



شبیه سازی جریان باد روی خودرو بررسی اثر وجود حفره جلوی خودرو

بهنام حاتمی

مربی، دپارتمان فنی و مهندسی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، کرمانشاه، ایران

چکیده

اثر جریان باد بر خودروها یکی از عوامل مهمی است که بیشتر در طراحی و بهینه‌سازی خودروها مدنظر قرار می‌گیرد. جریان باد که در سرعت‌های بالا، فشار بر سطوح خودرو و تعادل خودرو تأثیرگذار است، می‌تواند عامل مؤثری بر عملکرد، مصرف سوخت و پایداری خودرو باشد. با استفاده از شبیه‌سازی‌های جریان باد و آزمایش‌های تحلیل نقطه تلفات، طراحان خودرو توانایی دارند تا طراحی خودروها را به نحوی بهبود دهند که اثر جریان باد بر آنها کمترین اثر ممکن را داشته باشد و خودرو در شرایط مختلف جوی، دقیق و پایدار عمل کند. در تحقیق حاضر به بررسی اثر وجود سوراخ جلوی خودرو و حالتی که هیچ جریانی وارد خودرو نمی‌شود می‌پردازد. در نهایت مشاهده شد که در سرعت‌های مختلف پس از ایجاد یک حفره با قطر ۵ سانتی متر می‌تواند اثر مثبتی بر نیروی وارد بر جلوی خودرو داشته و در عین حال باعث ایجاد گردابه‌های قابل توجهی نمی‌شود.

واژگان کلیدی: فشار، آیرودینامیک، آشفستگی، خودرو، انسیس

مقدمه

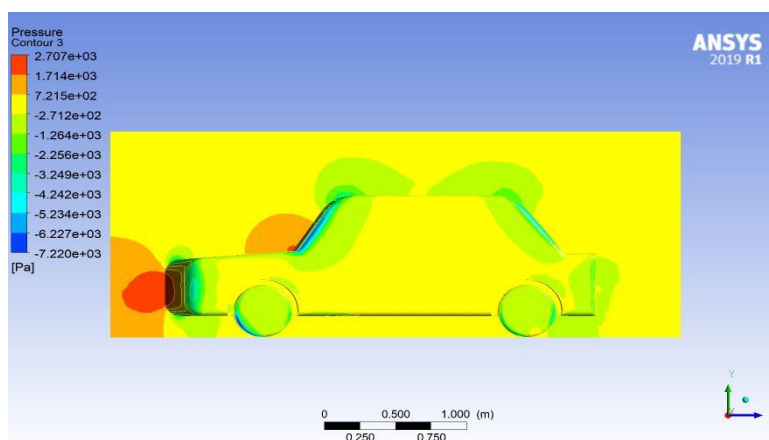
اثر جریان سیال بر روی خودروها یکی از موضوعات مهم در علم دینامیک سیالات و طراحی خودروها است. جریان سیال می تواند تأثیر زیادی بر رفتار خودروها در جاده داشته باشد. برای مثال، وقتی خودرو در حال حرکت است، جریان هوا بر روی بدنه و شيروانی خودرو اثرات مختلفی ایجاد می کند. این اثرات شامل افزایش یا کاهش مقاومت هوا، افزایش یا کاهش استحکام نگهداری، و حتی افزایش یا کاهش مصرف سوخت می شود. برای بهبود عملکرد و کارایی خودروها، طراحان خودروها باید این اثرات را در نظر بگیرند و از طراحی های مناسبی برای کاهش مقاومت هوا و بهبود استحکام نگهداری استفاده کنند. از فناوری های مانند شبیه سازی دینامیک سیالاتی و آزمایش های جریان هوا در تونل باد