



## (بررسی عوامل واژگونی خودرو، تاثیر سیستم تعلیق در واژگونی و انحراف خودرو و راهکارهای پیشنهادی برای جلوگیری از آن در خودرو دنا پلاس ایران خودرو)

هادی صابری میرآبادی

کارشناسی مهندسی مکانیک خودرو، دانشگاه فنی حرفه ای شهید مهاجر اصفهان، ایران

هادی مشرف زاده ثانی

استادیار، دانشکده فنی مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی حرفه ای شهید مهاجر اصفهان، ایران

محمد علی فلامرز

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

### چکیده

خودرو از اصلی ترین وسایل حمل و نقل در جوامع مختلف است که در عین راحتی و در دسترس بودن، خطرات جانی و مالی به همراه دارد؛ به عنوان مثال می توان به چپ کردن و انحراف خودرو که بر اثر عوامل مختلفی چون شرایط جاده، کیفیت خودرو و عملکرد راننده اتفاق می افتد اشاره کرد. امروزه شرکت های خودروسازی در تلاشند تا با تمهیداتی در خودرو، بهبود سیستم تعلیق، بهبود ایمنی و شرایط بازدارنده و کنترلی در خودرو، تا حد امکان، خطرات محیطی را کاهش داده و از بروز حوادث جلوگیری کنند. سیستم تعلیق علاوه بر تاثیر در انحراف و پایداری، در راحتی، مانور پذیری، هدایت و فرمان دهی خودرو تاثیر بسزایی دارد. در این پژوهش در ابتدا با بررسی سیستم های تعلیق و عوامل چپ کردن و انحراف خودرو، تاثیر سیستم تعلیق را در این مسئله بررسی نموده و سپس با مقایسه سیستم های تعلیق و راهکارهای پیشگیرانه ای هر کدام، به مطالعه و بررسی تخصصی تر این موضوع پرداخته شده است. در نهایت راهکارهای پیشنهادی برای خودرو دنا پلاس که از محصولات ایران خودرو است ارائه شده است. طبق نتایج حاصله، سیستم تعلیق الکترومغناطیس از بهترین سیستم های تعلیق به جهت دارا بودن شرایط کنترلی بهتر، سرعت پاسخ سریع تر و تنوع در شکل به کارگیری است و سپس مکانیزم سیستم 2CV معروف به سیستم تعلیق ژیان از مکانیزم های موفق در پایداری است. برای جلوگیری از انحراف و چپ کردن خودرو دنا پلاس، علاوه بر روش های کنترلی از جمله سنجش پیچ جاده یا شرایط جاده، می توان از سیستم تعلیق بهتر یا تنظیم ارتفاع خودرو برای کاهش مرکز ثقل استفاده نمود.

**واژگان کلیدی:** خودرو، سیستم تعلیق، چپ کردن خودرو، انحراف خودرو، الکترومغناطیس



## مقدمه

خودرو از اصلی ترین وسایل نقلیه است، طبق تولیدات شرکت های خودروسازی در سال ۲۰۲۳ پیش بینی می شود حدود ۱.۴ میلیارد خودرو در دنیا وجود دارد که از این تعداد ۵۴۳ میلیون خودرو در قاره آسیا است. این تعداد بالای خودرو بیانگر اهمیت این وسیله نقلیه و تاثیر بسزای آن در زندگی انسان است (Butcher and Richard 2012). صوانج رانندگی به طور کلی به شرایط محیطی، خودرو و راننده برمیگردد، شرایط محیطی برای مثال می توان به شیب یا پیچ غیر استاندارد جاده، وجود موانع یا حوادث طبیعی اشاره کرد. عوامل مربوط به خودرو شامل سلامت خودرو، فرسودگی، عمر و ایمنی خودرو است و شرایط انسانی شامل آگاهی و هوشیاری راننده، شرایط رانندگی و توجه به جاده، موانع و سرعت خودرو است، بنابراین برای جلوگیری از حوادث رانندگی خصوصا انحراف و چپ کردن خودرو عوامل زیادی موثر است. خودروسازان در تلاشند تا علاوه بر کاهش خطرات ناشی از خودرو و بهبود سلامت و ایمنی خودرو، با قرار دادن سامانه های جدید و هوشمند، سنسورها، تغییر در سیستم تعلیق و آیرودینامیک و سایر تغییرات و تمهیدات، خطرات محیطی و انسانی را نیز تا حد امکان کاهش دهند. طبق تحقیقات انجام شده رفتار انسان در ۷۰ درصد تصادفات تاثیر دارد، با اینکه احتمال چپ کردن و واژگونی خودرو در تصادفات جاده ای کمتر از ۵ درصد است اما ۳۳ درصد این تصادفات منجر به مرگ و درصد قابل توجهی از آن دچار آسیب های جدی می شوند بنابراین، پیشگیری از واژگونی و انحراف خودرو از مسائل حائز اهمیت در کنترل و امنیت خودرو است (Numan et al 2023, Dakota and Hyun 2024).

خودرو به عنوان یک قطعه متحرک مطابق شکل ۱ امکان چرخش حول سه محور  $x, y, z$  یا طولی، جانبی و عمودی را دارد. چرخش خودرو حول محور طولی منجر به چپ شدن و واژگونی خودرو می شود و چرخش حول محور عمودی منجر به انحراف خودرو می شود. در تصویر ۲ و ۳ انحراف و واژگونی خودرو نشان داده شده است. بر اثر نیروهای جانبی مانند گریز از مرکز یا نیروی جانبی باد، خودرو شروع به چرخش حول محور طول نموده یا ممکن است دچار لغزش شود. نیروی جانبی به مرکز ثقل یا به مرکز سطح جانبی خودرو وارد شده و منجر به گشتاور حول محل قرارگیری چرخ روی سطح زمین می شود. این نیرو خودرو را از جا بلند نموده و در صورتی که انحراف بیش از ۹۰ درجه باشد واژگونی خودرو اتفاق می افتد (Se-Jin et al 2016, Dollorenzo et al 2022, Luciani et al 2020). در صورتی که نیروی وارد شده جانبی با فاصله طولی از مرکز ثقل خودرو باشد منجر به گشتاور حول مرکز ثقل و محور عمودی شده و باعث انحراف خودرو می شود. در این حالت چرخ های عقب و جلوی خودرو به صورت مستقل و در دو سمت مخالف شروع به حرکت می کنند، این اتفاق با حرکت های دیگری از جمله لغزش، حرکت در راستای طولی و عرضی همراه است و عوامل مختلفی از جمله لغزندگی جاده نیز در آن موثر است. در واقع همواره نیروی های جانبی به خودرو وارد می شود اما زمانی که نیروها بر اصطکاک جاده غلبه می کند منجر به انحراف خودرو می شود.

## سیستم تعلیق<sup>۱</sup>

از جهات مختلف سیستم های تعلیق دسته بندی می شوند. کارکرد اصلی سیستم تعلیق حفظ پایداری و کاهش نوسانات جاده است. معمولا در سیستم های تعلیق از فنر<sup>۲</sup> و کمک فنر (دمپر<sup>۳</sup>) استفاده می شود. بسته به نوع عملکرد سیستم تعلیق یا نحوه ارتباط سیستم تعلیق در چرخ های خودرو، دسته بندی می شوند، متناسب با نحوه ارتباط سیستم تعلیق در چرخ ها، سه حالت مستقل، شبه وابسته و وابسته وجود دارد (مطابق شکل ۴) و متناسب با نحوه عملکرد به دو شکل فعال و غیر فعال تقسیم می شوند (Liu 2010). امروزه سیستم تعلیق فعال<sup>۴</sup> جایگزین سیستم های تعلیق غیرفعال<sup>۵</sup> معمولی خواهند شد، زیرا پایداری خودرو و ایمنی سرنشینان از نکات مهم طراحی خودرو است. همچنین تمایل بر ماشین های کوچک تر<sup>۶</sup> و مرکز ثقل بالاتر<sup>۷</sup> است که نیاز به سیستم تعلیق با واکنش سفت و

<sup>1</sup> Suspension

<sup>2</sup> Spring

<sup>3</sup> Damper

<sup>4</sup> Active suspension

<sup>5</sup> Passive suspension

<sup>6</sup> Smart

<sup>7</sup> SUV



سخت در هنگام رانندگی در پیچها را افزایش می‌دهد. در حال حاضر، سیستم‌های تجاری از محرک‌های هیدرولیکی یا پنوماتیکی استفاده می‌کنند (Sam and Hudha 2006).

