دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک

گرایش طراحی سیستم های تعلیق، ترمز و فرمان خودرو

طراحی سیستم کنترلی هوشمند برای رفتار تعقیب خودرو به کمک سیستم ترمز ضدقفل ABS

پژوهش و تدوین:

محسن رفعت

استاد راهنما:

دکتر رضا کاظمی

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

با سپاس ازسه وجود مقدس:

آن که ناتوان شد تا من به توانایی برسم...

موهایش سپید شد تا من روسفید شوم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجودم و روشنگر راهم باشند...

پدرم

مادرم

استادانم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخت تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان ....

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	**شماره:** **تاریخ:**

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

طراحی سیستم کنترلی هوشمند برای رفتار تعقیب خودرو به کمک سیستم ترمز ضدقفلABS

توسط آقای **محسن رفعت** ، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **طراحی سیستم های تعلیق، ترمز و فرمان خودرو** در تاریخ ۲۸/ ۱۱ / ۱۳۹۱ مورد تأیید قرار می‌هند.

۱- استاد راهنما	جناب آقای دکتر **رضا کاظمی**	امضاء
۲- ممتحن اول	جناب آقای دکتر **شهرام آزادی**	امضاء
۳- ممتحن دوم	جناب آقای دکتر **سید حسین ساداتی**	امضاء
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر **شهرام آزادی**	امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب **محسن رفعت** دانشجوی **کارشناسی‌ارشد** رشته **مهندسی مکانیک گرایش طراحی سیستم های تعلیق، ترمز و فرمان خودرو** دانشکده مهندسی مکانیک **دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی** گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

طراحی سیستم کنترلی هوشمند برای رفتار تعقیب خودرو به کمک سیستم ترمز ضدقفل ABS

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر رضا کاظمی توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**حق طبع و نشر و مالکیت نتایج**	**شماره:** **تاریخ:**

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیر و تشکر

اکنون به این مرحله از پژوهش رسیده ام، حمد و سپاس به درگاه ایزد پاک می برم که به من موهبت آموختن و تلاش عطاء نمود و بر خود لازم می دانم مراتب سپاس و قدردانی را از تمامی عزیزانی که در به سر انجام رساندن این پایان نامه مرا همراهی و راهنمایی نمودند به جا آورده و بدین گونه ابراز نمایم:

کلمات در سپاس از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر کاظمی که که در تمامی مراحل دوران کارشناسی ارشد همچون پدری دلسوز، راهنما و روشن بخش راه اینجانب بوده و درایت های علمی و راهنمایی های ایشان در به فرجام رساندن این پژوهش نیز شامل حال من گشت، قاصرند ولیکن به عنوان کوچکترین قدردانی برخود لازم مراتب سپاس خود را از ایشان به جای آورم.

همچنین برخود لازم می دانم تا از راهنمایی های جناب آقای دکتر علیرضا خدایاری نیز که نقش به سزایی در غنای این پژوهش ایفا نمودند، مراتب سپاس را به جای آورم.

و توفیق روز افزون ایشان را از خداوند متعال خواستارم...

چکیده

از دیرباز با رشد تکنولوژی، همواره مسأله افزایش ایمنی و حفظ جان انسانها در تمامی صنایع حائز اهمیت بوده است و صنعت خودرو و حمل و نقل نیز از این قائده مستثنی نیست. امروزه نیز با رشد روز افزون تعداد خودروها و اتوبان ها، خودروسازان نیز در سراسر دنیا به دنبال کاهش تلفات انسانی می باشند. ولذا با عنایت به گسترش صنعت مکانیک و الکترونیک و با ورود سیستم های مدرن، محققان و خودروسازان به دنبال حذف مهم ترین عامل مرگ و میر در حوادث رانندگی یعنی خطای انسانی ناشی از عواملی همچون عدم تمرکز کافی و یا تأخیر در واکنش راننده و ... می باشند.

