Journal of Industry Parts Manufacturers
https://ghs.science-journals.ir
مجله قطعه سازان صنعت
http://science-journals.ir

# تحلیل و بررسی سیستم کنترل لغزش شتاب گیری جهت ارتقا سطح هدایت و ایمنی خودرو ها

یوسف گلین امیری[۱]، رضا محمودی[۲*]، میثم بلاسی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، ساخت و تولید، دانشگاه تفرش ، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، ساخت و تولید، دانشگاه تفرش ، ایران

۳- کارشناسی مهندسی مکانیک خودرو، دانشکده فنی بندر انزلی ، ایران

*نویسنده مسئول: Mahmoudireza٤٠٢@gmail.com

سال ۱، شماره ۲ (پیاپی: ۲)، تابستان ۱۳۹۹، ص ۷-۱

## چکیده

افزایش ایمنی خودرو ها و همچنین ارتقا سطح کیفیت رانندگی با استفاده از جدید ترین تکنولوژی های صنعت خودرو سازی از مهمترین مباحث تحقیقاتی است که امروزه حول محور صنعت خودرو در جریان است. آمار بالای تصادفات به دلیل از دست دادن تمرکز و عدم کنترل خودرو توسط راننده از جمله مشکلاتی است که با کمک تکنولوژی های مدرن در صنعت خودرو قابل کنترل می باشد.

در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از سیستم کنترل لغزش شتاب گیری ASR که بر روی خودرو های سواری نصب شده است بتوان از مشکلات و حوادث رانندگی کم کرد همچنین سعی شده است تا با کمک نرم افزار متلب مقایسه ای بین دو خودرو که دارای سیستم لغزش و فاقد این سیستم هستند انجام گیرد تا اهمیت این سیستم را به وضوح در کنترل خودرو مشاهده نمود.

**کلمات کلیدی:** کنترل کشش، لغزش خودرو، شتاب گیری، هرزگردی، ایمنی خودرو

## مقدمه

سیستم ضد لغزش شتابگیری (Accleration Skid Regulation) یکی از کاربردی ترین سیستم های ایمنی در خودرو محسوب می شود. این سیستم از هرزگردی چرخ های محرک در هنگام گاز دادن از حالت سکون و یا در حال حرکت جلو گیری می نماید. سیستم کنترل پایداری الکترونیکی ESC در خودرو به جهت کنترل کشش چرخ ها در جاده طراحی شده است به منظور تکامل در این سیستم، سیستم ASR طراحی گردید تا ضمن کنترل لغزش درحالت حرکت کنترل لغزش در حالت سکون را نیز فراهم آورد. از جمله موارد مهم در طراحی خودروها افزایش امنیت سرنشینان آن می باشد. به کار گیری تکنولوژی های مدرن به جهت افزایش تمرکز راننده و ایجاد وضعیت مطلوب برای هدایت و کنترل خودرو از جمله موارد مهمی است که توجه محققان را به خود اختصاص داده است[۱]. تعداد کشته شدگان در سوانح رانندگی در نیمه دوم قرن بیستم در یکی از کشورهای شرق آسیا سالانه ۱۰۰۰۰ نفر گزارش شده است طبق تحقیقات بدست آمده ۲۰الی ۲۵ درصد از این آمار مربوط به انحراف و عدم کنترل خودرو می باشد [۲]. دقت بالا و تمرکز در رانندگی موجب کاهش برخی از حوادث می گردد با این حال برخی از سوانح به شرایط محیطی و جاده بستگی دارد. از جمله موارد تاثیر گذار نداشتن دید کافی، لغزندگی جاده و غیره می باشد که این عوامل خود موجب انحراف و عدم کنترل خودرو می شود[۳]. به کارگیری سیستم های ایمنی در بالا بردن امنیت رانندگی خودرو از اهمیت بالایی برخوردار است این سیستم نه تنها کنترل وسیله نقلیه را آسان تر بلکه امنیت بیشتری برای راننده و سرنشینان خودرو ایجاد می کند طبق بررسی های انجام شده آمار مرگ و میر در این خودروها نسبت به خودروهای فاقد این سیستم در جاده های خشک ۲۰ درصد و در جاده های یخ زده تا ۴۰ درصد کاهش داشته است [۴]. استفاده از سیستم ASR در خودرو های مسابقه ای که در شروع حرکت با گشتاور بالایی مواجه هستند در مواردی موجب عدم تعادل کافی در هدایت این خودرو ها می شود. این امر نشان دهنده این است که تا مقدار زیادی در کنترل شتاب طولی و عرضی خودرو موثر بوده و می توان کنترل بهتری روی این خودرو ها داشت [۵]. بررسی های انجام شده بر روی نصب سیستم ASR در خودرو های برقی نیز بیانگر این موضوع است که باعث اطمینان در رانندگی و پایداری بیشتر خودرو می شود [۶]. سیستم ASR با کنترل مقدار ترمز اعمال شده به هر چرخ و تنظیم گشتاور ارسال شده از طرف گیربوکس به چرخ و مانع بکسواد چرخ می گردد که خود این امر موجب افزایش کیفیت رانندگی در حین حرکت می باشد [۷]. در این مقاله به معرفی و بررسی قطعات و سیستم کنترل لغزش شتاب گیری ASR پرداخته و چگونگی عملکرد این سیستم را مورد بررسی قرار داده ایم. در این راستا به کمک نرم افزار متلب به مقایسه دو خودرو که دارای سیستم کنترل لغزش و فاقد سیستم لغزش بوده پرداخته ایم. تحقیقات انجام شده بر روی سیستم ASR نشان دهنده این امر می باشد که از هرزگردی تایر بر روی زمین جلوگیری نموده برای کنترل خودرو در شرایط متفاوت بهبود می بخشد از طرفی نیز موجب افزایش تمرکز راننده و امنیت سرنشینان خودرو می شود.

