



جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۳۹۷، دوره ۱، شماره ۳

## تحلیل تهدید طبیعت پایه سیلاب در خط یک قطار شهری مشهد

وحید هزاره، سیدمحمد باخرزی قزالحصار

دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت امور شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران [vahidhezareh@gmail.com](mailto:vahidhezareh@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۹

### چکیده:

**موضوع و هدف:** جهت مقابله با هر تهدید ابتدا باید ابعاد و شدت خساراتی محتمل آن تهدید شناسایی شود و با بررسی مناسب بخش‌هایی از دارائی‌های بارزش که در معرض خطر می‌باشد میزان خطر آفرینی هر تهدید را تشخیص داد از جمله دارائی‌هایی که در شهرها در معرض تهدیدات هستند زیر ساخت حمل و نقل ریلی درون شهری است. در این پژوهش اثر تهدید طبیعت پایه سیلاب بر روی خط یک قطار شهری مشهد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**روش:** تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی و با توجه به ماهیت و اهداف این پژوهش از روش تحقیق تحلیلی توصیفی و از نوع پیمایشی در دو مرحله کیفی و کمی که شامل مصاحبه و پرسش‌نامه می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش ۳۸ نفر شامل متخصصان، کارشناسان و مدیران شرکت بهره برداری قطار شهری مشهد می‌باشند. بر اساس روش گلوله برفی و تا اشباع نظرات مصاحبه نیمه ساختار یافته به تعداد ۱۰ مورد صورت پذیرفت. برای تعیین احتمال وقوع، احتمال کشف و شدت خطر از ۳۵ عدد پرسشنامه استفاده شده است. سپس با استفاده از اطلاعات موجود و به کمک تکنیک تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (*FMEA*) عدد اولویت ریسک (*RPN*) در هر بخش محاسبه شد و سپس نسبت به تحلیل و بررسی هر یک از تهدیدات اقدام شده است.

**بحث و نتایج:** بر اساس نتایج بدست آمده بالاترین عدد اولویت ریسک مربوط به زیر بخش تجهیزات کنترلی با *RPN* برابر ۴۳,۰۶ می‌باشد که نشان می‌دهد این بخش بیشتر از دیگر بخش‌ها در خطر تهدید سیلاب است بخش‌های تجهیزات کنترلی و سیستم توزیع نیروی در منطقه پر خطر قرار دارند و ریسک این بخش‌ها در تهدید سیلاب بالا است. بخش‌های ابنیه فنی و ایستگاه‌ها، مسافران، پرسنل عملیاتی، پرسنل ستادی، تجهیزات ارتباطی و قطارها در محدوده ریسک متوسط قرار گرفته اند. این بخش‌ها در تهدید سیلاب داری خطر متوسط و ریسک متوسط است، عبارتی در وضعیت هشدار قرار دارند.

**کلمات کلیدی:** تهدیدات طبیعی، سیلاب، قطار شهری، مشهد

## مقدمه

شهر، با شکل و شمایل کنونی‌اش، با توجه به تاریخ سکونتگاهی انسان (حداقل ده هزار سال)، موجودیتی نو زاده شده است. این موجود نوظهور، اگر چه وسعت اندکی از کل سرزمین را اشغال کرده است، اما اکثریت جمعیت انسانی را درون خویش بلعیده است (Rtt, 2008) اهمیت، داشتن یک استراتژی کلی برای محافظت از زیرساخت های حیاتی در ده سال گذشته افزایش یافته است، و به یک موضوع بسیار حساس برای مدیران شهری و بهره برداران این زیر ساختها تبدیل شده است. (Matsika et al., 2016) از آنجایی که شهرها به سرعت در حال ساخت و ساز و گسترش سیستم مترو می باشند لذا کشف و درک ماهیت ایمنی عملیات این سیستم ضروری است. (Li et al., 2017) کاهش خسارتهای جبران ناپذیر مخاطرات طبیعی نیازمند شناخت مخاطرات، برنامه ریزی برای مقابله و پیشگیری از این مخاطرات و آثار مخرب آن در برنامه های بلند مدت است. و با توجه به اینکه ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی جزء ده کشور سانحه خیز دنیا به شمار می آید (خدابخشی & ابراهیمی قوزلو، ۱۳۹۳) داری اهمیت ویژه ای است.

با تغییر کاربری اراضی از مزارع و جنگل به خیابان و ساختمان، قدرت جذب باران توسط زمین کم می شود در نتیجه اراضی شهری ۲ تا ۶ برابر روان آب بیشتری نسبت به اراضی بکر و طبیعی تولید می کنند. (طاهری بهبهانی & بزرگ زاده ۱۳۷۵) آمارها حاکی از آن است که سیلاب چه از نظر تلفات جانی و چه از نظر تلفات مالی مقام اول را در میان حوادث دیگر داراست. کشور ایران به لحاظ سیل خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار داده است (Benson, 1968) سیلاب علاوه بر خسارات مستقیم دارای خسارات غیر مستقیم شهری شامل کاهش خرید و فروش و تولید مجموعه های تجاری، صنعتی و خرده فروشی های آسیب دیده، دستمزد قطع شده، اختلال در سامانه حمل و نقل و ... می شود. (لطفی & جعفری، ۱۳۹۰) بنابر این بررسی تاثیر مخاطره طبیعی سیل بر روی زیر ساخت حمل و نقل ریلی درون شهری حائز اهمیت ویژه و شایان دقت نظر مناسب می باشد. با توجه به اینکه شهر مشهد بر اساس سرشماری که سال ۹۰ انجام شده ۲/۸ میلیون جمعیت دارد (آمارمشهد، ۹۵) و سالانه میزبان حدود ۲۰ میلیون زائر می باشد سیل می تواند آسیبهای جدی به زیر ساختهای شهر از جمله زیر ساختهای حمل و نقل درون شهری بویژه قطاری شهری وارد نماید.

خط یک قطار شهری در این شهر در سال ۹۴ بطور متوسط روزانه ۱۰۵ هزار نفر مسافر را با هدوی متوسط ۶/۵۳ دقیقه جایجا نموده است (آمارمشهد، ۹۵) لذا تحلیل و بررسی تهدیدات طبیعی و انسان محور در این خط بسیار با اهمیت خواهد بود.