برای ارزیابی و بهبود جریان سیال بر روی خودروها استفاده می شود. با توجه به اینکه جریان سیال بر روی خودروها تأثیر زیادی بر عملکرد و ایمنی آنها دارد، مطالعه و بررسی این اثرات از اهمیت ویژه ای برخوردار است و تیم های تحقیقاتی و توسعه دهنده خودروها باید به صورت مداوم در حال بهبود و بهینه سازی طراحی خودروها بر اساس این اطلاعات عمل کنند. یکی از حالت های رانندگی که جریان باد بسیار تأثیرگذار است مانور سبقت گیری است. گودرزی و همکاران در یک تحقیق به بررسی پارامترهای آیرودینامیک هنگام سبقت گیری پرداختند [۱]. در شبیه سازی عددی از روش حجم محدود و شبکه های بی سازمان به حل معادلات ناویراستوکس پرداخته می شود. جوارشکیان و همکاران به مقایسه نتایج عددی و تجربی پرداختند [۲]. برزنونی و همکاران به بررسی تأثیر اندازه شتاب روی پروفیل های سرعت و آشفتگی پرداخته و نشان دادند با افزایش شتاب مولفه مومنتوم و آشفتگی ضریب پسا افزایش می یابد [۳]. رایزن و همکاران در بررسی اثر زبری سطح بر آیرودینامیک پرداخته و نشان دادند که با اضافه کردن سطح زبر زیر خودرو بعد از چرخ های جلو در سرعت های 15 m/s تا 35 m/s نیروی پسا ۶ درصد کاهش یافته است [۴]. بهشتی و همکاران به بررسی روش های بهبود آیرودینامیک در خودرو پرداخته و نشان دادند که تزریق هوا روی سپر عقب به سمت بیرون می تواند باعث کاهش نیروی پسا شود [۵]. حسینی و همکاران به تحلیل دیفیوزر در خودرو با استفاده از نرم افزار انسیس فلوئنت پرداخته و نشان دادند که در خودروی kia sportage 2016 بیشترین میزان سرعت سیال برابر ۴۸.۳ متر بر ثانیه می باشد و در نواحی دیفیوزر قرار دارد. همچنین نشان دادند که محل قرار گیری انباره اغوز تأثیر بالای بر جریان سیال دارد [۶]. با عصمت و همکاران به بررسی اثر ایجاد کانال هوا روی پیشانی خودروی تارا برای عبور جریان سیال به عقب و کنار خودرو پرداخته و نشان دادند که در این روش می تواند نیروهای پسا و برآ را به ترتیب ۱۶/۳٪ و ۴/۱٪ کاهش دهد [۷].

