

به نام آن که جان را فکرت آموخت

طراحی و شبیه‌سازی لکوموتیوهای باری سنگین و قطارها

ترجمه:

مجتبی عزیزی

(شرکت مهندسی و ساخت لکوموتیو مپنا)

مجید شهروی

(عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت)



سرشناسه	: اسپیریاگین، ماکسیم - Spiriyagin, Maksym
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی و شبیه‌سازی لکوموتیوهای باری سنگین و قطارها/ [ماکسیم اسپیریاگین] ؛ مترجمین مجتبی عزیزی، مجید شهری.
مشخصات نشر	: تهران : فدک ایستایس، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۵۷۵ص: مصور، نمودار.
شابک	: ۱۱۵۰۰۰۰ ریال : ۳-۳۹۸-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Design and simulation of heavy haul locomotives and trains.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: لوکوموتیوهای دیزل -- طرح و ساختمان
موضوع	: Diesel locomotives -- Design and construction
موضوع	: راه‌آهن -- قطارها -- دینامیک
موضوع	: Railroad trains -- Dynamics
شناسه افزوده	: عزیزی، مجتبی، ۱۳۶۵ - مترجم
شناسه افزوده	: شهری، مجید، ۱۳۵۷ - مترجم
رده بندی کنگره	: TJ۶۳۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۵/۲۶۶۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۳۶۸۱۴۸

طراحی و شبیه‌سازی لکوموتیوهای باری سنگین و قطارها



ترجمه	: مجتبی عزیزی - مجید شهری
صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایستایس
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۹
تیراژ	: ۵۰۰
قیمت	: ۱۱۵۰۰۰ تومان
شابک	: ۳-۳۹۸-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لبافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
 تلفن: ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
 فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
 تلفن: ۳۶۲۲۷۴۷۵ - ۳۶۲۲۶۷۷۱ - ۳۶۲۲۶۷۷۲ - ۳۵ - ۰۳۵

ایمیل و وب‌سایت: www.fadakbook.ir - fadakbook@yahoo.com

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایستایس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایستایس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایستایس

پیش‌گفتار:

اهمیت درک مسائل مربوط به اندرکنش خط و وسیله نقلیه و پاسخ‌های دینامیکی مربوط به آن برای تأمین ایمنی و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری در راه‌آهن‌های جدید ضروری می‌باشد. همچنین با افزایش ترافیک خط و افزایش سرعت قطارهای با بارمحوری زیاد، امکان استفاده از روش‌های کنترلی برای قطارهای طولی با بار محوری بالا ضروری است.

امروزه با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی پیشرفته امکان استفاده از ایده‌های پیشنهادی برای بهبود عملکرد وسایل نقلیه ریلی فراهم شده است و با استفاده از این قابلیت می‌توان از افزایش هزینه‌های مربوط به بهبود عملکرد دینامیکی وسایل نقلیه جلوگیری نمود.

کتاب حاضر به بررسی انواع مختلف لکوموتیوهای مورد استفاده در قطارهای باری سنگین پرداخته است و راهنمای جامعی برای دانشجویان مهندسی راه‌آهن، مهندسين و محققين علاقه‌مند به طراحی، ساخت و شبیه‌سازی لکوموتیوهای باری سنگین می‌باشد. در این کتاب خوانندگان علاوه بر آشنایی با تاریخچه شبکه بهره‌برداری راه‌آهن باری سنگین و معرفی اجزای تشکیل‌دهنده وسایل نقلیه باری سنگین، با مباحثی همچون آشنایی با مدلسازی دینامیک قطار، سیستم ترمز دینامیک، ترمز پنیوماتیک، سیستم کنترل کششی و چسبندگی و نحوه شبیه‌سازی دینامیکی خط و وسیله نقلیه در نرم‌افزارهای مختلف دینامیکی آشنا خواهند شد. همچنین این کتاب می‌تواند به عنوان کتاب درسی و یا کتاب مرجعی برای دانشجویان، فارغ‌التحصیلان، اساتید و مهندسين در حوزه‌های مکانیک و برق مورد استفاده قرار گیرد. بدیهی است ترجمه این کتاب مبرا از خطا و لغزش نبوده و لذا از همه دانشجویان، مهندسين و استفاده‌کنندگان آن درخواست می‌گردد تا با ارسال نظرات و پیشنهادات خود به آدرس ایمیل ارائه شده در زیر ما را در ارتقای سطح این کتاب یاری نمایند.

