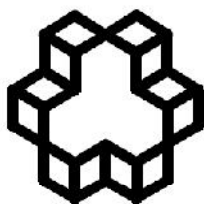


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

طراحی سیستم‌های تعلیق، ترمز و فرمان خودرو

هوشمند سازی سیستم کنترل رانش برای فرایند تعقیب خودرو

پژوهش و تدوین:

داود امامی

اساتید راهنما:

دکتر رضا کاظمی و دکتر شهرام آزادی

تقدیم

به پدرم، مادرم و برادرم

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از رهنمودهای بسیار ارزنده اساتید فرهیخته جناب آقایان دکتر رضا کاظمی و دکتر شهرام آزادی که افتخار راهنمایی این پایان نامه را برای اینجانب فراهم نمودند و استاد محترم جناب آقای دکتر علیرضا خدایاری که با نظرات اصلاحی خود زمینه غنای این پژوهش را سبب گردیدند، صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

داود امامی

دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی

خواجه نصیرالدین طوسی،

بهمن ماه ۱۳۹۰.

چکیده

در این پژوهش ابتدا به تاریخچه و بررسی کارهای انجام شده در مورد سیستم های کنترل رانش و کنترل سرعت تطبیقی پرداخته می شود سپس به مزایای استفاده از کنترل کننده های فازی اشاره شده و در نهایت یک سیستم کنترل رانش با استفاده از منطق فازی طوری طراحی شده که در عین اینکه همواره میزان لغزش را کنترل می کند بتواند سرعت لازمه را که از سوی سیستم کنترل سرعت تطبیقی محاسبه شده را با استفاده از فرامینی که به دریچه گاز می دهد به خودرو اعمال کند. برای این کار ابتدا یک مدل طولی خودرو طراحی می شود که از این مدل می توان سرعت خودرو، میزان لغزش در چرخ های محرک و شتاب خودرو را در لحظه بر اساس ورودی دریچه گاز استخراج کرد. سپس با استفاده از این اطلاعات به طراحی کنترل کننده هایی پرداخته می شود که عمل شتاب دهی به خودرو را با کمترین لغزش اضافی در چرخ های محرک انجام دهد. در پایان نتایج این پژوهش ارائه شده است و همچنین نتایج با یکدیگر مقایسه شده است. بنابر این برای این امر مدل خط رانش خودرو شامل مدل دینامیکی موتور، گیربکس، دیفرانسیل و مدل چرخ ها و مدل دینامیک طولی خودرو استخراج شده است. در گام بعدی سعی شده این سیستم شتاب مورد نیاز خودرو را نیز در هر لحظه بوسیله باز کردن دریچه گاز تامین کند. در مرحله بعد یک کنترلر فازی برای کنترل میزان لغزش طولی تایر طراحی شده است که میزان لغزش طولی تایر را در حد بهینه نگه دارد.

کلید واژه : سیستم کنترل رانش، سیستم کنترل سرعت تطبیقی، کنترل کننده ی فازی، دریچه ی گاز

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست علائم و نشانه‌ها.....	ج
فهرست جدول‌ها.....	هـ
فهرست شکل‌ها.....	و
فصل ۱- پیشگفتار.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- سیستم‌های کنترل و ایمنی در خودرو.....	۳
۳-۱- سیستم‌های کنترل لغزش.....	۵
۴-۱- سیستم کنترل رانش.....	۷
۵-۱- کارهای انجام شده.....	۹
۶-۱- فرآیند تعقیب خودرو.....	۱۳
۷-۱- کنترل سفر تطبیقی.....	۱۴
۸-۱- پیشینه کار.....	۱۵
۹-۱- تعریف مسئله.....	۱۷
فصل ۲- شبیه‌سازی دینامیک طولی خودرو.....	۱۸
۱-۲- مقدمه.....	۱۹
۲-۲- شبیه‌سازی موتور.....	۱۹
۳-۲- شبیه‌سازی مبدل گشتاور.....	۲۵
۴-۲- شبیه‌سازی جعبه دنده و دیفرانسیل.....	۲۸
۵-۲- شبیه‌سازی تایر.....	۳۰
۶-۲- شبیه‌سازی خودرو.....	۳۴
۱-۶-۲- نیروی آیرودینامیک.....	۳۶
۲-۶-۲- مقاومت غلتشی تایر.....	۳۷
۳-۶-۲- نیروهای عمودی زیر تایر.....	۳۹
۴-۶-۲- معادله دینامیکی تایر.....	۳۹
فصل ۳- طراحی کنترل‌کننده دنبالگر مطمئن.....	۴۰
۱-۳- مقدمه.....	۴۱
۲-۳- مروری بر سیستم‌های فازی.....	۴۱
۱-۲-۳- تئوری فازی.....	۴۱
۲-۲-۳- کنترل‌کننده‌های فازی.....	۴۲

