بررسی علل و عوامل سوانح ریلی ناشی از فرار قطار با محموله کالاهای خطرناک و نقش آن در وقوع سانحه (مطالعه موردی: ایستگاه خیام)

مقاله علمی – پژوهشی

محسن عموزاده عمرانی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران
ابراهیم هادیزاده رئیسی، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
امیر حاجی میرزاجان، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول Mo.Omrani@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰– پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۵
صفحه ۹۰-۷۵

چکیده

امروزه حمل‌ونقل ریلی به دلیل ضریب ایمنی بالا و آلودگی زیست‌محیطی مطلوب سهم عمده‌ای در جابه‌جایی بار و مسافر داشته و به‌واسطه استفاده از فناوری‌هایی نوین مانند سیستم‌های کنترل خودکار در سگنالینگ، ارتباط و کنترل قطارها ضمن افزایش سرعت سیر و ظرفیت بهره‌برداری از خطوط در حوزه ایمنی نیز تعداد سوانح ریلی کاهش‌یافته است. کشور ما از جمله کشورهای غنی از نظر منابع نفت و گاز و محصولات پتروشیمی است که نیاز به حمل این محصولات جهت مصارف داخلی و خارجی وجود دارد. از طرفی باتوجه‌به موقعیت استراتژیکی کشور که در مرکز کریدورهای شمال به جنوب و شرق به غرب قرار گرفته است، کشورهای دارای منابع نفت و گاز هم‌جوار اغلب ناگزیر به ترانزیت نفت و گاز صادراتی خود از طریق خطوط ریلی ایران هستند. لذا به‌منظور افزایش ایمنی و جلوگیری از وقوع سانحه، حمل‌ونقل کالاهای خطرناک از طریق ریلی باید با رعایت کلیه اصول ایمنی از قبیل رعایت قوانین تخلیه و بارگیری، انتخاب واگن‌های مناسب با شرایط حمل کالاهای خطرناک و نیز برچسب‌گذاری واگن‌ها صورت پذیرد. در این مقاله، سوانح ریلی مرتبط با فرار قطارها در جهان و به‌عنوان مطالعه موردی، سانحه و انفجار واگن‌های حمل بار در ایستگاه خیام مورد بررسی قرار گرفته و به علل و عوامل بروز این‌گونه سوانح پرداخته شده که مهم‌ترین آنها عبارتند از: عملکرد نامناسب و نقص در سیستم ترمز قطارها، تنظیم نامناسب ترمز در طی فرایند تست ترمز، عدم تناسب و همخوانی محموله‌های موجود در واگن‌های متوالی و تعویض لوکوموتیو. همچنین راهکارهایی جهت پیشگیری و ارتقای ایمنی ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، ناوگان ریلی، سانحه ریلی خیام، خط آهن، کالاهای خطرناک

۱- مقدمه

از زمانی که اولین راه‌آهن حمل مسافر و کالا با قوه بخار در سال ۱۸۲۵ میلادی در کشور انگلستان مورد بهره‌برداری قرار گرفت؛ حمل ایمن و سریع به‌عنوان مهم‌ترین ره‌آورد این شیوه حمل‌ونقل در مسیرهای پرتردد مطرح شد. با نگرشی به تاریخچه احداث خطوط ریلی در دنیا در می یابیم که اولین هدف بشر از احداث خطوط ریلی، ایجاد مسیری سریع و ایمن جهت استفاده در معادن و حمل بار از داخل معادن به کارخانجات بوده است. امروزه استفاده از ناوگان ریلی جهت حمل بار با استقبال زیادی در سراسر جهان مواجه شده است، این امر به دلیل مزایای حمل‌ونقل ریلی نسبت به سایر سیستم‌های حمل‌ونقل است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به بالا بودن ضریب ایمنی سیر، ظرفیت بالای جابه‌جایی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهره‌وری مطلوب اقتصادی در مقایسه با سایر شیوه‌های حمل‌ونقل نام برد. در کشور ایران نیز حمل بار توسط ناوگان ریلی سهم عمده‌ای از حمل‌ونقل کالا را به عهده دارد به‌طوری‌که در سال ۱۴۰۰ میزان بار خالص حمل شده جهت صادرات از مرزهای ریلی در خطوط ریلی به رکورد بیش از ۱۸۰۰ تن رسیده است که این رقم باتوجه‌به

افزایش قیمت محصولات جهانی در حال ترانزیت از کریدورهای ریلی کشور همچنان در حال افزایش می‌باشد (دفتر فناوری اطلاعات و هوشمندسازی راه‌آهن ج.ا.ا، ۱۴۰۰).

همچنین حمل مواد خطرناک نظیر مواد اسیدی آمونیاک و دیگر مواد اشتعال‌زا و سمی با قطار در سایر کشورها از سال ۱۹۹۷ الی ۲۰۰۲ میلادی باتوجه‌به لزوم رعایت استانداردهای ایمنی در سیر با افزایش ۶۳٪ مواجـه شده است؛ لذا باتوجه‌به این که بخش عمده‌ای از بار حمل شده در خطوط ریلی در زمره کالاهای خطرناک هستند، ایجاد زمینه مناسب و خطوط ریلی ایمن جهت عبور ناوگان ریلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (نوریان،۲۰۱۵).

باتوجه‌به اهمیت موضوع حمل کالاهای خطرناک در بخش بعد ابتدا به معرفی و دسته‌بندی ماهیت کالاهای خطرناک می‌پردازیم. سپس به بررسی سوانح مربوط به فرار قطار پرداخته و در این رابطه یکی از مهم‌ترین سوانح تاریخ ریلی کشور یعنی سانحه ریلی ایستگاه خیام که در نتیجه سیر ناایمن کالاهای خطرناک شکل گرفت را مورد کنکاش قرار خواهیم داد. در نهایت ضمن بررسی سوانح ریلی مشابه در به دنبال یافتن دلایل کلیدی بروز حمل کالاهای خطرناک در حمل‌ونقل ریلی و چالش‌ها و راه کارهای مواجه با آن خواهیم پرداخت.

۲- کالای خطرناک و دسته‌بندی آن‌ها

کالاهای خطرناک عبارت‌اند از مواد یا محصولاتی که در هنگام جابه‌جایی، عملیات تخلیه و بارگیری یا نگهداری ممکن است باعث انفجار، آتش‌سوزی، خرابی تجهیزات فنی و یا خرابی سایر بارها و نیز مرگ، آسیب، مسمومیت، سوختگی ناشی از تشعشع و یا بیماری انسان یا حیوان گردد (لاریجانی،۱۳۸۵). امروزه شناسایی و مدیریت صحیح حمل کالاهای خطرناک در صنعت حمل نقل باتوجه‌به زمینه قوانین بین‌المللی متعدد منطقه‌ای و بین‌المللی مصوب از اهمیت ویژه برخوردار است. این قوانین ابتدا باتوجه‌به تهدید جانی و مالی حمل این کالاها در صنعت دریایی به‌عنوان یک سند حقوقی ایجاد گردید. اولین قانون در این زمینه در سال ۱۹۱۴ در بریتانیا تحت عنوان کنوانسیون ایمنی جان اشخاص در دریا تصویب شد که شامل قوانینی در ارتباط با حمل‌ونقل دریایی کالاهای خطرناک برگرفته از قوانین مصوب کشور انگلستان بود (ولر، ۱۹۱۴). اما اکنون سازمان‌های بین‌المللی و کنوانسیون‌های منطقه‌ای و حتی کشورهای مختلف با تصویب قوانین مرتبط با حمل کالاهای خطرناک در پی حذف احتمال وقوع سوانح در حمل‌ونقل خود هستند. دراین‌رابطه شورای اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد مدل شناسایی و توصیه‌هایی در مورد حمل‌ونقل کالاهای خطرناک منتشر نموده است که خود به‌عنوان الگوی شناسایی و حمل کالای خطرناک سازمان ملل اساس اکثر طرح‌های نظارتی بین‌المللی، منطقه‌ای، ملی را تشکیل می‌دهد (سازمان ملل متحد، ۱۹۹۳). به‌عنوان‌مثال، سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی (ایکائو) مقررات کالاهای خطرناک را برای حمل‌ونقل هوایی مواد خطرناک ایجاد کرده است که بر اساس مدل سازمان ملل متحد است، اما برای سازگاری با جنبه‌های منحصربه‌فرد حمل‌ونقل هوایی اصلاح شده است. به طور مشابه، سازمان بین‌المللی دریانوردی (ایمو) کد بین‌المللی کالاهای خطرناک دریایی (کد IMDG) را برای حمل‌ونقل کالاهای خطرناک از طریق دریا ایجاد کرده است (ایمو،۲۰۱۷). در صنعت حمل‌ونقل ریلی، سازمان بین‌دولتی حمل‌ونقل بین‌المللی از طریق راه‌آهن (با مخفف فرانسویOTIF)، مقررات مربوط به حمل بین‌المللی کالاهای خطرناک از طریق راه‌آهن را تدوین کرده است. بسیاری از کشورها همچنین مقررات حمل‌ونقل کالاهای خطرناک خود را به‌گونه‌ای تنظیم کرده‌اند که با مدل سازمان ملل متحد در سازمان و همچنین در الزامات خاص هماهنگ شود. بر اساس مدل سازمان ملل، کالاهای خطرناک ازنقطه‌نظر مقررات حقوقی به نه طبقه دسته‌بندی می‌شوند (اداره کل حفاظت و ایمنی و سیر و حرکت راه‌آهن ج.ا.ا، ۱۳۹۸).