## معرفی سیستم کنترل لغزش شتاب گیری ASR

اولین اتفاقی که پس از ترمز کردن رخ می‌دهد، سر خوردن خودروست که تا حدود زیادی کنترل خودرو را از دست راننده خارج می‌کند. سیستم ASR(Acceleration Skid Regulation) در افزایش پایداری خودرو و فرمان پذیری آن و همینطور در سرنخوردن بسیار موثر است. به صورت خلاصه این سیستم با بررسی اطلاعات سرعت چرخ‌ها و سرعت خودرو، هماهنگی آن دو را بررسی و در صورت نیاز تصحیح می‌کند. گشتاور ارسالی از موتور ابتدا وارد جعبه دنده شده و سپس برای ارسال به چرخ های طرفین خودرو ،وارد دیفرانسیل می گردد. اما دیفرانسیل آزاد خودرو به سبب مکانسیم خود قادر خواهد بود که بیشترین گشتاور را به چرخی ارسال نماید که از اصطکاک کمتری برخوردار است . این مکانسیم به این دلیل طراحی شده است که خودرو در سر پیچ ها دچار انحراف نگردد چرا که در پیچ ها چرخ بیرونی خودرو باید با سرعت بیشتری حرکت کند و چرخ داخلی پیچ باید از سرعت کمتری برخوردار باشد . اگر دیفرانسیل آزاد نبود و دیفرانسیل مجبور بود که به اندازه مساوی گشتاور را به هر دو چرخ ارسال کند چرخها با سرعت یکسانی به