## روش تحقیق

در این پژوهش با بررسی مقالات و گزارشات ارائه شده انواع عوامل چپ کردن خودرو حین رانندگی آورده شده است. روش‌های مختلفی برای پیشگیری و کاهش صدمات چپ کردن و انحراف خودرو وجود دارد، در این میان سیستم تعلیق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا در این پژوهش سیستم‌های تعلیق نیز به تفصیل بررسی شده است. خودرو دنا پلاس به عنوان یک خودروی با کیفیت، محصولی از شرکت ایران خودرو است که در جدول ۱ مشخصات کلی آن آورده شده است. این خودرو به عنوان یک خودرو پرفروش از شرکت ایران خودرو مورد بررسی قرار گرفته و محاسبات مربوطه با توجه به مشخصات این خودرو انجام شده است (ایران خودرو ۱۴۰۳).

در این پژوهش سه فرضیه برای کنترل پایداری یک خودرو (در این پژوهش خودرو دنا پلاس) مطرح شده است:

- الف- تنظیم ارتفاع مرکز ثقل با سیستم تعلیق
  - ب- افزودن نیروی آیرودینامیک وارد بر خودرو
  - ج- استفاده از فرمان‌های کنترلی و سنسورها
  - د- استفاده از سیستم تعلیق متفاوت (سیستم تعلیق الکترومغناطیسی)
- بدین ترتیب در بخش یافته‌ها فرضیه‌های آورده شده به تفصیل بررسی و مقایسه شده و محاسبات مربوط به آیرودینامیک و مرکز ثقل آورده شده است.

## یافته‌ها

### عوامل چپ کردن خودرو

عوامل مختلفی منجر به چپ شدن یا انحراف خودرو می‌شود. با توجه به منابع بررسی شده و شواهد و گزارشات صوانح رانندگی بیشتر این عوامل مربوط به راننده و شرایط محیطی بوده ولی محققان در تلاشند تا خودروها این عوامل را کاهش داده و صوانح رانندگی کاهش یابد. وجود موانع در جاده، عبور حیوانات، پیچ‌های غیر استاندارد یا تصادف سایر خودروها از عوامل محیطی است، برای مثال مطابق شکل در شرایط بارانی، در سرعت بالا، لایه فیلم آب بین لاستیک و جاده ایجاد می‌شود، این لایه خودرو را در شرایط معلق نگه میدارد و با کوچکترین نیروی جانبی منجر به انحراف خودرو می‌شود. به این پدیده هیدروپلنینگ<sup>۸</sup> گویند (شکل ۵) (S. Lee and Ayyala 2020).  
یا برای مثال در صورت وجود موانع در جاده امکان انحراف خودرو یا تصمیم نادرست راننده و وقوع حادثه وجود دارد. در حالت دیگر وقتی پیچ جاده استاندارد نباشد و سرعت بالا خودرو در پیچ منجر به واژگونی آن می‌شود. در ادامه راه‌هایی برای جلوگیری از آن بررسی شده است. شرایط مربوط به راننده برای مثال خواب‌آلودگی، یا عدم توجه به علائم رانندگی است. برخی از این عوامل مانده خواب‌آلودگی یا سرعت غیر مجاز در خودروها قابل شناسایی و کنترل است اما به طور کلی این عوامل ناشی از رفتار راننده می‌باشد. وضعیت خودرو نیز در عوامل انحراف و واژگونی خودرو موثر است، برای نمونه شکستن کمک فنرها.

### انواع سیستم تعلیق

به طور کلی از نظر عملکرد در سیستم تعلیق سه نوع عملکرد مغناطیسی، مکانیکی و هیدرو پنوماتیک وجود دارد. در ابتدا سیستم‌های تعلیق مکانیکی شامل فنر و کمک فنر وجود داشت. این سیستم به تدریج با ترکیب با نیروی هیدرولیک منجر به تولید سیستم‌های تعلیق جدید شد. برای مثال در سیستم تعلیق ژیان مطابق شکل ۶ با ارتباط محورهای چپ و راست خودرو از چپ شدن آن جلوگیری شده است. هنوز هم کسی موفق به چپ کردن خودرو ژیان نشده است. در این سیستم تعلیق چرخ جلو عقب توسط یک مخزن در

<sup>8</sup> Hydroplaning



ارتباطند و دو مخزن سمت راست و چپ نیز با هم در ارتباطند؛ به این ترتیب با افزایش ارتفاع خودرو در یک سمت فشار به سمت مجاور وارد شده و نیروی ناشی از دست انداز یا بلند شدن خودرو دفع می‌شود. به دلیل افقی بودن فنر در این سیستم تعلیق در صورت بلند کردن خودرو از یک سمت همچنان چرخ‌ها روی جاده قرار دارد و به نوعی چپ شدن خودرو غیر ممکن می‌شود (Smith 2009). به طور کلی انواع سیستم تعلیق، مزایا و معایب و مشخصات کلی آن در جدول ۲ آورده شده است (Kim and Kim 2019, Liu 2010, Yu et al 2024, Hamza and Ben Yahia 2020)

### نتایج تنظیم ارتفاع خودرو

یک فرضیه پیشنهادی برای کنترل پایداری بهتر خودرو تغییر ارتفاع خودرو و در نتیجه تغییر فاصله مرکز ثقل خودرو از سطح جاده است. بدین ترتیب با نوشتن نیروهای وارده بر خودرو در یک سطح شیب دار مطابق شکل ۷ معادلات ۱ تا ۳ استخراج می‌شود. نیروی وزن خودرو، نیروی گریز از مرکز ناشی از حرکت روی جاده با پیچ مشخص، نیروی عمودی تکیه گاه و نیروی اصطکاک به خودرو وارد می‌شود. نیروی عمودی تکیه گاه تا مادامی که مقدار مثبتی داشته باشد بیانگر ثبات خودرو روی سطح جاده است و در لحظه بحرانی واژگونی این نیرو به صفر می‌رسد. با فرض جاده بدون شیب (چون احتمال چپ شدن خودرو در سطح صاف بیشتر است) و با فرض عدم شتاب خودرو معادله ۱۱ به صورت ساده شده سرعت بحرانی خودرو موقع واژگونی خودرو را نشان می‌دهد. در این معادله  $R$  شعاع پیچ جاده،  $g$  شتاب گرانش زمین،  $h$  فاصله مرکز ثقل از سطح جاده،  $t$  فاصله محور چپ و راست خودرو و  $v$  سرعت بحرانی است. به این ترتیب با فرض مشخصات خودرو دنا که در آن عرض ۱.۷۷ متر و فاصله مرکز ثقل تا سطح زمین حدود ۱ متر است. در جدول ۳ محاسبه سرعت بحرانی خودرو برای فواصل مرکز ثقل بین ۰.۶ تا ۱.۱ متر و پیچ جاده ۳۰ تا ۲۲۰ محاسبه شده است. در شعاع پیچ ۸۰ متر که نسبتا شعاع متداولی است و ارتفاع شاسی ۱ متری، خودرو در سرعت ۹۵ کیلومتر بر ساعت چپ می‌کند. حال اگر ارتفاع خودرو ۱۰ سانتی متر کاهش یابد سرعت بحرانی نیز به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسد. در نتیجه از وقوع بحران جلوگیری می‌کند. در نتیجه در صورتی که بتوان ارتفاع مرکز ثقل را تا ۱۰ سانتی در شرایط بحرانی تغییر داد از واژگونی خودرو به صورت مقطعی جلوگیری می‌شود؛ اما به طور کلی با تنظیم ارتفاع مرکز ثقل خودرو به صورت خودکار می‌توان سرعت بحرانی را همواره در مقدار ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت نگه داشته و از بروز حادثه جلوگیری شود.