در این پژوهش با بررسی پیشینه و روند رو به رشد سیستم های ایمنی خودرو، هدف بهبود سیستم های موجود و همچنین افزایش کارایی این سیستم ها در استفاده همزمان از دو سیستم ترمز ضدقفل و سیستم تعقیب خودرو بوده است. پس از مدلسازی و طراحی کنترلرهای مربوطه، نهایتا نتایج حاصل از شبیه سازی کنترلر دنبالگر مطمئن در مانورهای واقعی نشان می دهند سیستم طراحی شده علاوه بر قابلیت های لازم جهت تعقیب خودروی هدف می تواند در مواقع لزوم با به کارگیری کنترلر ضدقفل خود، به صورت خودکار از لغزش خودروی تعقیب گر ممانعت به عمل آورده و بدین طریق ضمن لحاظ نمودن دینامیک خودرو در سیستم های تعقیب گر، پایداری و ایمنی خودرو را حتی در شرایط اضطراری و سطوح مختلف لغزندگی جاده تضمین نماید.

واژگان کلیدی: سیستم های ایمنی خودرو، ترمز ضدقفل، مدل تایر، کنترل فازی، کنترلر دنبالگر

فهرست مطالب

فصل اول : پیش گفتار ۱

۱-۱)مقدمه..... ۲

۱-۲)پیشینه کار..... ۴

۱-۲-۱) بررسی سیستم های کنترلی..... ۴

۱-۱-۲-۱) سیستم های کنترلی غیرفعال ۵

۱-۲-۱-۲) سیستم های کنترلی فعال..... ۵

۱-۲-۲) بررسی سیستم های تعقیب خودرو ۹

۱-۲-۳) بررسی سیستم های ترمز ضدقفل..... ۱۷

۱-۳)بیان هدف..... ۲۴

فصل دوم : مدلسازی دینامیکی خودرو..... ۲۵

۲-۱)مقدمه..... ۲۶

۲-۲)مدلسازی تایر..... ۲۸

۲-۲-۱) دینامیک تایر..... ۲۸

۲-۲-۲) سیستم مختصات و پارامترهای دینامیکی تایر..... ۲۹

۲-۲-۳) مدلهای دینامیکی تایر ۴۰

۲-۲-۳-۱) مدل تایر فیالا..... ۴۰

۲-۲-۳-۲) مدل تایر فرمول جادویی پژکا..... ۴۷

۲-۲-۳-۳) مدل تایر دوگاف ۵۰

۲-۳)مدلسازی خودرو ۵۲

۲-۳-۱) درجات آزادی خودرو..... ۵۲

۲-۳-۲) مدلسازی..... ۵۳

فصل سوم : طراحی کنترلر دنبالگر ایمن ۵۵

۳-۱)مقدمه ۵۶

۳-۲)مروری بر سیستم های فازی ۵۶

۳-۳)طراحی سیستم کنترلر دنبالگر در مانور های ترمزگیری..... ۵۸

۳-۴)طراحی سیستم کنترلی ترمز ضدقفل (ABS)..... ۶۲

۳-۵)طراحی سیستم کنترلر دنبالگر ایمن در مانور های ترمزگیری..... ۶۷

فصل چهارم : شبیه سازی ۶۹

۴-۱)مقدمه ۷۰

۴-۲)مانورهای واقعی..... ۷۱

۴-۲-۱) مانور شماه یک ۷۳

۴-۲-۲) مانور شماه دو ۷۹

۴-۲-۳) مانور شماه سه..... ۸۵

فصل پنجم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ۹۲

۵-۱)نتیجه گیری..... ۹۳

۵-۲)ارائه پیشنهادات..... ۹۴

