

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۳۸۰ / ۱۲ / ۱۹

بسمه تعالی



دانشگاه علم و صنعت ایران  
دانشکده مهندسی عمران

# تجزیه و تحلیل سوانح ریلی و ارائه مدل شبیه سازی برای سوانح خروج از خط

016578

علیرضا دهقان منشادی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران  
گرایش مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل

۳۹۸۹۹

استاد راهنما:

دکتر شهریار افندیزاده

استاد مشاور:

دکتر محسن پورسید آقایی

آذرماه ۱۳۸۰

۳۹۸۹۹

تقدیم به :

## « دکتر رحمان دادمان »

کسی که در راه اعتلای صنعت حمل و نقل کشور مظلومانه جان سپرد

## چکیده:

سیستم ریلی به عنوان بخش مهمی از حمل و نقل کشورها، نقش عمده ای را در زیر بنای توسعه اقتصادی، اجتماعی، صنعتی ایفا می کند، که علت اصلی آن ایجاد ظرفیت، سرعت و مخصوصاً ایمنی می باشد. سوانح راه آهن به عنوان یکی از اثرات نامطلوب سیستم حمل و نقل، مشکلات عمده ای را در خصوص ایمنی و ایجاد خسارتهای مالی و جانی ایجاد می کند. سوانح راه آهن شامل طیف وسیعی از حوادث ناگهانی است که بیشتر شامل سوانح خروج از خط، برخورد با عابرین پیاده و وسایل نقلیه جاده ای می شود. عوامل ایجاد سوانح ریلی نیز بسیار وسیعند که از میان آنها عامل خطای انسانی و عوامل فنی در بروز سانحه مؤثرترند. با مطالعه آمار سوانح راه آهن مشاهده می شود، بسیاری از سوانح جنبه تکراری داشته و اگر مطالعه و بررسی دقیق آماری روی آنها صورت بگیرد، می توان به راهکارهایی برای ارتقاء سطح ایمنی و کاهش سوانح دست یافت. در این پژوهش به تجزیه و تحلیل سوانح راه آهن و طراحی مدل شبیه سازی برای سوانح خروج از خط پرداخته می شود. با طرح مدل شبیه سازی سوانح، می توان پارامترهای مؤثر در بروز سوانح و میزان تاثیر آنها را شناخت و با سیستم مدیریت ایمنی میزان سوانح را کاهش داد.

## کلمات کلیدی:

سوانح ریلی، خروج از خط، ایمنی، خطای انسانی، آمار، تجزیه و تحلیل، شبیه سازی.

## تقدیر و تشکر:

بعد از سپاس بیکران از خداوند بزرگ که مرا در انجام این مهم یاری داد، از زحمات بیدریغ جناب آقای دکتر شهریار افندیزاده که انجام این پژوهش با رهنمودهای ایشان امکان پذیر شد، تشکر و قدردانی می نمایم. بر خود لازم می دانم که از جناب آقای دکتر محسن پورسید آقایی بعنوان استاد مشاور، که در طول انجام این تحقیق مخصوصاً جهت تهیه آمار و اطلاعات مرا یاری نمودند تشکر نمایم.

در اینجا جا دارد از مسئولین سختکوش راه آهن مخصوصاً جناب آقای مهندس افضل قائم مقام معاونت بهره برداری ، جناب آقای مهندس حسن رحیمی و مهندسین بخش کنترل کیفیت راه آهن تشکر کنم. در پایان از کلیه کسانی که مرا در انجام این کار حمایت نمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

فصل اول : مقدمه

- ۱-۱) مقدمه..... ۲
- ۱-۲) موضوع پژوهش..... ۳
- ۱-۳) هدف..... ۳
- ۱-۴) فرضیات تحقیق..... ۳
- ۱-۵) شرح خدمات و فعالیتهای پروژه..... ۴