جهت مقابله با هر تهدیدی ابتدا باید ابعاد آن را درک کرد و با بررسی مناسب بخشهای از دارائی های باارزش که در معرض خطر می باشد میزان خطر آفرینی هر تهدید را تشخیص داد بنابراین گام نخست در مقابله با بحران ها و تهدیدات فاز شناخت است. شناخت به معنی تشخیص مخاطرات و ارزیابی اینکه این مخاطرات به کدام بخش از دارایی با ارزش مورد نظر آسیب وارد می کند و شدت این آسیب ها چقدر است.

یکی از دارائی های با ارزش، در شهرها زیر ساختهای حمل و نقل از جمله حمل و نقل ریلی درون شهری می باشند. زیر ساخت قطار شهری هم به لحاظ ساختار و ساختمان و هم به لحاظ استفاده کنندگان دارایی با ارزش محسوب می شود. این شبکه در مقابل تهدیدات طبیعی آسیب پذیر است عمق تاسیسات باعث می شود که هم تجهیزات و پرسنل و هم جمعیتی که روزانه از این زیر ساخت جهت مسافرتها درون شهری استفاده می کنند در معرض خطر قرار گیرند همچنین مسافرین و پرسنل این سامانه نیز آسیب پذیر می باشند. لذا شناسایی تهدیدات و درک میزان خطر آفرینی هریک از تهدیدات می تواند مدیران و برنامه ریزان شهری را در مقابله با شرایط اضطرار یاری رساند. شهر مشهد با جمعیتی حدود ۳ میلیون نفر و همچنین حجم عظیم زائرانی که در طول سال به این شهر سفر می کنند دومین کلانشهر کشور است و خط یک قطار شهری مشهد با مسافری روزانه بیش از صد هزار نفر از وضعیت ویژه ای برخوردار است چرا که مدیریت بحران و مقابله با شرایط اضطرار در این شهر و در قطار شهری نیازمند شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک های هر یک از این مخاطرات می باشد با توجه به اینکه سیلاب از جمله مخاطرات طبیعی است که زیر ساخت حمل و نقل ریلی درون شهری مشهد را تهدید می کنند لذا بررسی اثرات این تهدید طبیعت پایه بسیار با اهمیت است. شناخت دقیق تاثیرات این تهدید، امکان پیشگیری از وقوع و کاهش خسارات احتمالی بر شبکه ریلی درون شهری مشهد را مهیا می نماید و همچنین در مدیریت بحران و برنامه ریزی جهت کنترل شرایط اضطرار موثر خواهد بود و می تواند پایداری شبکه حمل و نقل ریلی درون شهری را افزایش و در نتیجه پایداری شهر مشهد را افزایش دهد.

هدفها:

شناسایی زیر بخش های آسیب پذیر خط یک قطار شهری مشهد در مقابل تهدید طبیعی سیل  
رتبه بندی بخشهای آسیب پذیر در تهدید سیل در خط یک قطار شهری مشهد

سؤالات تحقیق:

۱. مهم ترین بخش هایی آسیب پذیر در مقابل تهدید سیل در خط یک قطار شهری مشهد کدامند؟
۲. رتبه بندی آسیب پذیری زیر بخش های خط یک قطار شهری مشهد، در تهدید سیل چگونه است؟

## فرضیه‌های تحقیق:

۱. به نظر می‌رسد در تهدید سیل تجهیزات فنی، مسافران، پرسنل اجرایی و عملیاتی و تجهیزات کنترلی بیشتر از بخش‌های دیگر در معرض خطر می‌باشند.
۲. به نظر می‌رسد تجهیزات فنی در سیل بیشتر در معرض خطر است.

## پیشینه پژوهش

در سال ۲۰۱۶ *dos Santos* و همکاران در پژوهشی به بررسی شبکه رودخانه ای و ریسک سیلاب در راه آهن و مترو در شهر سائوپائولو در کشور برزیل پرداخته است. در این مطالعه مشخصات توپوگرافی و هیدرولوژی منطقه برداشت شده و همچنین وضعیت شبکه ریلی در مقابل پدیده ای سیلاب با استفاده از *GIS* بررسی شده است. نتایج نشان داد عملیات پشتیبانی و حمل و نقل مسافر خصوصا در مناطق مرکزی و شرقی شهر در خطر بالای سیل قرار دارند. (*dos Santos et al., 2016*)

در سال ۲۰۰۸ *Kishen* و همکاران در بخشی از مطالعه خود به بررسی تاثیرات سیل بر روی متروی بوستون پرداخته است در این مطالعه به بررسی تاثیرات سیل حاصل از بالا آمدن سطح دریا بر اثر تغییرات آب و هوایی می‌پردازد و ارائه استراتژیهای انطباق با این مشکلات می‌پردازد.

در سال ۹۵ فیضی و همکاران در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی و اولویت بندی تهدیدات انسان ساز خصمانه در ایستگاه های تشکیلاتی راه آهن با رویکرد پدافند غیرعامل به بررسی این تهدیدات پرداخته است در این پژوهش به روش توصیفی - تحلیلی و با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و پرسشنامه به استخراج تهدیدات انسان ساخت خصمانه حوزه ایستگاه های تشکیلاتی راه آهن و رتبه بندی آنها در هر یک از دارایی های اصلی این زیرساخت می‌پردازد. ارزیابی تهدیدات در این مقاله به دو صورت کیفی و کمی صورت پذیرفته است، که در ارزیابی کیفی ۷ تهدید ( حملات هوایی، موشکی، بمب گذاری، حملات مسلحانه، حریق عمدی، خرابکاری سایبری و خرابکاری فیزیکی) احصاء شده است و در ارزیابی کمی، تهدیدات انسان ساخت با توجه به ۴ شاخص (شدت خسارت، سابقه تهدید، توانایی دشمن و جذابیت هدف) برای هر یک از دارایی های اصلی ایستگاه تشکیلاتی راه آهن به صورت مجزا اولویت بندی شده است. یافته های تحقیق بیانگر آن است که از میان تهدیدات ذکر شده تهدیدات بمب گذاری و خرابکاری فیزیکی اصلی ترین تهدید برای کل فضای ایستگاه تشکیلاتی راه آهن می باشد. (فیضی، صفوی، & شمسایی زعفرندی، ۱۳۹۵)