امروزه کدهای محاسباتی مختلفی در زمینه مسائل مربوط به دینامیک سیالات و انتقال حرارت موجود است که در حل مسائل مهندسی از الگوریتم های متنوعی استفاده می کنند. نرم افزار فلوئنت (Fluent) یکی از این نرم افزارها است که از روش عددی حجم محدود در تحلیل مسائل مختلف استفاده می کند و از قابلیت های زیادی در تحلیل مسائل دینامیک سیالات برخوردار است. یکی از مهم ترین این قابلیت ها امکان اضافه کردن برنامه نوشته شده توسط کاربر می باشد که توانایی کاربر را در مدل سازی مسائل پیچیده بالا می برد. این نرم افزار امکان تغییر شبکه به صورت کامل و تحلیل جریان با شبکه های غیر سازمان یافته برای هندسه های پیچیده را فراهم می سازد. نوع شبکه های قابل دریافت توسط این نرم افزار شامل شبکه هایی با المان های مثلثی و چهارضلعی برای هندسه های دوبعدی و چهاروجهی، شش وجهی و هرمی برای هندسه های سه بعدی می باشد.

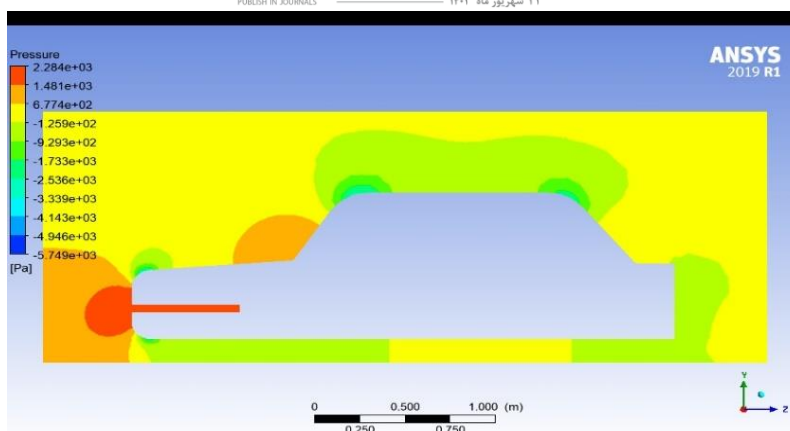


نتایج شبیه‌سازی

برای بررسی مسئله حاضر ابتدا به یک خودروی ساده در نرم‌افزار سالی‌دورک مدل‌سازی شده است. ابعاد و اندازه این خودرو متناسب با ابعاد و اندازه خودروهای واقعی است. به‌منظور سنجش میزان مقاومت هوا در دو حالت با و بدون کانال هوایی جلوی خودرو از یک نمونه غیر آیرودینامیک استفاده شده است. برای بررسی حالت کلی سیستم یک مدل رندم که جریان‌های روی آن منظم کامل نیستند انتخاب شده است. علت انتخاب این مدل سادگی ساختمان برای کوتاه‌شدن زمان تحلیل توسط نرم‌افزار و همچنین اینکه در حالت عادی روی بدنه خودرو آشفتگی و مقاومت‌هایی وجود داشته باشد که شاهد باشیم با ایجاد کانال ورودی تغییرات آشفتگی چگونه است. همان‌طور که گفته شد اولین قدم برای طراحی سیستم تولید برق به‌وسیله باد در خودروهای الکتریکی مباحث آیرودینامیک خودرو است، این سیستم باید به‌گونه‌ای طراحی شود که جریان‌های هوایی روی خودرو را به هم نزند و باعث افزایش فشار و در جاهایی افزایش خلأ در نتیجه این افزایش کشش نشود مخصوصاً در سرعت‌های بالا زیرا افزایش نیروهای سیالی که در نتیجه آشفتگی شدن رژیم‌های جریان می‌شوند موجب می‌شود شارژی که سیستم تولید می‌کند صرف مقابله با نیروها شود و حتی ممکن است سیستم مضر نیز باشد. برای رفع این مشکل سیستم طراحی شده باید دارای دریچه ورودی تنظیم شونده باشد تا در سرعت‌های بالا قطر دهانه ورودی کاهش یابد این امر باعث کاهش دبی هوای ورودی به کانال باد در نتیجه این افزایش راندمان و همچنین باعث کاهش آشفتگی رژیم‌های جریان روی خودرو می‌شود. برای اثبات این ادعاها یک مدل کاملاً ساده خودرو در دو حالت با کانال ورودی هوا جلوی کاپوت و بدون کانال جریان هوا جلوی کاپوت در سرعت‌های مختلف باد در نرم‌افزار انسیس شبیه‌سازی شده است، نتایج به‌صورت زیر است.



شکل ۱ کانتر فشار در سرعت ۱۵۰ کیلومتر بر ساعت.

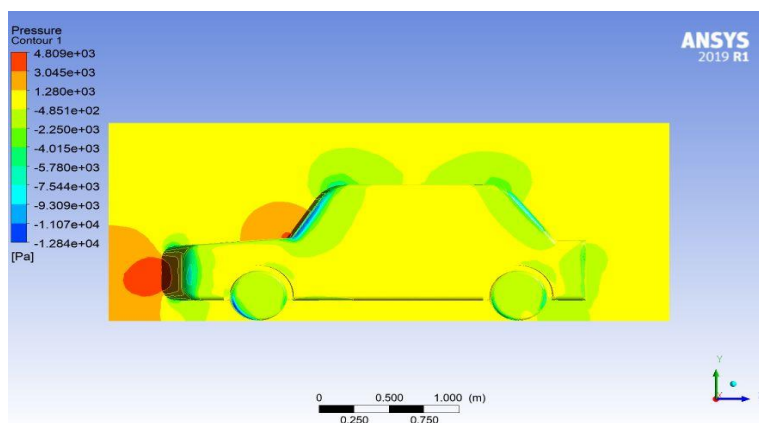


شکل ۲ کانتور فشار در سرعت ۱۵۰ کیلومتر بر ساعت.

