

(یادداشت فنی)

شناسایی گذرگاه های پرخطر ریلی - جاده ای بر اساس شاخص خطر

جبار علی ذاکری، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-mail: zakeri@iust.ac.ir

چکیده

وضعیت هندسی جاده و راه آهن در محل تقاطع آنها نقش اساسی در کاهش یا افزایش تعداد تصادفات و سائت نقلیه جاده ای یا ریلی دارد. همچنین شدت ترافیک، سیستم مسیر ریلی، نوع وسائط نقلیه عبوری از جاده، نوع روسازی جاده (آسفالتی، شنی و خاکی)، سیستم علائم گذرگاهی و مسافت دید (که خود تابعی از وضعیت هندسی گذرگاه است) پارامترهای دیگری هستند که در تعداد و شدت تصادفات نقش مؤثری دارند. با توجه به موارد فوق اولین گام در ایمن سازی گذرگاهها تعیین اولویت و طبقه بندی آنها در گروههای پرخطر، با خطر متوسط و کم خطر است. در این مقاله ابتدا با استفاده از تجربیات کشورهای توسعه یافته، شاخص خطر تعریف شده برای راه آهن ایران ارایه شده و سپس گذرگاه های ریلی - جاده ای موجود در کل شبکه راه آهن ایران مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج محاسبات بر اساس شاخص خطر و بررسی آمار سوانح ۱۰ سال گذشته سازگاری مناسبی رانشان دادند که براساس آن تدوین برنامه های افزایش ایمنی در گذرگاه ها امکان پذیر می شود.

واژه‌های کلیدی: گذرگاه ها ، تصادف، شاخص خطر، گذرگاههای ریلی - جاده ای

۱. مقدمه

شبکه راه آهن دولتی ایران ۸۰۶۵ کیلومتر طول دارد (مرداد ۱۳۸۴). بیش از ۸۵٪ شبکه ریلی کشور یک خطه است. در این شبکه سالیانه ۱۴/۳ میلیون مسافر جابه جا می شوند و حدود ۲۹ میلیون تُن بار حمل می شود. تعداد کل تقاطع همسطح در کل شبکه ۳۳۴ دستگاه است. از سال ۱۳۷۴ سالانه حدود ۴۴ مورد سانحه و به طور میانگین ۱۰ کشته در تقاطعات همسطح اتفاق افتاده است. در ۱۳۸۳، ۵۸ مورد سانحه برخوردی اتفاق افتاده که ۱۳ مورد آن در تقاطع های فعال با راهبند و ۱۶ مورد در تقاطعات بدون راهبند و مابقی در گذرگاه های غیر رسمی و نقاط غیر گذرگاهی بوده است. تعداد تلفات آنها ۵ کشته و ۱۲ مجروح بوده است.

در ۶ ماهه اول سال ۱۳۸۴، ۱۶ مورد سانحه به وقوع پیوسته که در آنها ۱ نفر کشته و ۵ نفر نیز مجروح شده اند. این سوانح کلاً در سراسر شبکه راه آهن اتفاق افتاده اند [۱].

هدف از اقدامات ایمنی برای تقاطع همسطح بستن برخی تقاطع ها و ارتقاء ایمنی مابقی تقاطع های همسطح است. هدف تعیین شده توسط راه آهن ایران برای حداکثر ۳۰ مورد سانحه در تقاطع های همسطح (در سال) است که در طول چهار سال گذشته هنوز به این هدف نایل نشده است.

برچیدن تقاطع همسطح راه آهن به کندی صورت می گیرد. حدود ۱۰-۱۵ تقاطع همسطح در سال به تقاطع غیرهمسطح تبدیل می شوند، مابقی تقاطع ها عمدتاً از نوع تقاطع باز با جاده

کم ترافیک بوده و صرفاً به منظور دسترسی به مزارع پائین دست راه آهن و ۰۰۰ مورد استفاده قرار می گیرند و راه آهن هیچ گونه مسئولیتی در چنین نقاطی ندارد. جدول (۱) نشان می دهد که نسبت تعداد گذرگاه ها به طول خطوط راه آهن کشور ایران در مقایسه با سایر کشورها کمترین مقدار را دارد. تحلیل آماری نشان می دهد که علت این امر ارزان بودن ساخت زیرگذر یا روگذر در مقایسه با استفاده از سیستم های هوشمند است. در کشور ایران تنها برای نمونه یک گذرگاه با راهبند هوشمند ساخته شده است. نتیجه بررسی فنی و اقتصادی ساخت این راهبند نشان داده است که تبدیل گذرگاه همسطح به غیر همسطح با احداث زیرگذر معادل ۲۰۰ درصد هزینه راهبند هوشمند است. به همین دلیل در طول سالهای گذشته به جای تجهیز تقاطع های همسطح تعداد زیادی از آنها به غیر همسطح تبدیل شده اند. لازم به توضیح است که در گذرگاه هایی که به دلیل داشتن عارضه های مختلف امکان احداث تقاطع غیر همسطح وجود ندارد، استفاده از راهبند هوشمند به عنوان یک راه حل اساسی شناخته شده و بایستی مورد توجه قرار گیرد [3].