### مبانی نظری:

انسان همواره با بلایا و بحرانهای طبیعی و انسان ساخت رو به رو بوده است. هر چند اجتناب از بحران ممکن نیست اما با طراحی مناسب می‌توان از صدمات این بحران‌ها کاست (بای، منتظری، & گندمکار، ۱۳۹۲). آسیب‌پذیری تابعی از میزان در معرض بودن (چه کسی و چه چیزی در ریسک است) و حساسیت یک سیستم (درجه‌ای و میزانی که مکان‌ها و افراد آسیب می‌بینند) است. (Cutter et al., 2008) از طرف دیگر اینکه مردم چگونه برای مقابله، واکنش یا فائق آمدن بر فشار طبیعی، فشار تکنولوژیکی و یا هر گونه فشار زیاد مهیا شوند، مرتبط با این موضوع است که پس از وقوع یک بلای بزرگ آن جامعه به چه میزان قادر است خود را به حالت اول بازگرداند (مغرب، صالحی، & امیری، ۱۳۹۴). یکی از مواردی که بازگشت یک جامعه به حالت اول را ممکن می‌سازد برآورد دقیق و مناسب از تهدیدات و اثرات تهدیدات بر روی زیر ساخت‌ها می‌باشد. فرآیند سنتی مدیریت سانحه شامل سه مرحله پیش از وقوع سانحه، مرحله هنگام وقوع سانحه و مرحله پس از وقوع سانحه است. مرحله اول شامل فعالیت‌هایی چون پیشگیری، کاهش خطرات و اثرات مخرب سوانح و آمادگی است (نوجوان، صالحی، امیدوار، فریادی، & شهرزاد، ۱۳۹۵). انجام مدیریت بحران مناسب در فازهای بعدی در گرو شناسایی مناسب تهدیدات و میزان آسیب‌پذیری زیر ساخت‌ها در مقابل این تهدیدات در فاز نخست می‌باشد.

### سامانه قطار شهری

به مجموعه‌ای مستقل از خطوط ریلی، اماکن، فضاهای سطحی، زیر سطحی، تاسیسات، تجهیزات و ماشین آلات اطلاق می‌گردد که وظیفه حمل و نقل مسافران را در شهر یا حومه‌ی آن بر عهده دارد (خادمی پور، ۱۳۹۴). مترو از بخش‌های مختلف از جمله تونل، فضاهای داخل ایستگاه (سکو، ورودی و خروجیها، راهروها، راه پله‌ها و ... ) دپو، پارکینگ قطارها، تعمیرگاه‌ها و سالن‌های تعمیر و نگهداری و ... تشکیل شده است (خادمی پور، ۱۳۹۴). دارایی‌های حیاتی سامانه قطار شهری را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود: ۱- وروری‌ها و خروجی‌ها ۲- گالری‌های دسترسی‌ها ۳- سالن فروش یلیط ۴- فضاهای سطح سکو ۵- تونل فی مابین ایستگاه-ها ۶- پست‌های برق ۷- تجهیزات انتقال و توزیع برق ۸- تجهیزات فرماندهی و کنترل و ارتباطات ۹- هواکش‌ها و سیستم‌های تهویه ۱۰- مراکز تعمیر و نگهداری واگن‌ها، دپو و پارکینگ ۱۱- واگن‌ها (غفوری et al., 1392). ایستگاه‌های مترو در محیط و مکانی کاملاً آشکار قرار دارند و به همین دلیل دارای آسیب‌پذیری و خطرات زیادی هستند (خادمی پور، ۱۳۹۴).

### انواع سیلاب

**سیلاب ناگهانی:** سیل کوتاه مدتی که معمولاً با بالا آمدن سریع سطح آب و جریان نسبتاً زیاد همراه بوده و بیشتر از یک رگبار شدید روی منطقه کوچک به وجود می‌آید این سیل با زمان هشدار کم و گاهی بدون هشدار

رخ می‌دهد و در عرض چند دقیقه به نقطه اوج می‌رسد به این دلیل به آن سیل برق آسا گفته می‌شود. (داننده مهر ۱۳۸۲).

**سیلاب رودخانه‌ای:** سیلاب رودخانه‌ای مساله‌ای طبیعی و غیر قابل اجتناب است. برخی سیلاب‌ها به طور فصلی مثلا بارندگی‌های بهاره یا زمستانه توام با ذوب برف‌ها اتفاق می‌افتد که در این مواقع بستر رودخانه‌ها سریعاً پرآب می‌گردد این سیل بر خلاف سیل ناگهانی زمان هشدار مناسبی برای تخلیه و دور شدن از منطقه سیل گیر دارد (لطفی & جعفری، ۱۳۹۰).

عوامل بروز سیل را می‌توان به طور کلی به سه دسته اقلیمی، خصوصیات فیزیکی و فعالیت‌های انسانی تقسیم کرد علت اصلی وقوع سیل بارش می‌باشد خصوصیات حوضه‌ها باعث می‌شود که حجم زیادی بارندگی به رواناب تبدیل شود (لطفی & جعفری، ۱۳۹۰). یک از خسارت‌های محسوس و مستقیم سیلاب‌های شهری، آسیب‌های است که به زیر ساخت‌های حمل و نقل وارد می‌نماید و از آنجایی که زیر ساخت حمل و نقل ریلی درون شهری از مهم‌ترین زیر ساخت‌ها حمل و نقل در یک کلانشهر محسوب می‌شود لذا وقوع سیلاب می‌تواند باعث خسارت جدی به سیستم قطار شهری بشود.