### نتایج افزودن نیروی آیرودینامیک

افزودن نیروی آیرودینامیک توسط بالک روی خودرو از ایده‌های دیگری بود که مورد بررسی قرار گرفته است. در این حالت با فرض شرایط قبلی و شکل ۶ برای خودرو، در حالتی که خودرو در پیچ بدون شیب و بدون شتاب حرکت کند، در حالتی که نیروی آیرودینامیک به یک سمت روی سقف خودرو وارد شود معادلات مطابق قبل ساده شده و در نهایت با ساده سازی معادله ۱۲، معادله ۱۳ استخراج می‌شود در این معادله  $F$  نیروی آیرودینامیک و  $m$  جرم خودرو است، همانطور که از روابط مشخص است، مقدار نیرو به وزن خودرو تقسیم می‌شود در نتیجه هر چه مقدار نیروی اعمالی به وزن خودرو نزدیک تر باشد تاثیر این نیرو بیشتر است. در جدول ۴ نشان داده شده است که در هر سرعت در هر شعاع پیچ جاده برای کنترل خودرو چه نیروی آیرودینامیکی نیاز است. همچنین در شکل نمودار ۸ مقادیر مختلف در کنار هم قرار گرفته است. مقادیر بدست آمده حاکی از آن است که نیروی قابل توجهی برای پایداری خودرو نیاز است، برای مثال برای سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در پیچ ۸۰ متری نیاز به ۱۰۰۰ نیوتن نیروی اضافه است. این کار مستلزم نیروی زیاد درگ است که قابل اجرا نیست اما می‌توان از نیروی درگ به عنوان عاملی برای پایداری بهتر خودرو اشاره نمود.

### نتایج استفاده از سیستم‌های کنترلی

سیستم‌های کنترلی راه را برای در دست گرفتن تمامی شرایط فراهم کرده است برای مثال چند ایده برای بهبود کنترل خودرو دنا پلاس آورده شده است:

- ۱- استفاده از دوربین‌های تشخیص موانع و جلوگیری از حرکت ناگهانی راننده (کاهش سرعت بر اثر چرخش ناگهانی فرمان).
- ۲- اندازه گیری شعاع پیچ جاده از زاویه فرمان و مقایسه سرعت خودرو با سرعت بحرانی و کاهش سرعت به صورت اتوماتیک.
- ۳- اندازه گیری زاویه و سرعت چرخش، چرخ‌ها و پیش بینی شرایط انحراف خودرو، زیرا در حالت انحراف خودرو معمولا چرخ‌ها

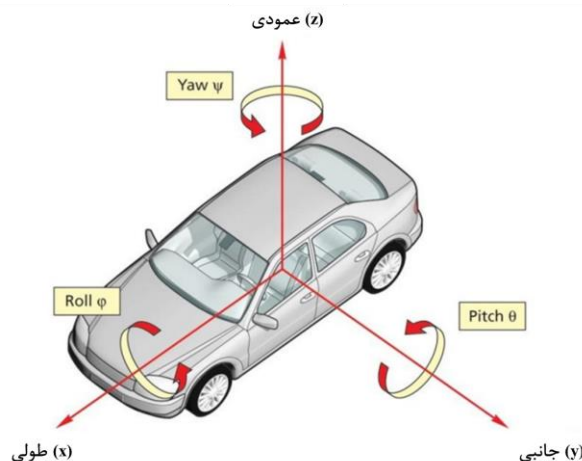


خلاف هم حرکت می کند و به صورت نوسانی تکرار می شود. در این حالت لغزش اتفاق می افتد و با مقایسه سرعت چرخش تایر با سرعت حرکت خودرو می توان انحراف را اندازه گیری و در جهت کاهش یا رفع آن به صورت اتوماتیک اقدام نمود. برای نمونه مطابق شکل رابطه شعاع جاده با پیچش فرمان مطابق روابط آکرمن در شکل ۹ محاسبه می شود که در رابطه ۱۴ آورده شده است (سلمان ابراهیم نژاد ۱۳۹۵).

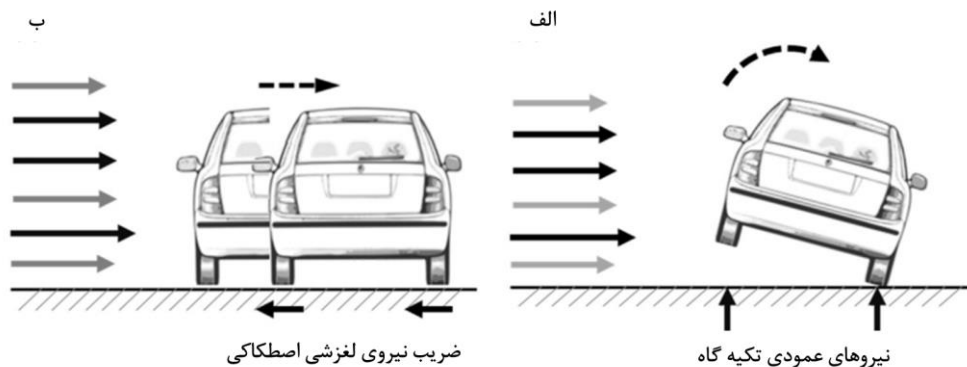
#### نتایج استفاده از سیستم تعلیق متفاوت

سیستم تعلیق از اصلی ترین بخش های یک خودرو است که علاوه بر راحتی سر شنینان و دفع نوسانات جاده تاثیر بسزایی در پایداری خودرو دارد. خودرو ژیان با سیستم تعلیق 2CV از جمله سیستم تعلیق های مقاوم در برابر واژگونی است؛ به دلیل وابستگی در چرخ ها انرژی ها دفع می شود. به تازگی سیستم تعلیق الکترومغناطیس در خودرو ها مورد استفاده قرار گرفته است. در این سیستم تعلیق به جای نیروی فنر از نیروی الکترومغناطیس استفاده می شود. نیروی الکترومغناطیس توسط آهنربای دائم یا موقت ایجاد می شود، در نتیجه قابلیت تنظیم این نیرو توسط کنترلر وجود دارد. در شکل ۱۰ سیستم الکترومغناطیس بوس آورده شده است که در آن چرخ ها دارای جک های مستقل مغناطیسی است و توسط کنترلر مرکزی کنترل می شود. در این مجموعه با تغییر در زاویه خودرو یا وجود موانع در مقابل خودرو نیروی های دافعه در هر چرخ متناسب با شرایط خودرو تنظیم می شود و بهترین تعلیق را ایجاد می کند. همچنین به دلیل استفاده از نیروی دافعه مغناطیسی در کنار نیروی هیدرولیکی حرکت نرم تر و سریع تر ایجاد می شود (Abu-Ein, and Fayyad 2013).

