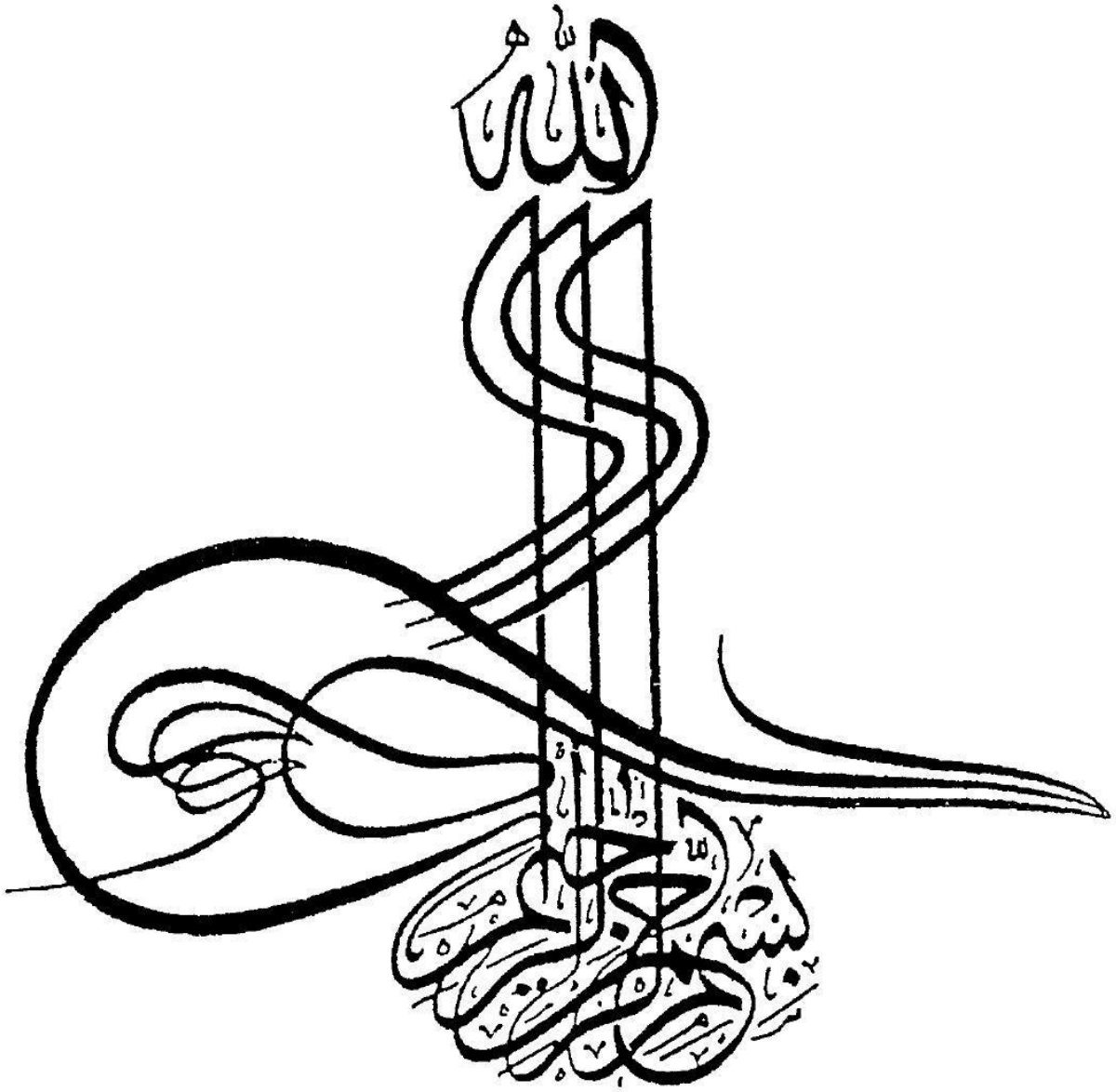

الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش نیرو محرکه خودرو

عنوان :

کنترل تطبیقی دینامیک طولی یک خودروی سواری

استادان راهنما :

آقای دکتر شهرام آزادی

آقای دکتر سید علی جزایری

نگارش :

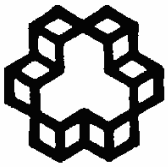
ندا کرمی محمدی

تابستان ۱۳۸۸

تقدیم به مادر گرانقدر و مهربانم

و پدر گرامی و عزیزم

که عاشقانه راه تحصیل و کسب علم را بر من هموار نمودند...



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

تائیدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان

"کنترل تطبیقی دینامیک طولی یک خودروی سواری"

توسط خانم **ندا کرمی محمدی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی مکانیک، گرایش سیستم محرکه خودرو با رتبهٔ عالی مورد تائید قرار می دهند.

