مروری بر سیستم های تراکنش راه آهن

نویسنده:

رضا قشقائی

www.ketab.ir

سرشناسه : قشقائی، رضا، ۱۳۶۷-
عنوان و نام پدیدآور : مروری بر سیستم‌های تراکنش راه آهن/ نویسنده رضا قشقائی.
مشخصات نشر : تهران: موسسه فرهنگی انتشاراتی اولین‌ها، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری : ط، ۱۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۱۴۰۰۰۰۰ ریال۹-۱۰-۸۲۲۰-۶۲۲-۹۷۸ :
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : راه‌آهن برقی
Electric railroads
رده بندی کنگره : ۸۵۵TF
رده بندی دیویی : ۳۳/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی : ۹۴۴۱۹۳۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

www.ketab.ir

تهران. میدان انقلاب. بعد از منیری جاوید پلاک ۱۳۶۰ واحد ۱۵. نشر و پخش همراه
-۶۶۴۸۰۴۶۸-۰۹۱۲۲۳۷۴۷۱۵

عنوان: مروری بر سیستم های تراکنش راه آهن

نویسنده: رضا قشقائی

موسسه فرهنگی انتشاراتی اولین ها

نوبت چاپ: اول ، ۱۴۰۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ: مجد

قیمت: ۱۴۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹-۱۰-۸۲۲۰-۶۲۲-۹۸۷

چکیده

امروزه با توسعه سریع سیستم‌های حمل و نقل ریلی درون شهری و برون شهری، تقاضای انرژی مصرفی و همچنین کیفیت سرویس دهی مطلوب‌تر افزایش یافته است. رقابت در این عرصه می‌تواند در نحوه اجرای یک سفر بهینه با اهداف حداقل تاخیر زمانی سفر و حداقل انرژی مصرفی شکل بگیرد. در این پایان‌نامه چگونگی حصول یک سفر کارآمد توسط یک قطار، تحت قیود پروفیل مسیر و حدود سرعت مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه تکاملی NSGA-II و MOPSO و همچنین روش بهینه‌سازی تکاملی یک‌هدفه Krill Herds، برای تولید یک تراژکتوری سرعت با حداقل انرژی مصرفی، حداقل تاخیر زمانی سفر و همچنین با تامین آسایش مسافرین، مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج به ازای یک زمان سفر معین ۱۲۰۰ ثانیه‌ای نشان داد که تراژکتوری سرعت تعیین شده توسط NSGA-II دارای بهترین عملکرد و کمترین انرژی مصرفی نسبت به دو الگوریتم دیگر است. همچنین جبهه‌های پارتو منتجه به ازای تعداد اعضا و تکرار یکسان نشان داد که در زمان‌های سفر کوتاهتر از حدود ۱۱۰۰ ثانیه و طولانی‌تر از ۱۵۰۰ ثانیه، MOPSO می‌تواند دارای نتایج مطلوب‌تری باشد.

با توسعه شبکه های الکتریکی حتی در نواحی بین شهری، بیشتر سیستم‌های تراکشن راه‌آهن امروزی از انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند. در این پایان‌نامه یک سیستم تراکشن راه‌آهن ۲×۲۵ کیلو ولت AC ۵۰ هرتز مورد بررسی قرار گرفته و برای چند مورد از مشکلات اساسی این سیستم نظیر عدم تعادل حدود ۱۱ درصد در جریان بار و همچنین مصرف توان راکتیو بالا، یک SVC هوشمند پیشنهاد شده است. این SVC قادر است بصورت زمان واقعی و توسط الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II، میزان عدم تعادل جریان بار را به ۰/۹۸ درصد تقلیل داده و همچنین همزمان توان راکتیو مورد نیاز سیستم را نیز تامین کند.

www.ketab.ir

واژه‌های کلیدی:

راه‌آهن برقی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، تراژکتوری سرعت بهینه، بهبود آسایش مسافرین

فهرست عناوین

صفحه

۱ فصل اول مقدمه ۱

۲ فصل دوم مروری بر سیستم‌های تراکشن راه‌آهن ۵

۱.۲ سیستم‌های تراکشن الکتریکی ۶
۱.۱.۲ محرکه موتور DC ۸
۲.۱.۲ محرکه موتور AC ۹
۲.۲ تراکشن دیزل الکتریک ۱۲
۳.۲ تراکشن هیبریدی ۱۳

