

به نام خدا



مؤسسه فرهنگی هنری
دیارگران تهران

هندلینگ و سیستم‌های تعلیق خودرو

مترجمان

دکتر سید محمد طباطبایی لطفی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران و

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

محمد اسماعیل اسدی

مؤلفان

Donald Bastow

Geoffrey Howard

John p. Whitehead



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی
ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق
مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

Car Suspension and Handling

هندلینگ و سیستم های تعلیق خودرو

مترجمان: دکتر سید محمد طباطبایی لطفی - محمد اسماعیل اسدی

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آوایی: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: راوی

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: مهر ماه ۱۳۹۰

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۸۵۰۰۰ ریال

Bastow, Donald

سرشناسه: بستو، دونالد

عنوان و نام پدیدآور: هندلینگ و سیستم های تعلیق خودرو/ مولفان دونالد بستو، جفری هوار، جان پی

وایتهد؛ مترجمان محمد طباطبایی لطفی، محمد اسماعیل اسدی

مشخصات نشر: تهران: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری: ۲۵۴ ص، مصور.

شماره: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۱۰۳-۱

Car Suspension and Handling, 4th ed

یادداشت: عنوان اصلی:

یادداشت: واژه ها:

موضوع: اتومبیل ها - فرم ها و تعلیق - طرح و ساختمان

موضوع: اتومبیل ها - گرمان - طرح و ساختمان

شماره افزوده: هوار، جفری

شماره افزوده: Howard, Geoffrey

شماره افزوده: وایتهد، جان پی.

شماره افزوده: Whitehead, John P.

شماره افزوده: طباطبایی لطفی، محمد، ۱۳۴۲ - مترجم

شماره افزوده: اسدی، محمد اسماعیل، ۱۳۶۵ - مترجم

ردمبندی کنگره: ۹۱۳۹۰/ص۲۵۷: TL۲۵۷

ردمبندی دیویی: ۶۲۹/۲۲۲

شماره کتابشناسی ملی: ۲۴۴۱۲۸۳

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۱۰۳-۱

ISBN: 978-600-124-103-1

نشانی دفتر مرکزی: تهران، سعادت آباد، میدان کاج، خ سرو شرقی، روبه روی خ علامه، پلاک ۴۹

وب سایت: dibakaran.mft.info

صندوق پستی: ۱۴۳۳۵/۹۴۳

نشانی واحد فروش: تهران، شهران، بالاتر از میدان دوم، نبش کوچه شهید عسگری، پلاک ۱۵۷

کد پستی: ۱۴۷۸۷۱۵۶۹۱

نمابر: ۴۴۳۰۸۸۸۸

تلفن: ۴۴۳۰۴۳۰۱-۵

فروش اینترنتی: www.mftshop.com

پست الکترونیکی: bookmarket@mftmail.com

فهرست مطالب

مقدمه ناشر	۹
مقدمه مترجمان	۱۰
مقدمه نویسنده بر چاپ چهارم	۱۲
فهرست نشانه‌ها و تبدیل واحدها	۱۴

فصل اول: مقدمه‌ای بر سیستم‌های تعلیق

۱-۱ دیدگاه و سیر مطالب کتاب	۱۹
۱-۲ عملکرد سیستم تعلیق	۲۱
۱-۳ هندسه سیستم تعلیق	۲۸
۱-۴ سینماتیک حرکت و تطبیق پذیری (K&C)	۳۷
۱-۵ دینامیک خودرو	۳۸

فصل دوم: ضربات جاده و حساسیت سرنشین

۲-۱ ناهمواری‌های جاده	۴۱
۲-۲ تأثیر اندازه چرخ	۴۳
۲-۳ ارزیابی کیفیت سواری به روش موضوع محور	۴۵
۲-۴ حساسیت سرنشین نسبت به ارتعاش	۴۵
۲-۵ استانداردهای سنجش ارتعاشات	۴۸
۲-۶ اثر صدا بر ارزیابی فاکتور راحتی	۵۳
۲-۷ تأثیر فاز ارتعاش تفاضلی بر ارزیابی راحتی سواری	۵۵

فصل سوم: چرخ و تایر

۳-۱ مقدمه	۵۷
۳-۲ رینگ	۵۷
۳-۳ طراحی ابعاد تایر	۶۱
۳-۴ ساختارهای تایر	۶۳
۳-۵ ویژگی‌های تایر با توجه به ترمزگیری در خودرو	۶۹
۳-۶ بررسی رفتار تایر در حین گردش خودرو	۷۳
۳-۷ مقاومت به غلتش	۸۷

۳-۸	یکنواختی در ترکیب تایلر	۹۰
۳-۹	نسبت‌های ابعادی	۹۵
۳-۱۰	انتخاب تایلر و هندسه محفظه باد	۹۵