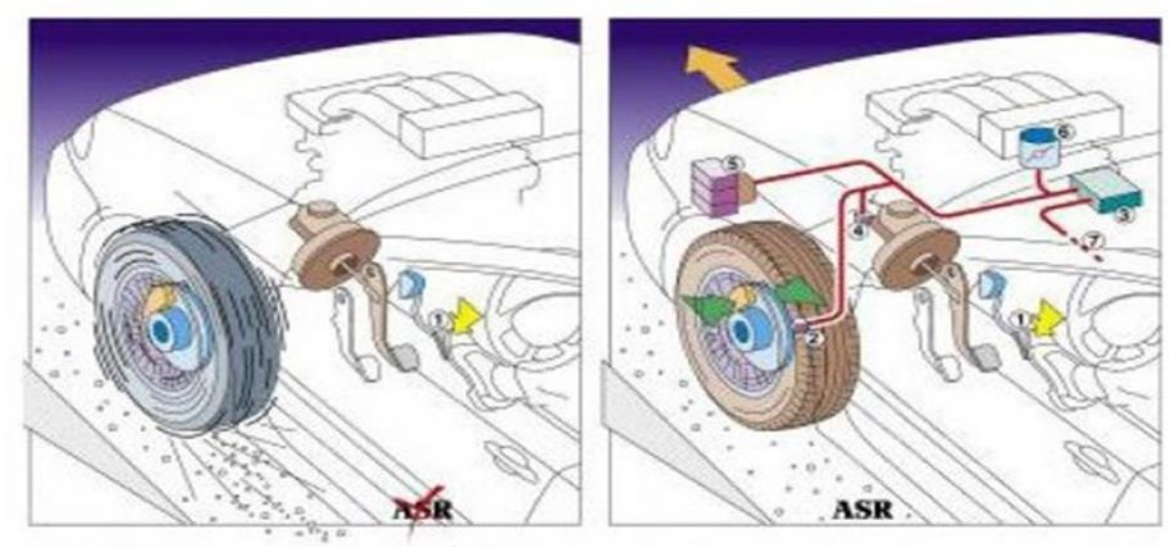
چرخش در می آمدند و در نهایت خودرو منحرف می گردید . اما همین امر در شرایط بحرانی مانند شرایط جوی بد و جاده های لغزنده موجب بروز خطرات جبران ناپذیری می شود. چرا که وقتی چرخ یک طرف یا هر دو طرف بدلیل اصطکاک کم شروع به لغزش کند دائما گشتاور بیشتری را دریافت می کند و چرخی که دارای اصطکاک بیشتری است از دریافت گشتاور محروم شده و ثابت می ماند همین امر موجب عدم حرکت خودرو در هنگام سکون یا انحراف خودرو در حال حرکت می گردد. اولین دلیل برای انحراف خودرو لغزش چرخها بر روی سطح جاده است. سیستم کمکی ترمز ABS باعث می گردد که در ترمز های ناگهانی چرخ خودرو قفل نکند تا چرخها همچنان روی سطح جاده استوار مانده و دچار لغزش نشود. همین حالت نیز در حالت حرکت هم نیز وجود خواهد داشت. به عبارتی در صورتی که هر کدام از چرخهای خودرو بدلیل عدم اصطکاک مناسب جاده دچار هرزگردی شود بدین معناست که سرعت چرخ هرزگرد با سرعت چرخهای دیگر متناسب نخواهد بود و موجب انحراف خودرو خواهد شد. سیستم ABS در هنگام توقف از لغزش چرخ ها جلوگیری می کند سیستم TCS هم در حالت حرکت موجب عدم لغزش چرخها می گردد. این سیستم در روزهای برفی و بارانی و یا در زمانی که جاده از یخ پوشیده باشد بسیار کاربردی خواهد بود چرا که اصطکاک جاده به کمترین میزان خود رسیده و امکان هرزگردی چرخها بیشتر از هر زمان دیگر می گردد. اما سیستم ضد لغزش ASR دارای مزایایی دیگر هم است. این سیستم باعث افزایش راندمان خودرو می گردد به عنوان مثال در جاده های شیبدار و یخ زده به علت افزایش گشتاور چرخ های محرک کنترل خودرو از دست راننده خارج شده و موجب انحراف ان می گردد. اما اگر خودروی شما به سیستم ASR مجهز باشد چرخها از هرزگردی منع می شوند و باعث می گردد که چرخها به آرامی شروع به حرکت کنند؛ حضور این سیستم حرکت خودرو را هموارتر می کند. اما این سیستم در جاده های عادی و خشک نیز کمک حال راننده است. سیستم ASR می تواند به راننده کمک کند تا مطمئن تر از پیچها عبور کند. اگر راننده هنگام دور زدن بیش از حد گاز بدهد چرخهای متحرک چسبندگی خود را از دست می دهند و خودرو به یک سمت کشیده می شود که در خودروهای دیفرانسیل جلو باعث کم فرمانی و در خودروهای دیفرانسیل عقب باعث بیش فرمانی می شود. سیستم کنترل هرزگردی با محدود کردن قدرت انتقالی به چرخها می تواند جلوی این