کلاس ۱: مواد منفجره و فرآورده‌های حاوی مواد منفجره مثل باروت، مواد خمپاره بدون چاشنی، نیتروگلیسیرین، تری‌نیتروتولوئن (TNT)

کلاس ۲: گازهای متراکم، مایع و یا حل شده تحت‌فشار مثل هوای متراکم، آرگون متراکم

کلاس ۳: مایعات قابل اشتعال مثل پنتان مایع، نفت خام

کلاس ٤: مواد جامد قابل اشتعال مثل کبریت، نفتالین خام، نیترو نفتالین، گوگرد، ذغال فعال، پنبه

کلاس ۵: مواد سوختنی از جمله اکسیدها و پر اکسیدهای آلی

کلاس ٦: مواد سمی مثل سیانید هیدروژن، متیل هیدرازین، آلیل الکل، فنول جامد

کلاس ۷: مواد رادیواکتیو مثل اورانیوم طبیعی یا تهی شده یا غنی شده، توریم فلزی

کلاس ۸: مواد سوزآور و خورنده مثل اسیدکلریدریک، اسیدسولفوریک، اسید فسفریک، اسید استیک، اسید نیتریک، هیدروکسید آمونیوم ، آمونیاک

کلاس ۹: سایر مواد و فراورده‌های خطرناک مثل دی فنیل پلی کلره، آزبست قهوه‌ای، آبی و سفید، باطری‌های لیتیومی

هر یک از دسته‌های فوق به از زیرمجموعه‌های بیشتری تقسیم می‌شوند که در حمل‌ونقل ریلی بر اساس این دسته‌بندی‌ها آرایش قطار (توالی و یا تعداد واگن فاصله هر کالا و یا عدم حمل دو کالا با کد کلاس خطر مشخص در یک قطار) و نحوه اولویت‌بندی حمل، تخلیه و بارگیری و تخصیص واگن مناسب برای هر کلاس خطر صورت می‌پذیرد. حال با درنظرداشتن تفکیک کلاس‌های کالاهای خطرناک به بررسی سانحه خیام می‌پردازیم.

۳-بررسی جزئیات سانحه ایستگاه خیام

حادثه جزئی از زندگی بشر است که انسان‌ها سعی می‌کنند با برنامه‌ریزی و پیش‌بینی رویکردهای ضامن ایمنی برای هر یک از عوامل ایجاد خطر خود را در برابر آن محافظت نمایند. حوادث و مخاطرات شایع در زندگی انسان به دودسته حوادث طبیعی و حوادث انسان‌ساز تقسیم می‌شوند.

حوادث انسان‌ساز به دودسته حوادث فناوری (آلودگی، آتش‌سوزی، نشت مواد شیمیایی، تصادفات و انفجارات) و حوادث اجتماعی (تروریسم، آشوب، تبعیض، جنگ و غیره) تقسیم می‌شود. انسان به‌عمد یا غیرعمد عامل مستقیم به‌وجودآمدن حوادث انسان‌ساز هستند، اما یک سری از حوادث و بلایای انسان‌ساز در اثر بی‌توجهی، عدم آموزش کافی و عدم رعایت استانداردهای ایمنی به وجود می‌آید؛ بنابراین باید با شناخت و رعایت ایمنی سعی در کاهش این‌گونه حوادث و خطرات ناشی از آن داشت (اشتری ماهینی، ۱۳۸٤).

سانحه انفجار واگن‌های قطار در ایستگاه خیام در تاریخ ۲۹ بهمن ۱۳۸۲ که به کشته‌شدن بیش از ۳۵۰ نفر و مجروح شدن حدود ۵۰۰ نفر انجامید، یکی از مرگبارترین فجایع ریلی در ۱۵ سال گذشته در جهان به شمار می‌رود؛ بنابراین با بررسی عوامل به‌وجودآورنده چنین سانحه‌ای مدیران بحران تجربه‌ای برای جلوگیری از تکرار چنین سوانحی به دست آورده و در نهایت ایمنی را افزایش دهند تا شاهد چنین حوادث تلخی نباشیم. شکل ۱ نمایی از واگن‌های حامل مواد خطرناک عامل ایجاد حادثه یعنی نفتا، آمونیاک و پنبه، گوگرد را نشان می‌دهد. این تصویر که ساعتی قبل از وقوع انفجار اصلی را نمایش می‌دهد؛ حجم بالای آتش و حرارت و حضور نیروهای امدادی و اهالی منطقه در نزدیکی محل وقوع حادثه بدون آگاهی از خطرات محتمل ناشی از اطفا مواد خطرناک با آب قابل‌مشاهده است.

شکل ۱. تصویری از رویداد سانحه ایستگاه خیام قبل از انفجار اصلی

در این قسمت به‌منظور بررسی ابعاد مختلف این سانحه باید عوامل مختلف بررسی شوند از جمله این عوامل که نقش مهمی در بررسی ابعاد حادثه دارند می‌توان به مواردی از جمله موقعیت خطوط، شرایط محیطی اثرگذار بر سانحه، نوع و تعداد واگن‌ها و چیدمان آنها، ماهیت کلاس‌های خطر کالاها و الزامات فنی و عملیاتی سیر از جمله پرسنل و قوانین و سیستم‌های کنترل عملیات اشاره نمود (سعادتجو و همکاران، ۱٤۰۰). در ادامه به بررسی هر یکی این عامل‌ها خواهیم پرداخت.

۳-۱- شرایط محیطی سانحه

این سانحه ریلی به لحاظ محل وقوع و بر اساس تقسیمات شبکه ریلی در حوزه استحفاظی اداره کل راه‌آهن خراسان روی داده است. اداره کل راه‌آهن خراسان یکی از نواحی ۲۲ گانه شرکت دولتی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران است که حوزه استحفاظی آن مشتمل بر ۲٤ ایستگاه از ایستگاه مشهد تا ایستگاه نقاب به طول ۲۷۲ کیلومتر و از ایستگاه فریمان تا ایستگاه سرخس به طول ۱۵۹ کیلومتر و تا مرز ترانزیت ریلی سرخس به طول ۱٦۵ کیلومتر را شامل می‌شود. بر اساس معیارهای پیش‌بینی شده در خصوص درجه‌بندی ایستگاه‌ها و وجود قوانین تشکیل و سیر و حرکت قطارها، سه دسته ایستگاه درجه یک (تشکیلاتی) درجه‌دو و درجه سه تعریف می‌شوند.

بر اساس این تعاریف ایستگاه تشکیلاتی ایستگاهی است که به‌تناسب جمعیت و موقعیت صنعتی و اقتصادی منطقه حتی‌الامکان در مجاورت شهرها احداث شده که برای تنظیم و تشکیل قطارها دارای دسته مانور مستقل بوده و مجموعه‌ای از فعالیت‌های دپو، پست بازدید و سایر تأسیسات فنی راه‌آهن در آن انجام می‌شود. همچنین ایستگاه تشکیلاتی درجه یک ایستگاهی است که دارای موقعیت محلی و هم‌جواری با شهرها و سازمان‌های دولتی و محلی است و به دلیل وسعت فعالیت پرسنل شیفتی و تأسیسات فنی و اداری متعددی دارد. به‌علاوه ایستگاه تشکیلاتی درجه‌دو ایستگاهی است که به‌تناسب نیاز دارای پرسنلی از مشاغل بهره‌برداری و خط ابنیه، برق و تأسیسات، ارتباطات و علائم است و در نهایت ایستگاه درجه سه ایستگاهی است که به‌منظور بالابردن ظرفیت ترافیکی خط برای سبقت و تلاقی قطارها احداث شده و حجم فعالیت در آن کمتر از سایر ایستگاه‌های تشکیلاتی است.

