فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ سیزدهم، شمارهٔ اول، بهار ۱۴۰۲
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 13, No.1, Serial 47 (Spring 2023)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰

Comparison of the cost of lost time due to the delay caused by the accident of transportation of dangerous substances in 2 routes with a common origin and destination (case study: Qazvin-Tehran routes)

M. Arvan[1], H Nikoomaram[2*], A Mirzahosseini[3] & Z Azizi[4]

1- Phd student of environmental management, Faculty of natural resource and environment, Islamic azad university, Science and research branch, Tehran, Iran

2-Assistant professor, Department of environmental management, Faculty of natural resource and environment, Islamic azad university, Science and research branch, Tehran, Iran

3- Assistant professor, Department of envirinmental engineering, Faculty of natural resource and environment, Islamic azad university, Science and research branch, Tehran, Iran

4- Assistant professor Department of remote sensing and GIS, Faculty of natural resource and environment, Islamic azad university, Science and research branch, Tehran, Iran

Abstract

Background and objective: In recent decades, the industrialization of the world has gained an increasing speed and has been accompanied by a greater amount of industrial production, and this has caused an increase in the transportation of goods and subsequently dangerous substances. Therefore, the purpose of this research was to compare the cost of lost time due to the delay caused by the accident of transportation of hazardous materials in 2 routes with a common origin and destination in the Qazvin-Tehran routes as a case stusy.

Method: In the present research, the cost of delay caused by accidents and incidents of dangerous substances is calculated and compared to 2 different routes with the same origin and destination using a descriptive-analytical method. The case study in this research was 2 Qazvin-Tehran routes, which calculated the cost of delay caused by hazardous materials accidents at points with different AADT along the 2 study routes and compared with each other.

Findings: The findings of this research showed that the amount of wasted time on route 1 was 1441496 and on route 2 was 663268 person-hours, and the cost of delay in these two routes was calculated as 16.96 billion rials and 7.8 billion rials, respectively. By comparing the obtained calculations, the difference is more than 2 times the wasted time and its Rial cost is evident.

Conclusion: Therefore, the obtained criteria can be considered as one of the effective criteria in choosing the route in the transportation of dangerous materials and by making the necessary arrangements, a bed can be provided so that dangerous materials can be transported safely.

Keywords: Traffic, Dangerous substances, Accident, Cost, Time.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Arvan M, Nikoomaram H, Mirzahosseini A, Azizi Z. (2023, Spring). Comparison of the cost of lost time due to the delay caused by the accident of transportation of dangerous substances in 2 routes with a common origin and destination (case study: Qazvin-Tehran routes). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 13*(1),9-18.

مقایسه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از حادثه حمل و نقل مواد خطرناک در ۲ مسیر با مبداء و مقصد مشترک (مطالعه موردی: مسیرهای قزوین– تهران)

مجید آرون[۱]، هانیه نیکومرام[۲*]، سید علیرضا سید میرزاحسینی[۳] و زهرا عزیزی[۴]

۱–دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران. Majidarvan11@gmail.com

۲–استادیار، گروه HSE، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران. nikomaram@gmail.com

۳–استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران. mirzahoseini@gmail.com

۴–استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران. azizi@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: در دهه‌های اخیر، صنعتی شدن جهان سرعت فزاینده‌ای گرفته و با میزان بیش‌تری از تولیدات صنعتی همراه بوده و همین امر باعث افزایش حمل و نقل کالاها و متعاقب آن مواد خطرناک شده است. حاملین مواد خطرناک به‌دنبال کوتاه‌ترین مسیر و کاهش هزینه ها هستند و از طرفی سازمان های پاسخگوی حوادث، مسیر ایمن را مدنظر قرار می‌دهند. لذا هدف از انجام این پژوهش مقایسه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از حادثه حمل و نقل مواد خطرناک در ۲ مسیر با مبداء و مقصد مشترک (مطالعه موردی: مسیرهای قزوین- تهران) بود.