#### روش تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA)

این روش بعنوان روش عمومی جهت ارزیابی ریسک بکار می‌رود در این روش سه موضوع مهم است ۱- احتمال وقوع که احتمال رخ دادن خطر و یا شکست را بیان می‌کند. ۲- شدت خطر که جدی بودن اثر خطر و یا شکست را در صورت ایجاد تعریف می‌کند. ۳- احتمال کشف که به احتمال تشخیص شکست و یا خطر قبل از آن که اثر وقوع آن مشخص شود می‌پردازد سپس از حاصل ضرب سه عدد فوق عدد اولویت ریسک (RPN) محاسبه می‌شود که مبنای تصمیم گیرها خواهد بود (امینی & اسدی آبگرمکانی ۱۳۹۰). جداول زیر نشان دهنده احتمال وقوع، شدت خطر و احتمال کشف را در این روش نشان می‌دهد.

جدول ۱: احتمال وقوع خطر در روش FMEA

احتمال وقوع			
رتبه در طیف لیکرت	رتبه	نرخ‌های احتمالی خطر	احتمال رخداد خطر
۵	۱۰	ادر ۲ یا بیش از آن	بسیار زیاد - خطر تقریباً اجتناب ناپذیر است
	۹	ادر ۳	
۴	۸	ادر ۸	زیاد - خطرهای تکراری
	۷	ادر ۲۰	
۳	۶	ادر ۸۰	متوسط - خطرهای موردی
	۵	ادر ۴۰۰	
۲	۴	ادر ۲۰۰۰	کم: خطرهای نسبتاً نادر
	۳	ادر ۱۵۰۰۰	



۱	۲	۱۵۰۰۰۰۰	
	۱	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰۰	بعید:خطر نا محتمل است

جدول ۲: احتمال کشف خطر در روش FMEA

احتمال کشف			
رتبه در طیف لیکرت	رتبه	قابلیت کشف	احتمال کشف خطر
۵	۱۰	مطلقاً هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد و یا در صورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست
	۹	خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۴	۸	ناچیز	احتمال ناچیزی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود
	۷	خیلی کم	احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۳	۶	کم	احتمال کمی دارد که با کنترلهای موجود خطر ردیابی و آشکار شود
	۵	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۲	۴	نسبتاً زیاد	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
	۳	زیاد	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۱	۲	خیلی زیاد	احتمال خیلی زیاد وجود دارد
	۱	تقریباً حتمی	تقریباً بطور حتم با کنترلهای موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار می شود.

جدول ۳: شدت اثر خطر در روش FMEA

شدت خطر			
رتبه در طیف لیکرت	رتبه	شرح	شدت اثر
۵	۱۰	وخامت تاسف بار است مثل خطر مرگ، تخریب کامل	خطرناک - بدون هشدار
	۹	وخامت تاسف بار است اما همراه با هشدار است	خطرناک - با هشدار
۴	۸	وخامت جبران ناپذیر است - عدم توانایی انجام وظیفه اصلی از دست دادن یک عضو بدن	خیلی زیاد
	۷	وخامت زیاد است همانند آتش گرفتن تجهیزات سوختگی بدن	زیاد
۳	۶	وخامت کم است	متوسط
	۵	وخامت خیلی کم است مانند ضرب دیدگی جزئی یا مسمومیت خفیف غذای	کم
۲	۴	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می کنند نشست جزئی گاز	خیلی کم
	۳	اثر جزئی بر جا می گذارد مثل خراش دست دست بهنگام تراشکاری	اثرات جزئی
۱	۲	اثر خیلی جزئی دارد	خیلی جزئی
	۱	بدون اثر	هیچ

## روش تحقیق:

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی می باشد و با توجه به ماهیت و اهداف این پژوهش از روش تحقیق تحلیلی توصیفی و از نوع پیمایشی و در دو مرحله کمی و کیفی از مصاحبه و پرسشنامه بهره گیری می شود. جهت روشن شدن مباحث نظری تحقیق و بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز از روش جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای شامل مطالعه کتب، تحقیقات و مقاله های داخلی و خارجی پژوهشگران و همچنین جستجوی اینترنتی استفاده شد.

## جامعه آماری

جامعه آماری این پژوهش متخصصان، کارشناسان و مدیران شرکت بهره برداری قطار شهری مشهد می باشند. که تعداد آن ها ۳۸ نفر می باشد لذا بر اساس روش گلوله برفی و تا زمانی که نظرات به اشباع برسد مصاحبه نیمه ساختار یافته صورت پذیرفت بنابراین تعداد مصاحبه های نیمه ساختار یافته که به جمع آوری اطلاعات کیفی و تعیین زیر بخش های در معرض خطر منتج می شود ۱۰ مورد می باشد؛ همچنین برای تعیین احتمال وقوع، احتمال کشف و شدت خطر از پرسش نامه استفاده شده است که با توجه به تعداد جامعه آماری و بر اساس جدول مورگان تعداد ۳۵ پرسش نامه پر شده است.

## روند انجام تحقیقات

در این پژوهش ابتدا با استفاده از منابع کتابخانه ای، اینترنت مبانی نظری پژوهش گردآوری شده است. سپس بوسیله مصاحبه به جمع آوری اطلاعات کیفی اقدام شده این مصاحبه ها بصورت نیمه ساختار یافته و به روش گلوله برفی برگزار گردید بنابراین با استفاده از مبانی نظری و اطلاعات کیفی زیر بخش های سیستم حمل و نقل ریلی درون شهری مشهد (خط یک قطار شهری مشهد) که مستعد خطر بوده و آسیب های محتمل بر آن ها در تهدید طبیعی سیل تعیین می گردد سپس با استفاده پرسشنامه احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف هر خطر در هر یک از زیر بخش های خط یک قطار شهری مشهد برآورد خواهد شد سپس با استفاده از اطلاعات موجود و به کمک تکنیک تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) عدد اولویت ریسک (RPN) در هر بخش محاسبه خواهد شد و سپس نسبت به تحلیل و بررسی هر یک از تهدیدات اقدام خواهد شد.