حالت را بگیرد. البته این سیستم نمی تواند باعث افزایش چسبندگی خودرو به سطح مسیر حرکت شود فقط می تواند ناتوانی راننده در سریع عکس العمل نشان دادن به هرزگردی را جبران کند. سیستم ASR همچنین در شرایط مسابقه و رانندگی هیجانی بسیار کاربرد دارد. چرا که در چنین شرایط راننده بطور ناگهانی پدال گاز را فشرده و حجم زیادی از گشتاور را روانه چرخها می کند . از این رو چرخها بدون معطلی شروع به هرزگردی می کنند. در این حالت به جای که خودرو حرکت رو به جلویی داشته باشد برای لحظاتی در سر جای خود ثابت می ماند. همین میزان کافی است تا از رقیب عقب بمانید. اما این سیستم هرزگردی چرخها را کنترل می کند و نمی گذارد که چنین اتفاقی رخ دهد. این سیستم با همکاری سنسور های مختلف و سیستم ترمز ABS باعث عدم هرزگردی چرخ ها می گردد. در خودروهای مجهز به سیستم ASR در تمامی چرخها سنسور های با نام سنسور سرعت چرخ یا Wheel Speed Sensor تعبیه شده است که بطور مدام سرعت دوران چرخ ها را به رایانه مرکزی خودرو یا ECU ارسال می کنند. زمانی که هرزگردی رخ دهد یکی یا چندین چرخ خودرو دارای سرعت چرخش بیشتری می گردند در چنین شرایط ECU از طریق کنترل دریچه گاز خودرو گشتاور ارسالی به چرخها را کاهش می دهد سپس از طریق ترمز ABS سرعت چرخی که در حال هرزگردی می باشد را کنترل می کنند تا بیشترین گشتاور به دیگر چرخها منتقل شود. به عبارت بهتر وقتی سیستم کنترل هرزگردی شناسایی کند که یکی از چرخها سرعت دوران بیشتری نسبت به چرخهای دیگر دارد به طور خودکار به آن چرخ نیروی ترمز اعمال می کند تا سرعت دوران آن کمتر شده و از این طریق هرزگردی کاهش یابد. در واقع سیستم ASR اطمینان حاصل می کند که حداقل گشتاور ممکن به چرخی که در حال هرزگردی است منتقل شود تا هرزگردی آن چرخ از بین برود و چرخی که در حال هرزگردی نیست گشتاور بیشتری دریافت کند تا تعادل برقرار شود. اگر دو چرخ به طور همزمان دچار هرزگردی شوند سیستم ASR سرعت دوران هر دو چرخ را به مقدار مساوی کاهش می دهد تا اینکه چسبندگی خود را به دست آورند. در غیر اینصورت ASR سیگنالی به ECU ارسال می کند تا از این طریق گشتاور ارسالی موتور با آن چرخها کاهش یابد و هرزگردی آنها خنثی شود. سیستم کنترل کشش یا ASR کاملا با سیستم EPS یا همان ESC متفاوت است. سیستم ASR همان سیستم کنترل کشش TCS است که در اکثر خودروهای آلمانی ASR نامیده می شود.