۴۷	طراحی سیستم کنترلی دنبالگر.....	۳-۳
۴۸	ورودی‌های کنترلر.....	۱-۳-۳
۴۹	خروجی‌های کنترلر.....	۲-۳-۳
۴۹	توابع عضویت ورودی‌های کنترلر دنبالگر.....	۳-۳-۳
۵۱	توابع عضویت خروجی کنترل کننده.....	۴-۳-۳
۵۱	قوانین کنترلر.....	۵-۳-۳
۵۲	طراحی سیستم کنترل رانش.....	۴-۳
۵۳	ورودی‌های کنترلر.....	۱-۴-۳
۵۴	خروجی کنترل کننده.....	۲-۴-۳
۵۴	توابع عضویت سیستم کنترل رانش.....	۳-۴-۳
۵۵	قوانین کنترلر TCS.....	۴-۴-۳
۵۵	طراحی کنترلر دنبالگر مطمئن.....	۵-۳
۵۶	نتیجه‌گیری.....	۶-۳
۵۷	فصل ۴ - نتایج شبیه‌سازی و پیشنهادها.....	
۵۸	مقدمه.....	۱-۴
۵۸	نتایج شبیه‌سازی خودرو.....	۲-۴
۶۲	نتایج حاصل از داده‌های واقعی.....	۳-۴
۶۲	جمع‌آوری داده‌های اندازه‌گیری شده جریان واقعی ترافیک.....	۱-۳-۴
۶۳	ارائه نتایج شبیه‌سازی و داده‌های اندازه‌گیری شده.....	۲-۳-۴
۶۶	مانورهای طراحی شده.....	۳-۳-۴
۷۵	نتایج حاصل از سیستم کنترلی دنبالگر مطمئن.....	۴-۳-۴
۸۱	نتیجه‌گیری.....	۴-۴
۸۲	پیشنهادات.....	۵-۴
۸۳	پیوست.....	
۹۰	فهرست مراجع.....	
۹۲	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی.....	
۹۳	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی.....	

فهرست علائم و نشانه‌ها

علائم اختصاری	عنوان
α	زاویه‌ی دریچه گاز
η_{vol}	بازده حجمی موتور
κ	لغزش
λ_{act}	لغزش تأیر
λ_{des}	لغزش بهینه
μ	ضریب اصطکاک
θ	شیب جاده
ρ	چگالی هوا
ω_e	سرعت دورانی موتور
ω_p	سرعت دورانی پمپ
ω_t	سرعت دورانی توربین
ω_w	سرعت دورانی تأیر
A_F	مساحت خودرو از نمای جلو
a_x	شتاب خودرو در جهت طولی
B	ضریب سختی
C	ضریب شکل
C_d	ضریب نیروی آیرودینامیک
c	فاصله‌ی مرکز جرم تا محور عقب
D	مقدار بیشینه
D_A	نیروی آیرودینامیک
d	فاصله‌ی مرکز جرم تا محور جلو
E	ضریب انحنا
F_x	نیروی طولی تولید شده‌ی تأیر
F_z	نیروی عمودی زیر تأیر
g	شتاب گرانش زمین
h	ارتفاع مرکز جرم
h_a	ارتفاع مرکز اثر نیروی آیرودینامیک
I_e	اینرسی دورانی موتور
I_w	اینرسی دورانی تأیر