#### جداول، شکل ها و نمودارها

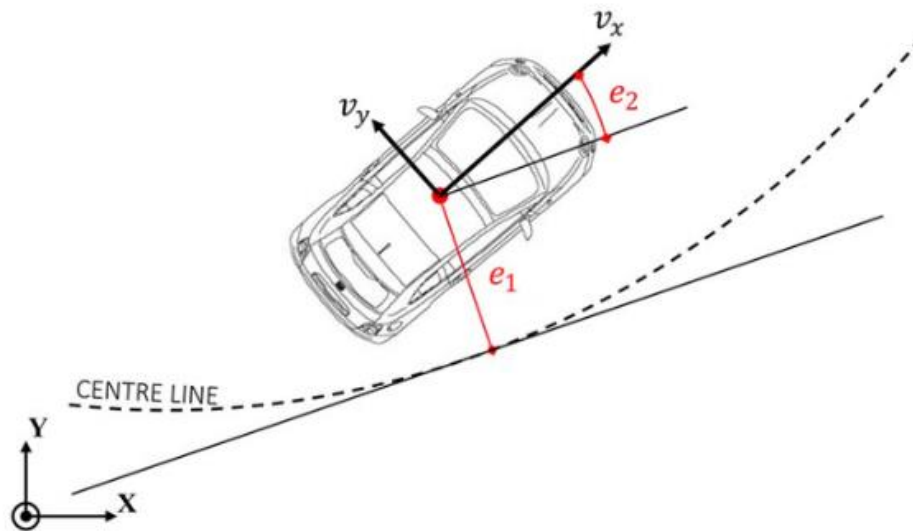


شکل ۱- راستا های چرخش خودرو در فضا (Dolorenzo et al 2022)

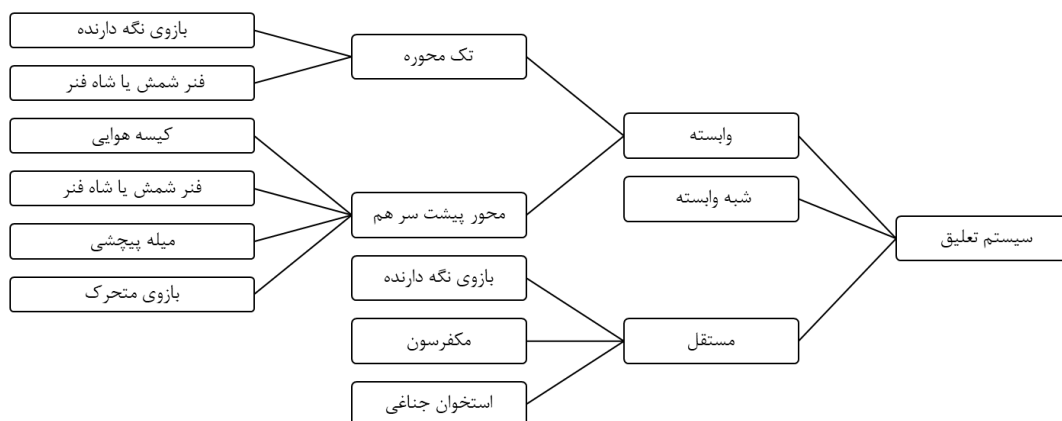




شکل ۲- واژگونی خودرو بر اثر نیروی جانبی (Se-Jin et al 2016)



شکل ۳- انحراف خودرو بر اثر لغزش ناشی از نیروی گریز از مرکز (Luciani et al 2020)



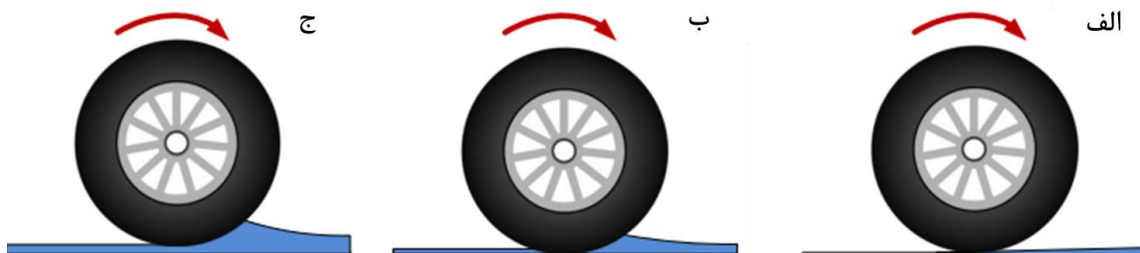
شکل ۴- انواع سیستم تعلیق از جهت ارتباط چرخ ها (Liu 2010).

جدول ۱- مشخصات خودرو دنا پلاس ایران خودرو ۱۴۰۳

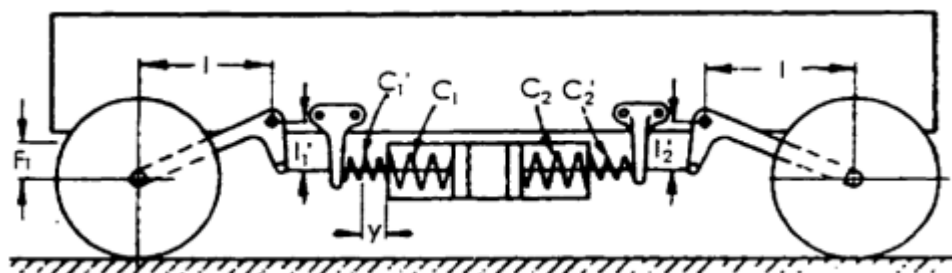
مشخصه ی فنی	واحد اندازه گیری	مقدار
نوع موتور	-	EF7
حجم موتور	cc	۱۶۴۶
حداکثر توان موتور	hp	اسب بخار در ۶۰۰۰ دور در دقیقه ۱۱۵
حداکثر گشتاور	Nm	نیوتن متر در ۴۵۰۰ دور در دقیقه ۱۵۷
نسبت تراکم	-	۱۱
تعداد سوپاپ	-	۱۶
نوع سوخت سازگار	-	بنزین بدون سرب اکتان ۹۵
سیستم انژکتوری	-	پاشش چند نقطه ای



۱۸۹	Km/h	حداکثر سرعت
مقدار	واحد اندازه گیری	مشخصه ی فنی
۱۳.۵	s	شتاب صفر تا ۱۰۰
دنده دستی ۵	-	سیستم انتقال قدرت
۶.۲	Lit/100km	مصرف سوخت خارج شهر
۷.۷۴	Lit/100km	مصرف سوخت ترکیبی
۴۵۵۹	mm	طول خودرو
۱۹۴۴	mm	عرض خودرو
۱۴۶۰	mm	ارتفاع خودرو
۲۶۷۱	mm	فاصله بین دو محور چرخهای عقب و جلو
۱۲۵۸	kg	وزن خودرو بدون سرنشین با مخزن سوخت پر
۵۰۰	Lit	حجم فضای صندوق عقب
۶۰	Lit	گنجایش مخزن سوخت



شکل ۵- حرکت لاستیک روی سطح خیس در حالت الف) لایه استاندارد آب و تماس لاستیک با خودرو در سرعت های پایین ب) ایجاد لایه آب جلوی لاستیک در سرعت های بیشتر و ج) ایجاد نیروی بلند بلندکننده بین جاده و لاستیک و معلق شدن خودرو در سرعت های بالاتر (S. Lee and Ayyala 2020)