روش: در پژوهش حاضر با استفاده از یک روش توصیفی- تحلیلی اقدام به محاسبه هزینه تاخیر ناشی از تصادف و حادثه مواد خطرناک و مقایسه ۲ مسیر مختلف با مبداء و مقصد یکسان می‌شود. مطالعه موردی در این تحقیق ۲ مسیر قزوین- تهران می‌باشد که در نقاط با AADT[1] مختلف در طول ۲ مسیر اقدام به محاسبه هزینه تاخیر ناشی از حادثه مواد خطرناک نموده و با یکدیگر مقایسه شد.

یافته‌ها: یافته های حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان زمان تلف شده در مسیر یک ۱۴۴۱۴۹۶ و در مسیر دو ۶۶۳۲۶۸ نفر ساعت و هزینه تاخیر در این ۲ مسیر به ترتیب مبلغ ۱۶/۹۶ میلیارد ریال و ۷/۸ میلیارد ریال محاسبه شد. با مقایسه محاسبات بدست آمده تفاوت بیش‌تر از ۲ برابری زمان تلف شده و هزینه ریالی آن مشهود می‌باشد.

نتیجه گیری: لذا معیار به‌دست آمده می‌تواند به‌عنوان یکی از معیار های تاثیرگذار در انتخاب مسیر در حمل و نقل مواد خطرناک لحاظ شده و با انجام تمهیدات لازم در خصوص انتخاب مسیر مناسب بستری فراهم شود تا مواد خطرناک به شکل ایمن حمل و نقل شوند.

کلیدواژه: ترافیک، مواد خطرناک، حادثه، هزینه، زمان.

◄ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** آرون، مجید؛ نیکومرام، هانیه؛ سیدمیرزاحسینی، سیدعلیرضا؛ عزیزی، زهرا. (بهار، ۱۴۰۲)، مقایسه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از حادثه حمل و نقل مواد خطرناک در ۲ مسیر با مبداء و مقصد مشترک (مطالعه موردی: مسیرهای قزوین- تهران). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۳* (۱)، ۹-۱۸.

1. Annual average daily traffic

مقدمه

در دهه‌های اخیر، صنعتی شدن جهان سرعت فزاینده‌ای گرفته و با میزان بیش‌تری از تولیدات صنعتی همراه بوده و همین امر باعث افزایش حمل و نقل کالاها و متعاقب آن مواد خطرناک (HAZMAT)[1] شده است. در این راستا پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که سالانه حدود ۱/۲ میلیون نفر در تصادفات جاده‌ای کشته شده و بیش از ۵۰ میلیون نفر مجروح می‌شوند. برآورد صورت گرفته نشان می‌دهد اگر یک برنامه‌ریزی الزام‌آور جدید جهت پیشگیری از تصادفات انجام نشود تا ۲۰ سال آینده این آمار، ۶۵ درصد رشد خواهد داشت (دیتا و همکاران[2]، ۲۰۱۹: ۲۱۲). هزینه‌های اقتصادی تصادفات و خسارات ناشی از آن، در کشورهای کم درآمد، ۱ درصد از تولید ناخالص ملی (GNP)[3]، در کشورهای با درآمد متوسط، ۱/۵ درصد تولید ناخالص ملی و در کشورهای ثروتمند و پردرآمد، ۲ درصد تولید ناخالص ملی محاسبه شده است. هزینه کلی از لحاظ ارزش پولی، سالانه بالغ بر ۵۱۸ میلیارد دلار آمریکا در سطح جهانی، برآورد شده است. درجه‌بندی ۱۰ علت مهم مرگ و میر زود هنگام ناشی از بیماری‌ها و صدمات در جهان بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد تصادفات جاده‌ای از ردیف ۹ به ردیف ۳ تغییر یافته و سومین علت مرگ و میر در جهان است (اکسین و همکاران[4]، ۲۰۲۰: ۲۶). در سال ۲۰۱۸ میزان جابجایی مواد خطرناک توسط بنگاه‌های حمل و نقل تجاری در ایالات متحده به بیش از ۳ میلیارد تن رسیده است. چنین جابجایی‌هایی می‌تواند بسیار پر ریسک باشد و در صورت عدم رعایت قوانین حمل و نقل، برچسب زدن و بسته بندی صحیح می‌تواند منجر به از بین رفتن جان افراد، خسارت به اموال، امنیت ملی و هم‌چنین محیط زیست شود (کومار و همکاران[5]، ۲۰۱۸: ۲۳۱). به‌دلیل اینکه محل تولید و مصرف مواد شیمیایی خطرناک اغلب یکسان نیستند الزاماً باید آن‌ها را تا محل مصرف حمل نمود. لذا این امر منجر به افزایش تردد محموله‌های مواد خطرناک در بزرگراه‌ها و هم‌چنین شهرها در مسیر حمل و نقل می‌شود. علی رغم زیان‌بار بودن بالقوه این مواد برای افراد و محیط زیست، جهت توسعه صنعتی بسیار ضروری به نظر می‌رسند. لذا شایسته است حمل و نقل مواد خطرناک به‌عنوان یک مشکل مهم در جوامع صنعتی تلقی شود (یین و همکاران[6]، ۲۰۱۹: ۴۹۰). یکی از موارد هزینه تصادفات اوقات تلف شده در ترافیک و هزینه از دست رفته است. در بسیاری از مطالعات خصوصاً در کشورهای کم درآمد هزینه اوقات تلف شده در نظر گرفته نمی‌شود (اسواو[7]، ۲۰۱۴: ۲۲).