در شرایط شکل‌گیری سانحه مورد بررسی ایستگاه‌های سبزوار، ابومسلم و کاشمر و خیام درگیر روند رخداد سلسله‌مراتبی از خطاها می‌شوند که در نهایت منجر به مصیبت‌بارترین حادثه ریلی کشور می‌شود. بر اساس تعاریف اشاره شده درجه‌بندی ایستگاه و تعداد خطوط قبول و اعزام قطار در ایستگاه‌هایی که فرار واگن‌ها و بروز سانحه در آن‌ها بوده در جدول شماره ۱ به همراه اطلاعات ارتفاع و شیب فراز غالب بلاک‌های پس‌وپیش بررسی شده است. باتوجه‌به آنچه که اشاره شد باتوجه‌به وقوع سلسله‌ای از رویدادها در ایستگاه‌های مختلف به بررسی شرایط محیطی هر یک از ایستگاه‌ها خواهیم پرداخت.

ایستگاه خیام

ایستگاه خیام به‌عنوان ایستگاه اصلی وقوع حادثه بین ایستگاه نیشابور و ایستگاه کاشمر و در نزدیکی روستای دهنو هاشم آباد واقع شده است. ایستگاه خیام با شهر نیشابور ۳۱ کیلومتر و با شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی ۱۱۵ کیلومتر فاصله دارد. در زمان وقوع حادثه باتوجه‌به وجود خط کور بر روی پل زیرگذر در خروجی ایستگاه در روز حادثه از این خط به‌عنوان یک راه‌حل برای مهار واگن‌های فراری و محل فروریختن واگن‌ها به‌منظور جلوگیری از وقوع حوادث جدی تر استفاده می‌شود.

ایستگاه کاشمر

ایستگاه کاشمر در فاصله ۵۰ کیلومتری نیشابور و ۸۹ کیلومتری مشهد و در جوار روستای دیزباد پایین و بین دو ایستگاه راه‌آهن ابومسلم و خیام واقع شده است. این ایستگاه باتوجه‌به موقعیت جغرافیایی محل تلاقی کریدور ریلی شمال به جنوب بوده و اداره کل راه‌آهن خراسان را به راه‌آهن شرق متصل می‌نماید. همچنین این ایستگاه باتوجه‌به شرایط اقلیمی و توپولوژی منطقه و هم‌جواری آن با رشته‌کوه‌های بینالود در راستای شرق به غرب در سمت شمال و ارتفاعات منطقه فریمان و تربت‌حیدریه در جنوب، یک دالان طبیعی باد تحت‌تأثیر اختلاف فشار هوا را ایجاد نموده است به‌نحوی‌که متوسط سرعت وزش باد حدود هشت تا نه متر در ثانیه است و تقریباً به طور مداوم در طول سال در جریان است.

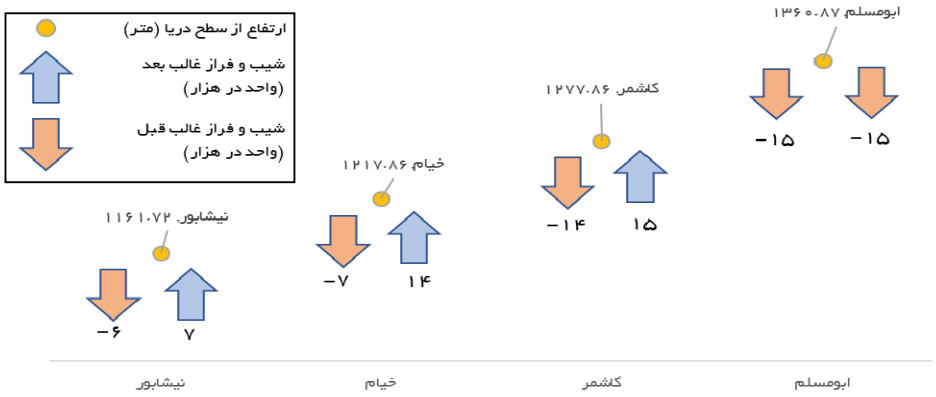
جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های بین مسیر فرار واگن (دفتر فناوری اطلاعات راه‌آهن ج.ا.ا، ۱۴۰۰)

نام ایستگاه	کل خطوط اصلی	درجه ایستگاه	طول خط (متر)							شیب و فراز غالب طرفین ایستگاه		ارتفاع از سطح دریا (متر)
			یک	دو	سه	چهار	پنج	شش	مثلث	کیلومتر بیشتر (متر در هزار)	کیلومتر کمتر (متر در هزار)	
نیشابور	٤	١	٦٨٠	٧٠٠	٦٨٠	٦٦٠	٠	٠	١٠٦٠	٧	٦-	١١٦١,٧٢
خیام	٥	٣	٧٩٧	٨٣٥	٨١٧	٧٢٦	٧٢٦	٠	٠	١٤	٧-	١٢١٧,٨٦
کاشمر	٨	–	٩٢٨	٩٦٤	١١٢٠	١١٢٠	٩٢٧	٨٢٥	٠	١٥	١٤-	١٢٧٧,٨٦
ابومسلم	٤	٣	٦٩٥	٧٣٨	٧٤٥	٦٩٧	٠	٠	٠	١٥-	١٥-	١٣٦٠,٨٧

شدت این باد به‌گونه‌ای است که می‌تواند منجر به حرکت واگن‌ها (در صورت عدم تنظیم وزن ترمز و کفش خط) گردد. همچنین ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا برابر ۱۲۷۷ متر است که در کنار ایستگاه ابومسلم بالاترین ارتفاع را در بین ایستگاه‌های محدوده مشهد – نقاب داراست که باتوجه‌به وجود شیب به سمت ایستگاه نیشابور می‌تواند زمینه ایجاد سانحه را فراهم نماید.

ایستگاه ابومسلم

ایستگاه ابومسلم بین دو ایستگاه کاشمر و تربت واقع شده و با قرارگرفتن در ارتفاع ۱۳۶۰ متری از سطح دریا، مرتفع‌ترین ایستگاه در مسیر ریلی مشهد نقاب است. این موضوع در کنار ورزش تندبادهای شدید در این منطقه شرایط محیطی مناسبی را برای فرار قطار فراهم می‌نماید که متأسفانه در سانحه خیام این موضوع رخ می‌دهد. شکل ۲ خلاصه‌ای از وضعیت ارتفاع و شیب و فراز غالب پس‌وپیش ایستگاه‌های مذکور را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ایستگاه ابومسلم با ارتفاع بالا و شیب و فراز بالا ایستگاه مناسبی برای توقف واگن‌های باری حاوی کالای خطرناک نبوده است.



شکل ۲. نمایی از ارتفاع و شیب و فراز ایستگاه‌های درگیر در رویداد سانحه ایستگاه خیام

سانحه ایستگاه خیام در پگاه روز چهارشنبه هجدهم فوریه ۲۰۰٤ مصادف با ۲۹ بهمن‌ماه سال ۱۳۸۲ در ساعت سه و چهل و پنج دقیقه بامداد به این صورت رخ می‌دهد.

بر اساس گزارش سانحه در آن روز صاف و آفتابی بوده است (اداره کل حفاظت و ایمنی سیر و حرکت راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۸۳). سانحه مذکور در ابتدا بدون تلفات انسانی و صرفاً با وقوع خروج از خط تعدادی از محموله‌های کالاهای خطرناک در خط کور ایستگاه آغاز می‌شود و حادثه انفجار که تلفات انسانی سنگینی ایجاد نمود در حین عملیات اطفا و بازگشایی خطوط و درحالی‌که تعداد زیادی از اهالی اطراف ایستگاه برای تماشای سانحه در محل تجمع نموده بوده‌اند رخ می‌دهد که در ادامه تشریح می‌شود.