۳. بررسی آماری سوانح در گذرگاه ها

شکل ۱ و جدول (۲) آمار مربوط به تصادفات وسائط نقلیه جاده ای - ریلی را در یک دوره ۱۳ ساله بین سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۳ نشان می دهد. تحلیل این سوانح حاکی از آن است که تا سال ۱۳۷۹ روند تصادفات سیر نزولی داشته و در بین سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ یک روند صعودی یافته است. علت افزایش تصادفات را می توان دو خطه شدن مسیر تهران مشهد و افزایش سرعت قطارها در این مسیر، افزایش ترافیک جاده ای در اطراف تهران و ساری بیان کرد. چنان که در نظر باشد سوانح اتفاق افتاده در گذرگاه ها بر حسب نواحی راه آهن تقسیم بندی شوند، ناحیه تهران با ۲۲٪ و ناحیه شمال با ۱۸٪ بیشترین تصادفات را به خود اختصاص می دهند. همان گونه که قبلاً نیز ذکر شد ناحیه تهران دارای حجم زیاد ترافیک ریلی - جاده ای بوده و ناحیه شمال بیشترین تعداد گذرگاه های مجاز و غیر مجاز را دارد. حادثه خیز ترین بلاک راه آهن، بلاک ساری - شهید نوبخت است. این بلاک دارای دو گذرگاه با مستحفظ و پنج گذرگاه بدون مستحفظ است و هیچ یک از سوانح اتفاق افتاده در بلاک مذکور در گذرگاه های با مستحفظ و دارای راهدار رخ نداده است.

اختصاصی با حجم ترافیک کم هستند. به ویژه برای تقاطع هایی که به منظور افزایش ایمنی اقدامات کم هزینه ای (یعنی بهسازی روسازی خط در محدوده تقاطع و تجهیز کامل تقاطع به سیستم علائم هشدار) مورد نیاز اند [۲].

در این مقاله ابتدا وضعیت گذرگاه های راه آهن ایران بررسی و با سایر کشورهای جهان مقایسه می شود. سپس ضمن بررسی شاخص خطر راه آهن ایران، تحلیل آماری در مورد سوانح رخ داده در سالهای گذشته، صورت می گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده یک برنامه اجرایی برای کاهش سوانح پیشنهاد می شود.

۲. وضعیت آماری گذرگاه های راه آهن ایران و

مقایسه آن با سایر کشورها

طول خطوط راه آهن ایران تا پایان شهریور سال ۱۳۸۴، ۸۰۶۵ کیلومتر بوده و در کل شبکه ۲۷۴ گذرگاه مجاز و ۶۰ گذرگاه غیر رسمی وجود دارد. ابتدا انواع گذرگاه های مجاز و غیر مجاز تعریف شده و سپس به مقایسه آن با سایر کشورهای پرداخته می شود.

۱-۲ گذرگاه های مجاز با راهبند

این گذرگاهها، گذرگاههای پرتراffیکی هستند که راهبند دستی یا الکتریکی دارند. باتوجه به این که جاده قبل از احداث راه آهن موجود بوده، در مقررات راهنمایی و رانندگی ضوابط خاصی برای آنها تعریف شده است.

۲-۲ گذرگاه های مجاز بدون راهبند

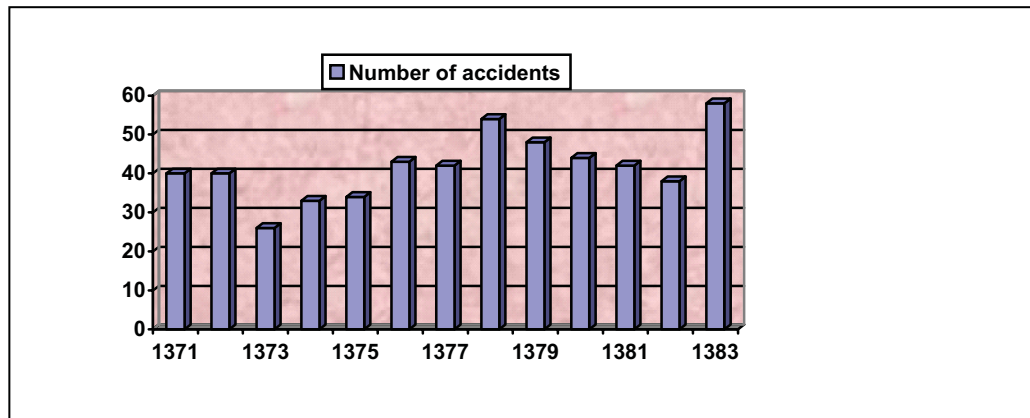
گذرگاههای کم ترافیکی هستند که راهبند نداشته و با توجه به اینکه جاده قبل از احداث راه آهن موجود بوده بنابراین همانند گذرگاه های فوق الذکر از نظر راه آهن مجازند.