هزینه ترافیک متأثر از تصادفات جزء هزینه‌های خارجی محسوب می‌شوند که با توجه به نظریه رفاه اقتصادی باید توسط افرادی که آن را ایجاد کرده‌اند پرداخت شود. مشکل اصلی هزینه‌های خارجی از آنجا ناشی می‌شود که توسط افرادی که آن‌ها را به وجود می‌آورند، پرداخت نمی‌شود و این در تناقض با نظریه‌های اقتصادی است که بیان می‌کنند هر هزینه‌ای که ایجاد می‌شود باید توسط عاملین ایجاد کننده آن پرداخت شود"(صفارزاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۴). بخشی از این هزینه‌ها توسط عاملین آن پرداخت می‌شود، اما بخش زیادی از این هزینه‌ها که هزینه‌های خارجی نامیده می‌شوند توسط جامعه و دولت پرداخت می‌شوند. بنابراین بر اساس این نظریه‌ها باید این هزینه در حمل و نقل به طور کامل شناسایی و به واحدهای پولی تبدیل گردند تا بتوان راه‌کارهای مناسب برای کاهش یا درونی نمودن این هزینه‌ها را ارائه نمود (آیتی و سبزعلی جماعت، ۱۳۹۵: ۳۴). صادقی و قاضی‌زاده (۱۳۹۹) در پژوهشی در زمینه محاسبه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از تصادفات ترافیکی در راه‌های برون شهری استان خراسان رضوی انجام داده‌اند. آن‌ها با معرفی یک روش تحلیل محاسباتی هزینه تاخیر ناشی از تصادف و عوامل تاثیرگذار بر آن و هم‌چنین مقایسه هزینه تاخیر وارده به کاربران راه در انواع تصادفات به تفکیک تصادفات وسایل نقلیه سنگین و سبک) اقدام به بررسی و محاسبه آن‌ها در منطقه مورد مطالعه نموده‌اند. در تحقیقی که در مورد اهمیت هزینه های تاخیر و تغییرات فصلی در تصادفات جاده ای صورت گرفته است نشان می‌دهد که هزینه تاخیر در راه مورد مطالعه برابر با ۱۰ درصد هزینه های اجتماعی تصادفات می باشد و میزان آن نسبتا در فصل زمستان بیشتر است (باردال و جورجنسن، ۲۰۱۷).