۱- **استاد راهنما**	آقای دکتر شهرام آزادی	امضاء
۲- **استاد راهنما**	آقای دکتر سید علی جزایری	امضاء
۳- **ممتحن داخلی**	آقای دکتر امیرحسین شامخی	امضاء
۴- **ممتحن داخلی**	آقای دکتر سید حسین ساداتی	امضاء
۵- **نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده**	آقای دکتر امیرحسین شامخی	امضاء

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه: کنترل تطبیقی دینامیک طولی یک خودروی سواری

استاد راهنما: دکتر شهرام آزادی و دکتر سید علی جزایری

نام دانشجو: ندا کرمی محمدی

شماره دانشجوئی: ۸۶۱۶۰۵۴

اینجانب ندا کرمی محمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش سیستم محرکه خودرو دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده ام.

امضاء دانشجو

تاریخ

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

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

ضمنا 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 می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تشکر و قدردانی :

اکنون که به یاری خداوند متعال این مجموعه به پایان رسید، از استاد گرانقدر ***جناب آقـای دکتـر آزادی*** به جهت زحمات بی شائبه و راهنمایی های سودمندشان کمال تشکر و سپاس را دارم. همچنین راهنمـایی هـای بی دریغ استاد گرانقدر جناب ***آقای دکتر جزایری*** را ارج می نهم و از ایشان سپاسگذارم. توفیـق روزافـزون ایـن دو استاد گرامی را از خداوند متعال خواستارم.

چکیده

امروزه کنترل سرعت خودرو به منظور آسایش راننده،کاهش تصادفات، فراهم نمودن شرایط ایمنی و نیز کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا اهمیت زیادی پیدا کرده است. با افزایش تصادفات گسترده که ناشی از بی احتیاطی راننده و عدم دقت او در کنترل خودرو می باشد و همچنین با توجه به گسترش روز افزون خودروها در شهرها و ایجاد پدیده ای به نام ترافیک، نقش راننده تغییر کرده و نیاز به ایجاد سیستم هایی به منظور کنترل حرکت خودرو می باشد. از این رو بکارگیری سیستمهای کمک راننده در خودروها بمنظور کاهش حجم کارهای راننده و به تبع آن کاهش خستگی راننده در حال گسترش روز افزون است. از جمله این سیستمها، سیستم کنترل سرعت تطبیقی ACC[1]، می باشد که با قابلیت کنترل خودکار دینامیک طولی از جایگاه ویژه ای برخوردار است، با این خودکارسازی نقش راننده را از اپراتوری به ناظر تغییر داده است.

کنترلر سیستم در دو لایه کنترلی بیرونی و درونی طراحی شده است. کنترلر لایه بیرونی شامل دو الگوریتم کنترل سرعت و کنترل فاصله است. وظیفه قانون کنترل سرعت خودرو تولید پروفیل شتابی است که با ردیابی آن توسط خودرو، سرعت تعیین شده توسط راننده ردیابی شود. پروفیل شتاب مطلوب از حل مسأله کنترل بهینه خطی (LQR)[2] در هر مرحله از زمان بدست آمده است. یکبار هم پروفیل نیروی کشش مطلوب ($F_{tractive}$) از حل مسأله کنترل تطبیقی مدل مرجع[3]، بدست آمده است.

کنترلر لایه درونی شامل دو کنترلر مجزای دریچه گاز و ترمز به منظور کنترل گشتاور موتور و گشتاور ترمز است که وظیفه آن ردیابی شتاب ایجاد شده توسط کنترلر لایه بیرونی با استفاده از کنترل گشتاور موتور و ترمز و کلیدزنی بین آن دو است. بدین منظور مدل دینامیکی کاملی از دینامیک طولی یک خودرو شامل موتور، سیستم انتقال قدرت و تایر آورده شده است.

سیستم کنترلی طراحی شده با استفاده از کنترل دریچه گاز و کنترل ترمز میتواند فاصله و سرعت خودرو را کنترل نماید. دینامیک خط انتقال و دینامیک موتور یک مدل طولی واقعی خودرو را تشکیل داده اند که در طراحی کنترلر نقش به سزایی دارند. کنترلر در دو لایه درونی و بیرونی باعث افزایش قابلیت های سیستم شده است. نتایج نشان می دهد که استفاده از این قوانین باعث افزایش راحتی، امنیت و بهینه مصرف سوخت شده است. عملکرد کنترل سرعت و فاصله خودرو در موقعیت های مختلف به صورت رضایت بخشی پاسخ داده است.

کلمات کلیدی:

مدل مقدار متوسط موتور SI، دریچه گاز، ترمز، کنترل طولی خودرو (SG-ACC)[4]، کنترل بهینهٔ خطی (LQR)، کنترل تطبیقی مدل مرجع .