فصل دوم : تاریخچه حمل و نقل ریلی

- ۲-۱) تاریخچه حمل و نقل ریلی..... ۶
- ۲-۲) راه آهن ایران..... ۷
- ۲-۳) سازمانهای بین المللی مربوط به راه آهن..... ۸
- ۲-۴) سهم راه آهن در حمل و نقل..... ۹
- ۲-۵) برتریهای نسبی راه آهن به دیگر طرق حمل و نقل..... ۱۱

فصل سوم : ایمنی حمل و نقل ریلی

- ۳-۱) راه آهن و ایمنی..... ۱۵
- ۳-۲) هزینه سوانح ریلی..... ۱۷
- ۳-۲-۱) هزینه های مستقیم سوانح راه آهن..... ۱۸
- ۳-۲-۲) هزینه های غیر مستقیم سوانح راه آهن..... ۱۹

فصل چهارم : سوانح ریلی و انواع آن

- ۴-۱) سانحه چیست؟..... ۲۲
- ۴-۲) سوانح خروج از خط..... ۲۲
- ۴-۲-۱) انواع خروج از خط..... ۲۲
- ۴-۲-۲) عوامل ایجاد خروج از خط..... ۲۳
- ۴-۲-۳) بالا آمدن چرخ بر روی ریل..... ۲۴
- ۴-۲-۳-۱) زاویه داری محور..... ۲۴
- ۴-۲-۳-۲) نیروهای موجود در نقطه برخورد چرخ و ریل..... ۲۵

## فهرست مندرجات

## شماره صفحه

۲۶.....	۴-۲-۳-۳) فرمول نادال.....
۲۹.....	۴-۲-۴) اثر نوسانات و لرزش قطار.....
۳۰.....	۴-۲-۵) ناترازیهای دوره ای خط و پدیده رزونانس.....
۳۱.....	۴-۲-۶) اثر خرابی خط.....
۳۱.....	۴-۲-۶-۱) اضافه عرض خط.....
۳۲.....	الف - اضافه عرض خط در اثر جابجایی ریل.....
۳۴.....	ب - اضافه عرض خط در اثر چرخش ریل.....
۳۴.....	ج - افزایش عرض خط در اثر خمش ریل.....
۳۵.....	۴-۲-۶-۲) اضافه عرض در قوسها.....
۳۷.....	۴-۲-۶-۳) دور (بر بلندی).....
۴۰.....	۴-۲-۶-۴) پیچش یا تاب خوردگی خط.....
۴۰.....	۴-۶-۲-۵) افتادگی خط.....
۴۲.....	۴-۲-۷) سوزن و سوانح خروج از خط.....
۴۵.....	۴-۲-۷-۱) عوامل سانحه زای ناشی از سوزن.....
۴۷.....	۴-۲-۷-۲) حفاظت در مقابل خروج از خط در سوزنها.....
۴۸.....	۴-۲-۸) معایب خط و تراوس.....
۵۰.....	۴-۲-۹) اثر بهسازی بر خروج از خط.....
۵۰.....	الف) خروج از خط ماشین آلات در حین بهسازی.....
۵۱.....	ب) سوانح خروج از خط بعد از عملیات بهسازی خط.....
۵۱.....	۴-۲-۱۰) خروج از خط بدلیل واژگونی وسیله نقلیه.....
۵۲.....	۴-۲-۱۱) خروج از خط بدلیل معایب چرخ و محور.....
۵۳.....	۴-۲-۱۱-۱) نقص در پروفیل چرخ.....
۵۴.....	۴-۲-۱۱-۲) اختلاف در قطر سطح تماس چرخها.....
۵۵.....	۴-۲-۱۱-۳) بریدگی چرخ.....
۵۶.....	۴-۲-۱۱-۴) خرابی محور و خروج از خط.....
۵۷.....	۴-۲-۱۲) بوژی و سوانح خروج از خط.....
۵۸.....	۴-۲-۱۲-۱) عدم گردش بوژی.....
۵۹.....	۴-۲-۱۲-۲) شکستگی بوژی.....
۶۰.....	۴-۲-۱۲-۳) عیوب فنرها.....