1. Hazardousmaterial
2. Ditta et al
3. Gross National Product
4. Xing et al
5. Kumar et al
6. Yin et al
7. SWOV

در این تحقیق به هزینه تاخیر خودرو و سرنشینان در حوادث حمل و نقل مواد خطرناک پرداخته خواهد شد. یکی از تفاوت‌های این حوادث نسبت به سایر حوادث جاده‌ای، تعداد لاین‌های مسدود شده و هم‌چنین مدت زمان انسداد است. در حوادث جاده‌ای مواد خطرناک، نه تنها کل لاین‌ها مسدود می‌شود، بلکه لاین‌های مسیر مخالف نیز به‌دلیل قرار گرفتن تحت تاثیر مواد شیمیایی خطرناک مسدود می‌شود (صمدی خادم و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۸۴). مدت زمان انسداد مسیر مخالف به اندازه زمان عملیات رفع آلودگی مواد نشت کرده است. این میزان در مسیر اصلی، شامل کل زمان عملیات است. حوادث مواد خطرناک را از نظر محل رخداد می‌توان به ۳ بخش مبداء، مقصد و یا در مسیر انتقال تقسیم نمود. در این بین بیش‌ترین مقدار از نظر فراوانی حوادث مربوط به زمان حمل و نقل مواد خطرناک و در مسیر انتقال است. از آنجا که معمولاً محل تولید و مصرف مواد شیمیایی خطرناک یکسان نیستند، الزاماً باید آن‌ها را تا محل مصرف حمل نمود (قلعه و همکاران، ۱۳۹۷: ۷۵). لذا این امر منجر به افزایش تردد محموله‌های مواد خطرناک در بزرگراه‌ها و هم‌چنین شهرها در مسیر حمل و نقل می‌شود. علی رغم زیان بار بودن بالقوه برای افراد و محیط زیست، این مواد جهت توسعه صنعتی بسیار ضروری به نظر می‌رسند و حذف آن‌ها غیر ممکن است. لذا شایسته است حمل و نقل مواد خطرناک به‌عنوان یک مشکل مهم در جوامع صنعتی تلقی شود. حمل و نقل مواد خطرناک یک فعالیت حیاتی برای بهره‌وری کشورهای صنعتی است که، حمل و نقل جاده‌ای، راه آهن، دریایی و خطوط لوله حالت‌های معمول آن است (تورتا و همکاران[1]، ۲۰۱۷: ۶). در حین این جابجایی، احتمال تصادفات و نشت وجود دارد که ممکن است منجر به انفجار، آتش سوزی شدید و یا پراکندگی مواد سمی شود (کاسال[2]، ۲۰۱۷: ۱۱). این اتفاق می‌تواند سطح مخاطرات اجتماعی را افزایش دهد، زیرا شبکه حمل و نقل به ناچار اغلب از مناطق پرجمعیت عبور می‌کند (اوویدی و همکاران[3]، ۲۰۲۰: ۱۰۴۲). میزان خطر حمل و نقل مواد خطرناک به عوامل متعددی بستگی دارد و بسته به نوع مواد، مسیر انتقال، موقعیت در مسیر و غیره می‌تواند متفاوت باشد. هم‌چنین سیاست‌های انتخاب مسیر مواد خطرناک غالبا چندگانه است. شرکت‌های حمل و نقل و رانندگان عموماً نگاه کاهش هزینه‌های حمل و نقل را دارند و به‌دنبال مسیرهای کوتاه‌تر هستند در صورتی‌که متولیان امر که غالباً نگاه ایمنی و امنیت جامعه را دارند نگاهی امنیتی دارند و توجه کمی به هزینه‌های حمل و نقل دارند در صورتیکه باید منافع هر دوطرف در نظر گرفته شود و تعیین مسیر بر اصولی استوار باشد که هم ایمنی فرایند مذکور در نظر گرفته شود و هم هزینه تمام شده آن مورد توجه قرار گیرد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۷۱). خطرات حوادث حمل و نقل مواد خطرناک در مسیرهای مختلف یکسان نیست و عوامل متعددی در انتخاب مسیر می‌تواند تاثیرگذار باشد. مقایسه هزینه تاخیر ناشی از حوادث مواد خطرناک را می‌توان یکی از عوامل تعیین مسیر در حمل و نقل این مواد در نظر گرفت (ماهپور و گودرزی، ۱۳۹۸: ۴۶).