۳-۲- چگونگی سانحه خروج از خط قطار

آغاز سانحه زمانی رخ می‌دهد که قطار باری از مبدأ قزاقستان با ۵۱ واگن شامل ۱۱ واگن خالی، ۱۷ واگن گوگرد، ٦ واگن حاوی نفتا (سوخت هواپیما)، ۷ واگن کود نیترات آمونیوم و ۱۰ واگن پنبه در ایستگاه ابومسلم متوقف می‌شود که ترتیب آرایش واگن‌ها به‌صورت زیر بوده است:

۱- ٤ واگن اول خالی بدون کلاس خطر

۲- ٥ واگن بعدی نفتا از کلاس ۳ مواد خطرناک (مایعات سریع الاشتعال)

۳- ۱۰ واگن پنبه از کلاس ۱-٤ مواد خطرناک (جامدات سریع الاشتعال)

٤- ۱ واگن نفتا از کلاس ۳ مواد خطرناک (مایعات سریع الاشتعال)

۵- ۹ واگن گوگرد از کلاس ۱-٤ مواد خطرناک (جامدات سریع الاشتعال)
٦- ۷ واگن کود نیترات آمونیوم کلاس ۱-۵ (اکسیدکننده‌ها)
۷- ۲ واگن خالی بدون کلاس خطر
۸- ۸ واگن گوگرد از کلاس ۱-٤ مواد خطرناک (جامدات سریع الاشتعال)
۹- ۵ واگن انتهایی خالی بدون کلاس خطر

در شب قبل از وقوع توقف قطار باری مذکور، دو قطار در یکی در ایستگاه نیشابور که لوکوموتیو آن خراب شده و نیاز به لوکوموتیو فعال پیدا می‌کند، همچنین قطار باری در مسیر ریلی مشهد – تهران باتوجه‌به عبور خلاف جهت لوکوموتیوران از یکی از سوزن‌های ایستگاه سبزوار که باتوجه‌به توسعه ایستگاه به‌تازگی نصب شده است دچار سانحه کوچکی می‌شود که منجر به توقف قطار و نیاز به لوکوموتیو برای انجام عملیات مانور و رفع مسدودی خط در ایستگاه سبزوار می‌شود. باتوجه‌به اهمیت سیر به‌موقع قطارهای مسافری مسئولین تصمیم‌گیرنده به دنبال رفع هرچه سریع‌تر مشکل دستور به جدا نمودن لوکوموتیو از قطار باری در ایستگاه ابومسلم شده و با ورود قطار باری دیگری به ایستگاه طی عملیات مانور محموله دو قطار ادغام شده و در نتیجه دو لوکوموتیو به‌صورت منفرد به ایستگاه راه‌آهن نیشابور و سبزوار اعزام می‌شود باتوجه‌به موقعیت مکانی اشاره شده از ایستگاه ابومسلم و شرایط محیطی حاکم من‌جمله وجود شیب له طرفین ایستگاه با نسبت ۱۵/۱۰۰۰- و وزش باد شدید و از طرفی تنظیم نامناسب ترمز و عدم تنظیم خط کفش کافی و احتمالاً لرزش ناشی از عبور قطار از خطوط مجاور و اثر آن بر روی واگن‌های متوقف منجر به حرکت واگن‌ها به سمت ایستگاه کاشمر می‌گردد.

واگن‌های فراری باتوجه‌به وجود اختلاف ارتفاع سرعت گرفته و از کنترل خارج می‌شوند. مأمورین وقت ایستگاه ضمن اطلاع‌رسانی سریع موضوع به واحد کنترل و مأمورین ایستگاه کاشمر در پی اتخاذ بهترین تصمیم و جلوگیری از خطر برخورد واگن‌ها با قطارهای مسافری و سایر خطرهای احتمالی هستند. در واقع سوزنبان ایستگاه کاشمر با هدایت واگن‌ها به خط خالی ایستگاه از تصادف واگن‌ها با قطار مسافربری مشهد جلوگیری کرده و این موضوع نشان‌دهنده هوشیاری کارکنان نسبت به حادثه در زمان کم در اختیار مأمورین بوده است. سرعت یافتن واگن‌ها زمان تصمیم‌گیری برای مدیران را کاهش می‌دهد و به همین دلیل مأمورین ایستگاه کاشمر موفق به تغییر سوزن و انحراف واگن‌ها به خط دیگری در ایستگاه به‌منظور جلوگیری از برخورد با قطار مسافری می‌شوند. واگن‌های فراری بعد از عبور از ایستگاه کاشمر در ادامه با سرعت حدود ۵۰ متر بر ثانیه (معادل ۱۸۰ کیلومتر با ساعت) وارد بلاک کاشمر به خیام شده و بلافاصله باتوجه‌به خطر سرعت گرفتن بیشتر واگن‌ها و وجود قطارهای مسافری در ایستگاه نیشابور به‌عنوان ایستگاه بعدی و ورود به منطقه شهری و ماهیت کالای خطرناک واگن‌ها به خط کور پل زیرگذر در حال احداث ایستگاه خیام هدایت می‌شوند. بر اساس گزارش مأموران واگن‌ها پس از فرار و طی ٤۰ کیلومتر در عرض ۱۳ دقیقه با یک لوکوموتیو متوقف در خط کور پل در حال احداث ایستگاه راه‌آهن خیام برخورد و از خط خارج می‌شود. با خروج قطار از خط آرایش واگن‌ها به‌هم‌خورده و درهم‌تنیده می‌شود و واگن‌ها دچار آتش‌سوزی می‌شوند. مسئولین مرتبطی که از نیروهای آتش‌نشانی منطقه و سپس نیروهای آتش‌نشانی شهرستان‌های اطراف و شهر مشهد درخواست کمک می‌نمایند، اطلاعات دقیقی از محتوای محموله‌ها گزارش نمی‌کنند و به‌عنوان یکی از حلقه‌های پازل ایجاد سانحه آنها از وجود نیترات آمونیوم در آتش‌سوزی مطلع نبوده‌اند. نیروهای امدادی و اطفای حریق خود را به منطقه می‌رسانند. منطقه ممنوع برای ورود اعلام می‌شود. حریق تا ساعت ۷:۳٤ صبح خاموش می‌شود. در این ساعت تقریباً چیزی از آتش باقی نمانده، محیط برای عبور مرور مردم محلی باز می‌شود و بیشتر عوامل هم صرفاً به دلیل بازدید مسئولان که در راه هستند در منطقه می‌مانند. آتش‌نشانان مانده آب را نیز برای اطمینان بیشتر بر روی واگن‌های سالم که حاوی ترکیبی از کالاهای خطرناک محموله شامل نیترات آمونیوم، پنبه، نفتا و گوگرد بوده می‌ریزند. عملیات اطفا تا ساعت دقایقی قبل وقوع انفجار ادامه میابد و به دلیل عدم اطلاع آتش‌نشانان از وجود نیترات آمونیوم، روی واگن‌ها خاک ریخته می‌شود. به همین دلیل باتوجه‌به این موضوع که نیترات آمونیوم در دمای ۲۵۰ درجه به بالا تجزیه و گازهای منفجره از آن متصاعد می‌شود، به علت محبوس شدن این گازها، انفجار زمینه برای وقوع انفجار ایجاد می‌شود.

شکل ۳. نمایی از توالی رویدادها در زمان حادثه

در نهایت در ساعت ۹:۳۷ صبح باتوجه‌به وجود حرارت کافی و فعل‌وانفعالات ناشی از اطفا نیترات آمونیوم و گوگرد با آب انفجار اصلی رخ می‌دهد تکه‌های آهن پاره چون ترکش و محورهای چندتنی واگن‌ها به اطراف پرتاب می‌شود. موج انفجار گودالی عمیق به قطر ۱۵۰ متر و عمق ۳۲ متر ایجاد می‌کند. این حادثه ضمن تلفات جانی تعداد بسیاری از اهالی و مأمورین عملیاتی منجر به تخریب دو روستای کریم‌آباد و هاشم‌آباد دهنو به میزان ۹۰ تا ۱۰۰ درصد و ایجاد موجی از انفجار می‌شود به‌نحوی‌که مراکز زلزله‌نگاری لرزش کانون حادثه را ۶٫۳ در مقیاس ریشتر ثبت می‌کنند. شکل ۲ نمایی از توالی رویدادها در زمان حادثه را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

۳-۳- گزارشات سانحه

گزارشات و بررسی‌های به‌عمل‌آمده درباره چگونگی فرار قطار از ایستگاه ابومسلم خراسان و بروز سانحه دلخراش انفجار واگن‌ها در ایستگاه خیام نیشابور به شرح ادامه است.

گزارش بازرسی بر اساس جمع‌آوری اطلاعات، مصاحبه با افراد مطلع، شهود، مسئولان ذی‌ربط و مشابه‌سازی صحنه وقوع حادثه در محل با حضور متخصصین و کارشناسان و کسب نظرات کارشناسی و سایر دلایل و قراین موجود، تهیه شده است (اداره کل حفاظت و ایمنی سیر و حرکت راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۸۳).

حسب گزارش بررسی کمیسیون عالی سوانح راه‌آهن، در تاریخ ۱۳۸۲/۱۰/۳۰ و ۱۳۸۲/۱۱/۲۱ تعداد ۱۳ واگن شامل هشت واگن گوگرد و پنج واگن خالی در خط چهار ایستگاه ابومسلم متوقف شده است. در روز ۱۳۸۲/۱۱/۲۷ حدود ساعت ۱۱:۱۶، تعداد ۳۸ واگن محتوی نفتا، نیترات آمونیوم، گوگرد و پنبه از ایستگاه سرخس بارگیری و به سمت تهران حرکت می‌کند و در ایستگاه ابومسلم به لحاظ نیاز به دیزل این قطار و واگن‌ها در خط چهار این ایستگاه و در جلوی ۱۳ واگن مذکور قرارداده شده و پس از اتصال به واگن‌ها متوقف می‌شوند. ترمزبان ایستگاه ابومسلم، مدعی است جهت تثبیت واگن‌ها اقدام به بستن ترمزهای دستی واگن‌ها کرده و کفش‌خط‌های لازم را نیز در محل خود نصب‌کرده است.

