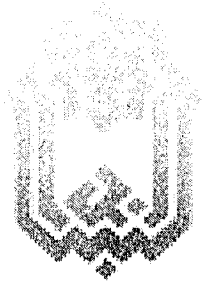


۶۶۳۸۳



دانشگاه بوعلی سینا  
دانشکده مهندسی  
گروه مکانیک

۱۳۸۳ / ۱۰ / ۲۱

گروه مکانیک  
دانشکده مهندسی  
دانشگاه بوعلی سینا

پایان نامه :

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته طراحی کاربردی

عنوان:

تحلیل و بهینه سازی فرمانپذیری خودرو ( Handling ) وانت تویوتا

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین مجدوبی

استاد مشاور:

دکتر شهرام آزادی

پژوهشگر:

محمد کاوسی

کلیه حقوق اعم از چاپ ، تکثیر ، نسخه برداری ، ترجمه ، اقتباس و ..... از این پایان نامه برای دانشگاه بوعلی سینا محفوظ است. نقد مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است.

تقدیم به همسر عزیزم که در تمام مراحل پروژه  
خالصانه مرا یاری کرد

9

تمام کسانی که در جهت زیبایی حرکت میکنند

با تشکر از:

آقایان مهندسین حسین آبادی، غلامزاده، کاهه، تلیکانی و محمودی از شرکت صنایع خودرو سازان فتح و دکتر شهرام آزادی مشاور پروژه از مرکز تحقیقات و نوآوری خودرو سایپا

و دیگر دوستانی که در اجرای این پروژه همکاری داشتند.

نام خانوادگی دانشجو: کاووسی

نام: محمد

عنوان پایان نامه:

تحلیل و بهینه سازی فرمانپذیری خودرو ( Handling ) وانت تویوتا

استاد راهنما: دکتر غلامحسین مجذوبی

استاد مشاور: دکتر شهرام ازادی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی مکانیک

گرایش: طراحی کاربردی

دانشگاه: بوعلی سینا دانشکده: مهندسی

تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۲/۱۱/۱۹ تعداد صفحه: ۱۷۴

کلید واژه ها: Handling, ADAMS, Dynamics, Stability

چکیده:

هدف از انجام این پروژه بهینه سازی سیستم تعلیق خودروی وانت با در نظر گرفتن پایداری و فرمانپذیری این خودرو جهت کاربری دیگر ( آمبولانس ) می باشد. برای این منظور باید شناخت کاملی از دینامیک و شرایط فرمانپذیری خودرو در حالت‌های مختلف داشته باشیم. شناخت خودروی اولیه به خصوص پارامترهای دینامیکی آن و ساخت مدل سه بعدی خودرو از الزامات آن می باشد، با انتخاب نرم افزار بسیار توانمند تحلیل و بهینه سازی سیستم های دینامیکی (ADAMS)، شبیه سازی دینامیکی خودرو در محیط ADAMS\_chassis با دقت بسیار مناسبی انجام شد. نکته مهم در بخش مدل سازی، شبیه سازی دقیق، بدست آوردن اطلاعات دینامیکی، مدل سازی مناسب، همچنین نحوه مدل سازی فنرهای تخت در خودرو می باشد. فنر تخت در جلوی خودرو به صورت سه میله ای و در عقب توسط المانهای تیر و در حالت دو مرحله ای مدل سازی میشود. در قسمت صحنه گذاری، ابتدا از داده های عمومی خودرو ( نتایج آزمایشگاه ) و مقایسه آنها با داده های خروجی نرم افزار در حالت استاتیکی خودرو در آزمون SVC و سپس از آزمون گردش حالت ماندگار که یکی از متداول ترین و بهترین آزمایشات در زمینه فرمانپذیری خودرو است، استفاده و نتایج آزمایشگاهی و خروجی نرم افزار در منحنی هایی با هم مقایسه شده است.

در انتها با شناخت از سیستم تعلیق آمبولانس جهت رسیدن به شرایط مطلوب وبا در نظر گرفتن اهمیت میل تعادل و تأثیر در پایداری خودرو به اثرات این دو مجموعه در فرمانپذیری پرداخته شده، وبا بررسی حالت‌های متفاوت بهینه ترین حالت، جهت پایداری خودرو انتخاب خواهد شد.