## نتایج و بحث:

### مشخصات کمی پاسخ گویان

فراوانی سن سابقه کاری و تحصیلات پاسخ دهندگان به شرح زیر است در ضمن بعلت اینکه شرکت بهره برداری قطار شهری مشهد فاقد کارکنان زن است لذا تمام پاسخ دهندگان مرد می باشند :



جدول ۴: آمار توصیفی مشخصات پاسخ‌گویان

سن			
درصد فراوانی تجمعی	درصد فراوانی	فراوانی	طبقه
۲۵,۷	۲۵,۷	۹	بین ۲۰ تا ۳۰ سال
۶۰	۳۴,۳	۱۲	بین ۳۰ تا ۴۰ سال
۸۰	۲۰	۷	بین ۴۰ تا ۵۰ سال
۱۰۰	۲۰	۷	بالای ۵۰ سال
-	۱۰۰	۳۵	کل
سابقه کاری			
۲۲,۹	۲۲,۹	۸	زیر ۱۰ سال
۷۱,۴	۴۸,۶	۱۷	بین ۱۰ تا ۲۰ سال
۱۰۰	۲۸,۶	۱۰	بالای ۲۰ سال
-	۱۰۰	۳۵	کل
تحصیلات			
۲۵,۷	۲۵,۷	۹	دیپلم
۶۰	۳۴,۳	۱۲	فوق دیپلم
۸۰	۲۰	۷	لیسانس
۱۰۰	۲۰	۷	فوق لیسانس و دکتری
-	۱۰۰	۳۵	کل

## نتایج کیفی مصاحبه

با استفاده از مبانی نظری بیان شده، جهت تعیین دقیق زیر بخش‌های که در خط یک قطار شهری مشهد در معرض تهدید سیل می‌باشند با متخصصان شاغل در شرکت بهره برداری قطار شهری مصاحبه صورت پذیرفت این مصاحبه‌ها بصورت نیمه ساختار یافته و بر اساس روش گلوله برفی و تا زمانی که نظرات به اشباع برسد ادامه یافت تعداد مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته که به جمع آوری اطلاعات کیفی و تعیین زیر بخش‌های در معرض خطر منتج شد، ۱۰ مورد می‌باشد. در جدول شماره یک لیست مصاحبه شوندگان آمده است.

جدول ۵: مشخصات مصاحبه شوندگان

ردیف	جایگاه	مدت مصاحبه
۱	مدیر عملیات	۱
۲	معاون فنی	۱,۵
۳	رئیس امور ایستگاه‌ها	۱,۲۵
۴	سرپرست امور ایستگاه‌ها	۱

۵	سرپرست امور ایستگاه ها	۱
۶	رئیس مرکز فرمان	۱,۷۵
۷	رئیس سیر و حرکت	۰,۹
۸	ناظر کیفی امور ایستگاه ها	۱,۲
۹	ناظر کیفی امور ایستگاه ها	۱,۲۵
۱۰	ناظر کیفی امور ایستگاه ها	۰,۹
جمع کل		۱۱,۷۵

زیر بخش های خط یک قطار شهری مشهد که ممکن است تحت تاثیر تهدید سیلاب قرار گیرند در کادر  
 مشاهده می شود:

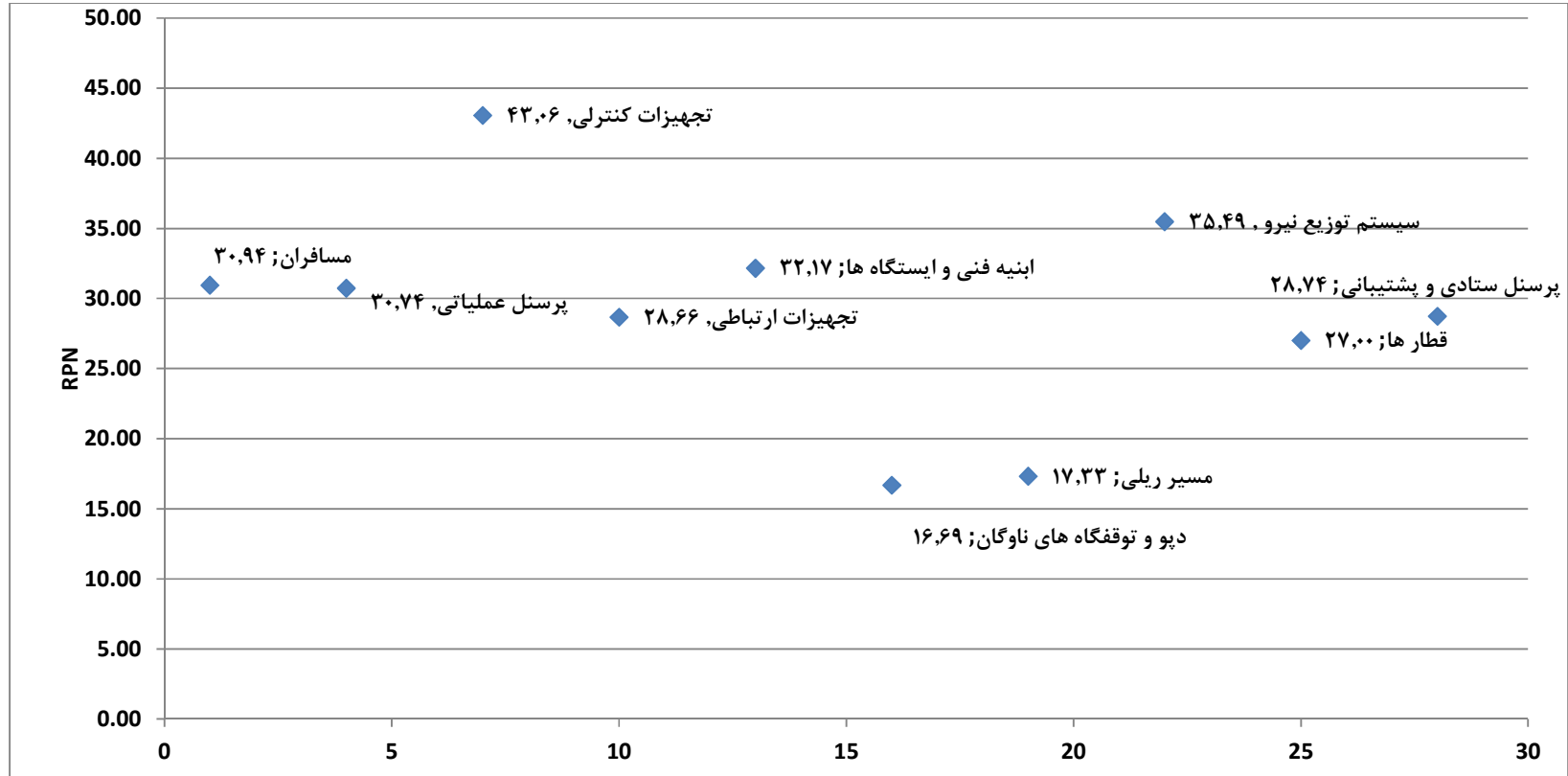
کادر ۱: زیر بخش های در معرض خطر قطار شهری