در ساعت ۳:۴۵ بامداد روز سه‌شنبه ۱۳۸۲/۱۱/۲۹ با عبور یک قطار از ایستگاه ابومسلم سوزنبان متوجه می‌شود که واگن‌های متوقف شده در خط چهار ایستگاه به‌آهستگی شروع به حرکت نموده، سوزنبان و رئیس ناحیه بلافاصله اقداماتی را در جهت توقف واگن‌ها به عمل می‌آورند که به نتیجه نمی‌رسد و ۵۱ واگن به سمت ایستگاه کاشمر فرار می‌نمایند.

رئیس ایستگاه کاشمر که از فرار قطار از طریق مکالمات بی‌سیمی مطلع می‌گردد، بلافاصله اقدامات لازم را برای خارج‌کردن قطار مسافربری که در جهت مخالف واگن‌های فراری در حرکت بوده، معمول می‌دارد و قطار مذکور را به خط امن دیگری منتقل و از تصادم دو قطار جلوگیری مکند.

مسئولین ایستگاه کاشمر به امید آنکه واگن‌های فراری در سربالایی بعد از کاشمر متوقف خواهد شد، خط را آزاد گذاشته لیکن واگن‌ها بعد از عبور از کاشمر بلندی مذکور را طی و به سمت ایستگاه خیام سرازیر می‌شوند.

مسئولین ایستگاه خیام نیز که از فرار واگن‌ها آگاهی یافته بودند، قطار مسافربری را که ۳۸٤ نفر مسافر داشته، از سر راه قطار فراری کنار می‌برند و در نتیجه از وقوع حادثه جلوگیری می‌نمایند.

قطار فراری بعد از رسیدن به ایستگاه خیام به جهت مسدود بودن خط مستقیم (به لحاظ احداث پل زیرگذر) از خط فوق به مسیر انحرافی رفته و بعد از رها شدن چهار واگن خالی پیشتاز و فرار آنها به ایستگاه نیشابور و ریختن آنها در خط کور آن ایستگاه، مابقی واگن‌ها با شدت تمام از خط خارج و با یکدیگر تصادف می‌کنند و بلافاصله آتش‌سوزی آغاز می‌گردد.

آتش‌نشان‌ها که از قبل در گذرگاه نیشابور موضع گرفته بودند، سریعاً در محل حادثه حاضر و مبادرت به اطفای حریق نموده و پس از چندی خبر پایان آتش‌سوزی را اعلام می‌نمایند.

بلافاصله بعد از واژگون شدن واگن‌ها و آتش‌سوزی، مسئولان نسبت به تخلیه اهالی روستاهای هم‌جوار و ایجاد دیوار حفاظتی و جلوگیری از ورود افراد غیرمسئول اقدام می‌نمایند، سپس پنج واگن آخری که پس از حادثه بر روی ریل متوقف شده بود با تمهیدات مسئولین ذی‌ربط از ایستگاه خارج می‌گردند.

مسئولین ذی‌ربط که از وجود محمولات خطرناک در و واگن‌های واژگون شده مطلع بوده‌اند با اطفای حریق بدون توجه به وضعیت واگن‌ها و وجود نیترات آمونیوم، محدودیت مذکور را برداشته و در نتیجه اهالی منطقه به محوطه وارد شده و انفجار رخ می‌دهد.

نیترات آمونیوم تابه‌حال در دنیا بارهاوبارها فاجعه به بار آورده است. سال ۱۹۲۱ در آلمان ۵۶۱ نفر کشته، سال ۱۹۴۷ در آمریکا نزدیک ۶۰۰ نفر کشته، سال ۲۰۰۷ هم نزدیک ۴۰۰ نفر را در اسپانیا به کام مرگ کشانده است. البته انفجارهایی که سال ۲۰۱۵ در بندر تیان جین چین اتفاق افتاد و ۱۷۳ نفر رو به کام مرگ کشانده است، مواردی وجود داشت که بعضی رسانه‌ها اعلام کردند حادثه از نوع حوادثی بوده که به‌احتمال‌قوی مواد منفجره‌اش آمونیوم نیترات بوده است. آخرین حادثه هم که حادثه مربوط به بندر بیروت بود (یو و همکاران ۲۰۲۱).

۳-۴- تحلیل علل و عوامل بروز سانحه

در تحلیل علل و عوامل بروز سانحه در ابتدا، بیشترین تمرکز بر روی عمدی بودن حادثه بود، اما بعدها کمیسیون فنی این موضوع را رد کرده و علت فرار واگن‌ها در حادثه قطار نیشابور را موارد زیر اعلام نمود:

-بی‌اطلاعی آتش‌نشانان از مواد خطرناک محموله واگن‌ها به‌ویژه نیترات آمونیوم و در نتیجه عدم رعایت روش صحیح اطفا آتش که می‌بایست آتش‌نشانان در فاصله ۸۰۰ متری قرار بگیرند و از دور اطفا حریق صورت بگیرد. عدم رعایت کامل اصول تخلیه اضطراری و حضور اهالی و مردم از روستاهای اطراف برای مشاهده سانحه، درحالی‌که بر اساس پروتکل‌های اطفای آتش دارای نیترات آمونیوم هیچ فردی نباید در یک کیلومتری پیرامون این ماده حضور داشته باشد.

-عدم رعایت اصول بارگیری کالاهای خطرناک بر اساس شیوه‌نامه‌های توصیه شده بین‌المللی و فقدان وجود قوانین و مقررات اجرائی، به‌ویژه ممنوعیت تشکیل قطار باری با ترکیب محمولات کالای خطرناک مانند نیترات آمونیوم، نفتا، گوگرد و پنبه در کنار هم که بعد از وقوع سانحه ممنوع شد.

-در نتیجه عدم بهره‌گیری از شیوه‌نامه‌های توصیه شده بین‌المللی حمل کالای خطرناک، آموزش برچسب‌گذاری و کدگذاری کالاهای خطرناک برای کارکنان و همچنین نیروهای امدادرسان انجام نشده بود که خود زمینه عدم اطلاع این کارکنان را از محتویات واگن‌ها ایجاد نموده بود. چرا که با وجود این برچسب‌ها ممکن بود.

-نبستن ترمز دستی با رعایت وزن واگن‌ها به طور صحیح و عدم دقت کافی در این زمینه

-عدم قراردادن مناسب کفش خط پس از عملیات مانور و ادغام واگن‌های دو قطار باری در ایستگاه ابومسلم و عدم نظارت دقیق از سوی رئیس قطار دراین‌خصوص

-منفصل نمودن لوکوموتیو از قطار باری در ایستگاه ابومسلم باتوجه‌به ارتفاع ایستگاه و شیب فراز تند آن

به‌گونه‌ای که اگر ترمز دستی‌ها درست بسته می‌شدند و کفش‌خط‌ها درست کار گذاشته می‌شدند با نیروی حداقل دو لوکوموتیو واگن‌ها بیش از ۲ متر جابه‌جا نمی‌شدند. از لحاظ مقررات ایمنی نیز کالاهای ذکر شده به‌هیچ‌عنوان نباید در کنار هم انبار یا حمل‌ونقل گردند، زیرا می‌توانند به آتش‌سوزی و انفجار کمک نمایند. اما در بررسی علل خطی وقوع سانحه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

-عدم نظارت صحیح و عدم رعایت قوانین مربوط در فرآیند حمل‌ونقل مواد خطرناک مانند آمونیوم نیترات، بنزین، گوگرد و پنبه در کنار هم (عدم ابلاغ و بهره برداری از قوانین حمل کالای خطرناک در تشکیل قطار های باری)

-عدم استفاده از قوانین و مقررات مربوط به برچسب‌گذاری و کدگذاری

-عدم انجام فرایندهای کنترلی مربوط به راه‌آهن از جمله نصب ترمزهای استاندارد

-عدم آگاه‌سازی صحیح در خصوص مواد خطرناک به تیم‌های آتش‌نشانی ناشی از عدم استفاده از برچسب کالای خطرناک

-عدم بررسی دقیق مواد احتراقی در طول فرآیند توسط تیم‌های آتش‌نشانی

-عملکرد ضعیف تیم‌های امدادی در بازگرداندن وضعیت عادی در منطقه و دانش ضعیف در این حوزه

بدون شک یکی از قدرتمندترین ابزارها جهت پیشگیری از وقوع مجدد این دسته از حوادث، استفاده از مکانیزم‌های تجزیه‌وتحلیل حوادث است. این ابزارها با بررسی علل مستقیم، غیرمستقیم و ریشه‌ای حوادث، شرایطی را برای سازمان‌ها ایجاد می‌نمایند تا با بهره‌گیری از درس‌آموخته‌های این حوادث، از وقوع مجدد آنها پیشگیری نمود. پارامترهای عنوان شده در بخش قبل، نشان‌دهنده این مطلب است که اگرچه این حادثه بارها اتفاق افتاده است، لذا عدم توجه به علل ریشه‌ای این حوادث باعث گردیده است این حوادث با ابعاد بسیار گسترده در نقاط مختلف دنیا روی دهد و نتیجه‌های مخربی همچون حادثه بیروت به دنبال داشته باشد (ال سید، ۲۰۲۲).