آدرس ایمیل: m_azizi@rail.iust.ac.ir

مجتبی عزیزی

مجید شهری

فهرست

۱	فصل ۱
۱.۱	پیدایش راه آهنها
۲.۱	حمل و نقل باری سنگین
۱.۲.۱	دسته بندی راه آهن های حمل و نقل باری سنگین
۲.۲.۱	عملیات و تعمیر و نگهداری خطوط حمل و نقل باری سنگین
۳.۱	مروری بر عملکردهای راه آهن حمل و نقل باری سنگین موجود
۱.۳.۱	استرالیا
۲.۳.۱	برزیل
۳.۳.۱	کانادا
۴.۳.۱	چین
۵.۳.۱	هند
۶.۳.۱	کشورهای شمالی اروپا
۷.۳.۱	روسیه
۸.۳.۱	آفریقای جنوبی
۹.۳.۱	ایالات متحده آمریکا
۲۲	فصل ۲
۱.۲	مقدمه
۲.۲	انواع لکوموتیوها و طبقه بندی آنها
۳.۲	اصول انرژی نیروی محرکه
۴.۲	مولفه های اصلی لکوموتیوها
۱.۴.۲	بار محوری
۲.۴.۲	نیروی کشنده لکوموتیو

۳۸.....	بیشینه ضریب چسبندگی / کشندگی	۳.۴.۲
۳۸.....	خروجی توان لکوموتیو	۴.۴.۲
۴۰.....	بیشینه سرعت لکوموتیو	۵.۴.۲
۴۰.....	سیستم‌های تولید توان	۵.۲
۴۰.....	موتور دیزل و سیستم‌های آن	۱.۵.۲
۴۶.....	سیستم‌های توان الکتریکی	۲.۵.۲
۵۰.....	مشخصات نیروی کشنده و ترمزگیری دینامیکی	۶.۲
۵۰.....	مشخصات نیروی کشنده	۱.۶.۲
۵۳.....	مشخصات ترمز دینامیک	۲.۶.۲
۵۴.....	تجهیزات و سیستم‌های کمکی لکوموتیو	۷.۲
۵۴.....	سیستم‌های تهویه اجباری	۱.۷.۲
۵۵.....	سیستم‌های ترمز هوایی	۲.۷.۲
۵۷.....	مشخصات و جانمایی‌های طراحی لکوموتیو باری سنگین پیشرفته	۸.۲
۵۸.....	لکوموتیوهای دیزل-الکترونیک	۱.۸.۲
۵۸.....	۱.۱.۸.۲ لکوموتیوهای دیزل-الکترونیک با یک سیستم کشنده DC	
۵۸.....	GE Transportation ES44DC ۱.۱.۸.۲	
۶۰.....	Transmashholding 2TE116U ۲.۱.۸.۲	
۶۲.....	۲.۱.۸.۲ لکوموتیوهای دیزل-الکترونیک با یک سیستم کشنده AC	
۶۲.....	۱.۲.۱.۸.۲ Downer EDI Rail GT46c-Ace و انواع آن	
۶۵.....	Transmashholding TE25 ۲.۲.۱.۸.۲ و انواع آن	
۶۷.....	GE Transportation/ CRRC Corporation HXN5 ۳.۲.۱.۸.۲	
۶۸.....	۴.۲.۱.۸.۲ سریهای SD70 و Electro-Motive Diesel SD90	
۷۵.....	۲.۸.۲ لکوموتیوهای الکتریکی	
۷۵.....	۱.۲.۸.۲ لکوموتیوهای الکتریکی با سیستم کشنده DC	
۷۵.....	۱.۱.۲.۸.۲ لکوموتیوهای الکتریکی با سیستم کشنده DC-DC	
۷۷.....	۲.۱.۲.۸.۲ لکوموتیوهای الکتریکی با ساختار AC-DC	
۷۹.....	۲.۲.۸.۲ لکوموتیوهای الکتریکی با سیستم کشنده DC	