m_a	جرم هوای داخل محفظه گاز
P_{atm}	فشار اتمسفر
P_m	فشار هوای داخل مینیفولد گاز
R_r	نیروی مقاوم غلتشی
r_{stat}	شعاع استاتیکی تایر
S_h	تغییر مکان افقی
S_v	تغییر مکان عمودی
T_a	گشتاور متعلقات موتور
T_f	گشتاور اصطکاکی موتور
T_i	گشتاور خالص تولید شده
T_m	دمای هوای محفظه گاز
T_p	گشتاور مبدل گشتاور (پمپ)
T_t	گشتاور توربین
T_{wheels}	گشتاور چرخ‌ها
V_m	حجم محفظه گاز
$v_{pursuer}$	سرعت تعقیب کننده
V_{wind}	سرعت باد
V_x	سرعت خودرو
W	وزن خودرو
W_f	وزن خودرو روی محور جلو
W_r	وزن خودرو روی محور عقب
$x_{pursued}$	مکان تعقیب شونده
$x_{pursuer}$	مکان تعقیب کننده

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۲۵	جدول ۱-۲: پارامترهای استفاده شده در مدل موتور.....
۳۰	جدول ۲-۲: نسبت دنده‌ها.....
۵۵	جدول ۱-۳: قوانین کنترلی سیستم TCS.....
۵۵	جدول ۲-۳: مقادیر توابع تک مقداری خروجی.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: مهمترین خطاهای انسانی در تصادفات جاده‌ای [۲].....	۲
شکل ۲-۱: روند رشد سیستم‌های ایمنی در خودرو [۳].....	۴
شکل ۳-۱: نمایش خودروی تعقیب شونده و خودروی تعقیب کننده [۱۷].....	۱۴
شکل ۱-۲: تغییرات TC بر حسب درجه‌ی گاز [۲۵].....	۲۲
شکل ۲-۲: نمودار PRI بر اساس نسبت فشار [۲۵].....	۲۲
شکل ۳-۲: طرح شماتیک از ورودی‌های موتور [۲۶].....	۲۳
شکل ۴-۲: نمودار اثر نسبت سوخت به هوا [۲۵].....	۲۴
شکل ۵-۲: نمودار اثر زمان جرقه‌زنی [۲۵].....	۲۴
شکل ۶-۲: اجزای مبدل گشتاور [۲۷].....	۲۶
شکل ۷-۲: ورودی‌ها و خروجی‌های مبدل گشتاور [۲۶].....	۲۷
شکل ۸-۲: تغییرات نسبت گشتاور نسبت به نسبت سرعت دورانی.....	۲۷
شکل ۹-۲: (a) خودروی جلورانش و موتور عرضی در جلو، (b) خودروی جلورانش و موتور طولی در جلو، (c) خودروی عقب رانش و موتور در جلو، (d) خودروی عقب رانش و موتور در عقب، (e) خودروی ۴ چرخ رانش [۲۷].....	۲۸
شکل ۱۰-۲: طرح ورودی‌ها و خروجی‌های جعبه دنده [۲۶].....	۲۸
شکل ۱۱-۲: نمونه‌های از استراتژی تعویض دنده بر حسب دور [۲۶].....	۲۹
شکل ۱۲-۲: استراتژی تعویض دنده بر حسب سرعت خودرو [۲۷].....	۲۹
شکل ۱۳-۲: استراتژی تعویض دنده.....	۳۰
شکل ۱۴-۲: پارامترهای مدل جادویی.....	۳۳
شکل ۱۵-۲: نیروهای طولی وارد بر خودرو [۲۹].....	۳۵
شکل ۱۶-۲: مقایسه نیروی آیرودینامیک و نیروهای مقاوم مکانیکی در خودرو [۳۰].....	۳۷
شکل ۱۷-۲: ضریب مقاومت آیرودینامیکی. (a) Citroen DC 19. (b) Oldsmobile Toronado. (c) Mercedes-Benz 300 SE. (d) Ford Falcon Futura. (e) VW [۳۰].....	۳۷
شکل ۱۸-۲: مقاومت غلتشی [۲۶].....	۳۸
شکل ۱۹-۲: نمای شماتیک دینامیک تایر [۲۶].....	۳۹
شکل ۱-۳: کنترل کننده فازی کلاسیک [۳۳].....	۴۳
شکل ۲-۳: طرح ورودی‌ها و خروجی‌های کنترلر ACC.....	۴۸
شکل ۳-۳: توابع عضویت خطای سرعت.....	۴۹
شکل ۴-۳: توابع عضویت شتاب.....	۵۰