## فهرست مندرجات

## شماره صفحه

۶۱	..... (۴-۲-۱۲-۴) معایب ترمز
۶۳	..... (۴-۲-۱۲-۵) معایب دستگاه تامپون
۶۴	..... (۴-۲-۱۲-۶) افتادن میله مثلث و آویز آن
۶۴	..... (۴-۲-۱۲-۷) افتادن قلاب
۶۵	..... (۴-۲-۱۳) مانور
۶۶	..... (۴-۳) سانحه فرار قطار
۶۷	..... (۴-۳-۱) جلوگیری از فرار قطار
۶۹	..... (۴-۴) سانحه برخورد
۷۰	..... (۴-۵) سانحه در تقاطع همسطح
۷۱	..... (۴-۵-۱) دسته بندی گذرگاه همسطح
۷۲	..... (۴-۵-۲) ایمن سازی تقاطعات
۷۴	..... (۴-۶) برخورد با عابرین و احشام
۷۴	..... (۴-۷) آتش سوزی
۷۵	..... (۴-۸) صدمه به مامورین و مسافران

## فصل پنجم : عوامل ایجاد سوانح ریلی

۷۸	..... (۵-۱) مقدمه
۷۸	..... (۵-۲) عامل خطای انسانی
۷۸	..... الف - مامورین
۷۹	..... ب - مسافرین ، حاشیه نشینان
۸۰	..... (۵-۲-۱) پارامترهای مؤثر بر ایجاد خطاهای انسانی
۸۰	..... (۵-۲-۱-۱) اثرات فیزیولوژی
۸۱	..... (۵-۲-۱-۲) اثرات روانی و رفتاری
۸۲	..... (۵-۲-۱-۳) اثرات اقتصادی
۸۲	..... (۵-۲-۱-۴) اثرات محیطی
۸۳	..... (۵-۲-۱-۵) تسهیلات و خدمات بهداشتی و تفریحی
۸۳	..... (۵-۲-۱-۶) عامل فرهنگی
۸۳	..... (۵-۲-۲) بررسی مشخصات فردی مسئولین سانحه
۸۳	..... (۵-۲-۲-۱) عامل سنی



## فهرست مندرجات

## شماره صفحه

۸۵	..... عامل تجربه (۵-۲-۲-۲)
۸۶	..... وضعیت تحصیلی مسئولین سوانح (۵-۲-۲-۳)
۸۷	..... راهکارهای کاهش عامل خطای انسانی (۵-۲-۳)
۸۹	..... عامل فنی (۵-۳)
۸۹	..... خرابی خط (۵-۳-۱)
۹۰	..... خرابی آلات ناقله (۵-۳-۲)
۹۱	..... خرابی وسایل ارتباطی و کنترلی (۵-۳-۳)
۹۲	..... نگهداری و تعمیرات (۵-۳-۴)
۹۲	..... تعمیر و نگهداری خط (۵-۳-۴-۱)
۹۳	..... مکانیزم نگهداری خط در ایران (۵-۳-۴-۱-۱)
۹۴	..... تعمیر و نگهداری آلات ناقله (۵-۳-۴-۲)
۹۶	..... عامل طبیعی (۵-۴)
۹۶	..... سیل (۵-۴-۱)
۹۶	..... ریزش کوه (۵-۴-۲)
۹۶	..... طوفان شن (۵-۴-۳)
۹۷	..... الف - روشهای مکانیکی (۵-۴-۳)
۹۷	..... ب - روشهای شیمیایی
۹۷	..... ج - روشهای بیولوژیکی

## فصل ششم : مدیریت سوانح

۹۹	..... مقدمه (۶-۱)
۹۹	..... مدیریت منابع انسانی (۶-۲)
۱۰۰	..... برنامه ریزی و مدیریت ایمنی (۶-۳)
۱۰۲	..... اطلاعات و آمار سوانح (۶-۳-۱)