۷۹.....	۱.۲.۲.۸.۲	لکوموتیوهای الکتریکی با سیستم کشنده DC-DC
۸۳.....	۲.۲.۲.۸.۲	لکوموتیوهای الکتریکی با ساختار AC-DC-AC
۸۳.....	۱.۲.۲.۲.۸.۲	سری زیمنس E40
۸۳.....	۲.۲.۲.۲.۸.۲	سری HXD1 شرکت CRRC
۸۸.....	۳.۲.۲.۲.۸.۲	سری HXD3 شرکت CRRC
۹۰.....	۴.۲.۲.۲.۸.۲	راه آهن هندی WAG9
۹۴.....	۳	فصل ۳
۹۵.....	۱.۳	دسته بندی تجهیزات اصلی
۹۸.....	۱.۱.۳	قطعات لکوموتیو
۱۰۴.....	۲.۱.۳	شاسی لکوموتیو
۱۰۶.....	۲.۳	بوژی
۱۰۷.....	۱.۲.۳	دسته بندی بوژی ها
۱۱۱.....	۲.۲.۳	فریم های بوژی
۱۱۵.....	۳.۲.۳	مجموعه های چرخ و محور
۱۱۸.....	۴.۲.۳	جعبه های یاتاقان
۱۲۰.....	۳.۳	سیستم تعلیق
۱۲۱.....	۱.۳.۳	دسته بندی طراحیهای سیستم تعلیق و المانهای وابسته به آن
۱۲۳.....	۱.۱.۳.۳	فنرهای شمشی
۱۲۴.....	۲.۱.۳.۳	فنرهای مارپیچی (پیچشی)
۱۲۵.....	۳.۱.۳.۳	فنرهای هوایی
۱۲۵.....	۴.۱.۳.۳	فنرهای لاستیکی و الاستومری
۱۲۷.....	۵.۱.۳.۳	میراکننده ها
۱۲۸.....	۲.۳.۳	سیستم تعلیق اولیه
۱۳۱.....	۳.۳.۳	سیستم تعلیق ثانویه
۱۳۳.....	۴.۳	طراحی تجهیزات برای انتقال نیروهای ترمزی و کششی بین شاسی لکوموتیو و بدنه ها
۱۳۳.....	۱.۴.۳	مجموعه های پین مرکزی

۱۳۵.....	۲.۴.۳	میله های کشنده.....
۱۳۵.....	۵.۳	انتقال دهنده های کشنده الکتریکی.....
۱۳۹.....	۶.۳	زیر مجموعه های بوژی.....
۱۳۹.....	۱.۶.۳	زیر سیستم ترمز و دستگاه های وابسته به آن.....
۱۳۹.....	۱.۱.۶.۳	تجهیزات سیستمهای ترمز هوایی.....
۱۴۱.....	۲.۱.۶.۳	ترمزهای پارک.....
۱۴۲.....	۲.۶.۳	زیر مجموعه شن پاش.....
۱۴۳.....	۳.۶.۳	زیر مجموعه روغنکاری فلنج چرخ.....
۱۴۵.....	۴	فصل ۴.....
۱۴۶.....	۱.۴	طبقه بندی انتقال الکتریکی در لکوموتیو.....
۱۴۷.....	۱.۱.۴	کشنده DC.....
۱۴۸.....	۲.۱.۴	کشنده AC.....
۱۴۹.....	۲.۴	ترانسفورماتورها.....
۱۵۰.....	۳.۴	ژنراتورهای کشنده و آلترناتورها.....
۱۵۱.....	۴.۴	اصول بهره برداری موتورهای کشنده.....
۱۵۲.....	۱.۴.۴	مدل هادی تنها.....
۱۵۵.....	۲.۴.۴	مدل مدار کوپل شده.....
۱۵۷.....	۳.۴.۴	موتورهای کشنده AC.....
۱۵۸.....	۴.۴.۴	موتورهای کشنده DC.....
۱۵۹.....	۵.۴	کنترل موتورهای کشنده.....
۱۶۰.....	۱.۵.۴	موتورهای کشنده DC و استراتژی های کنترلی.....
۱۶۲.....	۲.۵.۴	موتورهای کشنده AC و استراتژی های کنترلی.....
۱۷۱.....	۳.۵.۴	موتورهای کشنده سنکرون و استراتژی های کنترلی.....
۱۷۴.....	۴.۵.۴	موتورهای کشنده القایی و استراتژی های کنترلی.....
۱۸۰.....	۱.۴.۵.۴	کنترل اسکالر.....
۱۸۵.....	۲.۴.۵.۴	کنترل برداری.....