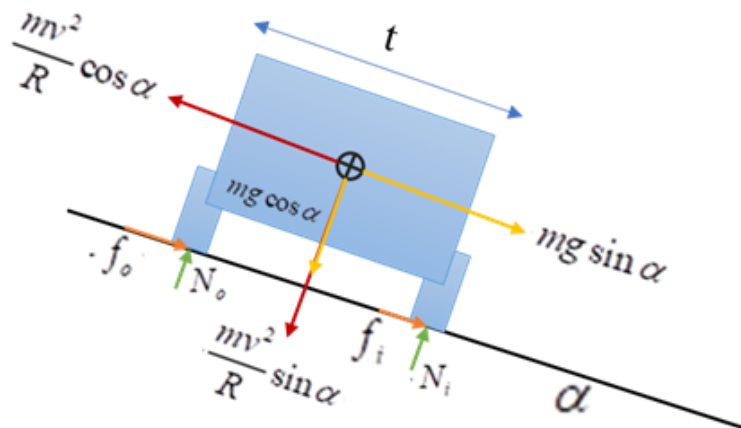
شکل ۶- سیستم تعلیق ژبان یا 2CV (Rideout 1998)

## جدول ۲- مقایسه انواع سیستم تعلیق





نام سیستم تعلیق	محل نصب (بر روی چه خودرو هایی)	کاربرد	مزایا و معایب	تصاویر
سیستم تعلیق یکپارچه فنر شمش	هم روی محور جلو و هم روی محور عقب بیشتر روی ماشین های سنگین و قدیمی نصب می شود.	بیشتر برای خودرو های باربری سنگین وزن اعمال میشود	مزایا: ۱- سادگی طراحی ۲- هزینه ای تعمیرات کم ۳- عمر مفید بالا ۴- تحمل وزن و ضربات بالا معایب: ۱- داشتن وزن بالا ۲- آسایش سواری کم ۳- نامناسب برای خودرو های اسپرت	
سیستم تعلیق جناغی دوبل	سیک، سواری، شاسی بلند، وانت و خودروهای نیمه سنگین بیشتر در محور های جلو کاربرد دارد	زمانی که خودرو در حال پیچیدن است کمر چرخ داخل پیچ مثبت و کمر چرخ خارج پیچ منفی شود این موضوع موجب میشود شعاع گردش خودرو کاهش یابد و در عین حال هندلینگ و تعادل آن نیز بهتر شود.	مزایا: ۱- هزینه تولید، نگهداری و تعمیرات معقول ۲- دوام فنی عالی ۳- کیفیت سواری بسیار بالا معایب: ۱- دارای سیستم پیچیده ۲- وزن بالا ۳- قیمت تمام شده ای بالا	
سیستم تعلیق مولتی لینک	این سیستم تعلیق در بیشتر خودروهای اسپرت، شاسی بلندهای خودرو های لوکس و گران قیمت نصب میشود محل نصب: روی محور جلو	در این نوع سیستم تعلیق می توان پارامترهای مهمی مانند کمبر (Camber)، کستر (Caster) و تو (Toe) را مشاهده نمود.	مزایا: ۱- پایداری بسیار عالی تحت سناریوهای مختلف ۲- فرمان پذیری بسیار دقیق ۳- آسایش و لذت سواری بالا معایب: ۱- هزینه طراحی ۲- تولید و نگهداری بسیار بالا	
سیستم تعلیق سه لینک، چهار لینک و پنج لینک	این سیستم تعلیق تقریباً فقط در خودروهای شاسی بلند توانمند افروزی، خودروهای سنگین نظامی و ترابری نصب میشود محل نصب: محور عقب	کاربرد این این سیستم تعلیق برای جاده های ناهموار و افروزی بیشتر میباشد.	مزایا: عدم کوبش تعلیق ۲- قابلیت افزایش ارتفاع معایب: گنجی نسی فرمان ۲- رول بیشتر اتاق و عدم پایداری در سناریوهای خاص	
سیستم تعلیق مک فرسون و مک فرسون استرات	کاربرد گسترده آن در خودروهای سبک وزن و به صورت کلی بیشتر خودروهای اقتصادی و ارزان قیمت است. محل نصب: محور جلو	کاربرد گسترده آن در خودروهای سبک وزن و به صورت کلی بیشتر خودروهای اقتصادی و ارزان قیمت است.	مزایا: ۱- طراحی و تولید ساده، ۲- وزن و بسیار اقتصادی معایب: ۱- تحمل وزن کم ۲- نامناسب برای خودروهای سنگین	
سیستم تعلیق بازو کشنده	معمولاً در محور عقب خودروهای متحرک جلو سبک وزن، به همراه فنر لول استفاده می شود. بیشتر روی خودرو های اقتصادی و سبک نصب میشود	چنانچه در این نوع مکانیزم تعلیق، از فنر پیچشی شود کمک فنرها نیز به صورت مایل نصب گردند، فضای بسیار کمی را اشغال کرده، از اینرو فضای صندوق عقب و صندوق عقب بسیار وسیع و بدون برآمدگی می باشد.	مزایا: ۱- هزینه طراحی و تولید ساده و کم هزینه ۲- تعمیرات ساده و اقتصادی معایب: ۱- نامناسب برای خودروهای شاسی بلند و سنگین ۲- پایداری کم در سناریوهای خاص	
سیستم تعلیق محور نوسانی	محل نصب: روی خودرو های قدیمی امریکایی در محور عقب	قابلیت استفاده در محور فعال عقب و عدم تاثیرگذاری بر زاویه کمر چرخ مقابل، محبوب خودروسازان قرار گرفت، اما هنگام اجرای مانورهای تیز در سرعت های بالا (حساسیت در برابر چپ کردن در اثر حرکت رول بسیار زیاد)	مزایا: ۱- ساختار طراحی و تولید اقتصادی ۲- تعمیرات ساده معایب: ۱- رفتار غیر قابل پیشبینی در سناریوهای خاص ۲- تغییر در زاویه کمر به هنگام بازی تعلیق	
سیستم تعلیق پنوماتیک	محل نصب: محور جلو و عقب بیشتر بر روی خودروهای اسپرت و گران قیمت نصب میشود	ایجاد سیستم تعلیقی نرم برای خودرو کمر تنظیم ارتفاع کمر با استفاده از ریموت کنترل تنظیم زاویه کابین کمر با استفاده از ریموت کنترل امکان استفاده از باد مخزن پنوماتیک برای باد کردن لاستیک های کمر	سیستم های پنوماتیک خودرو، هزینه کمتر، انعطاف پذیری و سطح ایمنی بالاتری نسبت به انواع هیدرولیکی دارند معایب: پیچیدگی سیستم	
سیستم تعلیق هیدرولیک	محل نصب: محور عقب و محور جلو بیشتر بر روی خودرو های فرانسوی مانند شرکت سیتروئن نصب میشده است.	تنظیم ارتفاع در هر شرایطی	مزایا: پایین آوردن مرکز ثقل خودرو که سبب کاهش رول شدن خودرو می شود. ۲- کیفیت سواری بالا معایب: هزینه ای تعمیرات بالا ۲- پیچیدگی بالا	
سیستم تعلیق الکترو مغناطیسی	محل نصب: محور عقب و محور جلو در خودرو هایی لوکس بیش از نصب میشود	کاهش چپ شدن خودرو	این سیستم تعلیق بهبود کارایی و پایداری را افزایش میدهد و احتمال چپ شدن خودرو را کاهش میدهد. ۲- قابل تنظیم است معایب: هزینه ای نصب بالا ۲- پیچیدگی فنی بالا	