**فصل هفتم : اصول شبیه سازی**

۱۰۵.....	۷-۱) شبیه سازی.....
۱۰۶.....	۷-۲) مراحل اساسی یک مطالعه شبیه سازی.....
۱۰۹.....	۷-۲) مدلسازی.....
۱۱۰.....	۷-۳) کاربرد آمار در مدلسازی.....
۱۱۱.....	۷-۳-۱) همبستگی.....
۱۱۲.....	۷-۳-۲) روش حداقل مربعات.....
۱۱۳.....	۷-۳-۳) توابع غیر خطی.....
۱۱۴.....	۷-۳-۴) آزمون آماری.....

**فصل هشتم : بررسی سوانح راه آهن**

۱۱۶.....	۸-۱) مقدمه.....
۱۱۶.....	۸-۲) تجزیه و تحلیل کلی انواع سوانح.....
۱۱۶.....	۸-۲-۱) سوانح خروج از خط.....
۱۱۷.....	۸-۲-۲) سوانح برخورد آلات ناقله.....
۱۱۸.....	۸-۲-۳) سوانح برخورد با عابر.....
۱۱۸.....	۸-۲-۴) برخورد با وسایل نقلیه غیر ریلی.....
۱۱۸.....	۸-۲-۵) سوانح برخورد با مانع و احشام.....
۱۱۹.....	۸-۲-۶) سوانح آتش سوزی.....
۱۱۹.....	۸-۲-۷) سانحه فرار قطار.....
۱۱۹.....	۸-۲-۸) مصدومیت مامور و مسافر.....
۱۲۱.....	۸-۲-۹) حوادث طبیعی.....
۱۲۲.....	۸-۲-۱۰) سایر سوانح.....
۱۲۲.....	۸-۳) بررسی کلی سوانح.....
۱۲۲.....	۸-۴) مقایسه میزان و احتمال خطر سوانح نواحی.....
۱۲۸.....	۸-۵) بررسی سوانح خروج از خط.....
۱۲۸.....	۸-۵-۱) خروج از خط به دلیل عامل خطای انسانی.....

۱۳۰.....	۸-۵-۲ خروج از خط به دلیل عامل خرابی خط.....
۱۳۲.....	۸-۵-۳ خروج از خط به دلیل عامل خرابی آلات ناقله.....
۱۳۳.....	۸-۶ بررسی میزان و احتمال خطر خروج از خط در نواحی مختلف.....
۱۳۵.....	۸-۷ کیفیت و محل سوانح خروج از خط.....

### فصل نهم : ارائه مدل شبیه سازی

۱۳۸.....	۹-۱ مقدمه.....
۱۳۸.....	۹-۲ تعیین عوامل خروج از خط.....
۱۳۸.....	۹-۳ جمع بندی عوامل و تعریف متغیرها.....
۱۴۰.....	۹-۴ محاسبه ضرایب همبستگی.....
۱۴۵.....	۹-۵ طراحی مدل.....
۱۴۵.....	۹-۶ طرح مدل خطی.....
۱۴۵.....	۹-۶-۱ طرح مدل خطی عامل خطای انسانی.....
۱۴۶.....	۹-۶-۱-۱ انتخاب مدل برتر.....
۱۴۷.....	۹-۶-۲ طرح مدل خطی عامل خرابی آلات ناقله.....
۱۴۸.....	۹-۶-۳ طرح مدل خطی عامل خرابی خط.....
۱۴۸.....	۹-۷ طرح مدل‌های غیر خطی.....
۱۴۹.....	۹-۷-۱ طرح مدل توانی خطای انسانی.....
۱۵۰.....	۹-۷-۲ طرح مدل توانی خرابی آلات ناقله.....
۱۵۰.....	۹-۷-۳ طرح مدل توانی خرابی خط.....
۱۵۱.....	۹-۷-۴ طرح مدل هذلولی عامل خطای انسانی.....
۱۵۳.....	۹-۷-۵ طرح مدل هذلولی عامل خرابی آلات ناقله.....
۱۵۴.....	۹-۷-۶ طرح مدل هذلولی عامل خرابی خط.....
۱۵۵.....	۹-۸ مقایسه مدل‌ها و ارائه مدل پیشنهادی.....
۱۵۶.....	۹-۹ ارزیابی مدل.....
۱۵۷.....	۹-۱۰ ارائه مدل نهایی.....