پیوست شماره یک : مدلسازی کامل فرمول جادویی پژکا ۹۵

منابع و مراجع ۱۰۷

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) : مهمترین خطاهای انسانی در تصادفات جاده ای [۲۸] ۳
شکل (۲-۱) : مقایسه عملکرد سیستمهای ABS و TCSو ESP ۷
شکل (۳-۱) : دسته بندی سیستمهای ایمنی در خودرو [۲۸] ۸
شکل (۴-۱) : مدل ماشین و انسان Rasmussen برای رانندگی [۲۸] ۱۰
شکل (۵-۱) : ساختار مدل یک دستگاه راننده و خودرو [۲۸] ۱۱
شکل (۶-۱) : شماتیک رفتار تعقیب خودرو [۳۰] ۱۱
شکل (۱-۲) : تراکنش میان خودرو، راننده و محیط [۹۳] ۲۷
شکل (۲-۲) : سیستم مختصات تایر [۹۴] ۳۰
شکل (۳-۲) : توصیف مقاومت غلتشی [۹۵] ۳۲
شکل (۴-۲) : چگونگی بوجود آمدن گشتاور خود تنظیم [۹۶] ۳۳
شکل (۵-۲) : نیروی جانبی و گشتاور خود تنظیم بر حسب زاویه لغزش در یک بار قائم ثابت [۹۶] ۳۳
شکل (۶-۲) : زاویه کمبر از نمای پشت خودرو ۳۵
شکل (۷-۲) : نیروی طولی تایر بر حسب نرخ لغزش طولی [۹۵] ۳۶
شکل (۸-۲) : توصیف شعاع موثر تایر [۹۶] ۳۶
شکل (۹-۲) : اثرات شرایط لغزش مرکب بر روی نیروهای طولی و جانبی تایر [۹۴] ۳۹
شکل (۱۰-۲) : نیروها و گشتاورهای حاکم بر رفتار تایر [۹۳] ۳۹
شکل (۱۱-۲) : سرعت در نقطه تماس تایر و سرعت لغزش تایر ۴۲
شکل (۱۲-۲) : بیان پارامترهای فرمول جادویی [۹۵] ۴۸
شکل (۱۳-۲) : روند مدلسازی خودروی سه درجه آزادی به همراه مدل تایر جادویی ۵۴
شکل (۱-۳) : ورودی ها و خروجی کنترلر دنبالگر طراحی شده ۵۹
شکل (۲-۳) : ورودی ها و خروجی های فایل سیمولینک کنترلر دنبالگر ۶۰
شکل (۳-۳) : توابع عضویت در نظرگرفته شده برای ورودی اختلاف سرعت ۶۰
شکل (۴-۳) : توابع عضویت در نظرگرفته شده برای ورودی شتاب خودروی تعقیب گر ۶۱
شکل (۵-۳) : توابع عضویت در نظرگرفته شده برای ورودی فاصله زمانی ایمن ۶۱
شکل (۶-۳) : پایگاه استنتاج فازی کنترلر دنبالگر ۶۲
شکل (۷-۳) : نیروهای جانبی و طولی تایر بر حسب لغزش طولی [۸۹] ۶۳
شکل(۸-۳) : دیاگرام بلوکی سیستم کنترلی ترمز ضدقفل ۶۴
شکل (۹-۳) : ورودی ها و خروجی های فایل سیمولینک کنترلر ترمز ضدقفل ۶۴
شکل (۱۰-۳) : توابع عضویت در نظرگرفته شده برای ورودی اختلاف لغزش با مقدار مطلوب ۶۵
شکل (۱۱-۳) : توابع عضویت در نظرگرفته شده برای ورودی مشتق اختلاف لغزش با مقدار مطلوب ۶۵
شکل (۱۲-۳) : پایگاه استنتاج فازی کنترلر ترمز ضدقفل ۶۶