فصل چهارم: سیستم‌های فرمان

۴-۱	نقش دینامیکی سیستم فرمان	۹۹
۴-۲	زوایای فرمان: تأثیر زوایای لغزش تایلر و سینماتیک	۱۰۰
۴-۳	موقعیت‌های نسبی چرخ‌های جلو و عقب	۱۰۵
۴-۴	کم‌فرمانی و بیش‌فرمانی	۱۰۶
۴-۵	پایداری جهتی	۱۰۸
۴-۶	گشتاور در سیستم فرمان	۱۱۱
۴-۷	تأثیرات گشتاور ناشی از هندسه فرمان	۱۱۲
۴-۸	میل فرمان	۱۱۷
۴-۹	جعبه فرمان	۱۲۰
۴-۱۰	مفصل‌های یونیورسال سرعت ثابت (CV) در پلوس‌ها	۱۲۳
۴-۱۱	اثرات کشیدن فرمان	۱۲۶
۴-۱۲	ارتعاشات چرخ‌های فرمان‌پذیر جلو (ودن فرمان)	۱۲۸
۴-۱۳	سیستم‌های فرمان هیدرولیک	۱۳۳
۴-۱۴	سیستم فرمان الکتریکی	۱۳۸
۴-۱۵	فرمان‌پذیری چرخ‌های عقب	۱۴۰

فصل پنجم: محاسبات فرمان و مثال‌های حل شده

۵-۱	سیبک‌های فرمان	۱۴۵
۵-۲	جا زدن دنباله سیبک	۱۴۵
۵-۳	سیبک‌ها - تمهیدات ایجاد اصطکاک	۱۴۸
۵-۴	زوایای فرمان در چرخ‌های داخل و خارج پیچ	۱۵۰
۵-۵	زوایای اشباع متفاوت در چرخ‌های داخل و خارج پیچ	۱۵۲
۵-۶	محاسبات فرمان در سیستم‌های تعلیق مستقل - مسائل حل شده	۱۵۴
۵-۷	مؤلفه‌های گشتاور فرمان (کشیدن فرمان)	۱۶۲
۵-۸	گشتاورهای اینرسی مؤثر بر سیستم فرمان	۱۶۲
۵-۹	خطاهای هندسه فرمان، جهش و واجهش	۱۶۴
۵-۱۰	نادرستی طول نسبی میل فرمان کوتاه و طبق‌های سیستم تعلیق	۱۶۸

۱۶۹	۵-۱۱ جانمایی نادرست میل فرمان کوتاه و طبق‌ها
۱۷۱	۵-۱۲ گشتاورهای اینرسی ناشی از اهرم‌بندی طولی، مثال‌های حل شده
۱۷۸	۵-۱۳ اثر انتقال وزن در حین گردش
۱۷۹	۵-۱۴ نیروهای جانبی - اثر مؤلفه‌هایی غیر از شتاب جانبی
۱۸۰	۵-۱۵ رفتار گردش و مسائل حل شده

فصل ششم: سیستم‌های تعلیق و نقش آن‌ها

۱۸۷	۶-۱ مقدمه‌ای بر طراحی سیستم‌های تعلیق
۱۸۹	۶-۲ سیستم‌های تعلیق رایج در خودروها
۱۸۹	۶-۳ ثنوری و عملکرد فنر
۱۹۱	۶-۴ ظرفیت جذب انرژی
۱۹۴	۶-۵ فرکانس‌های طبیعی فنر
۱۹۵	۶-۶ فنرهای شمش
۱۹۸	۶-۷ فنرهای مارپیچ و میله‌های پیچی
۱۹۹	۶-۸ ضرایب فنرهای مارپیچ
۲۰۱	۶-۹ تعلیق‌های طبق‌دار و تأثیر آن بر ضریب چرخ
۲۰۳	۶-۱۰ فنرهای گازی
۲۰۵	۶-۱۱ کنترل ارتفاع
۲۰۸	۶-۱۲ ضربه‌گیر و واجهش‌بند
۲۱۱	۶-۱۳ تقابل عملکرد سیستم‌های تعلیق جلو و عقب در عبور از موانع یک‌جانبه
۲۱۴	۶-۱۴ تأثیر ناهمواری‌های تکرار شونده منظم
۲۱۵	۶-۱۵ تعیین ارتفاع مرکز آنی دوران در سیستم‌های تعلیق
۲۱۸	۶-۱۶ هندسه تعلیق برای شیرجه‌گیری و واجهش‌گیری
۲۲۳	۶-۱۷ تطبیق‌پذیری و اثر آن بر صدا و ضربه جاده

فصل هفتم: میراگرها

۲۲۵	۷-۱ انواع میرایی
۲۲۶	۷-۲ اثرات میرایی بر محدوده کیفیت سواری
۲۲۸	۷-۳ ویژگی‌های میرایی
۲۳۲	۷-۴ سنجش ویژگی‌های کمک فنر
۲۳۴	۷-۵ کمک فنرهای هیدرولیکی
۲۳۵	۷-۶ انواع کمک فنرهای هیدرولیکی

۲۳۶	۷-۷ کمک فنرهای بازویی
۲۳۷	۷-۸ کمک فنرهای تلسکوپی
۲۴۴	۷-۹ سایر طرح‌ها - هیدروپنوماتیک
۲۴۵	۷-۱۰ ضرایب میرایی بحرانی