مواد خطرناک به‌دلیل خصوصیاتی همچون، قابلیت اشتعال، خورندگی، قابلیت انفجار، سمیت و رادیواکتیو بودن در هنگام حوادث تصادف، می‌توانند عواقب فاجعه باری در غالب آتش سوزی، انفجار، نشت و جاری شدن آن‌ها به وجود آورند (یانگ و همکاران[4]، ۲۰۱۰: ۶۴۹). در بین کلاس‌های ۹ گانه مواد خطرناک مایعات قابل اشتعال (۴۸/۴۴ درصد) و مواد خورنده (۲۵ درصد) حجم عمده حوادث مواد خطرناک را به خود اختصاص می‌دهند که فرآورده‌های سوختی در این دسته از مواد خطرناک قرار می‌گیرند. مواد خطرناک می‌توانند از طریق پنج حالت: جاده، ریلی، آب، هوا و خط لوله انتقال یابند. در حالی که ۹۴ درصد از کل حمل و نقل‌های موادخطرناک توسط کامیون از طریق جاده‌ها انجام می‌شود که این سهم شامل ۴۳ درصد از کل وزن حمل و نقل شده این مواد است (الالدی[5]، ۲۰۱۱: ۲۶).

در ایران نیز با توجه به مسیر صنعتی شدن کشور مصرف مواد خطرناک بصورت روزافزون افزایش می‌یابد. واقعیت این است که در کشور ایران، حمل ونقل کالا از طریق جاده، با اینکه از نظر میزان مصرف فرآورده‌های نفتی رقم بالایی را تشکیل می‌دهد، اما به دلایل انعطاف پذیری در انتخاب مسیر و مقدار کالا، تعداد دفعات

1. Torretta et al
2. Koster
3. Ovidi et al
4. Yang et al
5. Elaldı

بارگیری کمتر، کنترل دائمی روی کالا در طی مسیر و سهولت دسترسی به مراکز تولید و جذب، در دسترس بودن وسیله نقلیه، زمان کمتر در رسیدن کالا به مقصد به ویژه برای حمل کالاهای فاسدشدنی و گرانقیمت، گسترش شبکه راه‌های کشور، عدم گسترش شبکه سراسری راه آهن (به‌دلیل کوهستانی بودن قسمت عمده کشور)، حمل کالاهای ترافیکی و ده‌ها مزیت دیگر موجب شده است که درصد بسیار بالایی از حمل ونقل کالا بر عهده این بخش باشد. بین قزوین و تهران دو مسیر اصلی وجود دارد که مسیر اول(اتوبان کرج-قزوین) حدود ۱۵۰ کیلومتر است و مسیر دوم(جاده ماهدشت-بوئین زهرا) حدود ۱۹۰ کیلومتر است. لازم به ذکر است با توجه به اینکه این پژوهش در خصوص حمل و نقل جاده ای می‌باشد، مبداء و مقصد این مسیرها خروجی و ورودی شهرها درنظر گرفته شده است. لذا با توجه به مطالب بیان شده در این پژوهش محقق به‌دنبال مقایسه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از حادثه حمل و نقل مواد خطرناک در ۲ مسیر با مبداء و مقصد مشترک (مطالعه موردی: مسیرهای قزوین-تهران) به‌منظور دست‌یابی به مسیر مناسب حمل و نقل مواد خطرناک است.

روش

حجم ترافیک در حوادث حمل و نقل مواد خطرناک به علت اثرات رهایی مواد شیمیایی بیش‌تر است لذا در جریان حوادث جاده‌ای مواد خطرناک، به‌دلیل نشت مواد شیمیایی و قابلیت گسترش آن به وسیله باد، مدت زمان انسداد مسیرها طولانی شده و تردد وسایل نقلیه غیر ممکن و خطرناک می‌شود. مدت زمان انسداد مسیر در این حوادث شامل ۳ جزء پس از وقوع تصادف به شرح ذیل می‌باشد:

۱- زمان رسیدن نیروهای پاسخگو

۲- مدت زمان رفع آلودگی مواد خطرناک

۳- حذف خودرو حامل مواد خطرناک واژگون شده از سطح مسیر

در اینگونه حوادث ۲ جزء، زمان رسیدن نیرو و زمان رفع آلودگی، مسیر مخالف تردد وسایل نقلیه را نیز شامل می‌شوند.