## فهرست مطالب

|                                       |  |    |
|---------------------------------------|--|----|
| ی                                     | فهرست جداول.....                               | ۵  |
| ک                                     | فهرست اشکال.....                               | ۵  |
| <b>فصل اول: آشنایی با سیستم تعلیق</b> |  |    |
| ۱                                     | ۱-۱- مقدمه.....                                | ۱  |
| ۵                                     | ۱-۲- انواع سیستم تعلیق از لحاظ عملکرد.....     | ۵  |
| ۵                                     | ۱-۲-۱- سیستم تعلیق غیر فعال.....               | ۵  |
| ۶                                     | ۱-۲-۲- سیستم تعلیق با تنظیم خودکار ارتفاع..... | ۶  |
| ۶                                     | ۱-۲-۳- سیستم تعلیق نیمه فعال.....              | ۶  |
| ۷                                     | الف: تعلیق نیمه فعال کند.....                  | ۷  |
| ۷                                     | ب: سیستم یا پهناى باند پایین .....             | ۷  |
| ۷                                     | پ: سیستم تعلیق با پهناى باند بالا.....         | ۷  |
| ۸                                     | ت: سیستم تعلیق با سیال مغناطیسی.....           | ۸  |
| ۱۰                                    | ۱-۲-۴- سیستم تعلیق فعال.....                   | ۱۰ |
| ۱۰                                    | ۳- شناخت سیستم تعلیق غیر فعال.....             | ۱۰ |

۱۲ ..... ۱-۳-۱ وظایف اصلی سیستم

۱۲ ..... ۱-۴ بررسی رفتار دینامیکی

## فصل دوم : دینامیک خودرو

۱۵ ..... ۲-۱ حرکت جانبی در حالت مان دگارد

۱۶ ..... ۲-۱-۱ دور زدن در سرعت پایین

۱۸ ..... ۲-۱-۲ دور زدن در سرعت بالا

۲۱ ..... ۲-۱-۳ معادلات حرکت در حین دور زدن

۲۲ ..... ۲-۱-۴ تغییرات کم فرمانی

۲۷ ..... ۲-۱-۵ بهره شتاب جانبی

۲۷ ..... ۲-۱-۶ بهره سرعت گردشی

۲۹ ..... ۲-۱-۷ زاویه لغزش جانبی

۳۰ ..... ۲-۱-۸ حد استاتیکی

۳۱ ..... ۲-۱-۹ توزیع ممان غلتشی

۳۲ ..... ۲-۱-۱۰ مرکز غلتش

۳۷ ..... ۲-۱-۱۱ اثر زاویه کمبر

۳۹ ..... ۲-۲ رفتار گذرا

۳۹ ..... ۲-۲-۱ روابط حاکم بر رفتار گذرا در دور زدن یک خودرو

۴۳ ..... ۲-۳ مدل چرخ

۴۳ ..... ۲-۳-۱ زوایای لغزش چرخها

۴۸ ..... ۲-۴ مدل سازی تایر



|    |  |
|----|--|
| ۵۰ | ..... مدل خطی تایر..... ۲-۴-۱                              |
| ۵۰ | ..... مدل تمپل ووان شپیل..... ۲-۴-۲                        |
| ۵۱ | ..... مدل الیس..... ۲-۴-۳                                  |
| ۵۱ | ..... مدل ژولین..... ۲-۴-۴                                 |
| ۵۲ | ..... مدل آلن..... ۲-۴-۵                                   |
| ۵۲ | ..... مدل پاکلوویچ..... ۲-۴-۶                              |
| ۵۳ | ..... مدل گرونینگ..... ۲-۴-۷                               |
| ۵۳ | ..... مدل دوگاف..... ۲-۴-۸                                 |
| ۵۴ | ..... مدل پسژکا..... ۲-۴-۹                                 |
| ۵۹ | ..... مدل فیالا..... ۲-۴-۱۰                                |
| ۶۳ | ..... ارتباط بین نیروها و گشتاور های وارد بر تایر..... ۲-۵ |

### فصل سوم : مدلسازی در محیط ADAMS-chassis

|    |   |
|----|---|
| ۶۶ | ..... معرفی نرم افزار ADAMS..... ۳-۱                                      |
| ۷۰ | ..... معرفی ADAMS/ chassis..... ۳-۲                                       |
| ۷۲ | ..... جمع آوری اطلاعات..... ۳-۳   |
| ۷۴ | ..... تستهای تعیین مشخصات فنرها و کمک فنرها..... ۳-۳-۱                    |
| ۷۶ | ..... اندازه برداری سه بعدی نقاط و پارامترهای مهم بر روی خودرو..... ۳-۳-۲ |
| ۷۶ | ..... مدلسازی در محیط ADAMS-chassis..... ۳-۴                              |
| ۷۷ | ..... بدنه..... ۳-۴-۱   |
| ۷۷ | ..... تعلیق جلو..... ۳-۴-۲  |
| ۸۲ | ..... تایر..... ۳-۴-۳   |

|    |                       |
|----|-----------------------|
| ۸۴ | .....میل فرمان ۳-۴-۴  |
| ۸۴ | .....جعبه فرمان ۳-۴-۵ |
| ۸۵ | .....تعلیق عقب ۳-۴-۶  |