فصل هشتم: سیستم‌های تعلیق جلو

۲۴۷	۸-۱ تعلیق ثابت جلو - دلایل عدم کاربرد
۲۴۸	۸-۲ سیستم‌های تعلیق مستقل
۲۴۹	۸-۳ سیستم‌های قدیمی
۲۵۶	۸-۴ سیستم‌های تعلیق مستقل جدید
۲۶۲	۸-۵ سیستم‌های تعلیق جلو با فرمان دو مفصلی
۲۶۴	۸-۶ اصطکاک در سیستم‌های تعلیق ستونی (تلسکوپی)

فصل نهم: سیستم‌های تعلیق عقب

۲۶۵	۹-۱ گروه‌بندی سیستم‌های تعلیق عقب
۲۶۶	۹-۲ اکسل ثابت عقب با گرداننده نهایی
۲۷۰	۹-۳ اکسل‌های دودیون
۲۷۱	۹-۴ اکسل‌های ثابت عقب در خودروهای دیفرانسیل جلو
۲۷۴	۹-۵ تعلیق اکسل پیچشی در خودروهای دیفرانسیل جلو
۲۷۸	۹-۶ تعلیق مستقل عقب - اکسل‌های نوسانی (بازوهای پاندولی عرضی)
۲۸۰	۹-۷ سیستم‌های تعلیق مستقل عقب - اهرم‌های دوشاخه‌ای پاندولی و نیم پاندولی
۲۸۷	۹-۸ سیستم‌های تعلیق مستقل عقب - انواع طبق‌دار
۲۸۷	۹-۹ تعلیق‌های مستقل عقب - انواع چند عضوی و ستونی

فصل دهم: سیستم‌های تعلیق پیشرفته

۲۹۳	۱۰-۱ محدودیت‌های هندلینگ و کیفیت سواری
۲۹۴	۱۰-۲ مقدمه‌ای بر سیستم‌های تعلیق پیشرفته
۳۰۱	۱۰-۳ سیستم‌های تعلیق یکپارچه
۳۱۱	۱۰-۴ سیستم‌های تعلیق تراز خودکار
۳۱۴	۱۰-۵ میرایی تطبیق‌پذیر
۳۱۸	۱۰-۶ کنترل فعال وضعیت خودرو
۳۲۳	۱۰-۷ سیستم‌های تعلیق فعال

- ۸-۱۰ سیستم‌های تعلیق نیمه فعال ۳۲۵
- ۹-۱۰ سیستم‌های پایداری الکترونیکی ۳۲۷

فصل یازدهم: محاسبات سیستم تعلیق و مسائل حل شده

- ۱-۱۱ مدل ساده سیستم تعلیق ۳۳۱
- ۲-۱۱ ارتعاشات سیستم تعلیق ساده، فرکانس‌های تقریبی ۳۳۱
- ۳-۱۱ فرکانس حقیقی جرم معلق ۳۳۲
- ۴-۱۱ فرکانس حقیقی جرم غیر معلق ۳۳۳
- ۵-۱۱ سیستم‌های جرم و فنر و مسائل حل شده ۳۳۴
- ۶-۱۱ تأثیر میرایی ویسکوز بر فرکانس طبیعی سیستم، میرایی بحرانی ۳۳۶
- ۷-۱۱ تأثیر میرایی بر دامنه ارتعاشات واداشته ۳۳۸
- ۸-۱۱ میرایی بحرانی و مسائل حل شده ۳۴۳
- ۹-۱۱ فرکانس‌های نسبی جهش و غلتش طولی، نسبت k^2/ab ۳۴۷
- ۱۰-۱۱ تأثیر نسبت k^2/ab بر تمایل به دوران طولی ۳۴۸
- ۱۱-۱۱ نسبت k^2/ab و فرکانس غلتش طولی ۳۴۹
- ۱۲-۱۱ نسبت k^2/ab حول محور عمودی و اثر آن بر رفتار گذرای خودرو ۳۵۰
- ۱۳-۱۱ نسبت k^2/ab حول محور عمودی، نسبت مطلوب ۳۵۳
- ۱۴-۱۱ تحریک به غلتش طولی، سیستم‌های تعلیق یکپارچه ۳۵۴
- ۱۵-۱۱ تعیین تغییر وضعیت در اثر ترمزگیری ۳۵۴
- ۱۶-۱۱ تغییر وضعیت در اثر شتاب‌گیری ۳۵۸
- ۱۷-۱۱ تغییر وضعیت - سیستم تعلیق مستقل و دیسک ترمزهای داخلی در محور محرک ۳۶۰
- ۱۸-۱۱ روابط مورد نیاز برای محاسبه درصد نسبی شیرجه‌گیری و واجهش‌گیری ۳۶۱
- ۱۹-۱۱ ضریب ضد غلتش طولی سیستم تعلیق و مسائل حل شده ۳۶۲
- ۲۰-۱۱ ضریب ضد غلتش عرضی (ضریب موج‌گیری) ۳۷۰
- ۲۱-۱۱ زاویه غلتش عرضی در گردش ۳۷۱
- ۲۲-۱۱ ممان اینرسی در غلتش عرضی - مسائل حل شده ۳۷۴