آمار حوادث ۵ ساله حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک در تهران نشان می‌دهد تنوع این حوادث در ۳ شکل، نشت یا ریزش جزئی مواد شیمیایی خطرناک، نشت زیاد مواد شیمیایی خطرناک و واژگونی تانکر حمل اتفاق می‌افتد. در بررسی گزارش حوادث مذکور، میانگین مدت زمان عملیات در حوادث واژگونی تانکر ۵ ساعت و ۴۰ دقیقه بوده است (میانگین مدت زمان عملیات در حوادث واژگونی ۵ سال گذشته در آتش‌نشانی تهران)، که در این مطالعه با در نظر گرفتن جاده‌ای بودن حادثه، میانگین ۲۰ دقیقه برای رسیدن نیرو های پاسخگوی اولیه درنظر گرفته می‌شود (مدت زمان رسیدن نزدیک ترین ایستگاه آتش‌نشانی پاسخ به مواد خطرناک) و به این زمان افزون می‌شود. از این رو زمان کل عملیات ۶ ساعت در نظر گرفته می‌شود که شامل ۲۰ دقیقه زمان رسیدن، ۳ ساعت و ۴۰ دقیقه زمان رفع آلودگی مواد و ۲ ساعت حذف تانکر واژگون شده از سطح جاده است(سازمان آتش‌نشانی تهران، ۱۴۰۰). همانطور که اشاره شد مجموع ۲ مورد اول مدت زمان انسداد مسیر جهت مخالف در نظر گرفته می‌شود. از این‌رو ۴ ساعت پس از رخداد تصادف مسدودیت مسیر مخالف و ۶ ساعت پس از آن مسدودیت مسیر اصلی برطرف می‌شود. در تعریف حوادث نشت مواد شیمیایی خطرناک ریزش مواد شیمیایی کمتر از ۲۰۰ لیتر را نشت کم و بیش‌تر از ۲۰۰ لیتر را نشت زیاد در نظر می‌گیرند (ERG، ۲۰۲۰). سناریو مطالعه حاضر با توجه به در نظرگرفتن واژگونی تانکر حمل و تخلیه کامل مواد، درگروه نشت زیاد قرار می‌گیرد. ترافیک ایجاد شده بر اثر حادثه جاده‌ای حمل و نقل مواد خطرناک باعث تاخیر و اتلاف وقت تعداد زیادی از نفرات متوقف شده در مسیر می‌شود. در این مرحله اقدام به محاسبه مقدار عددی(ریالی) هزینه تاخیر وسایل نقلیه متاثر از حوادث شبیه سازی شده HAZMAT می‌گردد. این عدد با استفاده از ظرفیت جاده و خودروهای متوقف شده متأثر از حادثه با در نظر گرفتن زمان توقف مشخص و با توجه به هزینه تأخیر به ازای هر خودرو محاسبه خواهد شد. همانطور که مشخص است وقتی تصادفی در جاده اتفاق می‌افتد انسداد و یا اخلالی در جریان ترافیک رخ می‌دهد که منجر به تاخیر برای وسایل نقلیه می‌شود. حجم ترافیک تابعی از نرخ رشد صف و زمان برطرف شدن موانع ایجاد شده بر اثر تصادف است. برای محاسبه زمان تلف شده از مدل و فرمول ذیل که توسط کوستر و ریت ولد تعریف شده و هم‌چنین در پژوهش صادقی (۱۳۹۹) نیز به کار رفته است استفاده خواهد شد. در این مدل gi نرخ رشد صف وسایل نقلیه و gf نرخ

کاهش صف بعد از رفع موانع تصادف هستند. همچنین F میزان تردد (حجم جریان)، C ظرفیت راه را در حالت عادی و Ca ظرفیت راه پس از وقوع تصادف را نشان می‌دهند.