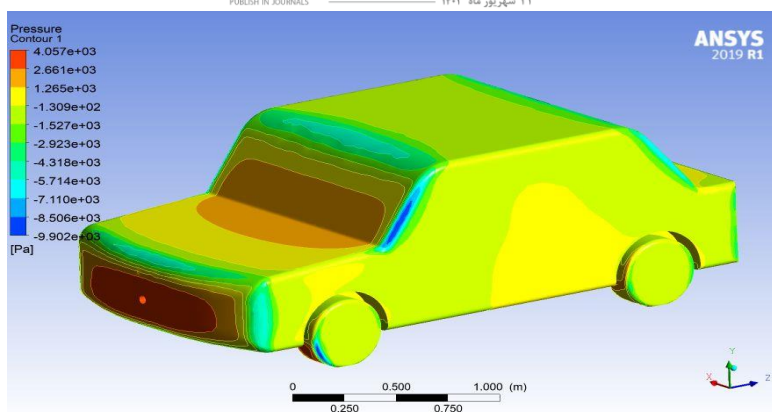
شکل ۱ کانتور فشار در سرعت ۱۵۰ کیلومتر بر ساعت برای یک مدل رندم خودرو در حالتی که جلوی خودرو هیچ محفظه‌ای وجود ندارد. شکل ۲ کانتور فشار در سرعت ۱۵۰ کیلومتر برای حالتی که جلوی خودرو محفظه‌ای با قطر ۵ سانتی‌متر وجود دارد.

همان‌طور که از مقایسه دو شکل پیداست کانتورهای فشار در شکل ۲ حدوداً ۱۶٪ کاهش یافته است. کاهش فشار جلوی خودرو اثر مثبتی بر میزان مصرف سوخت دارد.

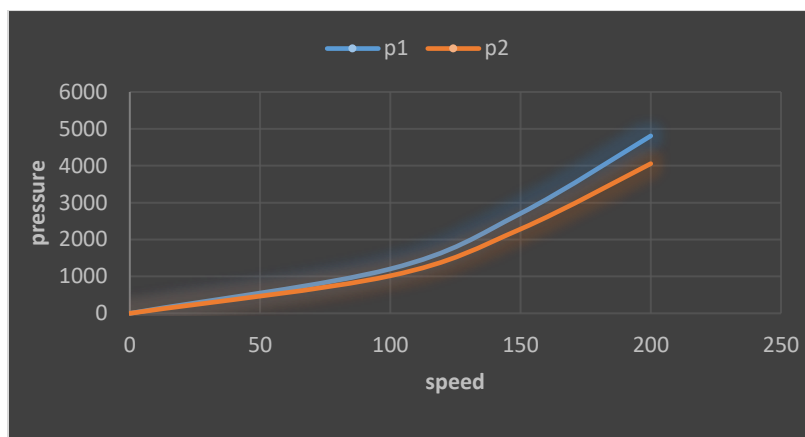
کانتورهای فشار روی خودرو در سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت به صورت زیر است:



شکل ۳ کانتور فشار در سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت بدون کانال