---

[1] Adaptive Cruise Control
[2] Linear Quadratic Regulator
[3] Adaptive Model Reference
[4] Stop-Go Adaptive Cruise Control system

فهرست مطالب

۱ فصل اول : مقدمه ای بر کنترل پیشرفتهٔ حرکت طولی خودرو ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ دینامیک طولی خودرو ۲

۱-۳ تاریخچه کروز کنترل ۴

۱-۳-۱ سیستم کنترل سرعت قابل تطبیق با خودروی مقابل (ACC) ۵

۱-۴ هماهنگی و کارکرد اجزای سیستم ACC ۷

۱-۴-۱ اجزای سیستم کروز کنترل تطبیقی ۸

۱-۴-۲ حسگرها و عملگرها ۹

۱-۴-۳ انواع حسگرهای پیشرفته ردیابی خودرو ۱۱

۱-۵ مروری بر کارهای انجام شده ۱۱

۲ فصل دوم : شبیه سازی موتور و سیستم انتقال قدرت ۱۵

۲-۱ مقدمه ۱۵

۲-۲ شبیه سازی موتور ۱۶

۲-۳ مدل دریچه گاز ۱۷

۲-۴ جریان هوا در مدار دور آرام ۱۸

۲-۵ مدل منیفولد ورودی ۱۹

۲-۶ جریان هوای ورودی به سیلندرها ۲۰

۲-۷ مدل دینامیک سوخت ۲۱

۲-۸ مدل تولید گشتاور و دینامیک دورانی ۲۳

۲-۸-۱ محاسبه گشتاور تلفاتی ۲۴

۲-۹ بررسی صحت موتور و خودروی مدل سازی شده ۲۶

۲-۱۰ دینامیک سیستم انتقال قدرت ۳۲

۲-۱۱ مبدل گشتاور ۳۳

۲-۱۲ دینامیک جعبه دنده ۳۹

۲-۱۳ کنترلر طراحی شده برای جعبه دنده ۴۰

۲-۱۳-۱ ورودی ها و خروجی کنترلر ۴۱

۳ فصل سوم : شبیه سازی دینامیک خودرو ۴۴

۳-۱ مقدمه ۴۴

۳-۲ دینامیک طولی خودرو ۴۵

۳-۳ نیروهای کشش ایرودینامیکی ۴۵

۳-۴ نیروهای طولی تایر ۴۶

۳-۴-۱ نسبت لغزش ۴۶

۳-۴-۲ محاسبه نیروهای عمودی تایر ۴۸

۳-۵ مقاومت غلتشی ۴۹
۳-۶ محاسبه شعاع موثر تایر ۵۰
۳-۷ دینامیک خط انتقال ۵۲
۳-۸ شبیه سازی ترمز و کنترل ترمز ۵۳
۳-۹ محاسبه نیروی ترمزی ۵۶
روش اول : با استفاده از نیروی عمودی وارد بر چرخهای خودرو ۵۷
روش دوم : فرمول جادوئی پکجکا ۵۸
۳-۱۰ صحت مدل کامل خودرو ۶۱
۴ فصل چهارم : کنترل دینامیک طولی خودرو ۶۴
۴-۱ مقدمه ای بر کنترل طولی خودرو ۶۴
۴-۲ طراحی کنترلر ۶۴
۴-۳ ساختار کنترلی ۶۵
۴-۴ کنترل سرعت ۶۸
۴-۴-۱ کنترلر سطح بالا برای کنترل سرعت ۷۰
۴-۴-۲ کنترلر سطح پایین برای کنترل سرعت ۷۱
۴-۵ محاسبه گشتاور موتور برای شتاب مطلوب ۷۲
۴-۶ مقدمه ای بر کنترل بهینه ۷۲
۴-۷ کنترل پذیری سیستم ۷۴
۴-۸ تنظیم کننده های خطی LQR ۷۵
۴-۹ طراحی کنترلر خودرو ۷۶
۴-۱۰ مد کنترل سرعت ۷۷
۴-۱۱ شتاب مطلوب برای خودروی ACC ۷۸
۴-۱۲ قوانین کنترلی برای خودروی Stop & Go ۷۹
۴-۱۳ کنترل ترمز ۸۳
۴-۱۴ کنترل تطبیقی چیست ؟ ۸۴
۴-۱۵ کنترلر تطبیقی بر اساس مدل مرجع (MRAC) ۸۵
۴-۱۶ کنترل کننده تطبیقی خود تنظیم (STC) ۸۷
۴-۱۶-۱ مقایسه بین دو روش MRAC و STC ۸۸
۴-۱۷ مروری بر پیشینه تئوریک کنترل مدل مرجع ۸۹
۴-۱۸ کنترلر تطبیقی بر اساس مدل مرجع ۹۰
۴-۱۹ کنترل تطبیقی مدل مرجع پایدار استاندارد برای سیستمهای چند متغیره ۹۱
۴-۲۰ کنترلر تطبیقی سازه متغیر (VS- MRAC) ۹۳
۴-۲۰-۱ وجود مُد لغزش ۹۴
۴-۲۰-۲ پایداری در شرایط وجود اغتشاش محدود ۹۷
۴-۲۰-۳ وجود لغزش در صورت وجود اغتشاش ۹۷
۴-۲۱ کنترلر تطبیقی دینامیک طولی خودرو بر اساس مدل مرجع ۹۸