فصل دهم: نتایج و پیشنهادات

۱۰-۱) نتایج و پیشنهادات..... ۱۶۴

پیوست

- ضمیمه ۱. جدول t استیودنت..... ۱۶۸
- ضمیمه ۲. فرم ثبت گزارش حادثه..... ۱۶۹
- ضمیمه ۳. فرم ثبت مشخصات سوانح خروج از خط و فرار قطار..... ۱۷۰
- ضمیمه ۴. فرم ثبت مشخصات سوانح برخورد و آتش سوزی..... ۱۷۱
- ضمیمه ۵. فرم ثبت مشخصات مسئولین حادثه..... ۱۷۲
- ضمیمه ۶. تشریح نرم افزار SPSS و نحوه استفاده از آن در این تحقیق..... ۱۷۳

منابع..... ۱۷۷

۲-۱ . نقشه شبکه راه آهن ایران.....	۹
۲-۲ . تحول ترافیک مسافری در اروپا.....	۱۰
۲-۳ . تحول ترافیک باری در اروپا.....	۱۰
۲-۴ . مقایسه حمل و نقل ریلی و جاده ای از نظر مصرف انرژی و میزان آلودگی.....	۱۱
۴-۱ . خروج از خط وسایل نقلیه ریلی.....	۲۳
۴-۲ . نمایش حالت‌های زاویه داری.....	۲۵
۴-۳ . زاویه داری مثبت.....	۲۶
۴-۴ . زاویه داری صفر.....	۲۶
۴-۵ . زاویه داری منفی.....	۲۶
۴-۶ . نیروهای موجود در تماس ریل و چرخ.....	۲۷
۴-۷ . حالت زاویه داری محور در خط مستقیم و در قوس.....	۲۸
۴-۸ . هدایت چرخ به چپ و راست در اثر مخروطی بودن.....	۲۹
۴-۹ . ناترازیهای دوره ای خط.....	۳۰
۴-۱۰ . وضعیت ابعاد خط استاندارد.....	۳۱
۴-۱۱ . اضافه عرض خط در اثر جابجایی ریل.....	۳۲
۴-۱۲ . اضافه عرض در اثر چرخش ریل.....	۳۳
۴-۱۳ . اضافه عرض در اثر خمش ریل.....	۳۴
۴-۱۴ . میزان جابجایی چرخها.....	۳۵
۴-۱۵ . وضعیت چرخها در قوس.....	۳۵
۴-۱۶ . وضعیت عکس العمل چرخها در حالت افتادگی خط.....	۴۱
۴-۱۷ . میزان افت خط با توجه به وضعیت وسیله نقلیه.....	۴۱
۴-۱۸ . انواع مختلف سوزن.....	۴۳
۴-۲۰ . تکه مرکزی سوزن.....	۴۳
۴-۱۹ . قسمتهای مختلف سوزن.....	۴۴
۴-۲۱ . تغییر سطح مقطع سوزن.....	۴۴
۴-۲۲ . حد مجاز سایش تیغه سوزن.....	۴۵
۴-۲۳ . استاندارد حد فاصل دماغه تکه مرکزی و گارد ریل.....	۴۶
۴-۲۴ . وضعیت چرخ و ریل در انشعاب.....	۴۷
۴-۲۵ . خرابی کلی خط و بالاست.....	۴۸
۴-۲۶ . انواع خرابی ریل.....	۴۹