### فصل چهارم : صحنه گذاری برمدل سازی

|     |  |
|-----|--|
| ۹۲  | .....آزمایش مشخصات استاتیکی خودرو ۴-۱                  |
| ۹۲  | .....مشخصات عمومی ۴-۱-۱                                |
| ۹۳  | .....مشخصات تعلیق جلو ۴-۱-۲                            |
| ۹۳  | .....مشخصات تعلیق عقب ۴-۱-۳                            |
| ۹۶  | .....آزمون گردش حالت ماندگار ۴-۲                       |
| ۹۶  | .....هدف آزمایش ۴-۲-۱                                  |
| ۹۷  | .....شرح آزمایش ۴-۲-۲                                  |
| ۹۹  | .....زاویه غربیلک فرمان بر حسب شتاب جانبی و سرعت ۴-۲-۳ |
| ۱۰۰ | .....تغییرات اعمال شده ۴-۲-۴                           |

### فصل پنجم: بهینه سازی

|     |  |
|-----|--|
| ۱۱۴ | .....مقدمه ۵-۱                         |
| ۱۱۵ | .....روش بهینه سازی ۵-۲                |
| ۱۱۹ | .....بهینه سازی زاویه رول خودرو ۵-۳    |
| ۱۲۳ | .....بهینه سازی کم فرمانی خودرو ۵-۴    |
| ۱۲۷ | .....نتیجه بهینه سازی ۵-۵              |
| ۱۲۸ | .....فصل ششم: نتیجه گیری پیشنهادات ۵-۶ |

|     |   |
|-----|---|
| ۱۳۱ | ..... پیوست ۸: مشخصات کلی سیستم تعلیق و فرمان |
| ۱۷۲ | ..... مراجع و منابع                           |
| ۱۷۴ | ..... چکیده انگلیسی                           |

## فهرست جداول

- جدول ۲-۱ - مقادیر ضرایب مدل تایر دلفت (پسژکا) برای بارهای مختلف ..... ۵۶
- جدول ۲-۲ - مقادیر ضرایب a1 تا a8 برای مدل دلفت (پسژکا) بر اثر نیروی قائم ..... ۵۸
- جدول ۲-۳ - مقادیر ضرایب a9 تا a12 برای مدل دلفت (پسژکا) بر اثر زاویه کمبر ..... ۵۹

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- نمونه ای از کمک فنر با تکنولوژی MR ..... ۹
- شکل ۱-۲- نمونه ای از ساده ترین سیستم غیرمستقل ..... ۱۱
- شکل ۱-۳- مدل کامل خودرو ..... ۱۳
- شکل ۲-۱- وضعیت هندسی مدل چهار چرخ خودرو در حال دور زدن ..... ۱۶
- شکل ۲-۲- منحنی تغییرات جانبی نسبت به زاویه لغزش ..... ۱۸
- شکل ۲-۳- منحنی های مربوط به برخی عوامل موثر در سختی جانبی ..... ۲۰
- شکل ۲-۴- هندسه یک مدل دو چرخه در حال دور زدن ..... ۲۱
- شکل ۲-۵- تغییرات زاویه فرمان گیری نسبت به سرعت خودرو ..... ۲۶
- شکل ۲-۶- بهره سرعت گردش بعنوان تابعی از سرعت خودرو ..... ۲۸
- شکل ۲-۷- زاویه لغزشی جانبی در دور زدن با سرعت کم ..... ۲۹
- شکل ۲-۸- زاویه لغزشی جانبی در دور زدن با سرعت بالا ..... ۲۹
- شکل ۲-۹- خط فرمان گیری خنثی در یک خودرو ..... ۳۱
- شکل ۲-۱۰- منحنی تغییرات نیروی جانبی نسبت به نیروی عمودی وارد بر تایر ..... ۳۲
- شکل ۲-۱۱- تحلیل نیروی یک خودرو ساده در حال دور زدن ..... ۳۳
- شکل ۲-۱۲- تحلیل نیروی غلتش در یک خودرو ..... ۳۵
- شکل ۲-۱۳- منحنی نیروی جانبی ناشی از زاویه کمبر ..... ۳۷
- شکل ۲-۱۴- تغییرات واویه کمبر در یک خودروی در حال زدن ..... ۳۸
- شکل ۲-۱۵- تحلیل حرکت خودرو با استفاده از دستگاههای مختصات متصل به خودرو ..... ۴۰