شکل(۳-۱۳) : دیاگرام بلوکی سیستم کنترلر دنبالگر ایمن در مانورهای ترمزگیری ۶۷
شکل(۴-۱) : محدوده جمع‌آوری داده‌ها در بزرگراه US-101 [۱۰۳] ۷۱
شکل (۴-۲) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی توسط راننده در خودروی تعقیب گر ۷۳
شکل (۴-۳) : فاصله زمانی حفظ شده توسط راننده بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی ۷۳
شکل (۴-۴) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره یک بدون حضور راننده در خودروی تعقیب گر ۷۴
شکل (۴-۵) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره یک در حضور رانندهٔ خودروی تعقیب گر ۷۴
شکل (۴-۶) : فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر کنترل شده در طول مانور واقعی شماره یک ۷۵
شکل (۴-۷) : مقایسه فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره یک ۷۵
شکل (۴-۸) : مقایسه لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره یک در جاده خشک.... ۷۶
شکل (۴-۹) : مقایسه لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره یک در جاده لغزنده ... ۷۷
شکل (۴-۱۰) : بررسی دقیق لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره یک در جاده لغزنده ۷۷
شکل (۴-۱۱) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره یک در حضور رانندهٔ خودروی تعقیب گر (در جاده لغزنده) ۷۸
شکل (۴-۱۲) : فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر کنترل شده در طول مانور واقعی شماره یک (جاده لغزنده) .. ۷۸
شکل (۴-۱۳) : مقایسه فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره یک (جاده لغزنده)..... ۷۸
شکل (۴-۱۴) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره دو بدون حضور راننده در خودروی تعقیب گر ۷۹
شکل (۴-۱۵) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره دو در حضور رانندهٔ خودروی تعقیب گر ۷۹
شکل (۴-۱۶) : فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر کنترل شده در طول مانور واقعی شماره دو ۸۰
شکل (۴-۱۷) : مقایسه فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره دو ۸۰
شکل (۴-۱۸) : مقایسه لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره یک در جاده خشک ۸۱
شکل (۴-۱۹) : منحنی تغییرات نیروی طولی در مانور واقعی شماره دو در جاده خشک ۸۲
شکل (۴-۲۰) : مقایسه لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره دو در جاده لغزنده.. ۸۳
شکل (۴-۲۱) : بررسی دقیق لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره دو در جاده لغزنده ۸۳
شکل (۴-۲۲) : منحنی تغییرات نیروی طولی در مانور واقعی شماره دو در جاده لغزنده ۸۳
شکل (۴-۲۳) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره دو در حضور رانندهٔ خودروی تعقیب گر (در جاده لغزنده) ۸۴
شکل (۴-۲۴) : فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر کنترل شده در طول مانور واقعی شماره دو (جاده لغزنده)..... ۸۴
شکل (۴-۲۵) : مقایسه فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره دو (در جاده لغزنده) ۸۵
شکل (۴-۲۶) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره سه بدون حضور راننده در خودروی تعقیب گر ۸۵
شکل (۴-۲۷) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره سه در حضور رانندهٔ خودروی تعقیب گر ۸۶
شکل (۴-۲۸) : فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر کنترل شده در طول مانور واقعی شماره سه ۸۶
شکل (۴-۲۹) : مقایسه فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره سه ۸۷
شکل (۴-۳۰) : مقایسه لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره سه در جاده خشک ۸۷
شکل (۴-۳۱) : منحنی تغییرات نیروی طولی در مانور واقعی شماره سه در جاده خشک ۸۸
شکل (۴-۳۲) : مقایسه لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره سه در جاده لغزنده .۸۹
شکل (۴-۳۳) : بررسی دقیق لغزش بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره سه در جاده لغزنده ۸۹
شکل (۴-۳۴) : منحنی تغییرات نیروی طولی در مانور واقعی شماره سه در جاده لغزنده ۹۰
شکل (۴-۳۵) : تغییرات سرعت در طول مانور واقعی شماره سه در حضور رانندهٔ خودروی تعقیب گر (در جاده لغزنده) ۹۰

شکل (۳۶-۴) : فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر کنترل شده در طول مانور واقعی شماره سه (جاده لغزنده) **۹۱**
شکل (۳۷-۴) : مقایسه فاصله زمانی بین خودروی راهنما و خودروی تعقیب گر در طول مانور واقعی شماره سه (جاده لغزنده) **۹۱**
شکل (۱) : تعریف جهت نیروها و گشتاورهای اعمالی جاده بر روی چرخ [۹۸] **۱۰۳**

فهرست جداول

جدول (۱-۱) : طبقه بندی کلی مدلهای تعقیب خودرو ارائه شده و نحوه نمایش آنها [۲۸] ۱۶
جدول (۱- ۲) : مقادیر ورودی به مدل فیالا جهت محاسبه گشتاور و نیروها ۴۲
جدول (۲- ۲) : پارامترهای مدل فرمول جادویی ۴۸
جدول(۱-۴) : انواع داده‌های موجود در بانک داده ۷۲
جدول(۱) : پارامترها و کمیت های متغیر مدل کامل فرمول جادویی ۹۷
جدول (۲) : ضرایب مقیاس در مدل کامل فرمول جادویی ۱۰۰
جدول (۳) : ورودی ها و خروجی های مدل کامل فرمول جادویی..... ۱۰۲

فصل اول

۱ پیش گفتار

۱-۱)مقدمه

نیاز به کاهش خطر زندگی انسان و خطاهای انسانی هنگام رانندگی یک خودرو در شرایط کشندگی پایین[1] مانند یخی، برفی، شنی یا جاده های مرطوب، موجب توسعه سیستم های کنترل پایداری الکترونیکی شده است که این سیستم ها نیز در کاهش تصادفات خودرو مؤثر واقع شده اند.