۳-۲ گذرگاه های غیر رسمی

گذرگاهی که پس از احداث راه آهن و به دلیل ضرورت احداث جاده و راه دسترسی به طرف دیگر به وجود آمده است. از نظر قانونی چنین گذرگاهی تعریف نشده و اگر سانحه ای رخ دهد وسیله نقلیه جاده ای مقصر است. عموماً چنین جاده هایی بسیار

جدول ۱. طول خطوط، تعداد گذرگاهها و نسبت تعداد گذرگاهها به طول خطوط راه آهنهای ده کشور دنیا (سال ۱۳۸۴)

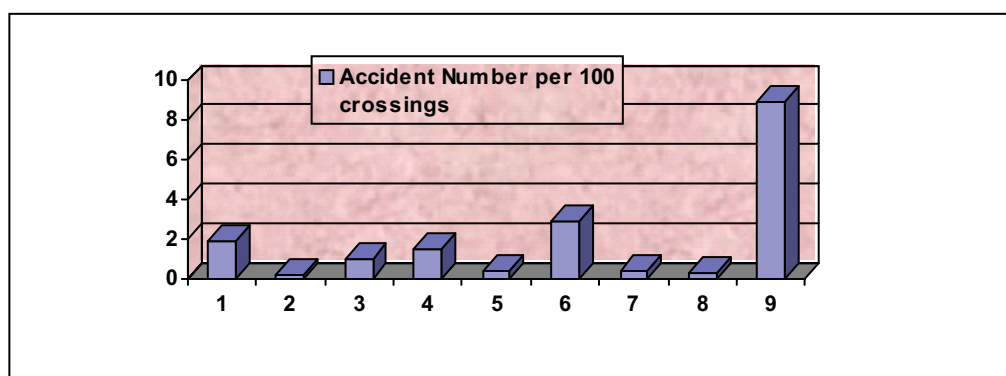
کشور	آمریکا	ایران	بنگلادش	روسیه	ژاپن	فرانسه	فیلیپین	هلند	هند	ویتنام
طول خطوط A	۲۱۲۴۰۰	۸۰۶۵	۲۷۳۴	۸۶۱۵۱	۲۷۲۳۰	۳۱۲۰۰	۴۸۴	۲۸۰۸	۶۲۴۹۵	۲۷۱۲
تعداد گذرگاهها B	۲۵۳۱۲۹	۳۳۴	۲۱۴۹	۱۳۵۸۱	۳۷۳۲۶	۱۷۵۱۴	۳۰۸	۲۹۶۴	۴۰۴۴۵	۴۸۴۲
ضریب B/A	۱/۱۹	۰/۰۴	۰/۷۹	۰/۱۶	۱/۳۷	۰/۵۶	۰/۶۴	۱/۰۶	۰/۶۵	۱/۰۷۹



شکل ۱. تعداد سوانح در سالهای ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۳

جدول ۲. آمار سوانح برخوردی تقاطعات راه آهن ج.ا.ا. در سالهای ۱۳۷۱-۱۳۸۳

Year	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383
Num.	40	40	26	33	34	43	42	54	48	44	42	38	58



شکل ۲. تعداد سوانح برخوردی بازای هر ۱۰۰ گذرگاه در کشورهای اروپایی و ایران:

۱- بلژیک، ۲- دانمارک، ۳- فرانسه؛ ۴- آلمان؛ ۵- انگلستان؛ ۶- هلند؛ ۷- نروژ؛ ۸- سوئد؛ ۹- ایران

خلال سالهای (۱۳۷۸-۱۳۸۱) یک جهش ناگهانی پیدا کرده است. نرخ تصادفات در گذرگاه های همسطح در سال ۱۳۸۰ در مقایسه با سال ۱۳۷۹، ۲۴٪ و در مقایسه با سال ۱۳۷۸، ۱۷٪ رشد داشته است، در حالی که این رشد نسبت به سال ۱۳۷۸، ۱۵/۱٪ است [7]. اگر سوانح برخوردی اتفاق افتاده از بعد دیگری بررسی شوند، ملاحظه می شود که سوانح برخوردی بجز گذرگاه های تعریف شده، در نقاط دیگری نیز اتفاق می افتند. بررسی انجام شده در این خصوص نشان می دهد که ۱۵ درصد سوانح در گذرگاه های با راهبند، ۳۰ درصد در گذرگاه های بدون راهبند، ۲۵ درصد در گذرگاه های غیر رسمی و ۳۰ درصد در نقاط غیر گذرگاهی به وقوع می پیوندند. با توجه به برنامه تبدیل گذرگاه های همسطح به غیر همسطح [8] روز به روز سوانح برخوردی در نقاط غیر گذرگاهی افزایش می یابند. به همین دلیل بایستی در شناسایی و اولویت بندی نقاط پر خطر، این موارد نیز مد نظر قرار گیرند.