فصل دوازدهم: جانمایی سیستم‌های محرکه و تأثیر آن‌ها

- ۱-۱۲ جانمایی‌های سیستم محرکه ۳۸۵
- ۲-۱۲ تاریخچه‌ای از طرح‌های دیفرانسیل جلو ۳۸۶
- ۳-۱۲ مقایسه دیفرانسیل جلو با دیفرانسیل عقب ۳۸۹
- ۴-۱۲ ارجحیت‌های طرح جدید ۳۸۹

۳۹۲.....	۱۲-۵ توزیع جرم
۳۹۳.....	۱۲-۶ توزیع جرم بین محورهای جلو و عقب
۳۹۴.....	۱۲-۷ ویژگی‌های دینامیکی
۳۹۷.....	۱۲-۸ چهار چرخ محرک

فصل سیزدهم: روش‌های مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE) در طراحی سیستم‌های تعلیق

۳۹۹.....	۱۳-۱ استفاده از کامپیوتر در طراحی و مهندسی سیستم‌های تعلیق
۴۰۱.....	۱۳-۲ مهندسی سازه
۴۰۱.....	۱۳-۳ استفاده از CAE برای ویژگی‌های سینماتیک و تطبیق‌پذیری (K & C) سیستم تعلیق
۴۰۲.....	۱۳-۴ کاربرد CAE در دینامیک خودرو
۴۰۶.....	۱۳-۵ استفاده از CAE برای تحلیل سر و صدا و پیش‌بینی اصلاحات

پیوست‌ها

پیوست الف - ناهمواری و ارتباط با دوام سازه خودرو

۴۰۹.....	الف - ۱ طراحی و توسعه برای افزایش دوام
۴۱۰.....	الف - ۲ سطوح خاص
۴۱۲.....	الف - ۳ چرخه‌های تعیین دوام
۴۱۳.....	الف - ۴ روش‌های تست آزمایشگاهی
۴۱۳.....	الف - ۵ داده‌های حاصل از نیروی جاده (RLD)
۴۱۵.....	الف - ۶ دوام سیستم محرکه

پیوست ب - بحث بیشتر در مورد تایرها

۴۱۷.....	ب - ۱ مقدمه
۴۱۷.....	ب - ۲ تایرهای بادی
۴۱۹.....	ب - ۳ تایرهای تیوبلس
۴۲۰.....	ب - ۴ ترکیبات لاستیک
۴۲۳.....	ب - ۵ طرح‌های آج تایر
۴۲۶.....	ب - ۶ سیستم‌های افزایش قابلیت حرکت
۴۳۲.....	ب - ۷ داده‌های غیر ابعادی تایر

پیوست ج - فهرست واژگان تخصصی

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی دیباگران تهران در عرضه کتاب الکترونیک است که تواند

خواسته‌های بروز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بی‌کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "دکتر سید محمد طباطبایی لطفی و محمد اسماعیل اسدی" تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویراستاری: شیوا غمگسار و انسیه پارسا

ویرایش و صفحه‌آرایی کامپیوتری: آرزو مهدوی

طراح جلد: مینا دیده‌بان

ناظر چاپ: علیرضا گلشادی

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس dibakaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرماید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

publishing@mftmail.com

مقدمه مترجمان

امروزه نقش توسعه پایاپای علم و صنعت خودرو در کشور به خوبی برای همه دست‌اندرکاران این صنعت روشن شده است. آغاز واردات خودرو در چند سال اخیر مهندسان طراحی و توسعه خودروی داخل کشور را بر آن داشته است تا برای همگام شدن هر چه بیشتر با استانداردهای روز جهانی تلاش مضاعفی در راستای طراحی و توسعه خودروهای جدید با استانداردهای بهتر و کیفیت قابل مقایسه با خودروهای خارجی هم رده داشته باشند. از سوی دیگر برگزاری مسابقات علمی- تخصصی طراحی خودرو با عناوین مختلف در دانشگاه‌ها و مؤسسات عالی، افزودن گرایش‌های جدید در زمینه خودرو در مقاطع کارشناسی‌ارشد و توسعه این رشته در مقطع کارشناسی همه گواه این مطلب است که دست‌اندرکاران حوزه علوم دانشگاهی نیز به این مهم توجه بیشتری مبذول داشته و این خود نوید روشنی برای پیشرفت مراکز آموزش عالی در زمینه ارتباط با صنعت و تبادل دو جانبه دانش و تجربه در راستای بهینه‌سازی تولید خودرو میان آن‌هاست.

در این میان نقش تکمیل‌کننده و پر ضرورت "تولید علم" در این زمینه را نه تنها نباید از نظر دور داشت، بلکه توجه به آن از ضروریات اساسی در دستیابی به اهداف مورد نظر است.