- شکل ۳-۵: توابع عضویت خطای فاصله برای قسمت ترمزی..... ۵۰
- شکل ۳-۶: توابع عضویت خطای فاصله برای قسمت شتابگیری..... ۵۰
- شکل ۳-۷: توابع عضویت تغییرات خطای فاصله..... ۵۰
- شکل ۳-۸: توابع عضویت خروجی دریچه گاز..... ۵۱
- شکل ۳-۹: توابع عضویت خروجی گشتاور ترمزی..... ۵۱
- شکل ۳-۱۰: نمودار ضریب اصطکاک طولی و عرضی [۳۴]..... ۵۳
- شکل ۳-۱۱: طرح ورودی‌ها و خروجی‌های کنترلر TCS..... ۵۳
- شکل ۳-۱۲: توابع عضویت خطا..... ۵۴
- شکل ۳-۱۳: توابع عضویت مشتق خطا..... ۵۴
- شکل ۴-۱: نمودار نیروی طولی برحسب لغزش در بارهای اعمالی مختلف..... ۵۸
- شکل ۴-۲: نمودار نیروی طولی [۲۸]..... ۵۸
- شکل ۴-۳: شماتیک کلی سیستم..... ۵۹
- شکل ۴-۴: ورودی دریچه گاز توسط راننده..... ۵۹
- شکل ۴-۵: سرعت خودرو..... ۶۰
- شکل ۴-۶: نمودار تغییرات لغزش تایر..... ۶۰
- شکل ۴-۷: نمودار سرعت دورانی موتور..... ۶۰
- شکل ۴-۸: ورودی دریچه‌ی گاز اعمالی توسط راننده..... ۶۱
- شکل ۴-۹: سرعت خودرو در اثر ورودی راننده..... ۶۱
- شکل ۴-۱۰: نمودار لغزش تایر..... ۶۱
- شکل ۴-۱۱: نمودار سرعت دورانی موتور..... ۶۲
- شکل ۴-۱۲: محدوده جمع‌آوری داده‌ها در بزرگراه US-101 [۳۵]..... ۶۳
- شکل ۴-۱۳: سرعت خودرو با راننده واقعی و با سیستم کنترل سرعت..... ۶۴
- شکل ۴-۱۴: فاصله زمانی..... ۶۴
- شکل ۴-۱۵: سرعت خودروی با راننده و با سیستم ACC..... ۶۵
- شکل ۴-۱۶: فاصله زمانی..... ۶۵
- شکل ۴-۱۷: تغییرات زاویه دریچه گاز..... ۶۵
- شکل ۴-۱۸: سرعت خودرو با راننده و با سیستم ACC..... ۶۵
- شکل ۴-۱۹: تغییرات فاصله زمانی..... ۶۶
- شکل ۴-۲۰: زاویه دریچه گاز..... ۶۶
- شکل ۴-۲۱: سرعت خودروی تعقیب کننده و تعقیب شونده..... ۶۶
- شکل ۴-۲۲: فاصله‌ی زمانی بین دو خودرو..... ۶۷
- شکل ۴-۲۳: زاویه دریچه گاز در طول مانور..... ۶۷
- شکل ۴-۲۴: تغییر خودروی هدف [۲۰]..... ۶۸
- شکل ۴-۲۵: سرعت خودروی تعقیب کننده..... ۶۸