۱۸۸.....	۱.۲.۴.۵.۴ کنترل میدان گرا
۱۹۱.....	۲.۲.۴.۵.۴ کنترل مستقیم گشتاور
۱۹۷.....	فصل ۵
۱۹۸.....	۱.۵ مقدمه
۲۰۰.....	۲.۵ مدلسازی دینامیک طولی قطار
۲۰۰.....	۱.۲.۵ مدل‌های قطار
۲۰۳.....	۲.۲.۵ مدلسازی ورودی‌های وسیله نقلیه
۲۰۴.....	۱.۲.۲.۵ کشش و ترمزگیری دینامیکی لکوموتیو
۲۱۱.....	۲.۲.۲.۵ مقاومت پیشران
۲۱۴.....	۳.۲.۲.۵ مقاومت قوس
۲۱۵.....	۴.۲.۲.۵ مولفه‌های نیروی گرانش
۲۱۷.....	۵.۲.۲.۵ مدل‌های ترمز پنوماتیکی
۲۲۱.....	۳.۲.۵ مدل‌های اتصال وسیله نقلیه ریلی
۲۲۲.....	۱.۳.۲.۵ مجموعه‌های قلابهای خودکار و ضربه گیر قلاب متداول
۲۲۹.....	۲.۳.۲.۵ مجموعه‌های فاقد لقی
۲۳۱.....	۳.۳.۲.۵ میله‌های کشش اتصال
۲۳۱.....	۴.۲.۵ پیکربندی‌های قطار
۲۳۲.....	۵.۲.۵ توسعه و شبیه‌سازی مدل دینامیکی قطار
۲۴۵.....	۳.۵ مدلسازی دینامیک طولی قطار
۲۴۵.....	۱.۳.۵ باربرداری چرخ، بالا رفتن چرخ و غلتش در قوس‌ها به دلیل مولفه‌های جانبی نیروهای قلاب
۲۵۵.....	۲.۳.۵ بدنه وسیله نقلیه ریلی و پیچش بوژی حول محور عرضی به دلیل نیروهای ضربه‌های قلاب
۲۶۲.....	۳.۳.۵ بلند شدن وسیله نقلیه ریلی به واسطه مولفه‌های قائم نیروهای قلاب
۲۶۴.....	۴.۵ ملاحظات انرژی
۲۶۷.....	۵.۵ مدیریت کنترل قطار و شیوه‌های رانندگی
۲۷۰.....	۶.۵ ملاحظات طراحی سیستم باری سنگین
۲۷۴.....	۱.۶.۵ راهاندازی قطار (کشش)