۴. خطرات نسبی گذرگاهها براساس شاخص خطر

استفاده از شاخص های خطر مزایای بسیاری در بردارد. عملاً برای شناسایی گذرگاههایی که بیشتر از همه نیازمند اقدامات ایمنی و بهبود وضعیت اند، بایستی روشی تعریف شود تا بتوان اولویت بندی یا رتبه بندی گذرگاه ها را تعیین کرد. در راه آهن های مختلف، مطالعات زیادی صورت گرفته و شاخص هایی براساس معیارهایی چون تعداد وسایط نقلیه ریلی، تعداد وسایط نقلیه جاده ای، عوامل دید، تعداد خطوط، سوابق سوانح اتفاق افتاده در گذرگاه، زاویه تقاطع بین جاده و خط آهن، سرعت قطارها، نوع و عرض جاده، سیستم کنترل گذرگاه، هندسه خط و جاده، ... تعریف و مورد استفاده قرار گرفته است. در این بند چند نمونه از شاخص های تعریف شده برای خطوط راه آهن ارائه خواهد شد.

۴-۱ شاخص خطر نیوزیلند

این شاخص در سال ۱۹۹۷ [5]، با در نظر گرفتن چهار عامل تعداد قطارهای عبوری در طول شبانه روز (TN) تعداد وسایط نقلیه ریلی در شب و TD) تعداد وسایط نقلیه ریلی در روز)، متوسط تعداد وسایط نقلیه ای جاده ای در هر روز (RV)، عوامل دید (VF) و تعداد خطوط (HF) تعریف شده است.

$$HI = (2TD + TN)RV \times VF \times HF \quad (1)$$

در سال ۱۳۸۰ تصادفات جاده ای - ریلی به ترتیب ۳۷/۴۱٪، ۳۷/۴۱٪ و ۲۵/۱۸٪ توسط قطارهای باری، مسافری و سایر وسایل ریلی اتفاق افتاده اند. همچنین نوع و سهم وسایل نقلیه جاده ای که در برخورد با قطارها دچار سانحه شده اند به ترتیب سواری و وانت ۴۸/۲٪، کامیون و تریلر ۲۲/۳٪ و موتور سیکلت ۱۴/۳۹٪، تراکتور ۸/۶۳٪ و سایر وسایل ۴/۴۸٪ بوده است.

در صورتی که بخواهیم تعداد سوانح اتفاق افتاده در هر ۱۰۰ تقاطع همسطح را بعنوان معیاری برای تحلیل سوانح محسوب کنیم [4]. متأسفانه وضعیت سوانح راه آهن ایران با کشورهای اروپایی قابل مقایسه نیست. اگر متوسط ده ساله سوانح را مدنظر قرار دهیم در آن صورت تعداد سوانح اتفاق افتاده به ازای هر ۱۰۰ تقاطع برابر ۸/۹ خواهد بود. شکل ۲ نمودار میله ای تصادفات چند کشور اروپایی و ایران را نشان می دهد [4].

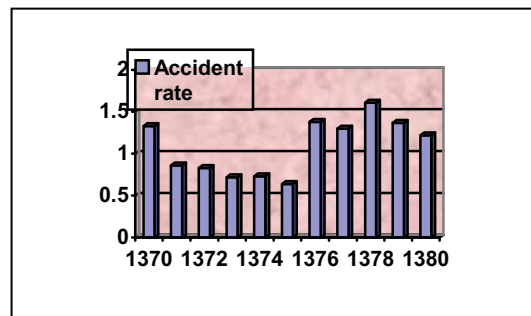
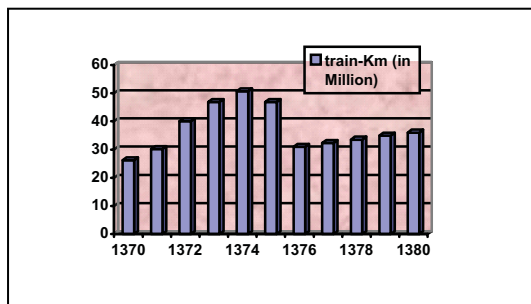
البته این آمار چون مربوط به سالهای گذشته بوده و در آن سالها تعداد گذرگاه ها ۳۱۴ گذرگاه رسمی و حدود ۱۷۰ گذرگاه غیر رسمی و غیر مجاز بوده و متوسط ۴۴ سانحه برآورد شده است. اگر بخواهیم کاهش تعداد گذرگاهها را منظور کرده و سوانح را بر اساس سالهای اخیر محاسبه کنیم، وضعیت به مراتب نامساعدتر خواهد شد. علاوه بر تعداد تصادفات که به عنوان شاخص در تحلیل آماری ایمنی گذرگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد از شاخص جهانی دیگری تحت عنوان «نرخ تصادفات» نیز استفاده می شود که به صورت تقسیم تعداد تصادفات بر میلیون قطار کیلومتر گذرنده از گذرگاهها همسطح هر کشور تعریف می شود.