## فهرست شکلها و تصاویر

## شماره صفحه

۴-۲۷	قسمتهای مختلف محور.....	۵۳
۴-۲۸	لبه باریک چرخ.....	۵۳
۴-۲۹	تیزی لبه چرخ.....	۵۴
۴-۳۰	خوردگی سطوح غلتش.....	۵۴
۴-۳۱	بریدگی چرخ.....	۵۶
۴-۳۲	وضعیت سرمحور، جمعه محور و یاتاقان.....	۵۷
۴-۳۳	ساختمان بوژیهای متداول.....	۵۸
۴-۳۴	نمونه ای از یک بوژی پیشرفته همراه با تشریح اجزاء.....	۵۸
۴-۳۵	خوردگی و ناهمواری کاسه بوژی.....	۵۹
۴-۳۶	نمونه فنر تخت.....	۶۰
۴-۳۷	نمونه ای از سیستم ترمز هوایی.....	۶۱
۴-۳۸	نمونه ای از ضربه گیر.....	۶۳
۴-۳۹	آرایش نادرست واگنها و اختلاف تراز تامپونها.....	۶۳
۴-۴۰	کفش خط.....	۶۷
۴-۴۱	نمونه ای از ریتارددر.....	۶۸
۴-۴۲	خطر برخورد در تقاطعات همسطح نامناسب.....	۷۰
۴-۴۳	گذرگاه غیر همسطح ایمن.....	۷۳
۶-۱	سیستم مدیریت ایمنی.....	۱۰۱
۷-۱	مراحل اساسی شبیه سازی.....	۱۰۷

۳-۱ . تلفات و حوادث حمل و نقل در اتحادیه اروپا.....	۱۵
۳-۲ . میزان ریسک حوادث مسافری در میلیون وسیله و مسافر - کیلومتر، انگلستان.....	۱۶
۳-۳ . میزان هزینه تصادف برای مدهای مختلف حمل و نقل.....	۱۶
۳-۴ . نرخ تلفات سوانح مدهای مختلف حمل و نقل در آمریکا.....	۱۷
۴-۱ . رابطه عرض خط با شعاع انحناء و نوع تراورس.....	۳۷
۴-۲ . مقادیر حدی بریلندی بر اساس UIC.....	۳۹
۴-۳ . سرعت مجاز عبور از سوزن.....	۴۷
۴-۴ . حد مجاز سایش ریل.....	۴۹
۴-۵ . حدود تفرانس مجاز قطر چرخها.....	۵۵
۴-۶ . دسته بندی تقاطعات راه آهن هند.....	۷۱
۴-۷ . طبقه بندی تقاطعات همسطح ایران.....	۷۲
۵-۱ . توزیع فراوانی سن مسئولین.....	۸۴
۵-۲ . شاخصهای آماری.....	۸۴
۵-۳ . توزیع فراوانی سابقه کار مسئولین سوانح.....	۸۵
۵-۴ . شاخصهای آماری سابقه کار.....	۸۶
۵-۵ . توزیع فراوانی رده تحصیلی.....	۸۷
۸-۱ . آمار سوانح خروج از خط.....	۱۱۶
۸-۲ . آمار سوانح برخورد آلات ناقله.....	۱۱۷
۸-۳ . آمار سوانح برخورد با عابر.....	۱۱۷
۸-۴ . آمار سوانح برخورد با وسایل نقلیه جاده ای.....	۱۱۸
۸-۵ . آمار سوانح برخورد با احشام و مواضع.....	۱۱۹
۸-۶ . آمار سوانح آتش سوزی.....	۱۲۰
۸-۷ . آمار سوانح فرار قطار.....	۱۲۰
۸-۸ . آمار تلفات مامورین و مسافرین.....	۱۲۰
۸-۹ . آمار سانحه در اثر حوادث طبیعی.....	۱۲۱
۸-۱۰ . آمار سایر سوانح ریلی.....	۱۲۱
۸-۱۱ . دسته بندی کلی سوانح.....	۱۲۳
۸-۱۲ . تعداد سانحه به تفکیک نواحی.....	۱۲۵
۸-۱۳ . میزان واحد حمل برای نواحی مختلف.....	۱۲۶