۳ فصل سوم مروری بر روش‌های بهینه‌سازی ۱۵

۱.۳ بهینه‌سازی یک‌هدفه ۱۶
۲.۳ مفاهیم بنیادی در بهینه‌سازی چندهدفه ۱۷
۳.۳ جستجو و تصمیم‌گیری ۲۱
۴.۳ مروری بر روش‌های مرسوم در بهینه‌سازی چندهدفه ۲۲
۱.۴.۳ روش مجموع وزن‌دار ۲۲
۲.۳.۴ روش مقیدسازی ε ۲۳
۵.۳ الگوریتم‌های تکاملی در بهینه‌سازی یک‌هدفه و چندهدفه ۲۴
۱.۵.۳ الگوریتم بهینه‌سازی تکاملی یک‌هدفه Krill Herds ۲۷
۲.۵.۳ جستجوی چندهدفه ۳۲
۳.۵.۳ الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه تکاملی NSGA-II ۳۳
۴.۵.۳ الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه تکاملی MOPSO ۳۸

۴ فصل چهارم مدل‌سازی حرکت قطار و توان تراکشن ۴۴

۱.۴ فیزیک حرکت وسایل نقلیه ۴۵
۱.۱.۴ آشنایی کلی ۴۵
۲.۱.۴ کشش سطحی ۴۶
۳.۱.۴ مقاومت قطار ۴۸
۴.۱.۴ جرم موثر ۴۸
۵.۱.۴ معادله عمومی حرکت وسیله نقلیه ۴۹
۲.۴ مدل‌سازی و شبیه‌سازی ۴۹
۱.۲.۴ سوییچ وضعیت وسایل نقلیه ۵۰

www.ketab.ir

۲.۲.۴ ورودی‌های عملیاتی ۵۲
۳.۲.۴ شبیه‌ساز حرکت قطار ۵۷
۳.۴ معادلات حالت و توابع هدف ۵۸

۵ فصل پنجم بهینه‌سازی تراژکتوری سرعت قطار ۶۱

۱.۵ اصل بخش‌بندی مسیر و گراف سرعت ۶۳
۲.۵ ارائه یک استراتژی رانندگی کارآمد ۶۳
۱.۲.۵ ساخت تراژکتوری سرعت ۶۳
۲.۲.۵ تعیین شاخص کنترل با ضریب آسایش مسافرین ۶۵
۳.۵ پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II روی مساله مورد نظر ۶۸
۱.۳.۵ تعیین جمعیت اولیه ۶۸
۲.۳.۵ ابتکار در هدایت فرآیند جستجو ۶۹
۳.۳.۵ تعیین برازندگی اعضای فرآیند بهینه‌سازی: ۶۹
۴.۵ پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه MOPSO روی مساله مورد نظر ۷۱
۵.۵ پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی یک‌هدفه KH روی مساله مورد نظر ۷۲
۶.۵ بیانی از مقاوم بودن در روش‌های بهینه‌سازی تکاملی ۷۲
۱.۶.۵ مقاوم بودن در بهینه‌سازی یک‌هدفه ۷۳
۲.۶.۵ مقاوم بودن در بهینه‌سازی چندهدفه تکاملی ۷۴
۷.۵ مورد مطالعاتی ۷۵
۸.۵ نتایج شبیه‌سازی و مقایسه ۷۶
۱.۸.۵ نتایج حاصل از اعمال الگوریتم NSGA-II ۷۷
۲.۸.۵ نتایج حاصل از اعمال الگوریتم MOPSO ۷۸
۳.۸.۵ نتایج حاصل از اعمال الگوریتم KH ۸۰
۴.۸.۵ تراژکتوری‌های سرعت بهینه ۸۱
۹.۵ مقایسه نتایج با یک مرجع ۸۵
۱۰.۵ ارائه یک شیوه برای استفاده از روش‌های پیشنهادی ۸۷