- شکل ۴-۲۶: فاصله زمانی در مانور ۲ ۶۸
- شکل ۴-۲۷: تغییرات زاویه‌ی دریچه‌ی گاز ۶۹
- شکل ۴-۲۸: نحوه‌ی قرارگیری خودروی هدف جدید [۲۰] ۶۹
- شکل ۴-۲۹: سرعت خودروها ۷۰
- شکل ۴-۳۰: خطای فاصله‌ی زمانی ۷۰
- شکل ۴-۳۱: فاصله طولی دو خودرو ۷۰
- شکل ۴-۳۲: ورودی نرمال شده دریچه‌ی گاز و گشتاور ترمزی ۷۱
- شکل ۴-۳۳: سرعت خودروها ۷۱
- شکل ۴-۳۴: خطای فاصله‌ی زمانی ۷۱
- شکل ۴-۳۵: فاصله‌ی طولی دو خودرو ۷۲
- شکل ۴-۳۶: خروجی نرمال شده دریچه‌ی گاز و گشتاور ترمزی ۷۲
- شکل ۴-۳۷: سرعت خودروی تعقیب کننده و تعقیب شونده ۷۲
- شکل ۴-۳۸: فاصله زمانی بین دو خودرو ۷۲
- شکل ۴-۳۹: زاویه دریچه‌ی گاز ۷۳
- شکل ۴-۴۰: سرعت دو خودرو ۷۳
- شکل ۴-۴۱: فاصله‌ی زمانی ۷۳
- شکل ۴-۴۲: زاویه‌ی دریچه‌ی گاز ۷۴
- شکل ۴-۴۳: سرعت خودروها ۷۴
- شکل ۴-۴۴: فاصله‌ی زمانی ۷۴
- شکل ۴-۴۵: مقادیر نرمالیزه شده دریچه‌ی گاز و ترمز ۷۴
- شکل ۴-۴۶: تغییر ضریب اصطکاک ۷۵
- شکل ۴-۴۷: سرعت خودرو در دو حالت مجهز به TCS و بدون TCS ۷۵
- شکل ۴-۴۸: فاصله‌ی زمانی در طول مانور ۷۶
- شکل ۴-۴۹: لغزش در دو حالت با TCS و بدون TCS ۷۶
- شکل ۴-۵۰: لغزش در لحظات شروع حرکت ۷۷
- شکل ۴-۵۱: زاویه دریچه‌ی گاز ۷۷
- شکل ۴-۵۲: تغییرات شیب جاده ۷۸
- شکل ۴-۵۳: تغییرات ضریب اصطکاک ۷۸
- شکل ۴-۵۴: سرعت خودروی مجهز به TCS و بدون TCS ۷۸
- شکل ۴-۵۵: لغزش تاثیر خودروی مجهز به TCS و بدون TCS ۷۸
- شکل ۴-۵۶: تغییرات زاویه دریچه‌ی گاز ۷۹
- شکل ۴-۵۷: تغییرات ضریب اصطکاک ۷۹
- شکل ۴-۵۸: لغزش در دو حالت بدون سیستم TCS و مجهز به TCS ۷۹
- شکل ۴-۵۹: تغییرات زاویه دریچه‌ی گاز ۸۰

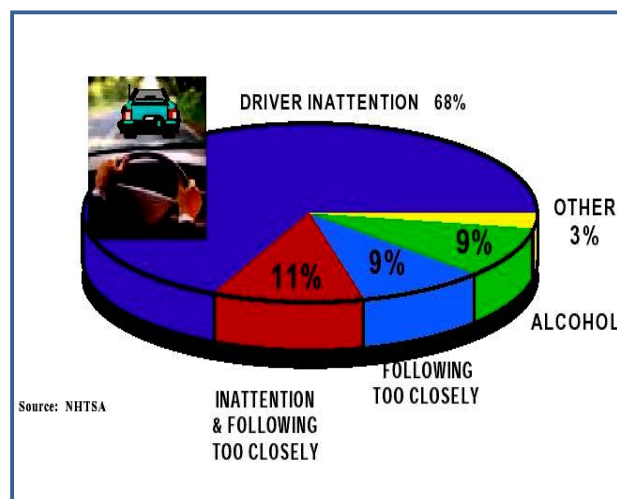
- شکل ۴-۶۰: تغییرات ضریب اصطکاک سطح و جاده ۸۰
- شکل ۴-۶۱: سرعت دو خودروی مجهز به TCS و بدون TCS ۸۰
- شکل ۴-۶۲: خطای فاصله‌ی زمانی در دو حالت با TCS و بدون TCS ۸۱
- شکل ۴-۶۳: لغزش تأیر ۸۱
- شکل ۴-۶۴: تغییرات زاویه دریچه گاز ۸۱