۴-۲۱-۱ قسمت اول طراحی کنترلر تطبیقی تعقیب خودرو به منظور کاهش سرعت (ترمزگیری)..... ۹۹
۴-۲۱-۲ قسمت دوم طراحی کنترلر تطبیقی تعقیب خودرو به منظور افزایش سرعت (گازدهی) ۱۰۳
۴-۲۱-۳ قسمت سوم طراحی کنترلر تطبیقی به منظور کنترل سرعت ۱۰۵
۴-۲۲ قانون تعویض گاز- ترمز و نیاز به یک کنترلر انتقالی..... ۱۰۵
۴-۲۲-۱ روش اول طراحی کنترلر انتقالی :..... ۱۰۶
۴-۲۲-۲ روش دوم طراحی کنترلر انتقالی از طریق نمودارهای $R-\dot{R}$ ۱۰۷
۴-۲۲-۳ روش سوم طراحی کنترلر انتقالی :..... ۱۰۹
۴-۲۳ پایداری سلسله ای درمانورهای انتقالی..... ۱۱۰
۵ فصل پنجم : نتیجه گیری..... ۱۱۱
۵-۱ اعمال کنترلر تطبیقی مدل مرجع ۱۱۱
۵-۲ نتایج اعمال کنترلر با استفاده از شتاب بهینه..... ۱۱۴
۵-۳ نتیجه گیری..... ۱۲۲
۵-۴ پیشنهادات ۱۲۳
۵-۵ پیوست ۱ : تخمین پارامترهای موتور ۱۲۴
مراجع مفید ۱۲۶

فهرست نمودارها و اشکال

شکل ۱-۱ شماتیک یک سیستم ACC و حفظ فاصله خودرو ۲
شکل ۲-۱ موقعیت دو خودرو در سیستم های ACC ۷
شکل۳-۱ ترکیب اجزای سیستم کنترل خودرو ۹
شکل ۴-۱ سیستم کروز کنترل(CC) ۱۱
شکل ۱-۲ : شماتیک سیستم انتقال قدرت ۱۵
شکل۲-۲ : شماتیک زیر مدلهای موتور به همراه متغیرهای آن در مدل مقدار متوسط ۱۷
شکل۳-۲ : جریان هوا در مدار دور آرام بر حسب موقعیت شیر (Count) در موتور سمند ۱۹
شکل۴-۲ نمودار گشتاور برحسب دور برای موتور XU7JP4 ۲۶
شکل ۵-۲ ورودی زاویه دریچه گاز (درجه) برحسب زمان (s) ۲۷
شکل ۶-۲ خروجی دور موتور (rpm) برحسب زمان ۲۷
شکل ۷-۲ خروجی فشار منیفولد برحسب زمان ۲۸
شکل ۸-۲ خروجی گشتاور موتور برحسب زمان ۲۸
شکل ۹-۲ خروجی نرخ جرم ورودی به دریچه گاز برحسب زمان ۲۹
شکل۱۰-۲ خروجی نرخ جرم ورودی به منیفولد برحسب زمان ۲۹
شکل ۱۱-۲ خروجی نرخ جرم ورودی به سیلندر برحسب زمان ۳۰
شکل ۱۲-۲ خروجی نرخ جرم در دور آرام برحسب زمان ۳۰
شکل ۱۳-۲ خروجی گشتاور اندیکاتوری برحسب زمان ۳۱
شکل ۱۴-۲ خروجی گشتاور تلفاتی کل برحسب زمان ۳۱
شکل ۱۵-۲ خروجی نسبت فشار Pr ، نسبت فشار PRI ، نرخ فشار منیفولد و نسبت سطح مقطع دریچه برحسب زمان ۳۲
شکل ۱۶-۲ شماتیک سیستم انتقال قدرت ۳۲
شکل ۱۷-۲ شماتیک مبدل گشتاور ۳۴
شکل ۱۸-۲ شماتیک ورودی- خروجی مدل مبدل گشتاور ۳۵
شکل ۱۹-۲ منحنی های مشخصه یک مبدل گشتاور Trilok a) بعد دار b) بدون بعد ۳۶
شکل ۲۰-۲ ضریب ظرفیت مبدل گشتاور (k) برحسبν ۳۸
شکل ۲۱-۲ نسبت گشتاور مبدل گشتاور (μ) برحسبν ۳۸
شکل ۲۲-۲ شماتیک مدل جعبه دنده ۳۹
شکل ۲۳-۲ کنترلر طراحی شده برای جعبه دنده ۴۰
شکل ۲۴-۲ ورودی زاویه دریچه گاز ۴۱
شکل ۲۵-۲ ورودی سرعت خودرو ۴۱
شکل ۲۶-۲ ورودی بار موتور (فشار منیفولد) ۴۱
شکل ۲۷-۲ خروجی : شماره دنده ۴۲
شکل ۲۸-۲ سطح کنترلی تغییر دنده برحسب زاویه دریچه گاز و سرعت خودرو ۴۲
شکل ۲۹-۲ سطح کنترلی تغییر دنده برحسب زاویه بار موتور و دور موتور ۴۳

