش تنش - عمر<sup>۹</sup> جهت آنالیز مفصل انتخاب شد. این روش برای تحلیل قطعاتی که عموماً پس از صد هزار چرخه گسیخه می‌شوند مناسب است [۴]. مقدار تنشی که قطعه پس از عبور از چرخه متناظر با آن دیگر گسیخته نمی‌شود حد دوام<sup>۱۰</sup> نام دارد. چون آلومینیوم‌های آلیاژی حد دوام ندارند، مقدار مقاومت خستگی در چرخه مشخصی (معمولاً پانصد میلیون چرخه) گزارش می‌شود [۴]. تئوری گرب<sup>۱۱</sup> جهت محاسبه ضریب اطمینان خستگی توسط نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفت؛ زیرا علاوه بر دقت کافی، برای فلزات چکش‌خور نظیر آلومینیوم نیز مناسب می‌باشد. با قرار دادن قطعات روی خودرو، با توجه به شکل ۱۹ بارگذاری از صفر تا مقدار بیشینه بار اعمالی نوسان می‌کند.



شکل ۱۹. دامنه بارگذاری متغیر با زمان

ضریب اطمینان خستگی در معیار گرب<sup>۱۱</sup> توسط رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$n_f = \frac{1}{2} \left( \frac{s_{ut}}{\sigma_m} \right) \frac{\sigma_a}{s_e} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left( \frac{2\sigma_m s_e}{s_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right] \quad (5)$$

به طوری که در این رابطه  $\sigma_m$  و  $\sigma_a$  به ترتیب تنش میانگین و دامنه تنش هستند که از ترکیب بارگذاری خمشی و پیچشی بر مفصل حاصل شدند و توسط نرم‌افزار جایگذاری می‌شوند. همچنین  $s_e$  حد دوام و  $s_{ut}$  استحکام

نهایی آلومینیوم می‌باشند. حد دوام از رابطه ۶ به دست می‌آید:

$$s_e = 0.5 k_a k_b k_c k_d k_e k_f s_{ut} \quad (6)$$

مقادیر ضرایب تصحیح حد دوام و استحکام ماده در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار  $s_{ut}$  نیز از جدول ۱ جایگزین می‌شود.

جدول ۲. ضرایب تصحیح حد دوام برای آلومینیوم آلیاژی

مقدار	ضریب
۰/۱۸۶	ضریب تصحیح سطح ( $k_a$ )
۰/۹۵۳	ضریب تصحیح اندازه ( $k_b$ )
۱	ضریب تصحیح بار ( $k_c$ )
۱	ضریب تصحیح دما ( $k_d$ )
۰/۷۵۲	ضریب تصحیح قابلیت اطمینان ( $k_e$ )
۱	ضریب تصحیح آثار متفرقه ( $k_f$ )

در نهایت ضریب اطمینان خستگی ۲/۶۴۶ برای مفصل به دست آمد، در نتیجه مفصل در محدوده عمر بی‌نهایت قرار می‌گیرد.

## ۹. نتیجه‌گیری

در این مقاله روند طراحی و بهینه‌سازی شاسی فضای یک خودروی هدایت‌خودکار چندمنظوره تشریح شد. با توجه به نتایج حاصل از نرم‌افزار انسیس، با انتخاب مقاطعی با قطر خارجی بیشتر می‌توان کمبود سختی حاصل از انتخاب ماده ضعیف‌تر را جبران نمود. در بهینه‌سازی شاسی پارامترهای مورد نظر عبارت بودند از دستیابی به تغییر مکان مجاز سازه در برابر بار اعمالی و قرارگیری تنش‌های محوری و خمشی اعضاء و تنش ون میسس مفصل در محدوده مجاز طراحی. همچنین دستیابی به کمترین وزن ممکن به‌عنوان یکی از اهداف طراحی به نرم‌افزار معرفی شد. این امر سبب کاهش هزینه نهایی می‌شود. در نهایت نرم‌افزار سه نوع لوله با قطرهای داخلی و خارجی مختلف ارائه کرد.





فرایند طراحی، تحلیل و بهینه‌سازی انجام‌شده قابل تعمیم به طیف وسیعی از فرایندهای طراحی مهندسی است.

## ۱۰. مآخذ

- [1] Kimball, Steven. “Advantages of focusing on stiffness in chassis design”, *Machine Design Magazine*, 1999, pp.45-47.
- [2] Charlotte, A. *Personal Guide to Automated Vehicle Systems*, NC, 2004.
- [3] Madenci, Erdugan. *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS*, Springer, 2005, pp.311-312.
- [4] Budynas, Richard G. *Shigley’s Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill, 2001, pp.274-275.

## پی‌نوشت

- |                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Automated Guided Vehicle (AGV)    | 7. Von Misses Stress  |
| 2. ANSYS®                            | 8. Fluctuating Stress |
| 3. Baltimore                         | 9. Stress-Life Method |
| 4. Stephen P. Timoshenko (1878-1972) | 10. Endurance Limit   |
| 5. Solidworks®                       | 11. Gerber            |
| 6. Sub-Model                         |                       |

**مرکز آموزش جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر**

**برگزاری کنه:**

**دوره‌های آموزشی نرم افزارهای طراحی مهندسی . ساخت و تولید به کمک کامپیوتر**

**دوره‌های تخصصی مهندسی مکانیک**  
 Catia 511, Ansys9, Carrier, CNC, CadWorx, Auto Plant  
 Matlab, Simulink, matlab, piping, Fluent

**دوره‌های تخصصی مهندسی برق**  
 Protel, Matlab, LabView, Orcad

**دوره‌های تخصصی مهندسی صنایع**  
 MSP, SPSS, Primavera, مدیریت و کنترل پروژه

**Pro/ENGINEER**      **Mechanical Desktop**

**Solid Works**      **Matlab**

**Auto cad**      **ANSYS**

**Fluent - Gambit**      **Surf CAM**

**Power MILL**

**Edge CAM**

**CATIA**

**آماده برگزاری دوره‌های آموزش جهت مراکز، مناسبات و کارخانجات**

آدرس: خیابان حافظ، روبروی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، کوچه آرژانتین، پلاک ۲  
 فکس: ۸۸۸۰۷۰۰۸، تلفن: ۸۸۸۹۲۱۴۴، ۸۸۸۹۵۹۶۹