فصل ۱ – پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

به طور میانگین در هر دقیقه، حداقل یک نفر در تصادفات رانندگی جان می‌بازد. کیسه‌های هوا و کمربند ایمنی جان دهها هزار نفر را در سال نجات می‌دهند. هم اکنون ایر رایانه‌ها به طراحان اجازه طراحی چارچوب و بدنه‌هایی که از افراد داخل خودرو با جذب نمودن مقدار انرژی تصادف، محافظت می‌کند را می‌دهد در نتیجه تعداد مرگ و میر بصورت قابل توجهی کاهش یافته است اما راه حل نهایی و تنها راهی که می‌تواند زندگی‌های بیشتری، اعضای بدن بیشتری و پول بیشتری را نجات دهد حفظ خودروها از برخورد با یکدیگر است این دقیقاً چیزی است که مهندسان در امریکا، اروپا و ژاپن در تلاش برای انجام دادن آن هستند [۱].

آنها میکروپردازنده‌های پیشرفته^۱، رادار^۲ها، مدارهای سرعت بالا^۳ و تراشه‌های پردازنده‌ی سیگنال^۴ را در برنامه‌ی تولید خودرو در صنعت بکار می‌گیرند تا از تصادف خودروها جلوگیری کنند و در تلاشند تا از مرگ و جراحت سرنشینان خودروها بکاهند [۱].



شکل ۱-۱: مهمترین خطاهای انسانی در تصادفات جاده‌ای [۲]

¹ Microprocessor

² Radar

³ High-speed IC

⁴ Signal-processing chip

امروزه برنامه های مختلفی در راستای کاهش تصادفات جاده‌ای، در حال اجراست. 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. در اروپا، خسارت‌های ناشی از تصادفات، سالانه رقمی معادل ۱۶۰ میلیارد یورو تخمین زده می‌شود که این رقم معادل ۲٪ تولید ناخالص ملی^۱ اروپا است. در این تصادفات هر ساله ۴۱۰۰۰ 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 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 [۲].

۲-۱- سیستم‌های کنترل و ایمنی در خودرو

ایمنی در خودرو یک مفهوم وسیع و کلی است که به دو دسته‌ی سیستم‌های ایمنی فعال^۲ و سیستم‌های ایمنی غیر فعال^۳ تقسیم می‌شود. وظیفه‌ی سیستم‌های ایمنی غیرفعال این است که سرنشینان خودرو را در هنگام تصادف در مقابل صدمات وارده محافظت کرده و با کاهش احتمال صدمات شدید، میزان جراحات وارده را کاهش دهند. از جمله این سیستم‌های ایمنی غیر فعال، کیسه هوا و کمربند ایمنی هستند، کیسه هوا و کمربند ایمنی جان ده‌ها هزار نفر را از مرگ نجات می‌دهند.

سیستم‌های مرتبط با ایمنی فعال از طریق جلوگیری از وقوع شرایط بحرانی و خطرناک، ایمنی سرنشینان را فراهم می‌آورند. ایمنی فعال تحت تاثیر مستقیم سیستم سه گانه راننده-خودرو-محیط قرار دارد. عوامل موثر در این سیستم‌ها همچون میزان مهارت راننده، فناوری به کار گرفته شده در خودرو و کیفیت زیر سیستم‌های آن مانند میزان سایدگی تایرها و وضعیت جاده از جمله عواملی هستند که به طور مستقیم بر ایمنی فعال نیز موثر می‌باشند.

^۱ GNP (Gross National Product)