|    |  |
|----|--|
| ۴۱ | ..... شکل ۱۶-۲- مدل ساده شده خودرو در تحلیل حرکت گذاری                 |
| ۴۴ | ..... شکل ۱۷-۲- دیاگرام آزاد یک مدل چهار چرخ در حال دور زدن            |
| ۴۵ | ..... شکل ۱۸-۲- وضعیت هندسی چرخ سمت چپ جلو در حال دور زدن              |
| ۴۶ | ..... شکل ۱۹-۲- وضعیت هندسی چرخ سمت راست جلو در حال دور زدن            |
| ۴۷ | ..... شکل ۲۰-۲- وضعیت هندسی چرخ سمت راست جلو در حال دور زدن            |
| ۴۷ | ..... شکل ۲۱-۲- وضعیت هندسی چرخ سمت راست عقب در حال دور زدن            |
| ۵۱ | ..... شکل ۲۲-۲- سطح تماس تایر و جاده در مدل تایر تمپل و وان شپیل       |
| ۵۳ | ..... شکل ۲۳-۲- تاثیر سرعت بر روی نیروی جانبی تایر در مدل دوگاف        |
| ۶۲ | ..... شکل ۲۴-۲- تاثیر لغزش طولی بر نیروی جانبی تایر                    |
| ۶۲ | ..... شکل ۲۵-۲- تاثیر سختی جانبی تایر بر نیروی جانبی تایر              |
| ۶۳ | ..... شکل ۲۶-۲- تاثیر نیروی قائم بر نیروی جانبی تایر                   |
| ۶۴ | ..... شکل ۲۷-۲- نیروی جانبی و گشتاور بازگردان بر حسب نیروی طولی        |
| ۶۴ | ..... شکل ۲۸-۲- نیروهای ترمزی ( طولی ) و جانبی به عنوان تابع لغزش طولی |
| ۶۵ | ..... شکل ۲۹-۲- رفتار نیروی جانبی حول زاویه لغزش صفر                   |
| ۷۱ | ..... شکل ۱-۳- محیط ADAMS Chassis                                      |
| ۷۳ | ..... شکل ۲-۳- اندازه گیری مرکز ثقل                                    |
| ۷۵ | ..... شکل ۳-۳- منحنی سختی فنر جلو                                      |
| ۷۵ | ..... شکل ۴-۳- منحنی سختی فنر عقب                                      |
| ۷۷ | ..... شکل ۵-۳- نقاط کلیدی  |
| ۷۸ | ..... شکل ۶-۳- موقعیت نقاط کلیدی سیستم تعلیق جلو                       |

- شکل ۷-۳- وارد کردن اطلاعات فنر..... ۸۰
- شکل ۸-۳- وارد کردن اطلاعات میل تعادل..... ۸۱
- شکل ۹-۳- وارد کردن اطلاعات نقاط کلیدی..... ۸۱
- شکل ۱۰-۳- وارد کردن اطلاعات تایر..... ۸۴
- شکل ۱۱-۳- وارد کردن اطلاعات پارامترها..... ۸۵
- شکل ۱۲-۳- نقاط کلیدی سیستم تعلیق عقب..... ۸۶
- شکل ۱۳-۳- نحوه قرار گیری فنر نسبت به اکسل..... ۸۸
- شکل ۱۴-۳- مدل کامل خودرو وانت تک کابین..... ۹۰
- شکل ۱-۴- ابزار ثبت زاویه فرمان..... ۹۸
- شکل ۲-۴- محل قرار گیری ابزار ثبت..... ۹۸
- شکل ۳-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب شتاب جانبی خودرو (خودرو بدون بار) ساعتگرد-آزمایش اول. ۱۰۳
- شکل ۴-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب شتاب جانبی خودرو ( خودرو بدون بار ) ساعتگرد- آزمایش ۱۰۴
- دوم.
- شکل ۵-۴- تغییرات فرمان بر حسب سرعت طولی خودرو ( بدون بار ) ساعتگرد (آزمایش اول)..... ۱۰۵
- شکل ۶-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب سرعت طولی ( بدون بار ) ساعتگرد (آزمایش دوم)..... ۱۰۶
- شکل ۷-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب شتاب جانبی خودرو ( خودرو با بار- ساعتگرد -آزمایش اول)..... ۱۰۷
- شکل ۸-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب شتاب جانبی خودرو ( خودرو با بار ) آزمایش دوم)..... ۱۰۸
- شکل ۹-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب سرعت طولی خودرو ( خودرو با بار- ساعتگرد-آزمایش اول)..... ۱۰۹
- شکل ۱۰-۴- تغییرات زاویه فرمان بر حسب سرعت طولی خودرو ( خودرو با بار - ساعتگرد -آزمایش ۱۱۰
- دوم)