سال‌هاست که فقدان مرجع مناسبی در زمینه طراحی و توسعه سیستم‌های تعلیق خودرو که هم برای استفاده در دانشگاه مناسب بوده و هم جوابگوی نیازهای جامعه صنعتی باشد در میان منابع علمی- تخصصی جامعه احساس می‌شود. از این رو بر آن شدیم تا با مطالعه منابع و کتب خارجی موجود در این زمینه کتابی مناسب در راستای پاسخگویی به نیاز فوق انتخاب و ترجمه آن را به عزیزان فعال در دانشگاه و صنعت خودرو تقدیم داریم.

به حقیقت می‌توان اظهار کرد که عرصه تحقیق در زمینه رفتار دینامیکی و طراحی شاسی و سیستم‌های تعلیق خودرو به قدری گسترده است که هیچ کتابی به تنهایی قادر به ارائه همه اطلاعات لازم در این زمینه نیست. با این حال هندلینگ و سیستم‌های تعلیق خودرو کتابی است که حاصل بیش از سی سال تجربه نویسندگانی است که خود علاوه بر تحصیل در این زمینه، مستقیماً در صنعت طراحی و توسعه سیستم‌های تعلیق و فرمان خودرو مشغول به کار بوده و هر یک در زمان خود از افراد سرشناس در زمینه طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های تعلیق و فرمان کمپانی‌های معروف خودروسازی بوده و هستند. از این نظر هندلینگ و سیستم‌های تعلیق دارای بیانی از تجربه‌های عملی است که به ندرت در کتب تئوری یا دانشگاهی لاتین بدان برخوردیم و این مهم حاصل مطالعه بیش از ۱۵ کتاب علمی معتبر دیگر این زمینه است. از سوی دیگر این کتاب از آن جا که حاصل تجربیات آزمایش دقیق و معتبر علمی نویسندگان آن است، پاسخگوی سؤالاتی است که رسیدن به پاسخ مناسب در مورد آن‌ها تنها با انجام آزمایش عملی یا مدل‌سازی‌های پیشرفته نرم‌افزاری میسر است. وضعیت نیروی گردش در آخرین چرخ در حال عبور از پیچ در حین دوران عرضی، علت بیش فرمانی خودرو با یک سیستم تعلیق خاص و در عین حال کم‌فرمانی آن با سیستم تعلیق دیگر و نحوه احساس راننده از گردش در یک خودرو با فنربندی نرم همگی مثال‌هایی از این مورد هستند که در این کتاب مورد بحث قرار گرفته‌اند. با این حال کتاب به لحاظ تحلیل‌های محاسباتی، هم در بخش مسائل نمونه و هم در اثبات روابط رفتار دینامیکی خودرو نیز پر بار است. با علم به اهمیت محاسبات و تحلیل روابط در تعیین رفتار دینامیکی خودرو و به منظور تسهیل تدریس کتاب، تعدادی از فصول کتاب را مطابق با سرفصل عمومی دروس دانشگاهی جابه‌جا نموده‌ایم. بدین ترتیب با گذر از فصول اول و دوم که به ترتیب به بیان هندسه تعلیق و اثر ارتعاشات بر سرنشین می‌پردازند، از ابتدای فصل سوم با

تحلیل رفتار تیر وارد بخشی اصلی کتاب شده و پس از آن سیستم‌های فرمان و محاسبات آن را به ترتیب در فصول چهارم و پنجم مطالعه خواهیم کرد. فصول ششم تا دهم را به بررسی سیستم‌های تعلیق و انواع آن اختصاص داده و فصل یازدهم را به طور کامل به معرفی محاسبات رفتار سینماتیکی و ارتعاشی خودرو اختصاص داده‌ایم. فصل دوازدهم به جانمایی سیستم‌های تعلیق و فصل سیزدهم به کاربرد روش‌های مهندسی به کمک کامپیوتر CAE می‌پردازد. پیوست‌های الف و ب نیز به ترتیب حاوی اطلاعات تکمیلی مفیدی در زمینه تأثیر ناهمواری‌ها بر دوام سازه خودرو و تأیر هستند. همچنین مجموعه‌ای متشکل از پانصد لغت تخصصی نیز در انتهای کتاب آورده شده است.

در ترجمه این کتاب از مطالعه بیش از پانزده کتاب در زمینه دینامیک خودرو و طراحی سیستم‌های تعلیق و فرمان سود برده‌ایم تا هر جا که توضیحات نویسنده کافی به نظر نمی‌رسد با ارجاع خواننده به کتاب اصلی یا توضیحات لازم و ذکر منبع، مطالب را فنی‌تر کنیم. با این حال تمام این مطالب را به پاورقی‌ها منتقل کرده‌ایم تا امانت متن حفظ شود. از این دو همه دانشجویان عزیز و خوانندگان علاقمند را به مطالعه این منابع نیز دعوت می‌نماییم. به علاوه سعی کرده‌ایم تا حد امکان از واژه‌سازی (مگر در موارد غیر قابل اجتناب) خودداری کنیم. همچنین واژگان مصطلح در میان تمامی کلان و متخصصین را در کنار واژگان عملی تخصصی آورده‌ایم تا شناخت و ارجاع به هر دوی آن‌ها راحت‌تر باشد.