^۲ Active safety

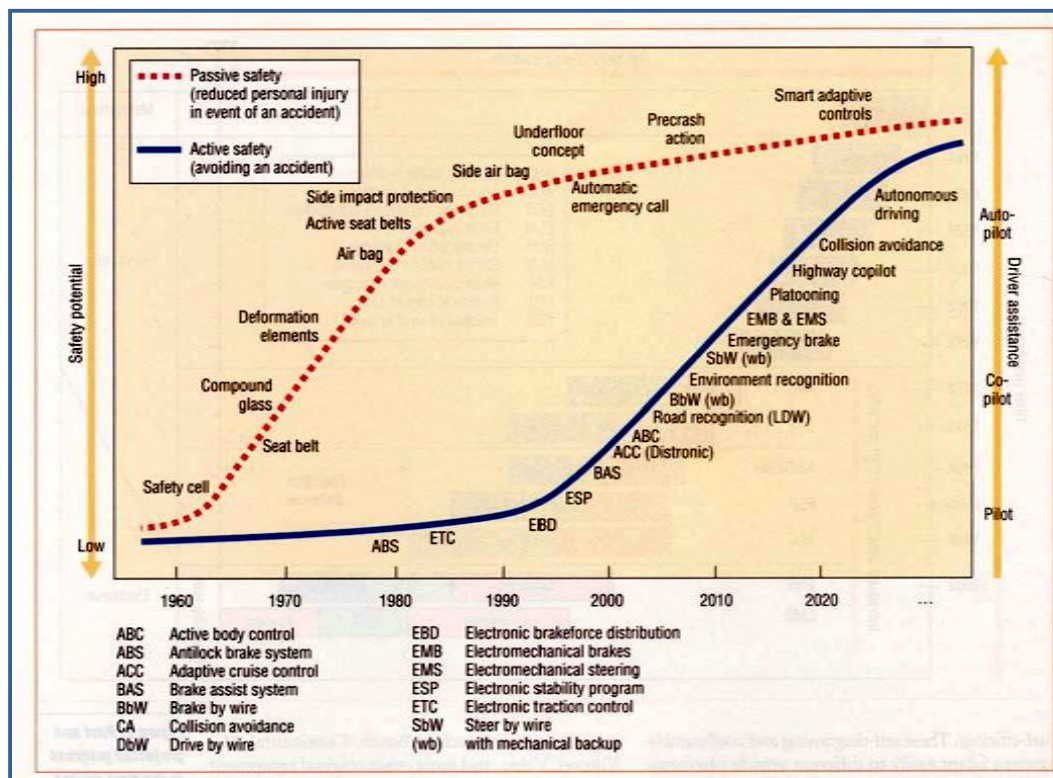
^۳ Passive safety

بطور کلی راننده و محیط از سیستم سه گانه فوق، رفتاری غیرقابل پیش بینی دارند. بدین معنی که رانندگان عادی در شرایط نرمال می توانند خودرو را به راحتی کنترل و هدایت کرده و از ناپایدار شدن خودرو جلوگیری کنند، اما در شرایط بحرانی عموماً رفتار رانندگان عادی باعث ناپایداری خودرو و وقوع تصادف می شود.

این رفتار آنان به دلیل شتاب زدگی ناشی از هراس در هنگام مواجه شدن با خطر و یا قرارگیری در جاده های لغزان است. از جمله این رفتارها، چرخاندن ناگهانی فرمان، استفاده شدید از ترمزها را می توان نام برد. ضمن آنکه متغیر بودن عوامل محیطی همچون تغییرات ضریب اصطکاک بین جاده و تایر نیز به ناپایداری خودرو و عدم تصمیم گیری درست توسط راننده منجر می شود.

برای رفع این مشکل دانشمندان و محققان همواره به دنبال ارائه ی سیستم های کنترلی مختلف بوده-

اند. روند پیشرفت این سیستم ها در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۲: روند رشد سیستم های ایمنی در خودرو [۳]

امروزه از سیستم‌های ترمز ضد قفل^۱ (ABS)، کنترل رانش^۲ (TCS) و تنظیم کننده‌ی لغزش^۳ (ASR) بدلیل ایمنی زیادی که این سیستم‌ها برای خودروها فراهم می‌کنند در بسیاری از وسایل نقلیه استفاده می‌گردد. در چند دهه‌ی اخیر عوامل زیادی سبب توجه به ایمنی و بهبود عملکرد دینامیکی خودرو شده است. یکی از مهمترین آنها، پیشرفت تکنولوژی علوم کامپیوتر بوده که توانسته به عنوان ابزاری توانا جهت تحلیل‌های دقیق‌تر مسائلی نظیر کنترل دینامیک خودرو مورد توجه قرار گیرد. به کمک این ابزار سیستم‌های نوینی جهت بهبود ایمنی، پایداری و هدایت‌پذیری خودرو بدون تأثیر مستقیم واکنش راننده ابداع شده است [۴].