در شکل ۳ عدد قطار - کیلومتر کشور و تعداد و نرخ تصادفات برای دوره ده ساله نشان داده شده است. در خلال سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۲، عدد قطار-کیلومتر داری یک روند صعودی (با شیب ۹۴٪) بوده است که این رشد بیشتر به علت افزایش قطار-کیلومتر در سالهای ۱۳۷۷-۱۳۷۵ به دست آمده است.

همچنین تعداد تصادفات گذرگاهی یک روند صعودی (با شیب ۸۰٪) را طی کرده است، در حالی که نرخ تصادفات دارای روند نزولی با شیب ۱٪ است.

به عبارت دیگر نرخ تصادفات گذرگاههای کشور تقریباً ثابت بوده است و افزایش تعداد تصادفات متناسب با افزایش عدد قطار - کیلومتر است. متوسط تصادفات برای دوره مذکور ۳۸/۳ و متوسط نرخ تصادفات ۱/۱۳ است. یادآوری می شود که نرخ تصادفات گذرگاهی تا سال ۱۳۷۷ روند نزولی داشته، اما در

مدیریت راه آهن ایران در برنامه دراز مدت، ابتدا جمع آوری اطلاعات مدیریتی و تکمیل شناسنامه گذرگاه های همسطح را در دستور کار خود قرار داده است. در این مرحله طی مدت یکسال شناسنامه و آمار تمامی گذرگاه ها به تفکیک ۱۲ ناحیه جمع آوری شده و پس از پردازش به صورت فرمت های خاصی طبقه بندی شده اند، به طوری که امکان بهنگام سازی اطلاعات به سادگی امکان پذیر است. سپس از روی این شناسنامه ها و تصادفات های به وقوع پیوسته در سالهای گذشته، گذرگاه های سانحه زا شناسایی شدند. همچنین نواقص موجود در امکانات مربوط به علائم، ارتباطات، روسازی راه آهن و تجهیزات مربوط به گذرگاه ها مشخص شده و در برنامه کوتاه مدت بهسازی و تکمیل آنها در برنامه اجرایی قرار گرفتند. طبق تعریف، تقاطع های سانحه زا به تقاطع هایی اطلاق می شوند که در طول دوره مطالعات بیش از یک سانحه، بیش از یک کشته و بیش از یک زخمی داشته باشند. همزمان با شناسایی گذرگاه های سانحه زا، تعریف و محاسبه شاخص ریسک خطر [IP] با استفاده از تجارب کشورهای دیگر در برنامه دراز مدت قرار گرفت [5].



شکل ۳. شاخص قطار - کیلومتر راه آهن ایران بر حسب تصادفات و نرخ تصادفات در یک دوره ۱۱ ساله

در سال های قبل طبقه بندی گذرگاه های همسطح بر اساس شاخص خطر ساده ای به شکل زیر انجام می شد:

$$IP = \quad (5)$$

۲-۴ شاخص خطر نیوهمپشایر (New Hampshire)

این شاخص به طور کلی به صورت زیر تعریف شده و سپس اصلاحات زیادی روی آن اعمال شده است:

$$HI = V \times T \times P_f \quad (2)$$

که در آن: V: میانگین ترافیک روزانه سالیانه، T میانگین ترافیک روزانه قطار و P_f عامل محافظت که برای راهبندهای اتوماتیک ۰/۱، برای چراغ های چشمک زن ۰/۶ و برای گذرگاه هایی که فقط از علائم ثابت استفاده می کنند منظور شده است. همان گونه که قبلاً نیز ارایه شد رابطه فوق به مرور تکمیل شده و روابط متعددی برای استفاده در ایالات مختلف آمریکا پیشنهاد شده است که در زیر به چند نمونه از آن اشاره می شود.

$$HI = V \times T \times \frac{(TT + TTR + SD + AN + AL + L + G + VSD + W + LI)}{100} \quad (3)$$

که در آن:

TT ضریبی برای نوع عبور قطارها، TTR عاملی برای نوع خطوط ریلی، SD عامل مسافت دید، AN فاکتوری برای زاویه تقاطع، AL عاملی برای وضعیت مسیر جاده، L عاملی برای تعداد باندهای جاده، G عاملی برای شیب مسیر، VSD عاملی برای مسافت دید قائم، W عاملی برای عرض گذرگاه، LI عاملی برای شرایط محلی تعریف شده اند. شاخص دیگر:

$$HI = 0.1 \times P_f \times (A_f)(T) + (AN)(NTR)(S)(0.5L) + TSL \left(FC \times P \right) + \frac{VSD}{10000} + SB \quad (4)$$

که در آن NTR عاملی برای تعداد خطوط، S عاملی برای نوع روسازی، TS عاملی برای سرعت قطارها، FC عاملی برای طبقه بندی جاده، P عاملی برای جمعیت و SB تعداد اتوبوس های مدرسه است.

۳-۴ شاخص خطر راه آهن ایران

آمار فوق نشان می دهد که مسائل مربوط به ایمنی در گذرگاه های ریلی - جاده ای کشور به خوبی تأمین نشده و هر ساله شاهد سوانح ناگواری در این نقاط هستیم. راه آهن ج.ا.ا. به منظور کاهش سوانح، برنامه ایمن سازی گذرگاه ها را به صورت دو برنامه: الف- بلند مدت ب- کوتاه مدت، تعریف و به مرحله اجرا رسانده است.