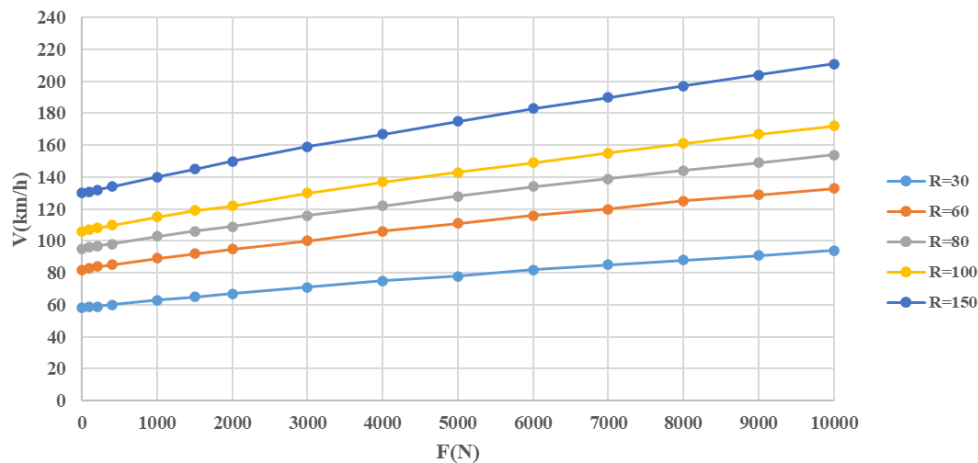
شکل ۷- نیروهای وارد بر خودرو در سطح شیبدار جاده و روی پیچ

جدول ۳- سرعت بحرانی خودرو دنا پلاس در شعاع پیچ ها و ارتفاع های مرکز ثقل مختلف

شعاع پیچ جاده (متر)														ارتفاع مرکز ثقل (متر)
۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۰.۶
۳۰۷	۲۷۵	۲۳۸	۲۱۷	۱۹۴	۱۶۸	۱۵۰	۱۳۷	۱۲۳	۱۱۵	۱۰۶	۹۷	۸۷	۷۵	۰.۷
۲۸۴	۲۵۴	۲۲۰	۲۰۱	۱۸۰	۱۵۶	۱۳۹	۱۲۷	۱۱۴	۱۰۶	۹۸	۹۰	۸۰	۷۰	۰.۸
۲۶۶	۲۳۸	۲۰۶	۱۸۸	۱۶۸	۱۴۶	۱۳۰	۱۱۹	۱۰۶	۹۹	۹۲	۸۴	۷۵	۶۵	۰.۹
۲۵۱	۲۲۴	۱۹۴	۱۷۷	۱۵۹	۱۳۷	۱۲۳	۱۱۲	۱۰۰	۹۴	۸۷	۷۹	۷۱	۶۱	۱
۲۳۸	۲۱۳	۱۸۴	۱۶۸	۱۵۰	۱۳۰	۱۱۶	۱۰۶	۹۵	۸۹	۸۲	۷۵	۶۷	۵۸	۱.۱
۲۲۷	۲۰۳	۱۷۶	۱۶۰	۱۴۳	۱۲۴	۱۱۱	۱۰۱	۹۱	۸۵	۷۹	۷۲	۶۴	۵۶	

جدول ۴- سرعت بحرانی خودرو دنا پلاس در شعاع پیچ ها و نیروهای آیرودینامیک مختلف

شعاع پیچ جاده (متر)																			نیروی اعمالی نیوتن
۲۲۰	۲۱۰	۲۰۰	۱۹۰	۱۸۰	۱۷۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰
۱۵۸	۱۵۴	۱۵۰	۱۴۷	۱۴۳	۱۳۹	۱۳۵	۱۳۰	۱۲۶	۱۲۱	۱۱۶	۱۱۲	۱۰۶	۱۰۱	۹۵	۸۹	۸۲	۷۵	۶۷	۵۸
۱۵۹	۱۵۵	۱۵۲	۱۴۸	۱۴۴	۱۴۰	۱۳۶	۱۳۱	۱۲۷	۱۲۲	۱۱۷	۱۱۲	۱۰۷	۱۰۲	۹۶	۹۰	۸۳	۷۶	۶۸	۵۹
۱۶۰	۱۵۷	۱۵۳	۱۴۹	۱۴۵	۱۴۱	۱۳۷	۱۳۲	۱۲۸	۱۲۳	۱۱۸	۱۱۳	۱۰۸	۱۰۳	۹۷	۹۰	۸۴	۷۶	۶۸	۵۹
۱۶۳	۱۵۹	۱۵۵	۱۵۱	۱۴۷	۱۴۳	۱۳۹	۱۳۴	۱۳۰	۱۲۵	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۰	۱۰۴	۹۸	۹۲	۸۵	۷۸	۶۹	۶۰
۱۷۰	۱۶۶	۱۶۲	۱۵۸	۱۵۴	۱۴۹	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۶	۱۳۱	۱۲۶	۱۲۰	۱۱۵	۱۰۹	۱۰۳	۹۶	۸۹	۸۱	۷۳	۶۳
۱۷۶	۱۷۲	۱۶۸	۱۶۳	۱۵۹	۱۵۵	۱۵۰	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۵	۱۳۰	۱۲۴	۱۱۹	۱۱۲	۱۰۶	۹۹	۹۲	۸۴	۷۵	۶۵
۱۸۲	۱۷۷	۱۷۳	۱۶۹	۱۶۴	۱۶۰	۱۵۵	۱۵۰	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۴	۱۲۸	۱۲۲	۱۱۶	۱۰۹	۱۰۲	۹۵	۸۷	۷۷	۶۷
۱۹۲	۱۸۸	۱۸۳	۱۷۹	۱۷۴	۱۶۹	۱۶۴	۱۵۹	۱۵۳	۱۴۸	۱۴۲	۱۳۶	۱۳۰	۱۲۳	۱۱۶	۱۰۸	۱۰۰	۹۲	۸۲	۷۱
۲۰۳	۱۹۸	۱۹۳	۱۸۸	۱۸۳	۱۷۸	۱۷۳	۱۶۷	۱۶۲	۱۵۶	۱۵۰	۱۴۳	۱۳۷	۱۳۰	۱۲۲	۱۱۴	۱۰۶	۹۷	۸۶	۷۵
۲۱۲	۲۰۷	۲۰۲	۱۹۷	۱۹۲	۱۸۷	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۹	۱۶۳	۱۵۷	۱۵۰	۱۴۳	۱۳۶	۱۲۸	۱۲۰	۱۱۱	۱۰۱	۹۰	۷۸
۲۲۲	۲۱۶	۲۱۱	۲۰۶	۲۰۰	۱۹۵	۱۸۹	۱۸۳	۱۷۷	۱۷۰	۱۶۴	۱۵۷	۱۴۹	۱۴۲	۱۳۴	۱۲۵	۱۱۶	۱۰۶	۹۴	۸۲
۲۳۰	۲۲۵	۲۲۰	۲۱۴	۲۰۸	۲۰۳	۱۹۷	۱۹۰	۱۸۴	۱۷۷	۱۷۰	۱۶۳	۱۵۵	۱۴۷	۱۳۹	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۹۸	۸۵
۲۳۹	۲۳۴	۲۲۸	۲۲۲	۲۱۶	۲۱۰	۲۰۴	۱۹۷	۱۹۱	۱۸۴	۱۷۷	۱۶۹	۱۶۱	۱۵۳	۱۴۴	۱۳۵	۱۲۵	۱۱۴	۱۰۲	۸۸
۲۴۷	۲۴۲	۲۳۶	۲۳۰	۲۲۴	۲۱۷	۲۱۱	۲۰۴	۱۹۷	۱۹۰	۱۸۳	۱۷۵	۱۶۷	۱۵۸	۱۴۹	۱۴۰	۱۲۹	۱۱۸	۱۰۵	۹۱
۲۵۵	۲۴۹	۲۴۳	۲۳۷	۲۳۱	۲۲۴	۲۱۸	۲۱۱	۲۰۴	۱۹۶	۱۸۹	۱۸۱	۱۷۲	۱۶۳	۱۵۴	۱۴۴	۱۳۳	۱۲۲	۱۰۹	۹۴