۶ فصل ششم بهبود کارایی سیستم تراکشن الکتریکی بوسیله کاهش عدم تعادل جریان و همزمان تامین توان راکتیو مورد نیاز ۸۹

۶.۱ ساختار کلی یک سیستم ۲×۲۵ کیلو ولت AC اتوترانسفورماتوری ۹۰
۲.۶ عیب یابی سیستم و ارائه راه‌حل ۹۱
۳.۶ اجرای SVC ۹۲
۴.۶ متعادل‌سازی جریان بار ۹۳

www.ketab.ir

۵.۶ جبران‌سازی توان راکتیو ۹۴
۶.۶ تعریف مساله ۹۵
۷.۶ فرآیند بهینه‌سازی ۹۵
۸.۶ نتایج و بررسی ۹۶

۷ فصل هفتم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۲

منابع و مراجع ۱۰۴

پیوست‌ها ۱۱۰

www.ketab.ir

فهرست اشکال

صفحه

شکل ۱,۲ : محدوده عملکرد درایو تراکشن موتور DC تحریک مستقل ۸
شکل ۲,۲ : منحنی مشخصه گشتاور سرعت موتور القایی معمولی ۱۰
شکل ۳,۲ : متغیرهای مکانیکی و الکتریکی در چرخه کار موتور تراکشن ۱۱
شکل ۴,۲: بلوک دیاگرام سیستم نیروی محرکه دیزل الکتریک ۱۲
شکل ۵,۲ : بلوک دیاگرام سیستم محرکه هیبرید دیزلی ۱۳
شکل ۱,۳ : مثالی از بهینه پارتو در فضای هدف (سمت چپ) و جواب‌های متناسب شدنی در فضای هدف (سمت راست) ۱۸
شکل ۲,۳: بیان گرافیکی روش‌های وزن‌دهی (سمت چپ) و مقید سازی (سمت راست) ۲۳
شکل ۳,۳: روابط بین فضاهای کد شده، تصمیم و هدف ۲۵
شکل ۴,۳: بلوک دیاکرام عملکرد الگوریتم NSGA-II ۳۴
شکل ۵,۳: تعیین میزان ازدحام جمعیت ۳۶
شکل ۶,۳: فرآیند NSGA-II ۳۷
شکل ۷,۳: نحوه جدول بندی جواب‌های پارتو ۴۲
شکل ۱,۴: مشخصه نیروی کششی و مقاومت در یک وسیله نقله ریلی معمولی ۴۷
شکل ۲,۴ : سوییچ وضعیت یک وسیله نقلیه بین دو وضعیت در فضای سه بعدی ۵۱
شکل ۳,۴ : سوییچ وضعیت یک وسیله نقلیه در فضای سه بعدی ۵۲
شکل ۴,۴ : ماکزیمم شتاب در دسترس ۵۳
شکل ۵,۴ : کنترل عملیاتی مد دنده خلاص ۵۴
شکل ۶,۴ : کنترل عملیاتی مد ترمز ناشی از حد سرعت کاهش یافته ۵۵
شکل ۷,۴ : کنترل عملیاتی مد ترمز به منظور توقف در ایستگاه ۵۶
شکل ۸,۴ : کنترل عملیاتی مد ترمز در مدل‌سازی مبنای مکانی ۵۶
شکل ۹,۴ : بلوک دیاگرام شبیه‌ساز حرکت یک قطار ۵۷