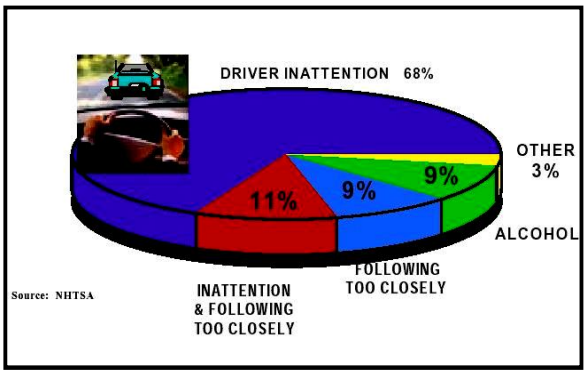
از سوی دیگر برای اینکه از تصادفات اجتناب شود در وهله اول مهم است که رفتار فرمان پذیری خودرو مناسب و قابل پیش بینی باشد. متاسفانه رفتار فرمان پذیری خودرو در بسیاری از موقعیت ها پایدار نمی باشد و دلیل عمده این مسئله به علت خصوصیات غیرخطی تایر می باشد. بنابراین دو نوع رفتار فرمان پذیری خودرو وجود دارند، خطی و غیرخطی. ابتدا هنگامی که راننده در ناحیه خطی در حال رانندگی هست، لغزش بین تایر و جاده کم است و خودرو متناسب با زاویه فرمان می چرخد که این پیش بینی رفتار خودرو را آسان می کند. اگر لغزش بین تایر و جاده زیاد باشد خصوصیات تایر غیرخطی هستند و قابلیت کنترل کاهش می یابد.

آمارها نشان می‌دهد در سال ۲۰۰۷ حدود ۴۱۰۰۰ نفر در آمریکا در اثر تصادفات جاده‌ای کشته و بیش از ۲/۵ میلیون نفر دیگر مجروح شده‌اند [۱]. در اروپا، خسارت های ناشی از تصادفات، سالانه رقمی معادل ۱۶۰ میلیارد یورو تخمین زده می‌شود که این رقم معادل ۲٪ تولید ناخالص ملی[2] اروپا است. در این تصادفات هر ساله ۴۱/۰۰۰ نفر کشته و تعداد بسیار بیشتری زخمی بر جای می‌ماند.

آمارها نشان می‌دهد در سال ۲۰۰۶ نزدیک به ۲۸۰۰۰ نفر در ایران در اثر تصادفات اتومبیل کشته شده‌اند [۲] و در مجموع ۲/۵٪ از کل تصادفات جاده‌ای جهان در ایران رخ می‌دهد. این بدان معنی است که نرخ تصادفات در ایران در حدود ۲۰ برابر سایر نقاط جهان است [www.unicef.org/iran/media].

[1] low-traction conditions
[2] GNP (Gross National Product)

خطای انسانی نظیر، عدم توجه کافی، خستگی و حواس‌پرتی از مهمترین عوامل موثر در این تصادفات است [۳]. شکل (۱-۱) مهمترین خطاهای انسانی در تصادفات جاده‌ای را نشان می‌دهد، که در آن عدم توجه کافی راننده، به عنوان مهمترین خطای انسانی(۶۸٪) معرفی شده است[۵،۴].



شکل (۱-۱) : مهمترین خطاهای انسانی در تصادفات جاده ای [۲۸]

لذا سیستم‌های کمکی راننده می‌توانند نقش مهمی در کاهش تصادفات جاده‌ای و ایمنی راه‌ها داشته باشند. به‌همین دلیل اتحادیه اروپا برنامه‌هایی جهت کاهش این خسارت‌ها اجرا کرده است. از مهمترین آنها برنامه موسوم به FP6[3] است که هدف آن کاهش ۵۰ درصدی نرخ تلفات تا قبل از سال ۲۰۱۰ است[۷،۶]. برنامه‌ای دیگر موسوم به PReVENT توسط اتحادیه اروپا با سرمایه‌گذاری حدود ۳۰ میلیون یورو از سال ۲۰۰۴ در حال اجراست [www.PReVENT-ip.org]. این برنامه منحصراً در زمینه سیستم‌های فعال کمک به راننده[4] ADAS و توسعه سنسورهای پیشرفته فعالیت می‌کند [۸]. در این پژوهش نیز با درنظر گرفتن همین نکات به مدلسازی و طراحی سیستم های کنترلی کمک راننده و همچنین سیستم های کنترلی ترکیبی پرداخته شده است که در فصول آینده به تفضیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