به زودی ترجمه کتاب دیگری در زمینه طراحی خودروهای جاده‌ای و بیابانی را به علاقمندان و جامعه دانشگاهی کشور تقدیم خواهیم کرد. امیدواریم که در سایه لطف خداوند بتوانیم ترجمه و تالیف کتب بیشتر و روزآمدتری در زمینه صنعت خودرو را به خوانندگان محترم عرضه نماییم.

به این امید که این کتاب‌ها بتوانند به نحو شایسته‌ای نیازهای عملی- تخصصی جامعه صنعتی و دانشگاهی کشورمان را پوشش دهند. در این جا لازم است از همکاری تمام افرادی که به نحوی در چاپ و نشر این اثر با ما همکاری نمودند، به ویژه همکاران محترم انتشارات دیباگران تهران در واحدهای هماهنگی، تالیف و ترجمه، حروفچینی و ویراستاری نهایت تشکر را داشته باشیم.

در پایان لازم به ذکر است که هیچ کتابی صرف‌نظر از تمامی تلاش‌هایی که در حین ترجمه یا تالیف، چاپ و انتشار آن صورت می‌گیرد خالی از اشکال نیست. از تمامی اساتید و خوانندگان گرامی خواهشمندیم ما را از راهنمایی‌های خود برای چاپ‌های بعدی بهره‌مند سازند.

سیدمحمد طباطبایی لطفی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان

و دانشگاه شهید رجایی تهران

محمداسماعیل اسدی

عضو باشگاه پژوهشگران جوان

دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان

مقدمه نویسنده بر چاپ چهارم

امروزه صنعت خودرو بیش از هر زمان دیگر برای عرضه سریع مدل‌های جدید به بازار و کاهش هزینه، نه تنها در مرحله تولید بلکه در مرحله توسعه، تحت فشار قرار دارد. در ارتباط با این، اکثر تولیدکنندگان امروزه در حال انجام تحقیقات روی امکان‌پذیری مهندسی نمونه‌سازی مجازی هستند. به عنوان تعریف می‌توان مهندسی نمونه‌سازی مجازی را حذف مدل‌های دست‌ساز یا پیش نمونه‌های نرم از برنامه توسعه محصول تعریف کرد. دستیابی به این امر نیازمند تکیه بیشتر بر روش‌های مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE) است.

با این حال تحقق مهندسی نمونه‌سازی مجازی نه تنها نیازمند افزایش اعتمادپذیری مدل‌سازی با کامپیوتر است، بلکه محتاج طرح اولیه قوی و به عبارتی درک صحیح از فیزیک نیز می‌باشد. "دونالد باستو"^۱ نگارش نسخه اول و ویراست دوم این کتاب را با در نظر گرفتن همین نکته دو و با استفاده از دیدگاه قوی خود نسبت به مهندسی خودرو نگاشته است. وی این مهم و رهیافت عمیق خود نسبت به اصول و مفاهیم مهندسی را نتیجه سابقه درخشان و طولانی خود در صنعت خودرو می‌داند که از جمله اولین کارش در کمپانی بنتلی کسب کرده بود.

دونالد ۴۰ سال از من بزرگتر بود، اما افتخار این را داشتم که در طی دهه ۸۰ چندین بار با او ملاقات کنم، او یکی از افراد دوست داشتنی بود و گوش دادن به وی برایم تجربه بی‌نظیری بود. او به خوبی قادر بود مسائل جالبی را که امروزه نیز مورد توجه است، سال‌ها پیش بازگو کند و مسائلی را حل کرده بود که حتی مهندسان امروزی نیز به دشواری اختراع دوباره چرخ با آن دست و پنجه نرم می‌کنند. امید است که این کتاب به مهندسان خودروی امروزی در اجتناب از این دشواری غیرضروری کمک کند.

یکی از چالش‌های ویرایش دوباره این کتاب اجتناب از نگارش کتابی در زمینه دینامیک خودرو بود؛ چه این که از قبل کتاب‌های خوبی در این زمینه نوشته شده است (منابع فصل اول را ببینید). اجتناب از این امر تا حدی ناممکن است. چگونه می‌توان طراحی مستقیم تعلیق خودرو را بدون توجه به نحوه رفتار خودرو انجام داد؟ بدین لحاظ پیشنهاد می‌شود که خوانندگان این کتاب، کتاب‌های دینامیک خودرو را نیز به عنوان مرجع تکمیلی برای این کتاب مطالعه کنند.