مسافران	ابنیه فنی و ایستگاه-	پرسنل و کارکنان عملیاتی (راهبرها و پرسنل مرکز
تجهیزات کنترلی (سیگنالینگ): که وظیفه کنترل سرعت و نظارت بر حرکت قطارها را برعهده		
تجهیزات ارتباطی (بیسیم و زیر ساخت فیبر)	ناوگان (قطار-	دپو و توقفگاه های
سیستم توزیع نیرو (پست های برق، شبکه بالا	مسیر ریلی	پرسنل ستادی و پشتیبانی

جدول ۶: جدول توزیع RPN حوزه‌های مختلف

جدول توزیع فراوانی، میانگین، انحراف معیار و RPN حوزه های مختلف										
RPN	انحراف معیار	میانگین	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	حوزه	زیر بخش	ردیف
۳۰.۹۴	۰.۷۶	۳.۰۶	۰	۳۱.۴	۴۲.۹	۲۵.۷	۰	احتمال وقوع	مسافران	۱
	۰.۷۷	۴.۶۰	۶۸.۶	۲۸.۶	۰	۰	۲.۹	شدت خطر		۲
	۱.۱۱	۲.۲۰	۰	۱۷.۱	۲۰	۲۸.۶	۳۴.۳	احتمال کشف نشدن		۳
۳۰.۷۴	۱.۲۸	۳.۰۰	۱۷.۱	۱۷.۱	۲۵.۷	۲۸.۶	۱۱.۴	احتمال وقوع	پرستل و کارکنان عملیاتی (راهبرها، پرسنل مرکز فرمان و...)	۴
	۰.۹۷	۴.۶۶	۸۲.۹	۱۱.۴	۰	۰	۵.۷	شدت خطر		۵
	۱.۱۳	۲.۲۰	۰	۱۷.۱	۲۲.۹	۲۲.۹	۳۷.۱	احتمال کشف نشدن		۶
۴۳.۰۶	۱.۲۰	۳.۰۳	۸.۶	۳۴.۳	۲۰	۲۵.۷	۱۱.۴	احتمال وقوع	تجهیزات کنترلی (سیگنالینگ)	۷
	۰.۵۵	۳.۸۶	۸.۶	۶۸.۶	۲۲.۹	۰	۰	شدت خطر		۸
	۰.۷۶	۳.۶۹	۰	۸۲.۹	۵.۷	۸.۶	۲.۹	احتمال کشف نشدن		۹
۲۸.۶۶	۰.۷۷	۲.۰۰	۰	۰	۲۸.۶	۴۲.۹	۲۸.۶	احتمال وقوع	تجهیزات ارتباطی (بسیم و زیر ساخت فیبر نوری)	۱۰
	۰.۶۵	۳.۷۷	۰	۸۵.۷	۸.۶	۲.۹	۲.۹	شدت خطر		۱۱
	۰.۶۳	۳.۸۰	۰	۸۸.۶	۵.۷	۲.۹	۲.۹	احتمال کشف نشدن		۱۲
۳۲.۱۷	۰.۸۷	۲.۹۴	۰	۳۱.۴	۳۴.۳	۳۱.۴	۲.۹	احتمال وقوع	ابنیه فنی و ایستگاه ها	۱۳
	۰.۷۳	۲.۹۴	۰	۲۰	۵۷.۱	۲۰	۲.۹	شدت خطر		۱۴
	۰.۷۱	۳.۷۱	۰	۸۲.۹	۸.۶	۵.۷	۲.۹	احتمال کشف نشدن		۱۵
۱۶.۶۹	۰.۷۲	۲.۸۰	۰	۸.۶	۷۱.۴	۱۱.۴	۸.۶	احتمال وقوع	دپو و توقفگاه های ناوگان	۱۶
	۰.۹۷	۲.۸۶	۰	۳۲.۴	۳۱.۴	۲۸.۶	۸.۶	شدت خطر		۱۷
	۰.۷۸	۲.۰۹	۰	۵.۷	۱۷.۱	۵۷.۱	۲۰	احتمال کشف نشدن		۱۸
۱۷.۳۳	۰.۷۰	۲.۷۴	۰	۵.۷	۷۱.۴	۱۴.۳	۸.۶	احتمال وقوع	مسیر ریلی	۱۹
	۰.۷۵	۳.۰۳	۰	۲۸.۶	۴۵.۷	۲۵.۷	۰	شدت خطر		۲۰
	۰.۸۹	۲.۰۹	۰	۲.۹	۳۴.۳	۳۱.۴	۳۱.۴	احتمال کشف نشدن		۲۱
۳۵.۴۹	۰.۸۰	۳.۰۰	۰	۲۵.۷	۵۴.۳	۱۴.۳	۵.۷	احتمال وقوع	سیستم توزیع نیرو (پست، شبکه بالا سری)	۲۲
	۰.۳۴	۳.۹۴	۰	۹۷.۱	۰	۲.۹	۰	شدت خطر		۲۳
	۰.۸۴	۳.۰۰	۰	۲۲.۹	۶۵.۷	۰	۱۱.۴	احتمال کشف نشدن		۲۴
۲۷.۰۰	۱.۰۰	۳.۰۰	۰	۳۷.۱	۳۷.۱	۱۴.۳	۱۱.۴	احتمال وقوع	قطار ها	۲۵
	۰.۶۹	۳.۰۰	۰	۱۷.۱	۷۱.۴	۵.۷	۵.۷	شدت خطر		۲۶
	۰.۷۳	۳.۰۰	۰	۲۰	۶۵.۷	۸.۶	۵.۷	احتمال کشف نشدن		۲۷
۲۸.۷۴	۰.۷۷	۳.۰۰	۰	۲۵.۷	۵۱.۴	۲۰	۲.۹	احتمال وقوع	پرستل ستادی و پشتیبانی	۲۸
	۰.۷۶	۴.۶۶	۸۰	۸.۶	۸.۶	۰	۲.۹	شدت خطر		۲۹
	۰.۸۰	۲.۰۶	۰	۵.۷	۱۷.۱	۵۴.۳	۲۲.۹	احتمال کشف نشدن		۳۰