برای منظور کردن اثرات افزایش سرعت قطارها در ترافیک ریلی گذرگاهها ضریبی به نام تأثیر سرعت وسائط نقلیه ریلی به شرح جدول (۳) تعریف و اعمال شده است.

جدول ۳. ضریب تأثیر سرعت

سرعت	α_v
$V \leq 60 \text{ Km/h}$	$\alpha_v = 1$
$60 < V \leq 80 \text{ Km/h}$	$\alpha_v = 2.1$
$80 < V \leq 120 \text{ Km/h}$	$\alpha_v = 3.1$
$120 < V \text{ Km/h}$	$\alpha_v = 6.1$

د. ضریب اهمیت جاده α_k

با توجه به نوع جاده و اهمیت آن ضریب تأثیر اهمیت جاده α_k مطابق جدول (۴) تعریف و اعمال شده است.

جدول ۴. ضریب اهمیت جاده

نوع جاده	α_k
خاکی روستائی	۰.۸
آسفالت کم عرض	۱.۰
آسفالت دوطرفه	۱.۲
آزادراهها	۱.۴

ه. تعداد خطوط ریلی در گذرگاه NTL

تعداد خطوط ریلی در گذرگاه عامل مؤثر دیگری است که اهمیت تبدیل گذرگاه را نشان می دهد. در داخل ایستگاه ها و خطوط دوخطه و سه خطه این ضریب ظاهر می شود.

و. ضریب تأثیر مسافت دید برای جاده KVR

وجود قوس و موانع فیزیکی دیگر در گذرگاه ها، باعث کاهش مسافت دید (هم در مسیر ریلی و هم در جاده) و در نتیجه افزایش احتمال برخورد می شوند. ضریب تأثیر مسافت دید با در نظر گرفتن موارد فوق تعریف شده و اثرات آنها در اولویت بندی گذرگاه ها و شاخص ریسک خطر ظاهر می شود.

در جدول (۵) ضریب تأثیر مسافت دید در وضعیت های گوناگون تعریف شده است.

ز. ضریب زاویه تقاطع (AN)

تعداد قطارهای عبوری در روز * (تعداد وسائط نقلیه جاده ای در یک شبانه روز)

ولی استفاده از این فرمول با توجه به تنوع گذرگاههای همسطح و وجود پارامترهای تعیین کننده دیگر، کاربرد چندانی نداشته و نتیجه مطلوبی ارایه نمی کرد، از این رو راه آهن ایران با استفاده از تجارب کشورهای دیگر محاسبه شاخص ریسک (IP) را سازگار با شرایط گذرگاه های راه آهن ایران ارایه کرد [۶]. این شاخص عوامل و پارامترهای بیشتری را در نظر گرفته و نتیجه مطلوب تری برای تعیین اولویت گذرگاهها در بردارد.

(۶)

$$P = 1/4 * NRWV * NRV * \alpha_v * (\alpha_k + NTL + KVR + AN)$$

که در آن پارامترها به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفته اند:

الف. تعداد وسائط نقلیه ریلی

تعداد قطارهای گذرنده در طول شبانه روز به عنوان پارامتر مهمی در تعیین ریسک خطر در نظر گرفته شده و با نماد $NRWV$ نشان داده شده است.

ب. تعداد وسائط نقلیه جاده ای

تعداد وسائط نقلیه گذرنده در طول شبانه روز به عنوان پارامتر مهم جاده ای در تعیین ریسک خطر منظور شده و با نماد NRV نشان داده شده است. در این بررسی برای اعمال اثرات وسائط نقلیه سنگین مانند تراکتور، ماشین آلات راهسازی ضریب تأثیر نوع وسیله تعریف و به شرح زیر اعمال شده است:

$$NRV = NLV + \alpha NHGV + \beta NRCV + \gamma NT \quad (7)$$

که در آن:

NLV : تعداد وسائط نقلیه سبک

$NHGV$: تعداد وسائط نقلیه سنگین

$NRCV$: تعداد ماشین آلات راهسازی

$a = 2$: ضریب تأثیر نوع وسیله نقلیه سنگین

$\beta = 3$: ضریب تأثیر نوع ماشین آلات راهسازی

$\gamma = 3.5$: ضریب تأثیر تراکتور

ج. ضریب تأثیر سرعت وسائط نقلیه ریلی α_v

با در نظر گرفتن افزایش سرعت در بعضی از مسیرها، افزایش ترافیک جاده ای و ریلی، دوخطه شدن بعضی از خطوط، بازنگری اساسی در تغییر نوع تقاطع‌ها و تجهیز آنها به عنوان یک حرکت جدی در برنامه راه‌آهن ج.ا.ا قرار گرفته است. جدول (پیوست ۱) پیشنهادهاى اولیه برای تغییر حالت را نشان می دهد. لازم به یادآوری است که مشکلات اجرایی موجود در تبدیل تقاطع های همسطح به عنوان معیار اصلی برای تبدیل نوع تقاطعات مطرح اند. اقدامات اساسی در گذرگاه ها به منظور افزایش ایمنی در کوتاه مدت به شرح زیرند [3]:

- برقی کردن راهبندها در تقاطعات با راهبند مکانیکی برای تسریع بستن مسیر جاده ای توسط راهداران به عنوان اقدام مهم دیگر پیش بینی شده است.