**وظایف سیستم** TCS **به شرح زیر می باشد:**

۱. **سیستم** TCS **در مواقعی که شتاب خودرو زیاد شود از لغزش چرخ های محرک جلوگیری می کند.**

۲. **این سیستم هنگام حرکت در جاده های لغزنده از هرز گردی چرخ های محرک جلوگیری می کند.**

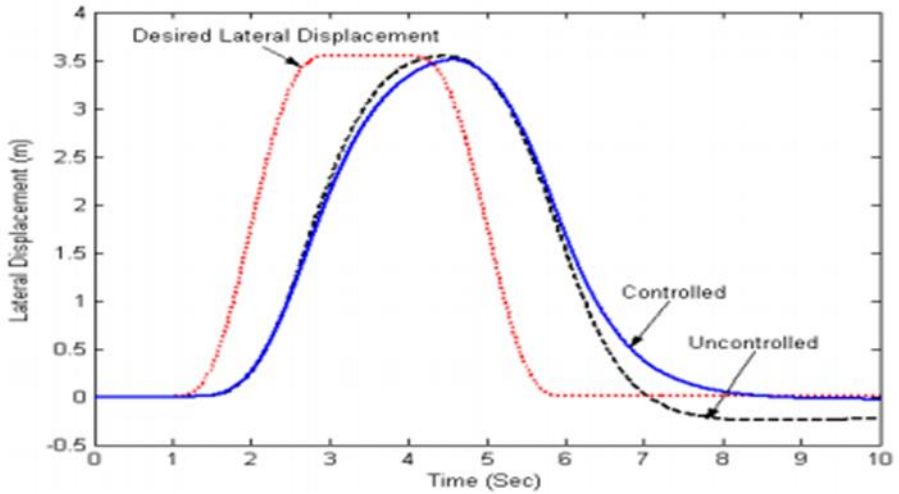
۳. **هنگامی که تعدادی از چرخ های خودرو در شن ، گل ، برف و یخ گیر افتاده باشد، کمک بزرگی در رهایی از آن شرایط می کند.**




**شکل۱– نمای کلی سیستم** ASR

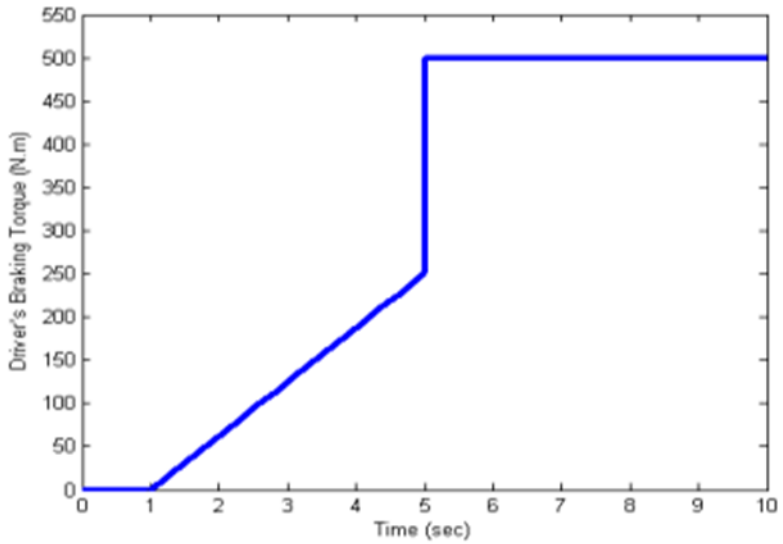
## تحلیل و بررسی میزان لغزش خودرو

**در این تحلیل خودرو با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت در جاده ای لغزنده (برفی) با ضریب اصطکاک ۲,۰ در حال حرکت می باشد که ناگهان مانعی در مسیر راننده مشاهده می شود و برای گذر از این مانع راننده مجبور به تغییر مسیر می شود. مسیری که خودرو باید طی کند (** Displacement Lateral Desired ) **مسیرطی شده توسط خودروی دارای سیستم کنترلی (** Controlled)**و مسیر طی شده توسط خودرو فاقد سیستم کنترلی (**Uncontrolled) **در شکل دو نشان داده شده اند.**