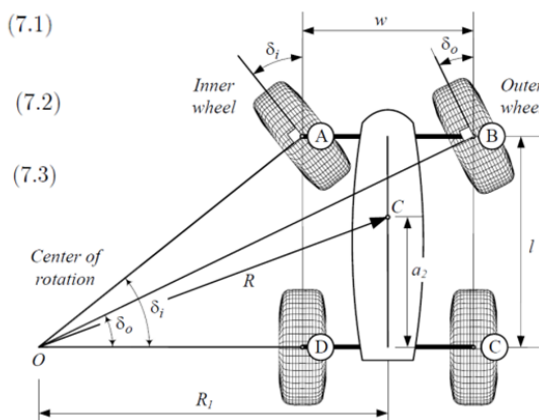
شکل ۸- نمودار سرعت های بحرانی مختلف در نیروهای آیرودینامیک و شعاع جاده مختلف

$$\cot \delta_o - \cot \delta_i = \frac{w}{l} \quad (7.1)$$

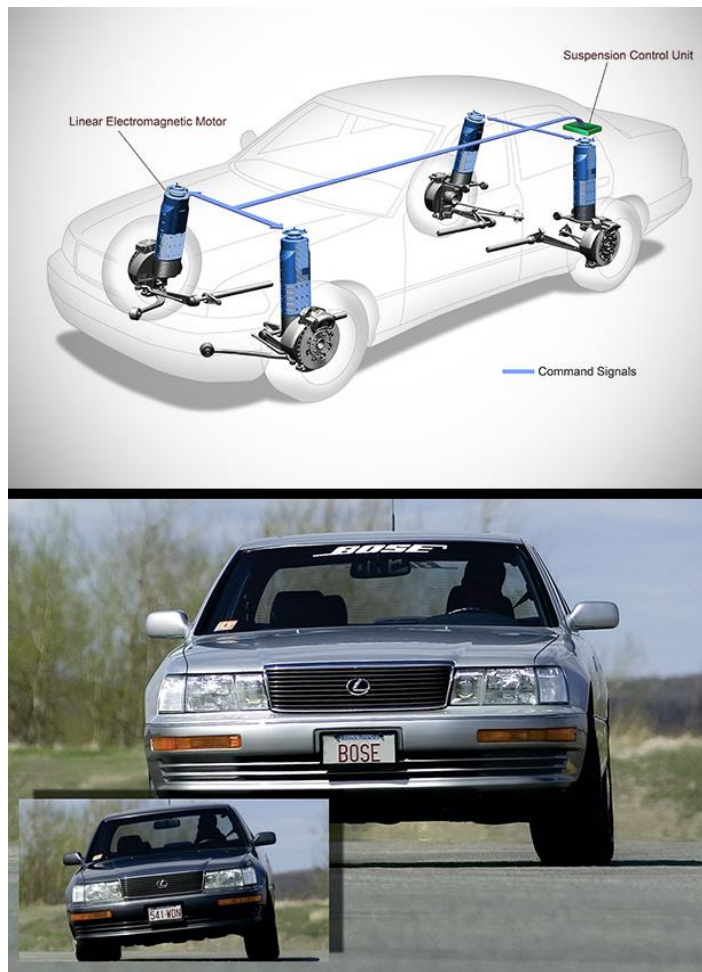
$$R = \sqrt{a_2^2 + l^2 \cot^2 \delta} \quad (7.2)$$

$$\cot \delta = \frac{\cot \delta_o + \cot \delta_i}{2} \quad (7.3)$$

$\delta_i$  steer angle of inner wheel  
 $\delta_o$  steer angle of outer wheel  
 $O$  turning center  
 $w$  track  
 $l$  wheel base



شکل ۹- شکل رابطه زاویه فرمان با شعاع انحنای جاده در حالت آکرمین



شکل ۱۰- مقایسه سیستم تعلیق الکترومغناطیس بوس با سیستم تعلیق مکانیکی

### فرمول‌ها و روابط ریاضی

با نوشتن معادلات تعادل نیرویی شکل ۷ معادلات ۱ تا ۳ بدست می‌آید:

$$\sum F_y = ma_y \Rightarrow \frac{mv^2}{R} \cos \alpha - mg \sin \alpha - f_o - f_i = ma_y \quad 1$$

$$\sum F_z = ma_z \Rightarrow N_o + N_i - \frac{mv^2}{R} \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0 \quad 2$$

$$\sum M_i = (ma_y)h \Rightarrow h \frac{mv^2}{R} \cos \alpha + \frac{t}{2} \frac{mv^2}{R} \sin \alpha + \frac{t}{2} mg \cos \alpha - hmg \sin \alpha - tN_o = (ma_y)h \quad 3$$

حال در حالتی که شتاب در راستای y یا لغزش نباشد:

$$F_y = \frac{mv^2}{R} \cos \alpha - mg \sin \alpha = f_o + f_i \quad 4$$



در نتیجه اگر جاده شیب داشته باشد حالت ۱ و جاده بدون شیب حالت ۲ و با در نظر گرفتن شرط عدم لغزش خودرو معادلات ۷ و ۸ بدست می آید:

$$1) \frac{mv^2}{R} \cos \alpha - mg \sin \alpha > \mu N_o + \mu N_i \quad 5$$

$$2) \frac{mv^2}{R} > \mu N_o + \mu N_i \quad 6$$

$$1) a_y = \frac{v^2}{R} (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \quad 7$$

$$2) a_y = \frac{v^2}{R} - g \mu \quad 8$$

حال اگر لغزشی اتفاق نیافتد، سرعت بیشینه برای چپ کردن خودرو:

$$v = \sqrt{\frac{Rg(h \sin \alpha + \frac{t}{2} \cos \alpha + Ra_y h)}{h \cos \alpha + \frac{t}{2} \sin \alpha}} \quad 9$$

با ساده ساده معادله ۹ و اگر جاده بدون شیب باشد با فرض شتاب معادله ۱۰ و در صورت حرکت با سرعت ثابت معادله ۱۱ استخراج می شود:

$$v = \sqrt{\frac{Rgt}{2h} + Ra_y h} \quad 10$$

$$v = \sqrt{\frac{Rgt}{2h}} \quad 11$$

تعدادل گشتاور وارد بر خودرو در حالت نیروی آیرودینامیک وارده بر یک سمت خودرو بدین صورت است:

$$\sum M_o = 0 \Rightarrow h \frac{mv^2}{R} - mg \frac{t}{2} + N_i \frac{t}{2} + F_i - Ft = 0 \quad 12$$

در حالت کنده شدن از جاده، برای سرعت بحرانی داریم:

$$N_i = 0 \rightarrow v = \sqrt{\frac{Rgt}{2h} + \frac{FtR}{mh}} \quad 13$$

$$v = \sqrt{\frac{\sqrt{a_2^2 + l^2 \cot^2 \delta} \times gt}{2h}} \quad 14$$



## بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف کاهش انحراف و واژگونی خودرو دنا پلاس و اهمیت سیستم تعلیق در آن، انواع سیستم تعلیق بررسی شد، به طور کلی نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد سیستم تعلیق فعال در کنترل و پایداری خودرو موثر است. در واقع با قرار گرفتن سنسورهای مختلف در خودرو امکان پیش بینی بهتر شرایط خودرو وجود دارد؛ با نزدیک شدن خودرو به یک مانع، سنسورهای اطراف خودرو، شرایط تعلیق را برای عبور از موانع فراهم می‌آورد اما پیشگیری از چپ کردن و واژگونی خودرو لازم است نتایج حاصل از سنسور ها توسط یک سیستم مثل سیستم تعلیق اجرا شود. از جمله سیستم های تعلیق برای اجرای این فرامین سیستم های فعال و سیستم تعلیق الکترومغناطیس است. همچنین با اندازه گیری شیب، سرعت و شعاع پیچ جاده می‌توان به راحتی محاسبات پایداری خودرو را انجام داده و از صحنه جلوگیری کند.