ابتدا به صورت آزمایشی نمونه ای از راهبندهای مکانیکی به الکتریکی تبدیل شد. در این پروژه سعی شد که قابلیت مکانیکی بودن راهبند برای مواقع اضطراری، داشتن کنترل از راه دور برای پایین آوردن بوم راهبند در راهبند اصلاح شده باقی بماند. در یک برنامه شش ماهه تمام راهبندهایی که امکان تأمین برق آنها وجود دارد به راهبندهای برقی - مکانیکی تبدیل خواهند شد.

- بهسازی روسازی راه‌آهن در محل گذرگاه به منظور تسریع در زمان تخلیه محل گذرگاه و راحتی عبور وسائط نقلیه جاده ای و از بین بردن احتمال توقف وسائط نقلیه سنگین در روی خط اقدام مهم دیگری است که در برنامه اجرایی راه آهن قرار گرفته است.

- نصب سیستم های هشدار دهنده جاده ای از قبیل چراغ چشمک زن قرمز و هشدار دهنده صوتی برای متوجه کردن رانندگان جاده و افزایش آمادگی آنها برای توقف در محدوده مجاز تاثیر بسزایی در افزایش ایمنی گذرگاه ها دارد.

- آموزش راهداران و بازآموزی سالانه آنها،
- افزایش فاصله راهبند از محور خط،
- نصب علائم جاده ای و ریلی،
- نصب سرعت گیر در نقاط تعریف شده،
- اضافه کردن راهبند تا مسیر پیاده و دوچرخه رو،
- اضافه کردن نوارهای مخصوص به منظور هشدار کاهش سرعت به راننده، نصب سرعت گیرها در فاصله ۲۰ متری و یا سرعت گیر عریض به عرض ۵ متر در نزدیکی خط توقف،

زاویه تقاطع جاده با خط آهن عامل مهم دیگری است که در شاخص ریسک خطر مؤثر است. در جدول (۶) این ضریب بر حسب زاویه برخورد جاده با خط آهن تعریف شده است.

جدول ۵. ضریب تأثیر مسافت دید برای جاده KVR

وضعیت	KVR
جاده در قوس، مسافت دید متوسط و گذرگاه در مسیر مستقیم	۱/۲
جاده در قوس، مسافت دید کم و گذرگاه در مسیر مستقیم	۱/۴
جاده در قوس، مسافت دید متوسط و گذرگاه در قوس	۱/۵
جاده در قوس، مسافت دید کم و گذرگاه در قوس	۱/۷

جدول ۶. ضریب زاویه تقاطع

α	AN
$\alpha=90$	1
$60 < \alpha \leq 90$	1.2
$30 < \alpha \leq 60$	1.5
$\alpha \leq 30$	2

حال با توجه به تعریف شاخص خطر در کشور و انتخاب گذرگاههای سانحه زا از طریق بررسی آماری، در جدول پیوست ۱ نتایج محاسبات انجام شده و شاخص های خطر گذرگاه های سانحه زا ارائه شده است. این جدول نشان می دهد که گذرگاههای سانحه زا (بر اساس آمار سوانح اتفاق افتاده در ۱۰ سال گذشته) شاخص خطر بزرگی دارند.

۵. راه حل های اساسی برای افزایش ایمنی در

گذرگاه های سانحه زا

به منظور افزایش ایمنی گذرگاه ها، ابتدا تعریف جامع و کاملی از گذرگاه ها، تجهیزات، اجزای روسازی، سیستم ارتباطات، علائم ریلی و جاده ای و ... صورت گرفت. با توجه به تعریف جامع انجام شده شناسنامه گذرگاه ها برای کلیه گذرگاهها به تفکیک نواحی ۱۲ گانه تکمیل شد. پس از تکمیل شناسنامه گذرگاهها مشخص شد که می توان با اقدامات کوتاه مدت، ایمنی در این گذرگاهها را افزایش داد. یکی از اقدامات مهم کوتاه مدت تغییر نوع تقاطع است.

- نصب علایم بالاسری،
 - نصب جدا کننده فیزیکی جاده های دوطرفه.
 - و جداکردن ترافیک جاده ای سنگین و سواری در گذرگاهها
- نکته قابل توجهی که به دست آمد این بود که گذرگاه های ساخته زا بر اساس آمار سوانح اتفاق افتاده در ۱۰ سال گذشته شاخص خطر چشمگیری را نشان دادند. همچنین بجز نتیجه فوق نتایجی نیز از تحلیل های آماری به دست آمدند:

۱- سوانح گذرگاهی برحسب قطار- کیلومتر تقریباً روند نزولی داشته اند.