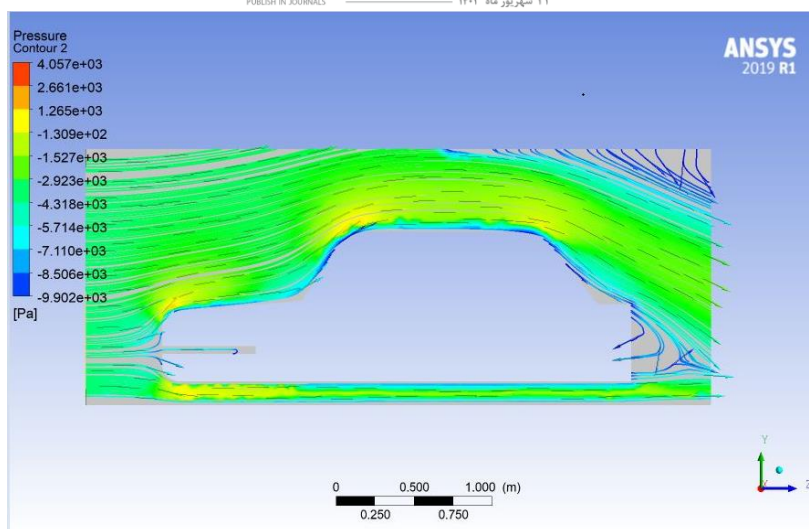


شکل ۴ کانتور فشار در سرعت ۲۰۰ کیلومتر



شکل ۵ میزان اختلاف فشار برحسب پاسکال

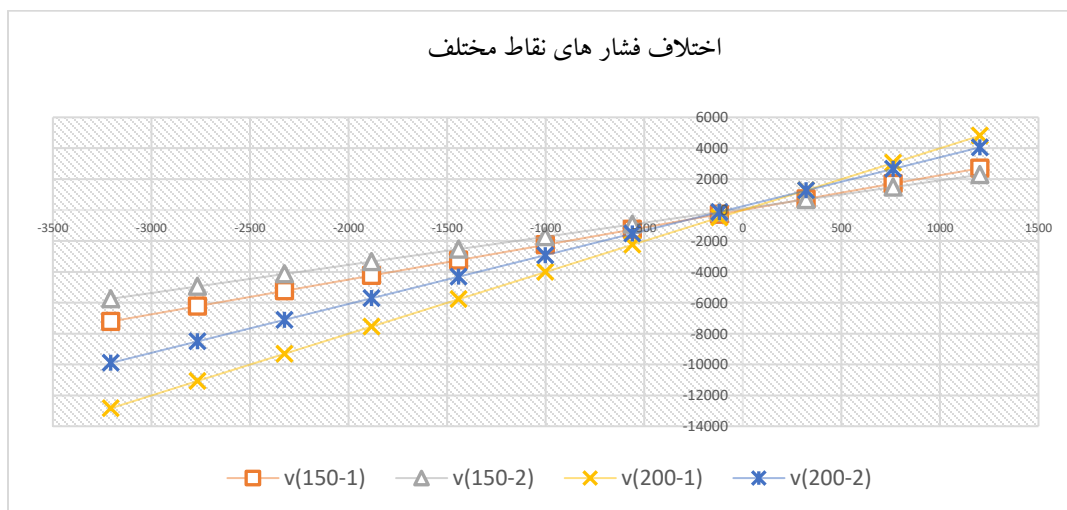
شکل ۵ نشانگر میزان اختلاف فشار برحسب پاسکال در نقطه ماکزیمم که جلوی کاپوت خودرو است فشارها برای سه سرعت برحسب کیلومتر بر ساعت (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰). در نمودار بالا P_1 نشانگر فشار نقطه ماکزیمم که جلوی کاپوت است و P_2 نشانگر فشار جلوی خودرو هنگامی که یک کانال با دریچه ورودی ۵ سانتی متر می باشد. در سرعت های بالای ۱۵۰ که مسائل آیرودینامیک حساس می شود چون دریچه کوچک شده است نه تنها باعث افزایش فشار جلوی دریچه نمی شود بلکه باعث کاهش فشار نیز شده است، زیرا با کوچک شدن دریچه باعث ایجاد گرداب های کوچکی می شوند رژیم های جریان چون دارای سرعت بالایی هستند با عبور از روی گرداب ها آن ها را فشار می دهند و در نتیجه این افزایش فشار رخ نخواهد داد.



شکل ۶ رژیم‌های جریان در سرعت ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت.

در شکل ۶ می‌توان مشاهده کرد که چون دریچه کوچک است گرداب کوچکی ایجاد شده و چون گرداب کوچک است رژیم‌های جریان تغییرات زیادی نداشته‌اند.