[3] 6th Framework Program
[4] Active Driver Assistance Systems

۲-۱) پیشینه کار

۱-۲-۱) بررسی سیستم های کنترلی

اتومبیل، جزء واجب زندگی امروزی است و به سبب تولید انبوه و استفاده گسترده از آن، بالا بردن سطح ایمنی خودروهای سواری از اهمیت شایانی برخوردار است. امروزه تصادفات جاده ای بعنوان یکی از عوامل اصلی افزایش نرخ مرگ و میر غیرطبیعی، شناخته شده است. تصادف، حاصل اشتباه و نقص یکی از سه عاملِ انسان (راننده)، راه و خودرو است[۹]. مادامی که هر یک از این سه عامل وظیفه خود را درست انجام دهد و بدون عیب باشد، حادثه اتفاق نمی‌افتد. اما اگر یکی از این سه عامل در انجام وظیفه، تعلل و قصور ورزد و یا معیوب باشد، هیچ اتفاق ناگواری دور از انتظار نیست. از میان عوامل ذکر شده، انسان به عنوان مهمترین عامل، شناخته شده است. راننده در هنگام رانندگی سه وظیفهٔ تشخیص، تصمیم و عمل را بر عهده دارد. مطابق مطالعات انجام شده، تشخیص نادرست، مهمترین عامل خطای انسانی است. لازم به ذکر است که تشخیص نادرست، معلول عدم مهارت راننده و یا حرکت غیر قابل پیش بینی خودرو است که این حرکت غیرقابل پیش بینی در اکثر موارد در نتیجه سرخوردن و یا قرارگرفتن خودرو در آستانه لغزش رخ می دهد که موضوع مورد بررسی در این پژوهش نیز همین امر می باشد.

نکته مهم این است که در هنگام رانندگی در شرایط نرمال و انجام مانورهای با شتاب جانبی پائین، رفتاری نسبتاً خطی میان ورودی فرمان و کمیت های حرکتی خودرو برقرار است. در این شرایط رفتار خودرو برای هر راننده متوسطی قابل پیش بینی است. اما در وضعیت های بحرانی که خودرو درحال مانور با شتاب جانبی بالا، نزدیک به حداکثر ظرفیت اصطکاکی جاده است، رفتار دینامیکی خودرو بدلیل اشباع نیروهای جانبی تایرها وارد ناحیه غیر خطی شده و خودرو مستعد ناپایداری، فرمان ناپذیری و انجام حرکت غیر قابل پیش بینی می شود. در این شرایط، حفظ پایداری خودرو از عهده راننده متوسط بر نمی آید و به دنبال عکس العمل شتاب آلود راننده و انحراف خودرو از مسیر جاده، موجبات تصادفات مرگبار فراهم می شود. از اینرو، از دهه های گذشته، با افزایش سرعت وسائل نقلیه لزوم بکارگیری سیستمهای ایمنی در خودروهای سواری مطرح گردید. از جمله مواردی که در طراحی این سیستم ها همواره مد نظر قرار می گیرد در وهله

اول نحوه عمکرد سیستم در ضرایب اصطکاکی مختلف و در وهله دوم نحوه برقراری ارتباط بین دو یا چند سیستم ایمنی فعال در خودرو می باشد که در این پایان نامه نیز هدف دست یابی به چنین سیستم کنترلی می باشد.

سیستم های ایمنی موجود در خودرو را به طور کلی می توان به دو نوع سیستم های ایمنی غیرفعال[5] و سیستم های ایمنی فعال[6] تقسیم کرد که در ادامه معرفی می شوند.