۲۶۵	متوقف کردن قطار (ترمزگیری)	۲.۶.۵
۲۷۵	مسائل توپوگرافی	۳.۶.۵
۲۸۰	نقاط پینچ کشش	۴.۶.۵
۲۸۱	زمان چرخه	۵.۶.۵
۲۸۱	توان توزیع شده	۷.۵
۲۸۲	پیکربندی HEAD-TAIL	۱.۷.۵
۲۸۳	پیکربندی HEAD-MID	۲.۷.۵
۲۸۳	پیکربندی HEAD-MID-TAIL	۳.۷.۵
۲۸۶	فصل ۶	
۲۸۹	دسته بندی سیستمهای کنترل چسبندگی/کششی	۱.۶
۲۸۹	استراتژیهای کنترل چسبندگی	۱.۱.۶
۲۹۰	الگوریتمهای کنترلی چسبندگی/خزش	۲.۱.۶
۲۹۴	پیکربندیهای طراحی	۳.۱.۶
۲۹۷	رویکرد مدلسازی ساده شده	۲.۶
۲۹۷	واحد تولید توان	۱.۲.۶
۲۹۹	زیرسیستم مکانیکی	۲.۲.۶
۲۹۹	دینامیک مجموعه چرخ و محور	۱.۲.۲.۶
۳۰۱	مدلسازی نیروی چسبندگی	۲.۲.۲.۶
۳۰۲	دینامیک قطار	۳.۲.۲.۶
۳۰۴	مدلسازی زیرسیستم کنترل کششی	۴.۲.۲.۶
۳۰۵	مطالعه کنترل کششی ساده شده	۳.۶
۳۰۵	مؤلفه های قطار، لکوموتیو و واگن	۱.۳.۶
۳۰۶	سناریوهای شبیه سازی	۲.۳.۶
۳۰۷	مورد ۱: حالت سرعت ثابت	۳.۳.۶
۳۰۷	پیاده سازی مدل در سیمولینک	۱.۳.۳.۶
۳۱۲	نتایج شبیه سازی	۲.۳.۳.۶

۳۱۶	۴.۳.۶ مورد ۲: حالت شتاب گیری
۳۱۶	۱.۴.۳.۶ پیاده سازی مدل در سیمولینک
۳۲۳	۲.۴.۳.۶ نتایج شبیه سازی
۳۲۶	۵.۳.۶ عدم اطمینان در استفاده از مدلسازی ساده شده برای مطالعات دینامیکی لکوموتیو
۳۲۹	فصل ۷
۳۳۰	۱.۷ معرفی رویکردهای مدلسازی
۳۳۱	۱.۱.۷ معادلات نیوتون-اولر
۳۳۲	۲.۱.۷ اصل دالامبر و نیروهای تعمیم داده شده
۳۳۳	۳.۱.۷ معادله لاگرانژ
۳۳۴	۴.۱.۷ معادلات دینامیک
۳۳۵	۲.۷ انتگرالگیرهای عددی
۳۳۸	۳.۷ چگونگی مدلسازی یک لکوموتیو
۳۳۸	۱.۳.۷ معادلات تعادل دینامیکی: بدنه لکوموتیو
۳۴۰	۱.۱.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی طولی
۳۴۱	۲.۱.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی عرضی
۳۴۱	۳.۱.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی عمودی
۳۴۱	۴.۱.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی چرخش حول محور طولی
۳۴۲	۵.۱.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی چرخش حول محور عرضی
۳۴۲	۶.۱.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی چرخش حول محور عمودی
۳۴۲	۲.۳.۷ معادلات تعادل دینامیکی: فریم بوژی
۳۴۳	۱.۲.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی طولی
۳۴۵	۲.۲.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی عرضی
۳۴۵	۳.۲.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی عمودی
۳۴۶	۴.۲.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی چرخش حول محور طولی
۳۴۷	۵.۲.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی چرخش حول محور عرضی
۳۴۷	۶.۲.۳.۷ معادله تعادل دینامیکی چرخش حول محور قائم