٤- بررسی سوانح ریلی مشابه

برخی از تصادفات و سوانح ریلی مشابه سانحه ایستگاه خیام که به دلایل مختلف از قبیل عملکرد نامناسب و نقص در سیستم ترمز قطارها از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۹ میلادی در نقاط مختلف دنیا رخ‌داده و منجر به فرار واگن‌ها شده در جدول شماره ۲ نمایش‌داده‌شده است.

ارائه راهکارهای پیشگیری بروز این نوع سوانح

در خصوص سوانح خروج ناوگان از خط در نواحی مختلف و نرخ رخداد سوانح خروج از ریل در شبکه به‌استثنای علل جوی یا در برخی موارد محیطی، کاستی‌های امور در نگهداری و تعمیرات و یا عدم نظارت در تعمیرات و محل‌های بهسازی خط و یا عدم رعایت مقررات و دستورالعمل‌ها موجبات خروج ناوگان از خط را به وجود آورده است که در ذیل به آنها اشاره می‌گردد (مجلسی و همکاران، ۱۳۸۹. پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹٤. شفابخش و همکاران،۱۳۸۷. شفیعی و همکاران، ۱۳۸۸)

٤-۱- جلوگیری از فرار واگن

جلوگیری از فرار واگن اغلب در ایستگاه‌ها اتفاق می‌افتد و ناشی از عوامل زیر است:

۱- عدم گزاردن کفش خط در زیر واگن پس از خاتمه کار و به طور صحیح مطابق شکل ٤

۲- عدم بستن ترمز دستی واگن‌های متوقف

۳- ضربات شدید وارده هنگام مانور (اتصال - انفصال)

٤- زمین‌لرزه‌های خفیف و رانش زمین

شکل ٤. کفش خط مدرن (اسولد، ۲۰۰۱)

٤-۲- ضرورت توجه به وضعیت ایمنی بار ریلی

در حمل‌ونقل ریلی بار پارامترهای ذیل حائز اهمیت است.

۱- ناوگان سالم و بدون نقص

۲- مسیر حمل بار بدون وقفه و خطر و ایمن

۳- توزین بار در مبدأ

٤- بارگیری سالم بار با تجهیزات با رعایت ضوابط

۵- باربندی بار با تجهیزات پیشرفته و نظارت بر باربندی با بررسی‌های به‌عمل‌آمده بارهایی که با راه‌آهن حمل می‌شوند به‌غیراز محمولات نفتی و فله (مواد معدنی و غله) سایر بارها و محمولات نیاز به باربندی دارند.

جدول ۲. سوانح ریلی مشابه سانحه ایستگاه خیام

سال	مکان سانحه	علت سانحه	جزئیات
۲۰۰۱	اوهایو ایالات متحده	ترک قطار توسط لوکوموتیوران جهت تغییر جهت سوزن	فرار قطار بدون سرنشین به مدت ۲ ساعت با سرعت ۵۱ مایل بر ساعت
۲۰۰۳	ملبورن استرالیا	عدم بستن ترمز دستی	فرار قطار حومه‌ای بدون سرنشین و برخورد با قطار دیگر پس از طی ۱۷ کیلومتر که منجر به مجروحیت ۱۱ نفر گردید
۲۰۰۳	لس‌آنجلس ایالات متحده	عدم گذاردن کفش خط در زیر واگن‌ها	فرار ۳۱ واگن باری و خارج‌شدن از ریل با سرعت ۹۵ مایل بر ساعت که منجر به مجروحیت ۱۳ نفر گردید
۲۰۰۶	سوئیس	تنظیم نامناسب ترمز در طی فرآیند تست ترمز	تغییر مسیر قطار به سمت مرکز تعمیر و نگهداری که منجر به کشته‌شدن ۳ نفر گردید
۲۰۰۷	کنگو	نقص فنی سیستم ترمز	کشته‌شدن ۱۰۰ نفر
۲۰۱۰	اتریش	نقص فنی ناشی از پارگی لوله‌های هوای بین دو واگن و آزادشدن ترمزها	خارج‌شدن قطار از ریل که منجر به مجروحیت لوکوموتیوران گردید
۲۰۱۰	ژوهانسبورگ آفریقای جنوبی	تعویض لوکوموتیو	فرار قطار و خارج‌شدن از ریل پس از طی ۱۹ کیلومتر که منجر به مجروحیت ۷ نفر و کشته‌شدن ۳ نفر گردید
۲۰۱۲	رومانی	تنظیم نامناسب ترمز در طی فرآیند تست ترمز	فرار قطار باری و برخورد در تقاطع که منجر به کشته‌شدن ۲ نفر گردید
۲۰۱۳	کبک کانادا	ترکیبی از نظارت ضعیف و سهل‌انگاری در رعایت اصول ایمنی، نقص لوکوموتیو، تعمیر و نگهداری ضعیف، خطای لوکوموتیوران	عدم بستن ترمز دستی توسط لوکوموتیوران در شیب، منجر به فرار قطار شده که در یک پیچ از ریل خارج می‌شود و ۴۷ نفر کشته می‌شوند
۲۰۱۶	بلژیک	ترک قطار توسط لوکوموتیوران جهت انجام بازرسی و معاینه فنی	فرار قطار و توقف آن به‌سلامت پس از طی ۱۲ کیلومتر توسط لوکوموتیوران که داخل کابین قطار می‌شود
۲۰۱۷	اتریش	تنظیم نامناسب ترمز در طی فرآیند تست ترمز	فرار قطار با سرعت ۷۸ مایل بر ساعت و خارج‌شدن از ریل
۲۰۱۷	هند	تعویض لوکوموتیو	فرار قطار و توقف آن به‌سلامت پس از طی ۱۳ کیلومتر توسط پرسنل که داخل کابین قطار می‌شوند
۲۰۱۸	پورت هدلند استرالیا	ترک قطار توسط لوکوموتیوران جهت انجام بازرسی و معاینه فنی	فرار قطار باری متشکل از ۴ لوکوموتیو و ۲۶۸ واگن که پس از طی ۹۲ کیلومتر از ریل خارج می‌شود
۲۰۱۹	قاهره مصر	ترک قطار توسط لوکوموتیوران به‌منظور مشاجره با لوکوموتیوران دیگری	فرار قطار و انفجار مخزن سوخت که منجر به کشته‌شدن ۲۰ نفر و زخمی‌شدن ۴۰ نفر گردید
۲۰۱۹	آلمان	تنظیم نامناسب ترمز در طی فرآیند تست ترمز	فرار قطار و توقف آن پس از طی ۹۰ کیلومتر در یک محل بدون شیب

٤-٣- بارگیری و بسته‌بندی صحیح

محمولاتی که در واگن‌های مسقف بارگیری و حمل می‌شوند اغلب بارهای بسته‌بندی‌شده (کارتنی یا فله‌ای) است که جهت عدم ریزش بسته‌ها در هنگام سیر و یا ترمز سریع قطار و یا ضربه واگن هنگام عملیات مانور نیاز به باربندی در داخل واگن دارد. در بدنه داخلی واگن حلقه‌هایی پیش‌بینی‌شده که عمل باربندی و نگهداری بسته‌ها از این طریق انجام می‌شود که متأسفانه در راه‌آهن کشور باربندی داخل واگن انجام نمی‌شود و همین امر سبب می‌گردد به دلایل مذکور، بسته ریزش داشته باشد که در آن صورت منجر به خسارت می‌گردد. اغلب مشاهده می‌گردد که درهای واگن‌ها به‌راحتی باز و بسته نمی‌گردند و بعضاً باعث بروز سوانحی گردیده‌اند. ریزش گندم و غلات از درز و فواصل ایجاد شده بین مجراهای تخلیه و ورود وجود دارد که در طول مسیر این وضعیت دیده می‌شود و این امر از سوی صاحبان کالا مطلوب نمی‌باشد.همچنین ریزش و نشت مواد مایع، نفتی و غیره از واگن‌های مخازن دیده می‌شود. که این امر باعث آسیب‌رسانی به بالاست و تراورس‌ها و همچنین ریل‌ها و در مواقعی باعث بروز سوانحی (درجازدن چرخ لوکوموتیو به علت چرب شدن ریل) می‌گردد (اسولد، ۲۰۰۱). بارگیری و حمل محمولات یا ماشین‌آلاتی که در واگن‌های روباز (لبه بلند ـ لبه کوتاه ـ مسطح) انجام می‌شود نیاز به باربندی و گوه گذاری دارند که این عمل در ایران به جهت عدم آموزش و آگاهی مأمورین باربند به طور ناقص انجام می‌گیرد. به‌طوری‌که برخی اوقات باربندها در مسیر باز شده و محموله یا ماشین‌آلات بارگیری شده در حین حرکت از محل خود جابه‌جا شده و در مسیر ایجاد سانحه می‌نماید که لازم است دراین‌خصوص به مأمورین ذی‌ربط آموزش لازم به طریق سمعی و بصری داده شود تا سیر قطارهای باری از ایمنی بیشتری برخوردار شود و با نظارت واحد سرپرستی ترافیک و تردد قطار در اعزام واگن‌های حامل بار بدون باربندی از سیر آن جلوگیری گردد (مجلسی و همکاران، ۱۳۸۹).