در این پژوهش ۳ فرضیه برای کاهش عوامل احتمال چپ کردن بررسی شد:

فرضیه اول (تنظیم ارتفاع مرکز ثقل خودرو): سرعت مجاز خودرو دنا پلاس در پیچ با شعاع ۸۰ متری کمتر از ۹۵ کیلومتر در ساعت در شرایط ایدال است. حال در صورتی که خودرو در آستانه‌ی واژگونی باشد با کاهش ۱۰ سانتی متری مرکز ثقل از محل اولیه (۱ متری) سرعت مجاز به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت افزایش میابد که بیانگر ممانعت از واژگونی خودرو به صورت مقطعی است.

فرضیه دوم (استفاده از نیروی آیرودینامیک): در حالی که خودرو دنا پلاس در پیچ با شعاع ۸۰ متری در حال حرکت باشد برای رساندن سرعت مجاز از ۹۵ به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت به نیروی ۱۰۰۰ نیوتنی معادل ۱۰۰ کیلوگرم نیاز است. این مقدار نیرو در مقیاس نیروهای لیفت و درگ وارد بر خودرو مقدار قابل توجهی است و ایجاد آن توسط بالک های روی سقف خودرو امکان پذیر نیست.

فرضیه دوم (استفاده از سنسورها و کنترل شرایط): در این حالت به راحتی می‌توان با مقایسه شعاع پیچ جاده از طریق زاویه پیچش فرمان و سرعت خودرو با سرعت مجاز خودرو در پیچ مورد نظر، در صورت تجاوز سرعت دستور قطع فرمان گاز و کاهش سرعت خودرو از طریق کنترلر ایجاد شود. یا میتوان توسط دوربین های اطراف خودرو وجود موانع را پیش بینی و برای جلوگیری از انحراف خودرو اقدام نمود.

فرضیه سوم (سیستم تعلیق): تغییر سیستم تعلیق با توجه به الزامات اولیه طراحی کار راحتی نیست. اما در میان سیستم های تعلیق، سیستم تعلیق الکترومغناطیس به دلیل نرمی، سرعت عمل بالا و امکان کنترل راحت یا تنظیم ارتفاع مورد توجه قرار گرفته. لازم به ذکر است این سیستم تعلیق هزینه بالایی در بر داشته و حجم فضای اشغالی زیادی نیز دارد. به تازگی سیستم های تعلیق القایی با جریان گردابی معکوس با حجم کمتر در خودرو لکسوس ارائه و استفاده شده است.

پیشنهاد می‌شود از سیستم های کنترلی و سنسورها در خودرو های داخلی استفاده شود تا درصد قابل توجهی از تصادفات رانندگی کاهش یابد. همچنین پیشنهاد می‌شود تغییر یا تنظیم مرکز ثقل توسط تغییر محل موتور یا تنظیم ارتفاع سیستم تعلیق بررسی و طراحی شود.

## منابع

- سلمان ابراهیمی نژاد، ۱۳۹۵، طراحی سیستم فرمان خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده خودرو.
- Neil Butcher , Richard Reid. (2012) The Business Case for Mass-market Deployment of Plugin Vehicles. World Electric Vehicle Journal Vol. 5 - ISSN 2032-6653.
- Numan Ahmad, Ramin Arvin, Asad J. Khattak. (2023) Exploring pathways from driving errors and violations to crashes: The role of instability in driving. Accident Analysis & Prevention Volume 179.
- Dakota McCarty ,Hyun Woo Kim. (2024) Risky behaviors and road safety: An exploration of age and gender influences on road accident rates. PLoS ONE 19(1): e0296663.
- Se-Jin Kim, Chul-Hwan Yoo, Ho-Kyung Kim. (2016) Vulnerability assessment for the hazards of crosswinds when vehicles cross a bridge deck. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. Wind Eng. Ind Aerobyn. 156 (2016) 62-71.
- Matteo Dollorenzo, Vincenzo Dodde, Nicola Ivan Giannoccaro and Davide Palermo (2022). Simulation and Post Processing for Advanced Driver Assistance System (ADAS). Machines 2022, 10, 867.
- Sara Luciani , Angelo Bonfitto, Nicola Amati and Andrea Tonoli. (2020) Model predictive control for comfort optimization in assisted and driverless vehicles. Advances in Mechanical Engineering, Vol. 12(11) 1–14.
- Yucheng Liu. (2010) Recent Innovations in Vehicle Suspension Systems. Recent Patents on Mechanical Engineering 2008, Vol. 1, No. 3.
- Sam, Y. Hudha, K. (2006). Modelling and Force Tracking Control of Hydraulic Actuator for an Active Suspension System. IEEE 2006 1ST IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications - Singapore (2006.5.24).
- Hyung S. Lee and Dinesh Ayyala (2020) Enhanced Hydroplaning Prediction Tool. State of Florida FINAL REPORT FDOT Contract Number: BE570 April 2020.
- Wade Alister Smith (2009) An Investigation into the Dynamics of Vehicles With Hydraulically Interconnected Suspensions. fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy on 18 January 2016.
- Suleiman Abu-Ein, and Sayel M. Fayyad (2013). Electromagnetic Suspension System: Circuit and Simulation. Faculty Of Engineering Technology, P.O. Box 15008, Jordan, Al-Balqa Applied University Amman-Jordan.
- Se-Jin Kim and Ho-Kyung Kim. (2019) Feasibility of a Quasi-Static Approach in Assessing Side-Wind Hazards for Running Vehicles. Journal of Applied science, 9, 3377.
- Min Yu, Simos A. Evangelou, Daniele Dini (2024) Advances in Active Suspension Systems for Road Vehicles. Review Mechanical Engineering, Volume 33, February 2024, Pages 160-177
- Anis Hamza and Nouredine Ben Yahia. (2020) active suspension based on artificial neural networks. Journal of Systems and Control Engineering 1-18.



## Investigating the effect of the suspension system on vehicle rollovers and deviations, and preventive measures in the Dena Plus car of Iran Khodro

Hadi Saberi Mirabadi

Bachelor of Mechanical Engineering, Shahid Mohajer  
Technical Vocational University of Isfahan, Iran

Hadi Moshrefzadeh sani

assistant professor, Department of Mechanical  
Engineering, Shahid Mohajer Technical Vocational  
University of Isfahan, Iran

Mohammad Ali Falamarz, Master's Degree in Mechanical Engineering, Isfahan University of Technology, Iran

### 1-1- Abstract

The vehicle is one of the main means of transportation in different societies, which, while being convenient and accessible, also carries life and financial risks. For example, overturning and swerving, which occur due to various factors such as road conditions, vehicle quality and driver performance. Currently, automobile companies are trying to reduce environmental risks and prevent accidents by implementing measures in cars, improving suspension systems, improving safety features, and creating preventive and control conditions. The suspension system affects not only the car's tendency to sway and roll, but also its comfort, maneuverability, steering and handling. In this research, he investigates the suspension systems and the factors leading to overturning and deviation of the car and evaluates the effect of the suspension system on these issues. Finally, a suggested solution for Dena Plus car produced by Iran Khodro has been presented. The results showed that the electromagnetic suspension system is one of the best due to its superior control conditions, faster response time and versatility in application. In addition, the 2CV's suspension mechanism is recognized as a successful mechanism for stability. In addition to control methods such as measuring the curvature of the road, a better suspension system can be used or the height of the car can be adjusted to reduce the rollover to prevent deviation and overturning in the Dena Plus car.

**1-2- Keywords:** Automobile, Suspension system, deviations vehicle, vehicle rollover, electromagnetism.