۳۴۸	نیروهای تعلیق ثانویه	۳.۳.۷
۳۴۹	مونتاژ موتور کشنده با مجموعه چرخ و محور	۴.۳.۷
۳۴۹	معادلات تعادل دینامیکی -مجموعه چرخ و محور	۱.۴.۳.۷
۳۴۹	تعادل دینامیکی طولی مجموعه چرخ و محور	۱.۱.۴.۳.۷
۳۵۰	معادله تعادل دینامیکی عرضی مجموعه چرخ و محور	۲.۱.۴.۳.۷
۳۵۰	معادله تعادل دینامیکی قائم مجموعه چرخ و محور	۳.۱.۴.۳.۷
۳۵۰	معادله تعادل دینامیکی غلتشی مجموعه چرخ و محور	۴.۱.۴.۳.۷
۳۵۰	معادله تعادل دینامیکی مجموعه چرخ و محور در چرخش حول محور عرضی	۵.۱.۴.۳.۷
۳۵۱	معادله تعادل دینامیکی مجموعه چرخ و محور حول محور قائم	۶.۱.۴.۳.۷
۳۵۱	معادلات تعادل دینامیکی - سیستم موتور کشنده	۲.۴.۳.۷
۳۵۲	نیروهای سیستم تعلیق اولیه	۵.۳.۷
۳۵۴	اتصال دهنده ها: مدل سازی ضربه گیر قلاب	۶.۳.۷
۳۵۷	مدلسازی خط راه آهن	۴.۷
۳۵۷	ریل	۱.۴.۷
۳۶۱	پدها، پابندها و تراورسها	۲.۴.۷
۳۶۲	بالاست و زیر بالاست	۳.۴.۷
۳۶۵	دینامیک سیستم لکوموتیو - خط راه آهن	۴.۴.۷
۳۶۶	مدلسازی تماس در سطح مشترک ریل -چرخ	۵.۷
۳۶۶	تماس چرخ - ریل - مسئله نرمال	۱.۵.۷
۳۶۷	نظریه تماس نرمال (هرتز)	۱.۱.۵.۷
۳۶۹	مدلسازی تماس مماسی چرخ - ریل	۲.۵.۷
۳۷۰	نظریه خطی کالکر	۱.۲.۵.۷
۳۷۲	نظریه ساده شده کالکر	۲.۲.۵.۷
۳۷۵	قانون نیروی خزش شن - هدریک - الکتیز	۳.۲.۵.۷
۳۷۶	روش پولاخ	۴.۲.۵.۷
۳۷۸	مقایسه روشهای کالکر ساده شده، شن - هدریک - الکتیز و پولاخ	۵.۲.۵.۷
۳۷۹	ضرایب چسبندگی و اصطکاک	۳.۵.۷