نمودار ۱: نمودار توزیع RPN



## نتیجه گیری

پس از محاسبه عدد اولویت ریسک *RPN* که در جدول فوق بیان شده است می توان ریسک حاصل از تهدید سیلاب بر هر یک از زیر بخش های خط یک قطار شهری مشهد را تحلیل نمود.

بر اساس مصاحبه با صاحب نظران و متخصصان موضوع عدد اولویت ریسک بالای ۳۵ بعنوان ریسک بالا بین ۲۵ تا ۳۵ ریسک متوسط و زیر ۳۵ را ریسک پایین در نظر گرفته می شود. بر اساس نتایج بدست آمده بالاترین عدد اولویت ریسک مربوط به زیر بخش تجهیزات کنترلی با *RPN* برابر ۴۳,۰۶ می باشد که نشان می دهد این بخش بیشتر از دیگر بخش ها در خطر تهدید سیلاب است.

کمترین عدد اولویت ریسک مربوط به بخش دپو و توقفگاه های ناوگان با *RPN* برابر ۱۶,۶۹ که بیان گر این است این بخش کمترین تهدید را در سیلاب برخوردار است. همچنین بخش های تجهیزات کنترلی و سیستم توزیع نیروی در منطقه پر خطر قرار دارند و ریسک این بخش ها در تهدید سیلاب بالا است و بخش های ابنیه فنی و ایستگاه ها، مسافران، پرسنل عملیاتی، پرسنل ستادی، تجهیزات ارتباطی و قطارها در محدوده ریسک متوسط قرار گرفته اند. این بخش ها در تهدید سیلاب داری خطر متوسط و ریسک متوسط است و بعبارتی در وضعیت هشدار قرار دارند. دو بخش مسیر ریلی و دپوی و توقفگاه ها در ریسک پایین قرار دارند.

با توجه به موارد فوق متولیان و برنامه ریزان شهری برای بخش های دارای ریسک بالا و متوسط در تهدید سیلاب می بایست برنامه ریزی و تدبیر بیانندیشند در واقع در بخش های تجهیزات کنترلی و سیستم توزیع نیروی، ابنیه فنی و ایستگاه ها، مسافران، پرسنل عملیاتی، پرسنل ستادی، تجهیزات ارتباطی و قطارها می بایست اقداماتی جهت کاهش ریسک و خطر حاصل سیلاب برنامه ریزی و اجرا گردد.

همچنین این تحلیل به متولیان بیمه کمک می کند تا برای بخش های که در مقابل سیلاب در خطر بیشتری هستند پوشش بیمه بیشتری و طبیعتاً حق بیمه بیشتری در نظر گرفته شود بطور مثال سیلاب تجهیزات کنترلی را حدود ۲,۶ برابر بیشتر از دپو ها و توقفگاه های قطار تهدید می کند که این امر در محاسبات حق بیمه و پوشش بیمه ای بسیار اهمیت دارد.

## مراجع

Benson, M. A. (1968). Uniform flood frequency estimating methods for federal agencies. *Water Resources Research*, 4(5), 891-908 .

Chen, W.-F., Gong, H.-L., Chen, B.-B., Liu, K.-S., Gao, M., & Zhou, C.-F. (2017). Spatiotemporal evolution of land subsidence around a subway using InSAR time-series and the entropy method. *GIScience & Remote Sensing*, 54(1), 78-94 .

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). *Community and regional resilience: Perspectives from hazards, disasters, and emergency management. Community and Regional Resilience Initiative (CARRI) Research Report, 1* .

dos Santos, D. N., de Oliveira, M. A. M., Formigoni, A., Maiellaro, J. R., Saad, A. R., & Fernandes, M. E. (2016). River Network and the Risk of Flooding for the Railway and Subway Systems in the City of São Paulo, Brazil. *Journal of Geological Resource and Engineering*, 7, 328-334 .

Henderson, D. A., Inglesby, T. V., & O'Toole, T. (2002). *Bioterrorism: guidelines for medical and public health management* .

Li, Q., Song, L., List, G. F., Deng, Y., Zhou, Z., & Liu, P. (2017). A new approach to understand metro operation safety by exploring metro operation hazard network (MOHN). *Safety Science*, 93, ۵۰-۶۱ .

Matsika, E., Robinson, M., O'Neill, C., Battista, U., Khosravi, M., Laporte, A. d. S., & Munoz, E. (2016). *Risk Assessment Tool for Analysing Terrorist Attack Impact on Metro and Light Rail Systems. Paper presented at the European Transport Conference 2016 Association for European Transport (AET).*

Pacheco, J., Arzate, J., Rojas, E., Arroyo, M., Yutis, V., & Ochoa, G. (2006). Delimitation of ground failure zones due to land subsidence using gravity data and finite element modeling in the Querétaro valley, México. *Engineering Geology*, 84(3), 143-1 .

Rtt, F. (2008). *Urban regions: ecology and planning beyond the city: Cambridge University Press, Cambridge.*

افضلی، ع.، شریفی کیا، م.، & شایان، س. (۱۳۹۲). ارزیابی آسیب شناسی زیر ساخت ها و سکونتگاه ها از پدیده فرو نشست زمین در دشت دامغان. ژئومورفولوژی کاربردی ایران، ۱۱(۱)، ۷۳-۶۱.