شکل ۱-۳ شماتیک دینامیک طولی خودرو ۴۴
شکل ۲-۳ تعادل نیروها در راستای محور طولی خودرو ۴۵
شکل ۳-۳ نیروی طولی تایر به عنوان تابعی از لغزش [۲] ۴۷
شکل ۴-۳ محاسبه شعاع موثر تایر [۲] ۵۰
شکل ۵-۳ نیروهای وارد بر خودرو هنگام حرکت مستقیم [۲۵] ۵۱
شکل ۶-۳ اجزای یک سیستم انتقال قدرت خودرو ۵۲
شکل ۷-۳ اجزای یک سیستم انتقال قدرت خودرو ۵۳
شکل ۸-۳ : دیاگرام سیستم ترمز [۴۷] ۵۴
شکل ۹-۳ : یک نمونه پاسخ دینامیکی ترمز [۴۷] ۵۵
شکل ۱۰-۳ محاسبه نیروی ترمزی ۵۵
شکل ۱۱-۳ نیروی ترمز وارد بر چرخ ۵۷
شکل۱۲-۳ منحنی ضریب اصطکاک تایر بر حسب لغزش [۴۴] ۶۰
شکل ۱۳-۳ منحنی نسبت لغزش- نیروی ترمزگیری تایر و جاده [۴۴] ۶۰
شکل ۱۴-۳ محور افقی μ و عمودی لغزش ۶۱
شکل ۱۵-۳ خروجی شتاب خودرو برحسب زمان ۶۱
شکل ۱۶-۳ خروجی نیروی کشش خودرو برحسب زمان ۶۲
شکل ۱۷-۳ خروجی سرعت و سرعتهای زاویه ای برحسب زمان ۶۲
شکل ۱۸-۳ خروجی نیروهای وارد بر خودرو و شتاب زاویه ای چرخ برحسب زمان ۶۳
شکل ۱۹-۳ خروجی گشتاورهای مقاوم و نیروی عمود بر چرخ برحسب زمان ۶۳
شکل۱-۴ ساختار سیستم کنترل طولی ۶۶
شکل۲-۴ کنترل سطح بالاتر و یک کنترلر سطح پایین تر برای مد کنترل سرعت [۲] ۶۹
شکل۳-۴ یک سیستم حلقه بسته فیدبک واحد ۷۰
شکل ۴-۴ ساختار دو حلقه ای در یک سیستم ACC [۳۱] ۷۲
شکل ۵-۴ الگوریتم کنترل طولی خودرو ۷۶
شکل ۶-۴ کنترل خودروی ACC ۷۷
شکل۷-۴ بهره های کنترلی $k_1(.)$ و $k_2(.)$ به عنوان تابعی از سرعت خودرو ۸۱
شکل ۸-۴ نمودار درصد باز شدن دریچه گاز برحسب گشتاور و دور (از بالا به پایین کاهش دور) ۸۳
شکل ۹-۳ دیاگرام سیستم ترمز ۸۴
شکل ۱۰-۴ شماتیک کنترل کننده تطبیقی مدل مرجع ($\hat{a}$: پارامترهای تخمینی) ۸۶
شکل ۱۱-۴ ساختار کنترلر خود تنظیم ($\hat{a}$: پارامترهای تخمینی) ۸۷
شکل ۱۲-۴ بلوک دیاگرام ساختار کنترلر تطبیقی سازه متغیر ۹۶
شکل۱۳-۴ دیاگرام آزاد خودروی کنترل شده در حالت ترمزگیری ۹۹
شکل ۱۴-۴ دیاگرام آزاد خودروی کنترل شده در حالت گازدهی ۱۰۴
شکل ۱۵-۴ قانون تعویض گاز- ترمز برای خودروی SGACC ۱۰۷
شکل ۱۶-۴ تعریف فاصله- نرخ فاصله ($R-\dot{R}$) ۱۰۷
شکل ۱۷-۴ دیاگرام $R-\dot{R}$ [۲] ۱۰۸

شکل۱-۵ خطای فاصله دو خودرو ($x-w$)، در حالت کنترل فاصله ۱۱۱
شکل۲-۵ نیروی مطلوب در حالت کنترل فاصله (نیروی مثبت: ترمزدهی و نیروی منفی: گازدهی) ۱۱۲
شکل ۳-۵ اختلاف سرعت دو خودرو ($\dot{x}-\dot{w}$)، در حالت کنترل سرعت ۱۱۲
شکل ۴- ۵ نیروی مطلوب در حالت کنترل سرعت (نیروی مثبت: گازدهی و نیروی منفی: ترمزدهی) ۱۱۳
شکل ۵-۵ نمودار سرعت (m/s) بر حسب زمان (t) برای حالت کنترل سرعت ۱۱۴
شکل ۶-۵ نمودار جابجایی (m) بر حسب زمان (t) برای مد کنترل فاصله ۱۱۴
شکل ۷-۵ نمودار سرعت (m/s) بر حسب زمان (t) برای مد کنترل فاصله ۱۱۵
شکل ۸-۵ نمودار سرعت (m/s) بر حسب زمان (t) برای مد کنترل فاصله ۱۱۵
شکل ۹-۵ نمودار جابجایی (m) بر حسب زمان (t) برای مد کنترل فاصله ۱۱۶
شکل ۱۰-۵ نمودار سرعت (m/s) بر حسب زمان (t) برای مد کنترل فاصله ۱۱۶
شکل ۱۱-۵ نمودار جابجایی (m) بر حسب زمان (t) برای مد کنترل فاصله ۱۱۷
شکل ۱۲-۵ نمودار درصد زاویه دریچه گاز و نیروی ترمزی برحسب زمان (t) برای مانور نمایش داده شده ۱۱۷
شکل ۱۳-۵ نمودار دور موتور (rpm) برحسب زمان (t) برای مانور نمایش داده شده ۱۱۸
شکل ۱۴-۵ نمودار گشتاور موتور (N) برحسب زمان (t) برای مانور نمایش داده شده ۱۱۸
شکل ۱۵-۵ نمودار تعویض دنده برحسب زمان (t) برای مانور نمایش داده شده ۱۱۹
شکل ۱۶-۵ نمودار جابجایی (m) بر حسب زمان (t) برای مانور SG ۱۱۹
شکل ۱۷-۵ نمودار سرعت (m/s) بر حسب زمان (t) برای مانور SG ۱۲۰
شکل ۱۸-۵ نمودار درصد زاویه دریچه گاز برحسب زمان (t) برای مانور SG ۱۲۰
شکل ۱۹-۵ نمودار درصد نیروی ترمزی برحسب زمان (t) برای مانور SG ۱۲۱
شکل ۲۰-۵ نمودار گشتاور موتور (N) برحسب زمان (t) برای مانور SG ۱۲۱
شکل ۲۱-۵ نمودار دور موتور (rpm) برحسب زمان (t) برای مانور SG ۱۲۲
شکل پیوست ۱ : تخمین پارامترهای دور موتور و فشار منیفولد ۱۲۴