۲- تعیین اولویت گذرگاهها برحسب شاخص خطر نتایج مطلوب تر و واقع بینانه تری را نشان داده است. به این ترتیب در برنامه بلند مدت گذرگاههای پرخطر شناسائی شده و در برنامه تبدیل تقاطعات همسطح به غیرهمسطح قرار خواهند گرفت.

۳- روشهای افزایش ایمنی با هزینه های کم در برنامه کوتاه مدت قرار گرفته و پیش بینی می شود که تا پایان ۱۳۸۸، ۲۰٪ کاهش سوانح گذرگاهی در مقایسه با متوسط برنامه سوم توسعه صورت گیرد.

۶. نتیجه گیری

تجربه چندین سال گذشته نشان می دهد که پیاده سازی سیستم مدیریت گذرگاهها و برنامه های کوتاه مدت و دراز مدت توانسته است در افزایش ایمنی گذرگاهها نقش اساسی را بازی کند. اولین گام در این سیستم تهیه و جمع آوری اطلاعات مربوط به گذرگاه ها و IT Base کردن آنها است. در این مقاله ضمن ارایه چند شاخص از خط راه آهن های مختلف، روشهای افزایش ایمنی در برنامه کوتاه مدت و دراز مدت راه آهن ایران تشریح شده و اثرات آن در چندین سال گذشته نشان داده شد. با توجه به شاخص تعریف شده برای راه آهن ایران و محاسبه آن برای تمامی گذرگاه های ریلی_جاده ای کشور، اولویت آنها برای تبدیل به حالت غیر همسطح تعیین شد.

۷. مراجع

5. Patterson, T. (2004) "Review of criteria to prioritize level crossings", Land Transport Safety Authority, New Zealand.

۶. راه آهن جمهوری اسلامی ایران، گروه مطالعات فنی (۱۳۸۳) "بررسی گذرگاههای همسطح راه آهن ایران"، اداره کل خط و ابنیه فنی، راه آهن جمهوری اسلامی ایران،

۷. افندی زاده، ش. (۱۳۸۳) " دستورالعمل ایمن سازی تقاطعات همسطح راه آهن"، پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری.

8. Zakeri, J. A., Ayan, V. (2000) "Study and eliminating 122 level crossings in 3rd. Economical – Social Development Plan of Iranian Government", Proceedings of 7th. Conferences in Transportation Engineering, Tehran.

۱. راه آهن جمهوری اسلامی ایران، اداره کل حفاظت و ایمنی سیر و حرکت (۱۳۸۳) " گزارش سالیانه سوانح ریلی راه آهن ج. ا. ا."

۲. پاکدل هوشنگ (۱۳۷۸)، " گذرگاههای همسطح راه آهن ج. ا. ا." گزارش فنی، اداره کل خط و ابنیه فنی، راه آهن جمهوری اسلامی ایران، تهران.

3. Zakeri, J. A. (2004) "Iranian railways strategies for reducing accident risks in crossings", Proceedings of 8th. International Level Crossings Symposium, Sheffield University, UK, April 2004.

4. UIC (2002) "Prevention of level crossing accidents and mitigation of effects, learning from experience".

(Technical- Note)

Identifying Rail Road Level Crossings with High Accidents on the Basis of Hazard Index

*J.A. Zakeri, Assistant Professor, Department of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
E-mail: zakeri@iust.ac.ir*

ABSTRACT

Geometric conditions of road and railroad in their cross- points has fundamental role in increasing or reducing the number of accidents occurring between rolling stocks and road vehicles. In addition, traffic intensity, rail route system, type of crossing road vehicle, type of road super structure (asphalt, sandy and ground), crossing signaling system and sight distance (which is dependent to the crossing geometrical situation) are other parameters affecting the number and severity of the accidents. Considering the above mentioned points, the primary step to make the level crossings safety is prioritization and categorization of the crossings in higher, intermediate and low risky groups. In this paper, hazard index has been primarily defined considering the situation level crossings in Iran, by using experiences of some developed countries and then the existing level crossings in rail-road transportation network has been studied. In spite of increased number of rails as well as road vehicles, irregular development of the cities etc...., it is predicted that up to the end of the Fourth Social, Economic and Cultural Development Plan of the Country, accident rate in level-crossings will be reduced to 20%, by fulfillment of the mentioned plan in Iran, and also it will be reduced from 44 average per year in the Third Plan to 30 accidents during the Fourth Plan.

Statistical data analysis also showed some other results as follows:

- 1- The level crossing accidents according to train – Km have had a descending trend,
- 2- Specifying priorities of crossings according to the risk index has had more desirable and more realistic results
- 3- The low cost safety measures have been considered in the short term plans and it is assumed that until the end of 2009, a 20% reduction will be witnessed in the crossings accidents compared to that of the Third National Development Plan.

Keywords: Level crossing, accident - hazard index