۳۸۲.....	۴.۵.۷	نیروهای مماسی، از جمله ضریب اصطکاک متغیر.....
۳۸۵.....	۶.۷	مجموعه های نرم افزاری برای شبیه سازی برهمکنش وسایل نقلیه ریلی-خط راه آهن.....
۳۸۸.....	۱.۶.۷	نو کارس.....
۳۸۹.....	۲.۶.۷	جنسیس.....
۳۹۳.....	۳.۶.۷	ومپایر.....
۳۹۴.....	۴.۶.۷	وی-ریل.....
۳۹۶.....	۵.۶.۷	سیمپک.....
۴۰۳.....	۶.۶.۷	نرم افزار مکانیزم عمومی (یو اِم).....
۴۰۸.....	۷.۷	مراحل پذیرش مدل لکوموتیو.....
۴۰۹.....	۱.۷.۷	مدلسازی لکوموتیو.....
۴۱۳.....	۲.۷.۷	روش شناسی در LMAP.....
۴۱۳.....	۱.۲.۷.۷	مرحله ۱: بررسی/اشکال زدایی مدل اولیه لکوموتیو.....
۴۱۷.....	۲.۲.۷.۷	مرحله ۲: آزمونهایی که در حال حاضر در استانداردها گنجانده شده است.....
۴۲۱.....	۳.۲.۷.۷	مرحله ۳: تستهای گنجانده نشده در استانداردها (شتابگیری و ترمز گیری).....
۴۲۳.....	۳.۷.۷	نمونه های مطالعاتی شبیه سازی شده برای صحت سنجی مدل لکوموتیو.....
۴۲۷.....	۸.۷	مثالهایی از مطالعات رفتار دینامیکی لکوموتیو باری سنگین در جنسیس.....
۴۲۷.....	۱.۸.۷	کاربرد تعلیق هوایی قابل تنظیم تحت کنترل کشش.....
۴۲۸.....	۱.۱.۸.۷	طراحی سیستم تعلیق ثانویه و رویکرد مدلسازی آن.....
۴۲۹.....	۲.۱.۸.۷	مدلسازی لکوموتیو در جنسیس.....
۴۳۰.....	۳.۱.۸.۷	سیستمهای کنترل.....
۴۳۲.....	۴.۱.۸.۷	شبیه سازی و نتایج.....
۴۳۶.....	۲.۸.۷	بهینه سازی مشخصات سیستم تعلیق اولیه لکوموتیوهای باری سنگین.....
۴۳۸.....	۱.۲.۸.۷	مدل مکانیکی لکوموتیو.....
۴۳۹.....	۲.۲.۸.۷	شبیه سازی و نتایج.....
۴۴۳.....	۳.۸.۷	مدلسازی معکوس دینامیک لکوموتیوهای سنگین.....
۴۴۳.....	۱.۳.۸.۷	مدلسازی معکوس دینامیک لکوموتیو.....
۴۴۴.....	۲.۳.۸.۷	فریم بوژی.....

۳.۳.۸.۷	مجموعه چرخ و محور	۴۴۵
۴.۳.۸.۷	نیروهای تماس ریل-چرخ	۴۴۶
۵.۳.۸.۷	مدلسازی دینامیکی لکوموتیو با استفاده از جنسیس	۴۴۷
۶.۳.۸.۷	مطالعه موردی	۴۵۱
فصل ۸		
۱.۸	مقدمه	۴۶۰
۲.۸	مدلسازی دیزل موتور	۴۶۰
۳.۸	مدلسازی ترانسفورماتور	۴۶۵
۴.۸	مدلسازی اینورتر	۴۶۷
۵.۸	مدلسازی موتور کشنده	۴۷۶
۶.۸	مدلسازی سیستم قدرت برای لکوموتیوهای باری سنگین در سیمولینک	۴۷۸
۱.۶.۸	مطالعه نمونه ۱: لکوموتیو الکتریکی AC	۴۷۹
۲.۶.۸	مطالعه موردی ۲: لکوموتیو دیزل-الکتریک AC	۴۸۵
۷.۸	نتیجه گیری	۴۹۳
فصل ۹		
۱.۹	شبه سازی ترکیبی و کاربرد آن	۴۹۹
۱.۱.۹	توسعه محیط کاربری سرویس گیرنده شبه سازی ترکیبی	۴۹۹
۲.۱.۹	توسعه محیط کاربری سرویس گیرنده شبه سازی ترکیبی	۵۱۸
۱.۲.۱.۹	مدل یک لکوموتیو باری سنگین در جنسیس	۵۱۸
۲.۲.۱.۹	سناریوی شبه سازی	۵۲۰
۳.۲.۱.۹	مطالعه موردی ۱: رویکرد ساده شده: مدل سیستم کنترل کشش	۵۲۴
۴.۲.۱.۹	مطالعه موردی ۲: مدل کامل لکوموتیو	۵۲۴
۵.۲.۱.۹	نتایج شبه سازی	۵۲۷
۲.۹	دینامیک طولی قطار در مطالعه رفتار دینامیکی لکوموتیو باری سنگین	۵۳۳
۱.۲.۹	وظیفه سناریوی شبه سازی	۵۳۴

۵۳۴..... شیبه سازی دینامیک طولی قطار ۲.۲.۹

۵۳۷..... شیبه سازی دینامیکی لکوموتیو ۳.۲.۹

۵۴۴..... فصل ۱۰

۵۴۶..... واژه نامه