فهرست جدولها

جدول ۱-۱ مروری بر کارهای انجام شده ۱۳
جدول۱-۲ : پارامترهای خودروی سمند در دور پایین ۲۱
جدول ۲-۲ : پارامترهای دینامیک سوخت بر حسب دور موتور و درصد بار برای موتور XU7-L3 ..... ۲۴
جدول ۳-۲ مقدار پارامترها برای موتور سمند ۲۶
جدول ۴-۲ مشخصات کلی خودروی سمند ۴۳
جدول۱-۳ پارامترهای فرمول جادوئی پکجکا ۵۹
جدول۱-۴ مرز بین نواحی مختلف حالت نزدیک شدن در فضای فاز ۱۰۹

فهرست علائم و اختصارات

$\dot{m}_{at}\ (kg/h)$	جریان هوای عبوری از دریچه گاز	$a\ (m/s^2)$	شتاب خودرو
$\dot{m}_{ac}\ (kg/h)$	جریان هوای عبوری از دریچه گاز	f	ضریب اصطکاک تایر - جاده
$A(\theta)\ (m^2)$	سطح مقطع گلوگاه دریچه گاز	Cd	ضریب مقاومت آیرودینامیکی
AFI	اثر نسبت هوا به سوخت در گشتاور اندیکاتوری	$A\ (m^2)$	سطح مقطع عمودی خودرو
B (mm)	قطر سیلندر	F_t (N)	نیروی تماسی چرخ با جاده
D(mm)	قطر داخلی دیرچه گاز(گلوگاه)	F_n(N)	نیروی تماسی چرخ با جاده
d (mm)	قطر محور دریچه گاز(میله نگهدارنده)	F_{normal}(N)	نیروی عمودی وارد بر چرخهای جلو
f_{mep} (kPa)	تلفات اصطکاکی	$F_{rolling}$ (N)	نیروی مقاوم غلتشی
a_{mep} (kPa)	تلفات ناشی از اجزاء جانبی موتور	F_{drag} (N)	نیروی مقاوم آیرودینامیکی
L_v(mm)	ماکزیمم باز شدگی سوپاپ	$F_{gravity}$ (N)	نیروی مقاوم گرانش
$f(P_r)$	تابع نسبت فشار	F_b (N)	نیروی ترمزی
exh_{mep} (kPa)	تلفات پمپاژ در کورس تخلیه	$F_{b\ max}$ (N)	نیروی ترمزی ماکزیمم
$J_e\ (kgm^2)$	ممان اینرسی موتور	r_{eff} (mm)	شعاع موثر تایرها
$J_s(kgm^2)$	ممان اینرسی کوپلینگ متصل به فلایویل	h (m)	ارتفاع مرکز ثقل خودرو
$J_{ve}(kgm^2)$	فلایویل و ممان اینرسی معادل شده خودرو ممان اینرسی اجزاء سیستم انتقال قدرت بصورت معادل بر روی پلوسها	G_i	نبست دنده های گیربکس و دیفرانسیل
$\dot{m}_{finj}$ $\dot{m}_{ft}$ (kg/h)	جریان سوخت پاشیده شده از انژکتور	l_r (mm)	فاصله طولی محور عقب از مرکز ثقل خودرو
L(mm)	کورس پیستون	h_{aero} (mm)	ارتفاع مکانی که نیروهای ایرودینامیکی معادل عمل می‌کنند
k	نسبت گرمای ویژه و ضریب ثابت	$\rho\ (kg/m^3)$	چگالی هوای محیط
g_e	ضریب رابطه راندمان حجمی	h_{gc} (m)	ارتفاع مرکز ثقل خودرو از سطح زمین
load	درصد جرم هوای موجود در سیلندر	$g(m/s^2)$	شتاب گرانش
p_{cyl}	فشار دورن محفظه سیلندر	M (kg)	جرم خودرو
V_{man}	حجم منیفولد	μ	نسبت گشتاور در مبدل گشتاور
V_d	حجم جابجایی موتور	ν	نسبت سرعت در مبدل گشتاور
p_m	فشار منیفولد ورودی	T	گشتاور نیروهای مقاوم وارد برخودرو
θ	زاویه دریچه گاز	ω (rad/s)	سرعت دورانی چرخ