پس از بررسی نتایج حاصل شده در موضوع جریان‌های سیال روی خودرو این نتیجه حاصل شد که سیستم تولید برق نصب شده، برای جریان‌های سیال مضر نیست؛ اما این دلیلی بر اثبات این قضیه برای شکل هندسی تمام خودروها نیست و صرفاً بیان می‌دارد که با طراحی برای هر مدل خودروی برقی می‌توان با تعبیه یک کانال یا لوله با قطر متغیر یا کوچک می‌شود یک جریان باد را به سمت یک عضو که این جریان را به دوران تبدیل کند هدایت کرد طوری که رژیم‌های جریان سیال روی خودرو تغییر محسوسی نکنند و حتی شاید در یک نقطه خاص موجب کاهش فشار نیز شود. نتایج بررسی کلی برای مدل تصادفی به صورت زیر است.



شکل ۷ اختلاف فشار در نقاط مختلف

شکل ۷ نشان می‌دهد که در دو سرعت ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت برای دو حالت بدون کانال و با کانال جلوی کاپوت دریازده نقطه مختلف هنگامی که کانال روی بدنه است افت فشار رو شاهد هستیم هم برای نقاطی که تحت فشار هستند هم برای نقاطی که



در اثر خلأ ایجاد شده آیرودینامیکی تحت کشش هستند. اعداد با اندیس ۲ روی نمودار نشانگر سرعت مربوطه با کانال تعبیه شده و اندیس یک نشانگر بدنه بدون کانال باد است. از نمودار می شود استنباط کرد که می توان بر روی خودرو بدون افزایش فشار کانال کوچکی برای تولید برق از جریان باد تعبیه کرد. همچنین با بررسی چندین خودروی روز دنیا متوجه شدیم که ضریب درگ که نقش مهمی در نیروی درگ دارد به شکل کلی بدنه خودرو بستگی دارد. به بیان دیگر باز یا بسته بودن جلوی کاپوت خودرو تأثیر ناچیزی بر نیروی درگ دارد.

نتایج

در این تحقیق جریان های سیال پس از شبیه سازی و بررسی نتایج حاصل شده نتیجه بر این شد که ضریب درگ در مقدار نیروی درگ که با حرکت خودرو مخالفت می کند تأثیر زیادی دارد. حال آنکه ضریب درگ به شکل هندسه کلی بدنه خودرو بستگی دارد و ورود جریان سیال به داخل جلو کاپوت خودرو به اندازه کانال های یاد شده تأثیر ناچیزی بر جریان های سیال دارد و گاهی می تواند باعث کاهش نیروی درگ هم شوند. این مسئله در شبیه سازی مدل تصادفی خودرو نیز اثبات شد.

منابع

۱. بررسی و شبیه سازی پدیده آیرودینامیک خودرو در هنگام عبور از خودروی دیگر (مانور سبقت). مهندسی مکانیک, et al., گودرزی, p. 29-40. مدرس, ۲۰۱۱. (۱)
۲. آ. آیرم, بررسی عددی و تجربی نیروهای آیرودینامیکی وارد بر یک مدل پایه خودرو. ۲۰۰۶. and محمدحسن, ج. ش. ص. رضا,
۳. عبدالامیر, بررسی تجربی تأثیر اندازه شتاب جریان روی پارامترهای دنباله و ضریب پسای یک مدل and برزنونی, ب. خوشنویس, p. 71-80. خودرو در جریان شتابدار. مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز, ۲۰۱۹. ۴۹ (۳):
۴. ک. احمد, مطالعه تجربی جهت اضافه کردن سطوح زیر در قسمت کف خودرو و مقایسه ضرایب آیرودینامیکی. and کوروش, ر. ۲۰۱۶.
۵. ک. سیدمحمدحسین, تحلیل روش هایی مختلف جهت بهبود آیرودینامیک خودرو. ۲۰۰۴. and بهناز, ب.
۶. بررسی آیرودینامیکی خودرو و تحلیل دیفیوزر به منظور افزایش پایداری خودرو در سرعت های بالا با et al., حسینی علی آباد, p. 128-140. استفاده از نرم افزار فلوئنت. پژوهش های کاربردی در فنی و مهندسی, ۲۰۱۹. ۱۴ (۲):
۷. ت. علیرضا, بررسی عددی اثرات بکارگیری کانال انتقال جریان هوا و انحنا ی جانبی بدنه بر عملکرد and سعید, ب. پ. ف. محمود, آیرودینامیکی خودروی تارا. ۲۰۲۳.