www.ketab.ir

شکل ۱،۵ : گراف سرعت و روند گزینش سرعت در هر موقعیت از پیش تعیین شده..... ۶۳
شکل ۲،۵: منحنی شتاب ناشی از K_M های مختلف در مد شتابگیری..... ۶۷
شکل ۳،۵: منحنی شتاب ناشی از K_B های مختلف در مد ترمز..... ۶۷
شکل ۴،۵: یک طرح برای توزیع اعضای جمعیت اولیه درون فضای تصمیم..... ۶۸
شکل ۵،۵ : بلوک دیاگرام تعیین برازندگی..... ۷۰
شکل ۶،۵: مفهوم مقاوم بودن در بهینه‌سازی یک‌هدفه..... ۷۳
شکل ۷،۵: مفهوم مقاوم بودن در بهینه‌سازی چندهدفه..... ۷۴
شکل ۸،۵ : نیروی کششی، شتاب و مقاومت متناظر با قطار VOYAGER کلاس ۲۲۰..... ۷۵
شکل ۹،۵ : پروفیل مسیر به همراه موقعیت تونلها..... ۷۶
شکل ۱۰،۵: نمای بالای پروفیل مسیر..... ۷۶
شکل ۱۱،۵: جبهه پارتو منتجه از الگوریتم تکاملی NSGA-II به ازای جمعیتها و تکرارهای مختلف..... ۷۷
شکل ۱۲،۵: جبهه پارتو منتجه از الگوریتم تکاملی MOPSO به ازای جمعیتها و تکرارهای مختلف..... ۷۹
شکل ۱۳،۵: مقایسه جبهه‌های پارتو دو الگوریتم NSGA-II و MOPSO..... ۷۹
شکل ۱۴،۵: نمودار هزینه منتجه به ازای زمان سفر ۱۲۰۰ ثانیه..... ۸۰
شکل ۱۵،۵: منحنی‌های بهینه سرعت، شتاب و موقعیت به ازای زمان سفر معادل ۱۲۰۰ ثانیه بدست‌آمده از الگوریتم NSGA-II..... ۸۱
شکل ۱۶،۵: منحنی‌های بهینه سرعت، شتاب و موقعیت به ازای زمان سفر معادل ۱۲۰۰ ثانیه بدست‌آمده از الگوریتم MOPSO..... ۸۲
شکل ۱۷،۵: منحنی‌های بهینه سرعت، شتاب و موقعیت به ازای زمان سفر معادل ۱۲۰۰ ثانیه بدست‌آمده از الگوریتم KH..... ۸۳
شکل ۱۸،۵: نمایی از سیستم DAS پیشنهادی..... ۸۸
شکل ۱،۶: ساختار کلی یک سیستم تراکشن ۲×۲۵ کیلو ولت AC اتوترانسفورماتوری..... ۹۱
شکل ۲،۶: نمایی از یک SVC به همرا یک قطار..... ۹۲

www.ketab.ir

شکل ۳،۶: نمایی از محل نصب SVC روی سیستم ۹۵
شکل ۴،۶: بلوک دیاگرام فرآیند بهینه‌سازی ۹۶
شکل ۵،۶: جدول زمانی و تراژکتوری سرعت ۹۷
شکل ۶،۶: جبهه پارتو منتجه از اعمال NSGA-II ۹۷
شکل ۷،۶: عدم تعادل قبل از اعمال SVC ۹۸
شکل ۸،۶: نمونه‌ای از بهبود عدم تعادل پس از اعمال SVC ۹۹
شکل ۹،۶: پروفیل توان راکتیو ۱۰۰
شکل ۱۰،۶: سوسپتانس‌های بهینه متناظر ۱۰۰

www.ketab.ir

فهرست جداول

صفحه

جدول ۱،۵: تعیین نوع مدهای عملیاتی توسط راهبر ٦٦

جدول ۲،۵: پارامترهای قطار VOYAGER کلاس ۲۲۰ ..... ۷۵

جدول ۳،۵: مقایسه نتایج سه الگوریتم در زمان‌های سفر گوناگون ۸۵

جدول ۱،۶: چند مورد از نتایج بهینه ۹۸

جدول ۲،۶: نتایج حاصل از بهبود عدم تعادل ۹۹

www.ketab.ir

فهرست علائم اختصاری

AC	Alternative Current
ACO	Ant Colony Optimization
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection
CBD	Critical Braking Distance
CSI	Current Source Inverter
DAS	Driver Assistant System
DC	Direct Current
DMU	Diesel Multiple-Unit
DP	Dynamic Programming
EMU	Electromotive Force
GA	Genetic Algorithm
GTO	Gate Turn Off
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
KH	Krill Herds
MOP	Multi-Objective Problem
MOPSO	Multi-Objective Particle Swarm Optimization
NSGA-II	Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II
PSO	Particle Swarm Optimization
SBC	Simulated binary Cross-over
SOP	Single Objective Problem
SVC	Static Var Compensator
VSI	Voltage source Inverter

www.ketab.ir