۱ فصل اول

مقدمه ای بر کنترل پیشرفتهٔ حرکت طولی خودرو

۱-۱ مقدمه

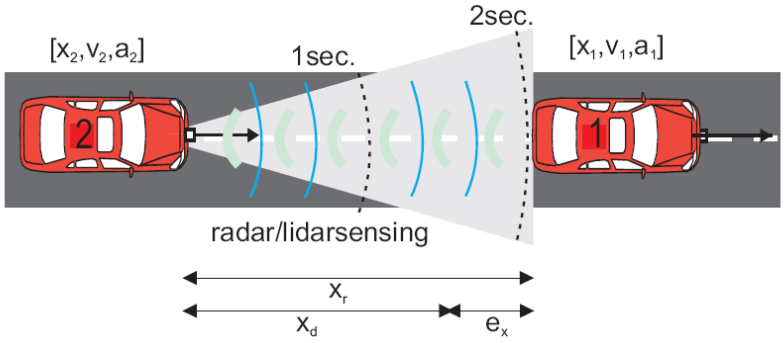
کنترل حرکت طولی خودرو در سطوح مختلف توسط محققان و کارخانه های اتومبیل سازی زیادی دنبال شده است. سیستمهای مشترک مربوط به کنترل طولی خودروهای مسافربری که امروزه در دسترس اند شامل کنترل سرعت، سیستمهای ترمز ضد قفل و سیستمهای کنترل کشش هستند. سیستمهای کنترل طولی پیشرفتهٔ دیگر که در صدر تحقیقات قرار دارند؛ شامل سیستمهای کروز کنترل تطبیقی ACC[۱]، سیستمهای پیشگیری از برخورد با تجهیز به رادار CACC[۲]، کنترل گشتاور چرخ مستقل با دیفرانسیل های فعال و سیستمهای کنترل طولی برای عملکرد حرکت خودروها در یک دسته از خودروها در سیستم بزرگراههای اتوماتیک است.

سیستم ACC علاوه بر اینکه به راننده امکان ثابت نگه داشتن سرعت در میزان مطلوب را می دهد (CC)[۳]، فاصله خودرو را با خودروی جلوئی در یک مقدار معینی (بین صد تا صد و پنجاه متر) ثابت نگه می دارد. این امر با کمک حسگری محقق می شود که وجود هرگونه مانع را در این فاصله به سیستم هشدار می دهد تا سرعت خودرو در مقدار مطلوب به منظور حفظ این فاصله تنظیم شود.

---

[1] Adaptive Cruise Control
[2] Cooperative Adaptive Cruise Control
[3] Cruise Control

از آنجا که استفاده از خودرو در ترافیک شهری از جمله حالتهای سخت رانندگی محسوب می شود و عمده رانندگی در شرایط شهری است؛ ناتوانی سیستمهای ACC اهمیت طراحی کروز کنترل SG[1] را آشکار می کند. از سیستمهای SGACC با قابلیت "ایست و حرکت" میتوان در شرایطی نظیر شرایط ترافیک شهری استفاده کرد. کروز کنترل تطبیقی در سرعتهای بالاتر از $40\ km/h$ تعریف شده است، برای سرعتهای بین $30\ km/h$ تا ۰ از سیستم توقف و حرکت (SG) استفاده میشود و بین این دو سرعت همان حالت قبلی حفظ می شود [۱].



شکل ۱-۱ شماتیک یک سیستم ACC و حفظ فاصله خودرو

از مزایای این سیستم می توان به تمام مزایای سیستم های قبلی نظیر راحتی سفر برای راننده، بهبود شاخص مصرف سوخت (سه تا پانزده درصد)، عدم نیاز به مسیر خلوت برای فعال سازی کروز کنترل، بهبود وضعیت ترافیکی راهها و افزایش امنیت سفر اشاره کرد و از سوی دیگر مزیت عمده دیگری که تنها در این سیستم شاهد آن هستیم راحتی رانندگی در شرایط ترافیک، بهبود جریان ترافیکی و کاهش تراکم و ازدحام است [۲].

۱-۲ دینامیک طولی خودرو

به طور کلی، دینامیک طولی خودرو توسط اجزای سینماتیکی داخلی اش مشخص شده است و به ۳ قسمت اصلی تقسیم می گردد :

[1] Stop & Go

۱. موتور، که منبع قدرت است و انرژی شیمیایی سوخت را به انرژی سینیتیک یک چرخ طیار (فلایویل) تبدیل می کند .