۳-۱ - سیستم‌های کنترل لغزش

از آنجا که ایمنی خودرو تا حد زیادی به رفتار دینامیکی آن بستگی دارد، بخش وسیعی از سیستم‌های ایمنی فعال به حوزه سیستم‌های مرتبط با دینامیک خودرو تعلق دارند و اکثر این سیستم‌ها از طریق کنترل لغزش چرخ‌ها به بهبود رفتار دینامیکی و ایمنی خودرو کمک می‌کنند. لغزش اضافی چرخ مهمترین عامل ناپایداری خودرو است بطوریکه با افزایش میزان لغزش تحمل نیروی جانبی آن کاهش یافته که این عامل ناپایداری و فرمان‌ناپذیری خودرو خواهد شد [۵].

تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که قفل شدن چرخ‌های خودرو در خلال ترمزگیری یا شتابگیری سبب کاهش قابلیت فرمان‌پذیری، پایداری جانبی و در نتیجه انحراف خودرو از مسیر مطلوب می‌گردد. برای تولید نیروی ترمزی بیشتر و انتقال بهتر گشتاور موتوری به جاده لازم است همواره از لغزش بیش از حد مطلوب چرخ‌ها جلوگیری شود. هنگام ترمزگیری با استفاده از سیستم ترمز ضد قفل و هنگام شتابگیری خودرو با بکارگیری سیستم کنترل رانش می‌توان به این خواسته دست یافت. در این حالت این

¹ Anti Lock Braking System

² Traction Control System

³ Anti Skid Regulation

ابزار علاوه بر جلوگیری از قفل شدن چرخ‌ها، مقدار لغزش آنها را چنان کنترل می‌نماید که خودرو در حالت ترمزگیری و شتابگیری بتواند از حداکثر نیروی قابل دسترس استفاده کند [۴].

از نخستین سیستم‌های ایمنی فعال که بر اساس کنترل لغزش عمل می‌کنند می‌توان به سیستم ترمز ضد قفل اشاره کرد. این سیستم بر اساس کنترل میزان لغزش چرخ‌ها در هنگام ترمزگیری پایه ریزی شده است و می‌تواند کنترل‌پذیری و پایداری خودرو را افزایش دهد. این سیستم در هنگام ترمزگیری در صورت ازدیاد لغزش خودرو از یک حد معین فعال شده و فشار ترمز هر یک از چرخ‌ها را تنظیم کرده و عملکرد خودرو را در طول ترمزگیری کنترل می‌نماید.

لغزش چرخ‌ها بر اساس اندازه‌گیری سرعت دورانی چرخ‌ها و سرعت خودرو محاسبه می‌شود. یک سیستم کنترلی بر اساس میزان لغزش چرخ‌ها فشار روغن ترمز سیستم ترمز را کنترل می‌کند تا لغزش چرخ‌ها در محدوده معینی قرار گیرد [۵].

سیستم کنترل رانش گام بعدی در مسیر تکامل سیستم‌های ایمنی فعال بوده است. این سیستم نیز همانند سیستم ترمز ضد قفل لغزش طولی چرخ‌ها را کنترل می‌کند با این تفاوت که این سیستم در هنگام شتابگیری فعال می‌شود که در این هنگام تنها چرخ‌های محرک امکان لغزش را دارند.

این سیستم با کنترل دریچه‌ی گاز از تولید بیهوده‌ی گشتاور موتور جلوگیری می‌کند. به عبارتی به هنگام شتابگیری خودرو دستیابی به حداکثر گشتاور قابل دسترس را امکان‌پذیر می‌نماید و گشتاور موتور را به اندازه‌ای که باعث لغزش زیادی نگردد کنترل می‌نماید [۴].

این سیستم برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ تجاری شد و تا کنون انواع مختلف این سیستم عرضه شده است و در حال حاضر تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام می‌گیرد و در آینده‌ی نزدیک این سیستم در کنار سیستم ترمز ضد قفل در بسیاری از خودروها مورد استفاده قرار خواهد گرفت [۵].