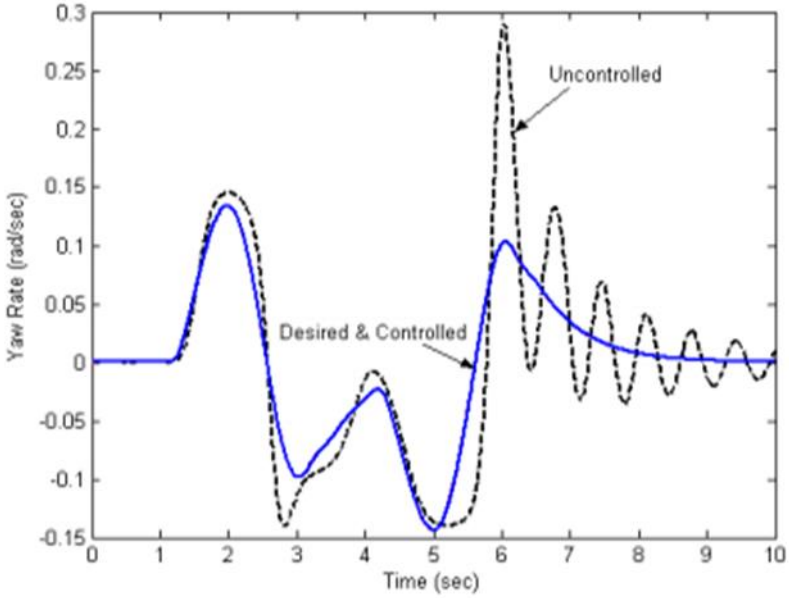

شکل۲– مقایسه مسیر طی شده توسط دو خودرو کنترل شده و فاقد کنترل

در ثانیه اول و همزمان با شروع تحلیل، راننده به آرامی اقــدام بــه فشــردن پــدال ترمــز و کاهش سرعت خودرو می کند. در ثانیه پنجم، راننده به طور ناگهانی پــدال ترمز را به طور کامل فشرده و گشتاور ترمزی سنگینی معادل ۵۰۰ نیوتن– متر تا انتهای مانور به خودرو اعمال می کند. نحوه تغییرات فشرده شدن پدال ترمز (گشــتاور ترمــزی اعمال شده به خودرو از جانب راننده در طول مــانور) در شــکل زیرنشــان داده شــده است.