در ویراست سوم این کتاب، جفری هووارد ساختار کتاب را تغییر داده و اکثر محاسبات و مسائل نمونه حل شده توسط دونالد باستو را به پیوست‌ها منتقل کرد. در این ویراست من نیز همین شیوه را حفظ کرده‌ام، هر چند که در تلاش برای هدایت خواننده در یک سیر آسان به مشکل، ترتیب فصل‌ها را دوباره به ویراست اصلی دونالد باستو نزدیک‌تر کرده‌ام. به طور مثال چهار فصل اول کتاب به ترتیب پارامترهای سیستم تعلیق، ناهمواری‌های مسیر و حساسیت انسان به ارتعاش، تایر، و رفتار گردش (تحت عنوان سیستم‌های فرمان) آورده شده است. دلیل این ترتیب قرارگیری، اهمیت درک این مطالب قبل از

رویارویی خواننده با دلایل طراحی سیستم‌های تعلیق به‌صورتی که هستند، است. محاسبات سیستم‌های فرمان و تعلیق به‌همان صورت که در ویراست اول آمده بود، حفظ شده‌اند. هر چند که سعی شخصی من حفظ مطالب و افزودن مطالب جدید به متن قدیمی بوده است، هر جا که با توسعه جنبه‌های مهندسی تناسب داشته است، مطالب جدیدی را اضافه کرده و مطالب قدیمی را از کتاب حذف کرده‌ام. بدین ترتیب فصول یک تا چهار و فصول ششم، دهم و یازدهم به‌طور کامل ویراست شده و پیوسته‌های الف و ب جدیداً اضافه شده‌اند.

John P.Whitehead

www.ketab.ir

فهرست نشانه‌ها و تبدیل واحدها

A	شتاب، جابه‌جایی اولیه
D	بزرگنمایی دینامیکی، خیز، قطر، اندازه آچارخور مهره
E	مدول الاستیسته
F	نیرو
G	مدول برشی
H	ارتفاع مرکز گرانش از زمین یا از محور آبی دوران، ارتفاع
I	ممان اینرسی
K	ضریب عدم آسودگی
L	فاصله محوری
M	ممان، گشتاور
P	فشار باد تایلر، نیرو
R	شعاع، شعاع مؤثر بازوی تعلیق، شعاع دست، طول مؤثر فنر شمش
S	ضریب فنر، ثابت فنر
T	عرض محور
U	سرعت
V	سرعت
W	وزن یا جرم
X	مقدار $K^2/ab > 1$
Y	فاصله مرکز نوسان واقع در پشت مرکز جرم و بزرگ‌تر از b
a	شتاب، فاصله مرکز گرانش از محور جلو
b	فاصله مرکز گرانش از محور عقب
c	فاصله مرکز آبی دوران از نقطه مرکز تماس تایلر و جاده در صفحه افقی، نسبت قطر مفتول به قطر مارپیچ در فنرهای مارپیچی، فاصله
d	فاصله، قطر
e	تابع نمایی، افست (فاصله از یک نقطه معین)، خطا
f	فرکانس، تنش، بعد در سیستم‌های تعلیق
g	شتاب گرانش، بعد در سیستم‌های تعلیق
h	ارتفاع، ارتفاع مرکز گرانش
k	شعاع ژیراسیون

ℓ	طول، ارتفاع
n	ضریب یا نسبت تعریف شده
p	نسبت نیروی ترمز کل چرخ‌های جلو
r	شعاع
t	زمان، ضخامت
v	سرعت
x	خیز یا تغییر شکل، فاصله وزن از مرکز جرم در راستای عمودی، نسبت ضریب فتر، نسبت اینرسی غلزش به $T^2/4$ ، مقدار $k^2/ab < 1$
y	فاصله مرکز نوسان واقع در پشت مرکز گرانش و کوچک‌تر از b ، تغییر مکان چرخ، طول سطح تماس تایر و جاده
α	زاویه بین اکسل و محور طولی خودرو، زاویه عملکرد مفصل‌های یونیورسال، زاویه بین پلوس و محور دوران چرخ، زاویه لغزش تایر، زاویه جابه‌جایی مرکز تماس تایر و جاده نسبت به خط عمودی، زاویه شغال‌دست نسبت به عمود بر میل فرمان وسط در نمای جانبی
β	زاویه لغزش بدنه خودرو، زاویه بین پلوس و محور دوران چرخ، زاویه گردش دو شاخه در مفاصل یونیورسال
δ	زاویه فرمان، زاویه سرکجی چرخ‌ها، نسبت نیروی میرایی به نیروی میرایی بحرانی F_d/F_{dc}
θ	زاویه، زاویه جابه‌جایی مرکز تماس تایر و جاده یا مرکز چرخ نسبت به خط عمود در نمای جانبی، زاویه غلزش عرضی خودرو روی سیستم تعلیق
φ	زاویه غلزش طولی، زاویه اصطکاک ($\tan \varphi = \mu$)، زاویه بازوهای سیستم تعلیق نسبت به صفحه افقی، زاویه شغال‌دست (نسبت به راستای عرضی) رو به جلو یا یک نقطه معین، زاویه غلزش عرضی خودرو روی تایرها، زاویه کمبر چرخ
ω	سرعت زاویه‌ای
μ	ضریب اصطکاک
پسوندها و اندیس‌ها	
a	جلو
ap	[ضریب] ضد غلزش طولی
b	عقب
bp	سیبک، تویی سیبک
c	ترکیبی، گردش، گردشی، بحرانی، در حال تشدید، بین دو مرکز
ci	ترکیبی شامل ضریب موضعی (نقطه‌ای) تایر
d	میرایی