٤-٤- به‌کارگیری پرسنل مجرب و تجهیزات مناسب

البته مهم‌ترین دلیل بروز این‌گونه حوادث برای بارها به علت استفاده از تجهیزات سنتی و قدیمی و همچنین پرسنل آموزش ندیده در خصوص باربندی است. هم اکنون در سطح دنیا باربندی ایمن کالا به‌صورت یک ضرورت دیده می‌شود. مأمورین بارگیری به دلیل بارگیری نامناسب واگن‌ها و نیز عدم مهار بار از مقصرین این‌گونه رویدادها به شمار می‌روند. تنها کمی دقت هنگام بارگیری واگن‌ها می‌تواند از بروز این‌گونه سوانح جلوگیری به عمل آورد.

٤-٥- توجه به قوانین مربوط به حمل کالاهای خطرناک

از دیگر موارد عمده که در حمل محموله‌های خطرناک دیده می‌شود عدم آرایش هم‌خوان بارها در قطار است که باعث بروز سوانح ناگواری همچون سانحه ایستگاه خیام می‌گردد. در مورد حمل بارهای خطرناک مقررات بین‌المللی کاملی وجود دارد که باید بدون نقص اعمال گردد تا شاهد این‌گونه سوانح نباشیم. کم‌شدن گاباری تونل‌ها در اثر ترفیع خط (در اثر بهسازی و بازسازی خطوط) نیز یکی از موارد مهم در حمل ایمن کالا است. در حال حاضر تعدادی از تونل‌های اداره کل راه‌آهن شمال به دلیل عدم رعایت گاباری استاندارد ظرفیت تناژ حمل کالا به شکل چشمگیری محدود است.

٤-٦- مهار واگن‌ها

عامل بعدی عدم مهار کافی واگن‌های حامل بار هنگام توقف کامل آنها در ایستگاه‌ها است. این اتفاق پس از واگذاری و توقف کامل واگن‌ها به دلیل نبستن ترمز دستی واگن‌ها به تعداد کافی، قلاب نکردن واگن‌های متوقف در خطوط، قرار ندادن کفش خط زیر چرخ آخرین واگن در جهت شیب روی می‌دهد این حالات واردشدن کوچک‌ترین ضربه‌ای به واگن‌ها و یا حتی لرزش‌های ناشی از حرکت قطارها در خطوط مجاور و نیز وقوع باد و طوفان شدید باعث حرکت قطارهای متوقف و در نهایت فرار قطار از خط، برخورد با وسایل نقلیه دیگر و واردآمدن خسارات فراوان به ریل و ماشین‌آلات ریلی می‌گردد. امکان بروز این حادثه نیز در تمامی ایستگاه‌هایی که واگن‌ها در آن به نوعی متوقف هستند وجود دارد. از مهم‌ترین حوادثی که به دلیل عدم مهار کافی قطار به وجود آمد، حادثه نیشابور است که باعث بوجود آمدن فاجعه ای انسانی شد و عواقب آن تا مدت ها دامن گیر مسئولین و پرسنل راه‌آهن می باشد.

٤-٧- یکنواختی بار و جلوگیری از یک‌طرفه شدن بار

یکی دیگر از علل اصلی بروز سوانح عدم توزیع یکنواخت بار در واگن‌ها است (شکل شماره ۵). به این صورت که بار واگن‌ها هنگام بارگیری در واگن به‌صورت همگن توزیع نشده و یا به‌درستی مهار نشده که این دو عامل باعث واردآمدن فشار به یک سمت واگن شده و در قوس‌ها باعث خروج از خط می‌شود. امکان وقوع این حادثه نیز در طول مسیرهای باری وجود دارد.

شکل ۵. یک‌طرفه بودن بار بر خلاف دستورالعمل حمل کالای خطرناک

٤-٨- رعایت ملاحظات مربوط به سکوهای بار

باید ارتفاع سکوهای باری مخصوص حمل بار از روی سطح ریل ۱۲۰۰ میلی‌متر بوده و در فاصله ۱۷۵۰ میلی‌متری از محور خط‌ها قرار گیرد. ضمن این که در نقاطی که بین یک سکو و واگن‌ها از رمپ‌های متحرک استفاده می‌شود، می‌توان یک قطعه تقویتی فولادی حداکثر به عرض ۸۵ میلی‌متر به لبه سکو وصل نمود و بدین ترتیب حد فضای آزاد به ۱٦۸۰ میلی‌متر تقلیل می‌یابد. وقتی که سکوی مخصوص حمل در قوس قرار گیرد باید حد فضای آزاد ابنیه فنی همیشه به طور متقارن نسبت به محور خط و به‌صورت قائم نسبت به سطح تراز خط منظور گردد. مطابق با دستورالعمل کامپاکس در ایستگاه‌های بین‌راهی سکو در انتهای خط کور ساخته می‌شود که ارتفاع آن ۱۲۰۰ میلی‌متر است و محموله از کله واگن بارگیری می‌شود (اریک پلایت، ۲۰۰۵).

۵- نتیجه‌گیری

مانند بسیاری از سوانح ریلی دیگر پس از بررسی سانحه خیام میتوان به خطای انسانی به عنوان یک عامل کلیدی در توالی خطالهای رویداد این حادثه اشاره نمود. خطای به عنوان ریشه وقوع بسیاری از خطاها به ویژه در صنعت حمل و نقل ریلی که در آن زمان از سطح مکانیزاسیون کمتری بهره مند بود، مطرح می‌شود (پورمعلم و دزفولیان، ۱۳۸۸). بدیهی است که برای وقوع یک سانحه معمولاً مجموعه‌ای از عوامل به‌صورت هم‌زمان بر اساس الگوی پنیر سوئیس رخ دهد. بر اساس این الگو، خطاها و رویدادها اغلب چندعاملی هستند و مستلزم آن است که به طور هم‌زمان یک سری از لایه‌های محافظتی با شکست روبرو شوند. بنابراین می‌توان هرگونه اشتباه یا خطا را از طریق اقدامات محافظتی کاهش داد (پوسیاه، ۲۰۲۱). به‌عنوان جمع‌بندی می‌توان مدل پنیر سوئیسی حادثه ایستگاه خیام را به‌صورت تصویر شماره ٦ ترسیم نمود. در این تصویر با بررسی علل بروز این‌گونه سوانح در می‌یابیم که علاوه بر عامل خطاهای انسانی، عوامل زیر در وقوع حادثه مربوطه تاثیرگذار بودند.

-عدم دقت کافی در بسته‌بندی و چیدمان بار و به‌طورکلی اصول بارگیری کالاهای خطرناک بر اساس پروتکل‌های کلاس خطر

-عدم تناسب و همخوانی محموله‌های موجود در واگن‌های متوالی باتوجه‌به توصیه‌های سازمان اوتیف

-تنظیم نامناسب ترمز در طی فرایند تست ترمز

شکل ٦. الگوی پنیر سوئیسی رویداد سانحه خیام

-تعویض لوکوموتیو در ایستگاه نامناسب ابومسلم که باتوجه‌به شرایط محیطی ارتفاع و شیب و فراز زمینه فرار واگن‌ها را ایجاد نموده است.

-تعمیر و نگهداری ضعیف لوکوموتیوها که منجر به اعلام نیاز فوری به لوکوموتیو امدادی از قطارهای باری می‌شود.