۲. خط انتقال[1] / جعبه دنده، که قدرت را از موتور به چرخ ها انتقال می دهد.

۳. سیستم ترمزگیری که می تواند سرعت خودرو را کاهش دهند یا متوقف سازد.

موتور منبع قدرت خودرو است. تقریباً تمام خودروهای زمینی از موتورهای احتراق داخلی استفاده می کنند که سوخت را به حرکت تبدیل می کند. گاهی اوقات، ترم انتقال قدرت[2] تنها مربوط به ترکیب موتور و جعبه دنده می شود. اگرچه در برخی از موارد، سیستم انتقال قدرت شامل همهٔ اجزای سینماتیکی سیستم طولی خودرو است که شامل موتور، جعبه دنده، دیفرانسیل، توپی ها، هرشفت و اجزای متصل کننده داخلی و کلاچ می شود. خط انتقال قدرت در بیشترمواقع همان معنی سیستم انتقال قدرت را می دهد.

اصولاً، یک زیر سیستم سادهٔ جعبه دنده شامل؛ یک سری دنده و یا سیستم هیدرولیکی است که قدرت مکانیکی را از موتور به میل گاردان انتقال می دهد. معمولاً دنده ها در جعبه دنده گشتاور و سرعت را تغییر می دهد و آن را منتقل می کنند. یک زیر سیستم جعبه دنده نیاز به طراحی دقیق دارد تا گشتاور کافی را تولید کند؛ زیرا موتور در سرعتهای بالای خود حداکثر خروجی گشتاور را دارد، درحالیکه اغلب بیشترین گشتاور وقتی مورد نیاز است که خودرو در حال حرکت از حالت متوقف یا درحال حرکت به آرامی است .

در این پروژه منظور از سیستم انتقال قدرت زیر سیستم های موتور و جعبه دنده است. خطوط انتقال مدرن اغلب مجهز به جعبه دنده های ۵ یا ۶ سرعته هستند. افزایش بازده قدرت و بهبود عملکرد گشتاورِ جعبه دنده هنوز تحت مطالعات است.

زیر سیستم ترمز نیز جز ضروری دیگر خودرو است. مشهود است که برای ایستادن یک خودرو به طور ناگهانی بر روی سطح جاده لغزنده نیاز به سیستم ترمزگیری است.

[1] Drive Line
[2] Power Train

علاوه بر اینها، ایرودینامیک خودرو نیز تأثیر زیادی بر دینامیک طولی خودرو دارد، بخصوص وقتی که سرعت خودرو بالا است. بنابراین طراحی و شکل خودرو نیز در دینامیک خودرو تاثیر دارد.

علاوه بر توسعه اجزای سینماتیکی داخلی خودرو، رانندگی (رفتار طولی خودرو) در سه دهه اخیر توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. هدف از کنترل حرکت طولی خودرو نگه داشتن سرعت و فاصله مناسب از خودروی جلویی است. انتظار میرود کروز کنترلهای تطبیقی یا هوشمند (ICC[1] یا ACC) با استفاده از حسگرهایی مانند رادار بتوانند در یک سرعت داده شده و تحت شرایط لحظه ایِ خودرو (ترمز، دریچه گاز، دراگ باد، کشش تایر، وزن خودرو / اغتشاش وزن) و با تخمین ضریب اصطکاک جاده با حداکثر بازده رانندگی کنترل طولی را انجام دهند. علاوه بر اینها، برای حداقل کردن تعداد تعویض بین شتاب گیری و ترمز، و برای تامین یک رانندگی راحت و افزایش بازده سوخت نیاز به استفاده سیستم های کنترل تطبیقی یا هوشمند است. از آنجا که در این پژوهش تأکید بر استراتژی کنترل حرکت طولی خودرو است، فرض شده که تمام اطلاعات رانندگی که به آن نیاز است؛ به درستی اندازه گیری شده اند.

۱-۳ تاریخچه کروز کنترل

در سال ۱۹۴۵ اولین سیستم کروز کنترل توسط رالف تیتور ابداع شد. مدلهای اولیه تنها برای کنترل و ثابت نگه داشتن سرعت خودرو در یک مقدار مطلوب بودند. در سال ۱۹۵۸ درخودروهای لوکس Doimler Chrusler و در ۱۹۶۰ کلیه کادیلاکها (در آمریکا، اروپا و سپس ژاپن) از ACC استفاده کردند. کنترل خودکار دریچه گاز با کنترلر P-Action انجام شد. در سال ۱۹۸۰ میکروپروسسورها در آنها به کار گرفته شد، که سرعت خودروها با اتلاف زمان کمتر با فشردن دکمه ای به سرعت مطلوب می رسید و دنده مناسب برای حرکت نیز انتخاب می شد. سیستم کنترل کروز تطبیقی ACC دارای قابلیت حفظ فاصله خودرو با موانع یا خودرو های جلویی نیز بود. امروزه سیستم های جدیدتری به نام CACC[2] مطرح است که مجهز به سیستم انتقال اطلاعات با خودروهای

[1] Intelligent Cruise Control
[2] Cooperative Adaptive Cruise Control