آمار مشهد. (۹۵). گزیده شاخص های مشهد نود و چهار مشهد: <https://amar.mashhad.ir>

امینی، ا.، & اسدی آبرگمکانی، ح. (۱۳۹۰). انواع روشهای ارزیابی ریسک و تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن بر اساس روش *FMEA*. ارائه شده در اولین کنفرانس ملی بهداشت، ایمنی و محیط زیست، ماهشهر.

بای، منتظری، & گندمکار. (۱۳۹۲). مطالعه تأثیر عوامل هیدرو اقلیم بر مخاطرات طبیعی استان گلستان با تأکید بر سیلاب. فصلنامه علمی امداد و نجات، ۵(۲).

بهنیافر، ا.، قنبرزاده، ه.، & اشراقی، ع. (۱۳۸۹). بررسی عوامل موثر در فرونشست های دشت مشهد و پیامدهای ژئومورفیک آن.

جهانگیری، ک.، & طیبی، س. ا. (۱۳۸۲). مدیریت بلایا: ارایه الگویی برای برنامه ریزی اثربخش در مقابله با بیوتروریسم. فصلنامه پایش (۳)، ۹.

خادمی پور، ا. ا. (۱۳۹۴). پدافند غیرعامل در مترو. ارائه شده در همایش بین المللی معماری عمران و شهرسازی در آغاز هزاره سوم.

خدابخشی، ز.، & ابراهیمی قوزلو، م. م. (۱۳۹۳). سنجش مخاطرات طبیعی با نگرش منطقه ای در شمال شرق ایران (خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی). ارائه شده در دومین کنگره بین المللی سازه، معماری و توسعه شهری.

داننده مهر، ع. (۱۳۸۲). اندازه گیری و ارزیابی میزان خسارات ناشی از سیلاب ها. ارائه شده در کنفرانس سراسری دانشجویان عمران.

دهقانی، م.، ولدان زوج، م.، *J. biggs*، & روستایی، م. (۱۳۸۵). تعیین نرخ فرونشست شمال غرب مشهد به کمک تکنیک تداخل سنجی راداری (*InSAR*). ارائه شده در بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.

- رسولی، ح. و نجفی، س. (۱۳۹۳). بیوتروریسم: تهدیدی برای همه. ارائه شده در اولین کنفرانس بین المللی یافته های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.
- رهنما، ح. و میراثی، س. (۱۳۹۵). تحلیل و ارزیابی پارامترهای موثر بر فرونشست زمین. مهندسی عمران مدرس، ۱۶(۱)، ۴۵-۵۴.
- زارع بیدکی، م. و بلالی مود، م. (۱۳۹۴). بیوتروریسم و جنگ افزارهای بیولوژیک، از گذشته تا به امروز: یک مطالعه مروری کلاسیک. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ۲۲(۳)، ۱۶.
- طاهری بهبهانی، م. ط. و بزرگ زاده، م. (۱۳۷۵). سیلابهای شهری: مرکز مطالعات و تحقیقات شهر سازی و معماری ایران.
- غفوری، م.، تاجیک، م.، صادقی، ح. و التج، س. (۱۳۹۲). روش های پدافند غیر عامل در مقابله با تهدیدات بیولوژیکی - شیمیایی - تروریستی در سامانه های قطار شهری (مترو). ارائه شده در سومین کنفرانس بین المللی پیشرفتهای اخیر در مهندسی راه آهن.
- فیضی، ا.، صفوی، س. ی. و شمسایی زفرقندی، ف. ا. (۱۳۹۵). ارزیابی و اولویت بندی تهدیدات انسان ساز خصمانه در ایستگاه های تشکیلاتی راه آهن با رویکرد پدافند غیر عامل. فصل نامه پدافند غیر عامل، ۷(۳).
- کریمی، م.، قنبری، ع. ا. و امیری، ش. (۱۳۹۲). سنجش خطر پذیری سکونتگاه های شهری از پدیده فرونشست زمین مطالعه موردی: منطقه ۱۸ شهر تهران. برنامه ریزی فضایی، ۳(۱)، ۱۸.
- کردوانی، پ. (۱۳۸۶). ژئوهیدرولوژی. تهران: موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- کریمی، ع. (۱۳۹۱). پدافند غیر عامل و تهدیدات بیولوژیک: بوستان حمید.
- کریمی، م. (۱۳۸۶). مدیریت بحران در بیوتروریسم. همای سلامت، ۲۳، ۲۴.
- لطفی، ح. و جعفری، م. (۱۳۹۰). فرایند ایمن سازی شهری جهت مقابله با مخاطرات طبیعی: نیل؛ مطالعه ی موردی: شهر تهران. فضای جغرافیایی، ۳۶(۱۱)، ۲۸۳-۲۹۶.



معرب, صالحی, & امیری. (۱۳۹۴). ارزیابی تاب آوری اقتصادی کاربری اراضی شهری (نمونه موردی: منطقه ی ۱ تهران). فصلنامه پدافند غیرعامل, ۷(۳).

میر مطهری, س. ر., & نقی پور, ع. (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک در حوزه بیوتوروریسم. ارائه شده در ششمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری.

میراثی, س., & رهنما, ح. (۱۳۹۲). بررسی جامع وضعیت پدیده فرو نشست با در نظر گرفتن آسیب ها و عوامل رخداد آن و ارایه راهکار های مناسب مطالعه موردی استان فارس و چهار محال بختیاری. دو ماهنامه بنا, ۵۵, ۱۴.

میرمطهری, ر., نقی پور, ع., & طالبیان, م. (۱۳۹۵). مدیریت و کنترل آسیب ها و عوامل مهم در زمان های مواجهه با حملات بیوتوروریستی. ارائه شده در سومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری.

نوجوان, صالحی, امیدوار, فریادی, & شهرزاد. (۱۳۹۵). بررسی مدل های مدیریت سوانح طبیعی با استفاده از مفاهیم تحلیل مضمون. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست, ۱-۱۶.