dc	میرایی بحرانی
e	مؤثر، حقیقی، واقعی
f	جلو
g	ژيروسکوپیک، مرکز گرانش
i	داخلی، ایده‌ال
k	کینگ‌پین
l	طولی، عضو، بازو، اهرم
o	خارجی
p	قطبی، غلتش طولی
r	عقب
rc	مرکز آنی دوران
s	فتر، فنرسوار، رزوه پیچ
sl	شغال دست
sp	فتر، فنرسوار، معلق
st	میل فرمان عرضی، میل فرمان کوتاه
t	تایر، کل، سطح رویه مهره، عرضی
tf	انتقال
tr	میل فرمان وسط
us	غیر معلق، غیر فنرسوار
usa	غیر معلق میانگین، میانگین، غیر معلق
v	عمودی
w	فاصله محوری (عرضی)
x	بخشی از ضریب تایر به عنوان فتر

جرم و وزن

طبق قانون دوم نیوتن شتاب $\times$ جرم = نیرو است. از آن جا که وزن نیروی حاصل از اثر شتاب گرانشی بر جرم یک جسم است، پس مرتبط کردن جرم و وزن باید آسان باشد، اما در طی تاریخ سیستم‌های بسیار زیادی برای معرفی وزن و جرم وجود داشته و هنوز یک سیستم مرجع جهانی وجود ندارد. با وجود این اصولاً می‌توان هر سیستم را در یکی از دو گروه زیر جای داد:

- سیستم‌هایی که در آن جرم و وزن به لحاظ عددی با یکدیگر مساوی هستند، به عبارت دیگر $g \times 1 \text{ جرم (kg یا lb)} = \text{وزن (kg یا lb)}$ که در آن g شتاب گرانشی بوده و اندیس f نشان‌دهنده نیرو است که متأسفانه غالباً حذف می‌شود. توجه کنید که بویژه در آلمان kgf را

گاهی با kp (کیلو پوند) نشان می‌دهند. عیب این سیستم‌ها این است که فاقد ارتباط ابعادی بوده و عموماً باعث بروز اشتباه بین جرم و وزن، بویژه در بین دانش آموزان می‌شود.

۲- سیستم‌های دیمانسینی پیوسته که گاهی با "1-1-1" نشان داده می‌شوند، زیرا هرگاه که جرم و شتاب دارای واحدهای مستقل، اما به هم مرتبط باشند، نیرو نیز دارای واحدی مشابه خواهد بود. این سیستم‌ها را می‌توان به دو زیر گروه دیگر تقسیم کرد:

■ سیستم‌هایی که تعریف دوباره برای نیرو ارائه داده‌اند، مانند سیستم بین‌المللی (SI) که در آن واحد نیرو، نیوتن (N) است.

■ سیستم‌هایی که تعریف جدیدی برای جرم ارائه کرده‌اند، مانند سیستم مهندسی هوا و فضای مبتنی بر واحدهای بریتانیایی (BI) که در آن واحد جرم اسلاگ است.

جدول زیر ارتباط بین جرم و نیرو در این چهار سیستم مختلف را نشان می‌دهد. در این جدول مقدار g تقریباً 32.2 ft/s^2 در معیار BI و 9.81 m/s^2 در استاندارد SI (متریک) تعریف شده است. توجه کنید که همان‌گونه که جدول نشان می‌دهد، یک اسلاگ جرم معادل 33.2 lb است.

رابطه بین جرم و وزن در چهار سیستم مختلف

نوع سیستم	جرم	شتاب	وزن
سیستم‌های برابر از لحاظ عددی	1 lb	1 g	1 lb _f
	1 kg	1 g	1 kg _f
سیستم‌های پیوسته دیمانسینی	1 اسلاگ	32.2 ft/s ²	32.2 lb _f
	1 kg	9.81 m/s ²	9.81 N

واحدها

در این کتاب سعی شده است تا از واحدهای متریک (SI) استفاده شود. تنها دو استثنا در این مورد واحدهای مورد استفاده برای شتاب و فشار هستند. واحد شتاب در سیستم SI متر بر ثانیه است. اما عمده‌تاً از "g" استفاده کرده‌ایم حال آن‌که $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ است. باز هم توجه داشته باشید که هر چند g نماینده گرم (جرم) نیز هست، واحد جرم در سیستم SI کیلوگرم (kg) است که در این کتاب استفاده شده است.

واحد فشار در سیستم SI پاسکال (pa) است ($1 \text{ pa} = 1 \text{ N/m}^2$). از آن‌جا که پاسکال واحد کوچکی برای کاربردهای مهندسی است، به جای آن از واحد بار استفاده می‌کنیم. $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pa} = 14.5 \text{ lb}_f / \text{in}^2$.

ضرایب تبدیل

1 kg $\approx$ 2.2 lb	(با دقت بیشتر 2.20462 lb)
1 oz (اونس) = 28 grms	(با دقت بیشتر 28.35 grms)
1 m $\approx$ 3/28 ft	(10 ft = 3.048 m)
1 in (inch) = 25 mm	(با دقت بیشتر 25.4 mm)
1 mi (مایل) $\approx$ 1.6 km	(با دقت بیشتر 1.609344 km)