-عدم نظارت کافی مأمورین ایستگاه بر شرایط واگن‌های دارای کالای خطرناک

-عدم رعایت پروتکل‌های مربوط به اطفا کالاهای خطرناک و ایجاد منطقه امن

همچنین استفاده از فناوری‌های نوین جهت مهار واگن‌ها در ایستگاه می‌تواند مؤثر باشد و باعث ارتقای ایمنی و جلوگیری از فرار واگن‌ها و حوادث ناشی از آن گردد.

بعد از وقوع این رویداد، در سالهای بعد، آیین‌نامه‌های حمل کالای خطرناک در هیأت‌مدیره راه‌آهن تصویب و اجرائی شد و ضمن الصاق کارت خطر به واگن‌ها و برچسب‌گذاری، آموزش گسترده کارکنان دراین‌خصوص در برنامه آموزشی کارکنان راه‌آهن و به‌ویژه پرسنل عملیاتی قرار گرفت. همچنین انفصال لوکوموتیو از قطارهای باری در ایستگاه‌های غیرتشکیلاتی ممنوع گردید. به‌هرحال سانحه هیچ‌وقت خبر نمی‌کند و تجربه نشان داده که تنها راه منطقی و سریع مقابله با سوانح ناشی از مواد خطرناک، مستلزم برخورداری از تجهیزات، اطلاعات کافی در مورد کالای خطرناک، تیم‌های ویژه، ابزارهای مختلف کار و ... است. باید به این نکته توجه نمود که مخارج لازم جهت تربیت نیروهای ویژه، خرید تجهیزات و تشکیل سیستم‌های اطلاع‌رسانی اضطراری برای مقابله با خطر بسیار کمتر از خساراتی است که سانحه کالای خطرناک به انسان، محیط‌زیست و اموال وارد می‌کند.

٦- سپاسگزاری

از همکاری ادارات کل راه‌آهن خراسان، گروه‌های ایمنی و نظارت بر شبکه و آموزش و نگرش ارزنده مدیران و کارشناسان این اداره، قدردانی نموده و امید است نتایج این‌گونه پژوهش‌ها در راستای ایمن‌سازی حمل‌ونقل ریلی مورد استفاده قرار گیرد و با استفاده از رویکردهای نوین و روش‌های علمی در جهت کاهش سوانح ریلی گام برداشته شود.

۷- مراجع

-اداره کل حفاظت و ایمنی و سیر و حرکت (۱۳۹۸). دستورالعمل حمل کالای خطرناک، انتشارات مرکز آموزش راه آهن، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، تهران.

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

-اشتری ماهینی، آمنه، (۱۳۸٤). بررسی اجمالی انفجار واگن‌های حمل بار ایستگاه خیام نیشابور، دومین همایش علمی تحقیقی مدیریت امداد و نجات، تهران.

-پاک‌نژاد، نورالله و چناری، وحید، (۱۳۹٤). بررسی سوانح ریلی با رویکرد نقش عامل انسانی در سوانح راه آهن ناحیه زاگرس، *اولین همایش بین‌المللی علوم مدیریت پیشرفت‌ها، نوآوری‌ها و چالش‌ها*، تهران.

-پورمعلم، ن.، و شهنی دزفولیان، رضا (۱۳۸۸). ارایه الگوریتم و مدل ارزیابی تحلیل سوانح ریلی با استفاده از سیستم‌های هوشمند عصبی-فازی (مطالعه موردی خروج از خط). *مهندسی حمل و نقل*، ۱(۱)، ۱۱-۲۳.

-دفتر فناوری اطلاعات و هوشمندسازی، (۱٤۰۰). خلاصه آمار فعالیت‌های راه‌آهن ج.ا.ا، انتشارات مرکز آموزش راه آهن، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، تهران.

-سعادتجو، سید امیر، یقینی، مسعود، شیخ الاسلامی، عبدالرضا، مجردی و برات. (۱٤۰۰). مدلسازی سوانح برخورد قطار با وسیله نقلیه در محل گذرگاه‌های ریلی. فصلنامه مهندسی حمل و نقل، ۱۲(۳), ۷۵۳-۷٦۳.

Doi: 10.22119/jte.2021.79659

-شفابخش، غلامعلی و کاشی، احسان، (۱۳۸۷)، بررسی و تحلیل نقش مواد خطرناک در بروز بزرگترین سانحه ریلی کشور (انفجار قطار در ایستگاه خیام نیشابور)، *اولین کنفرانس حمل و نقل مواد خطرناک و اثرات زیست محیطی آن، تهران*.

-شفیعی، مهدی و ذاکری، جبارعلی، (۱۳۸۸)، ارزیابی روش‌های تحلیل خروج از خط در راه آهن ایران و شناسایی عوامل موثر در سوانح ریلی، *اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی*، زنجان.

-عسکری حسین پور آهنگری، و مجلسی، حمید رضا، (۱۳۸۹)، برسی عوامل موثر در ایجاد سوانح در راه‌آهن ناحیه شمال و ارائه راهکارهای بخبود ایمنی از روشspc، دوازدهمین همایش بین المللی حمل و نقل ریلی، تهران.

-لاریجانی، زهره، (۱۳۸۵). ایمنی در حمل و نقل کالاهای خطرناک توسط راه آهن، *دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره تامین*، تهران.

-یورگن، کلاوس. مجیدی فر، ناصر (۱۳۹٦). دفع خطر در راه‌آهن. *پنجمین همایش ارتقا ایمنی و پیشگیری از سوانح*، تهران.

-International Union of Railways UIC, (2022), Safety Data Base.

-Code, I. M. D. G. (2017). International Maritime Dangerous Goods Code. Londres. *International Maritme Organization.*

-El Sayed, M. J. (2022). Beirut ammonium nitrate explosion: a man-made disaster in times of the COVID-19 pandemic. *Disaster medicine and public health preparedness*, 16(3), 1203-1207.

-Esveld, C., & Esveld, C. (2001). Modern railway track (Vol. 385). *Zaltbommel: MRT-productions.*

-National Response Team (US). (1987). *Hazardous materials emergency planning guide*. The Team.

-Noorian, A.M. (2015). Meteorology & Transport Development Strategies.*Vice Minister of Roads & Transportation Islamic Republic of Iran First Vice President of WMO.*

-Politte, E.G. (2005). Meeting security requirements for hazardous materials. *Port Technology International*, Edition 20, 10-16.

-Puthillath, B., Marath, B., & Ayappan, B. C. (2021). Analyzing the cause of human electrical accidents using Swiss Cheese model. Vilakshan-XIMB. *Journal of Management.*

-United Nations. Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods. (1993). *Recommendations on the transport of dangerous goods. UN*.

-Wheeler, E. P. (1914). International Conference on Safety of Life at Sea. *American Journal of International Law*, 8(4), 758-768.

-Yu, G., Wang, Y., Zheng, L., Huang, J., Li, J., Gong, L., & Duh, Y. S. (2021). Comprehensive study on the catastrophic explosion of ammonium nitrate stored in the warehouse of Beirut port. *Process Safety and Environmental Protection*, 152, 201-219.

-Zercher, J. C. (1975). Chemical transportation emergency center. *Transportation research record*, 554, 9-14.

Investigating the Causes and Factors of Railway Accidents Caused by the Escape of a Train Carrying Dangerous Goods and its Role in the Khayyam Station Accident

Mohsen Amouzadeh Omrani, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

Ebrahim Hadizadeh, Ph.D., Candidate, Department of Civil Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Amir Hajimirzajan, Ph.D., Candidate, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.

E-mail: Mo.Omrani@iau.ac.ir

Received: September 2023 Accepted: January 2024

ABSTRACT

Today, due to its high safety factor and favorable environmental pollution, rail transportation has a major contribution to the movement of cargo and passengers. The use of modern technologies such as automatic control systems in signaling, communication, and train control increases speed. The number of rail accidents has also decreased in the field of safety. Our country is among the rich countries in terms of oil and gas resources and petrochemical products, and there is a need to transport these products for domestic and foreign use. On the other hand, due to the country's strategic position, which is located in the center of the north-south and east-west corridors, neighboring countries with oil and gas resources are often forced to transit their oil and gas exports through Iran's railway lines. So in order to To increase safety and prevent accidents, the transportation of dangerous goods by rail should be carried out in compliance with all safety principles, such as compliance with unloading and loading rules, the selection of wagons suitable for the conditions of transportation of dangerous goods, and the labeling of wagons. In this article, railway accidents related to trains' escapes in the world and as a case study, the accident and explosion of freight wagons at Khayyam station are investigated, and the causes and factors of such accidents are discussed, the most important of which are: performance Inadequate and defects in the braking system of trains, improper brake adjustment during the brake test process, lack of compatibility and matching of cargo in successive wagons and replacement of the locomotive. Also, guidelines for prevention and improvement of safety have been provided.

Keywords: Safety, Railway Fleet, Khayyam Train Accident, Railway Accident, Dangerous Goods