۱-۱-۲-۱) سیستم های کنترلی غیرفعال

هدف اصلی از کاربرد سیستم‌های ایمنی غیرفعال، کاهش خطر آسیب رسیدن به مسافرین خودرو در حین وقوع تصادف و یا کاهش میزان تلفات پس از آن است. سیستم های مذکور نقشی در اصلاح دینامیک حرکتی خودرو ایفا نمی کنند بلکه تنها در مراقبت از سرنشینان خودرو در هنگام وقوع تصادف و کاهش شدت جراحات، موثر هستند. طراحی اجزای سازه خودرو، کمربندهای ایمنی، کیسه‌های هوا و تیرهای کناری ضد ضربه و... همه از انواع سیستم‌های ایمنی غیر فعال محسوب می‌شوند[۱۰].

۲-۱-۲-۱) سیستم های کنترلی فعال

برخلاف سیستم‌های ایمنی غیرفعال، هدف اصلی در سیستم‌های ایمنی فعال، در درجه اول جلوگیری از وقوع تصادف است و بدین خاطر آنها را سیستمهای پیشگیرانه[7] نیز می‌نامند.

سیستم های ایمنی فعال با اصلاح دینامیک حرکتی خودرو، راننده را در حفظ پایداری خودرو، یاری می رسانند. سیستم های مذکور شامل سیستمهای ترمز ضد قفل[8](ABS)، سیستمهای کنترل رانش[9](TCS)، سیستم های تعلیق فعال[10]، سیستم های چهار چرخ فرمان[11](4WS) ، سیستمهای کنترل پایداری

[5] Passive Safety
[6] Active Safety
[7] Preventive
[8] Antilock Braking Systems
[9] Traction Control Systems
[10] Active Suspension
[11] Four Wheel Steer

خودرو[12](ESP) و... می باشند که هم اینک، بیشتر آنها به صورت تجاری در دسترس می باشند. در ادامه تاریخچه و عملکرد سیستم های فوق به صورت مختصر مورد مطالعه قرار می گیرد.

سیستم ترمز ضد قفل(ABS) اولین نمونه از سیستم های ایمنی فعال است که در اواخر دهۀ هفتاد میلادی در خودروهای لوکس آن زمان بکار گرفته شد. در سال ۱۹۷۸ شرکت آلمانی بوش، اولین سیستم ترمز ضد قفل مدرن را برای مرسدس بنز توسعه داد. سیستم مذکور در هنگام ترمز گیری، با تنظیم لغزش چرخها، ضمن کاهش طول مسیر توقف، بر فرمانپذیری و پایداری خودرو نیز اثر مطلوب می گذارد. هم اینک عملکرد این سیستم به نحو چشمگیری بهبود پیدا کرده است و در حال حاضر، حدود هفتاد درصد خودروهای تولید شده در دنیا به سیستم فوق مجهز شده اند[۱۱].

سیستم کنترل رانش (TCS)، نمونه دیگری از سیستم های ایمنی فعال می باشد که از سال ۱۹۸۶ تجاری گردیده است. سیستم فوق اهداف سیستم ترمز ضد قفل را در هنگام شتاب گیری خودرو برآورده می سازد. در منابع[۱۲،۱۳]، انواع مختلف این سیستم مطالعه و نقش آنها در افزایش پایداری حرکتی خودرو بررسی شده است.

سیستم تعلیق فعال نیز از جمله سیستم های ایمنی فعال است که در هنگام حرکت خودرو، دو هدف عمده، یعنی بهبود سواری و کنترل پیچش خودرو را پیگیری می نماید. بهبود سواری در واقع فراهم نمودن آسایش سرنشین در مقابل ارتعاشات ناشی از ناهمواریهای جاده است. کنترل پیچش خودرو نیز شامل محدود کردن زاویه پیچش خودرو در هنگام دور زدن با شتاب جانبی بالا و پیشگیری از چپ شدن خودرو می باشد. با استفاده از اجزای فعالی که در سیستم تعلیق، ایجاد نیرو می کنند، دست یابی به اهداف مذکور امکان پذیر است[۱۴].

سیستم چهار چرخ فرمان(4WS)، جزء آن دسته از سیستمهای ایمنی فعالیست که دینامیک جانبی خودرو را تحت تاثیر قرار می دهد. در این سیستم، با تغییر زاویه فرمان چرخهای جلو و عقب خودرو، حرکت دینامیکی خودرو براساس حرکت مطلوب آن اصلاح می شود. مزیت اصلی این سیستم این است که موجب

[12] Electronic Stability Program