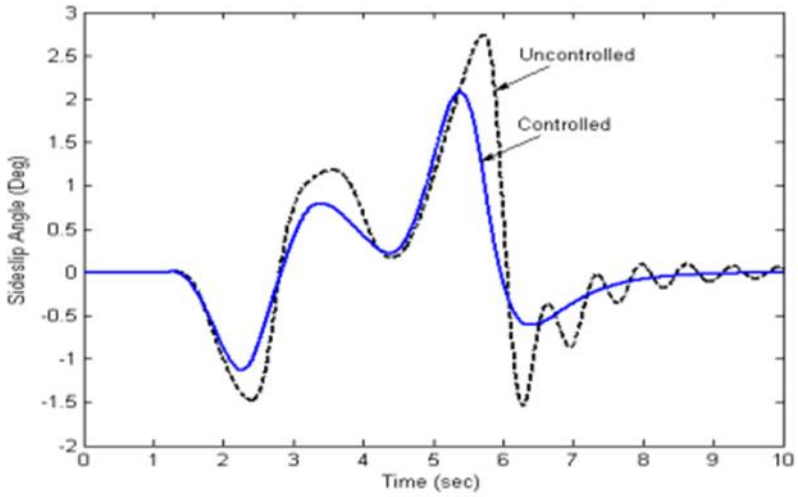



شکل۳– نحوه تغییرات گشتاور ترمزی اعمال شده به خودرو

پاسخ دینامیکی سرعت چرخشی و لغزش جانبی دو خودرو کنترل شده و فاقــد کنتــرل در شکل های چهار و پنج مقایسه شده اند. با مشاهده نتایج فوق می تــوان دریافــت که اگرچه در این مانور راننده توانسته است خودرو فاقد سیســتم کنترلــی را در انتهــای مانور کنترل کند ولی مطابق شکل دو نتوانسته است خودرو را در انتهای مانور به خط اصلی خود برگرداند. این در حالی است که راننده خودرو دارای سیستم کنترلی به راحتــی و بدون اعمال هیچ گونه فعالیت اضافی توانسته است در حالتی پایدار خودرو را به خــط اصلی خود برگرداند. علاوه بر این، با بررسی ســرعت چرخشــی و لغــزش جــانبی هــر دو خودرو از شکل های چهارو پنج این نتیجه برداشت می شود که رفتار راننده مستقیما در پایداری خودرو نقش دارد و اعمال هر گونه رفتار نوسانی از جانب رانــنده بــه خــودرو می تواند موجبات ناپایداری خودرو را فراهم آورد .




شکل۴– سرعت چرخشی خودرو




شکل۵– زاویه لغزش خودرو

**لزوم کنترل همزمان سرعت چرخشی و زاویه لغزش خودرو در این سیستم به وضوح شرح داده شد[۸].**

## نتیجه گیری

**سیستم کنترل پایداری الکترونیکی** ESC **در خودرو به جهت کشش چرخ ها در جاده طراحی شده است. به منظور تکامل در این سیستم، سیستم** ASR **طراحی گردید تا ضمن کنترل لغزش در حالت حرکت، کنترل لغزش در حالت سکون را نیز فراهم آورد. این سیستم برای افزایش ایمنی خودروها و سهولت در رانندگی به کار گرفته می شود. در این مقاله به کمک نرم افزار متلب مقایسه ای بین دو خودرو (یک خودرو دارای سیستم لغزش و دیگری فاقد این سیستم می باشند) انجام گرفت که از نتایج بدست آمده آن اینچنین برداشت می**

**شود که وجود این سیستم بر روی خودروهای سواری باعث کنترل بیشتر بر خودرو و کاهش آمار تصادفات و واژگونی خودرو می گردد. از این رو با توجه به عدم نصب این سیستم بر روی خودروهای تولید داخل توصیه میشود که شرکت های خودرو سازی این سیستم ایمنی را روی خودروهای خود به جهت کاهش تلفات جانی ناشی از واژگونی و انحراف خودرو مورد استفاده و توسعه قرار دهند.**

## منابع

[۱] Martelli, M. and Zarotti, L., Hydrostatic Transmission with a Traction Control, ۲۲nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, September ۱۱-۱٤, ۲۰۰٥.

[۲] Nagai, M. Advance Vehicle Control for the ۲۱st Century. Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University, Japan, ۲۰۰۲.

[۳] Van Zanten, A. T. Bosch ESP systems: ٥ years of experience. Proceedings of the Automotive Dynamics and Stability Conference. SAE ۲۰۰۰-۰۱-۱٦۳۳.

[٤] Liebemann, E. K. Meder, K. Schuh, J. Nenninger, G. Safety and performance enhancement: The Bosch Electronic Stability Control (ESP). Robert Bosch GMbh, Germany, Paper Number ۰٥-۰٤۷۱.

[٥] Loof, J. et al., Traction Control of an Electric Formula Student Racing Car, Proceedings of the FISITA ۲۰۱٤ World Automotive Congress, ۲-٦ June ۲۰۱٤.

[٦] Kuntanapreeda, S., Traction Control of Electric Vehicles Using Sliding-Mode Controller with Tractive Force Observer, International Journal of Vehicular Technology, Volume ۲۰۱٤.

**[۷] مرادی، وحید و فراهانی علوی، میلاد و نیاجلیلی، مهدی، بررسی توسعه کاربرد سیستم کنترل لغزش شتابگیری جهت بهبود هدایت و امنیت خودروها، پنجمین کنفرانس بین المللی یافته های نوین علم و تکنولوژی با محوریت علم در خدمت توسعه، ۱۳۹۷.**

**[۸] عباس نژاد، محمد حسین و کربلایی محمدعلی، رضا، عملکرد سیستم های کنترل ایمنی فعال در کنترل حرکت چرخشی– جانبی خودرو، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، سال چهارم، شماره ۱۳ ، تابستان ۱۳۸۸.**