$$gi = F-Ca \quad (۱)$$

$$gf = C- F \quad (۲)$$

با توجه به گرفتن میانگین میزان حجم جریان در طول زمان فرض بر این است که میزان F ثابت باشد. در این صورت حداکثر تعداد وسایل نقلیه در صف از رابطه ذیل به‌دست می‌آید:

$$Nmax = gi \times HT \quad (۳)$$

که در آن، Nmax = حداکثر تعداد وسایل نقلیه در صف، HT = مدت زمان مسدود بودن مسیر (تابعی از زمان پاسخ‌گویی و جمع کردن حادثه است). جهت محاسبه مجموع زمان تلف شده وسایل نقلیه از رابطه ذیل استفاده می‌شود:

$$TTLv = \frac{1}{2} \times Nmax \times HT + \frac{1}{2} \times Nmax \times (t2 - t1) \quad (۴)$$

$$= \frac{1}{2} \times gi \times HT^2 + \frac{1}{2} \times gi \times HT \times \frac{gi \times HT}{gf} = \frac{1}{2} \times gi \times HT^2 \times (1 + \frac{gi}{gf}) \quad (۵)$$

که در آن، TTLv = مجموع زمان تلف شده وسایل نقلیه، t1 = زمان شروع انسداد و ایجاد صف، t2 = زمان پایان صف است. جهت محاسبه زمان کل تلف شده کاربران (سرنشینان وسایل نقلیه) از رابطه ذیل استفاده می‌شود:

$$TTLP = TTLV \times \frac{\sum_{i=1}^{n} n_i \times p_i}{\sum_{i=1}^{n} n_i} = TTLV \times \dot{P} \quad (۶)$$

که در آن، TTLP = زمان کل تلف شده کاربران (سرنشینان وسایل نقلیه)، $\dot{P}$= متوسط سرنشین وسایل نقلیه، n_i = تعداد از هر نوع وسیله نقلیه، p_i = تعداد متوسط سرنشینان هر نوع وسیله نقلیه است (کاستر و ریتولد[1]، ۲۰۱۱: ۷۲ و صادقی وقاضی زاده، ۱۳۹۹: ۱۴).

به واسطه وجود تعداد قابل توجهی واحد صنعتی در شهرهای قزوین و تهران مقدار زیادی کالا بین آن‌ها حمل و نقل می‌شوند که کالاهای خطرناک مانند مواد شیمیایی نیز جزء آن‌ها هستند. از آن جا که شرکت‌های حمل و نقل طبیعتاً باید به‌دنبال به حداقل رساندن هزینه‌ها باشند، انتخاب کوتاه‌ترین مسیر حمل و نقل مواد، یکی از راه‌های کاهش هزینه است. از آنجا که نرخ تصادف و حجم تردد در مسیرهای مختلف متفاوت است، انتخاب مسیر کوتاه‌تر ممکن است احتمال تصادف را بالاتر برده و یا پیامد حادثه به سبب در معرض قرار گرفتن نفرات بیش‌تر با مواد خطرناک رها شده شدیدتر باشد. قزوین به علت داشتن بیش از ۳۵۰۰ واحد صنعتی و شهرکهای صنعتی متعدد و دسترسی آسان به آزادراه های مهم کشور، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز صنعتی دارای رتبه دوم صنعت توسعه یافته کشور است. یکی از ویژگی‌های صنعتی استان قزوین تنوع تولید است، چرا که بیش از هزار نوع محصول در واحدهای مختلف صنعتی تولید می‌شوند (استانداری قزوین، ۱۳۹۹). جدول ۱ مربوط به میزان کالای حمل شده از استان مبداء برحسب درون و برون استانی در سال ۱۳۹۸ در کل کشور و ۲ استان قزوین و تهران است.

جدول ۱. میزان کالای حمل شده از استان مبداء برحسب درون و برون استانی (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸)

استان مبداء	درون استانی	برون استانی	جمع	سهم استان (درصد)	وارد شده به استان
تهران	۵۴۳۲	۲۶۵۶۹	۳۲۰۰۱	۶,۹	۴۱۳۲۱
قزوین	۹۴۴	۸۹۰۵	۹۸۴۹	۲,۱	۱۵۲۷۴
جمع کل استان‌ها	۱۳۶۴۳۴	۳۳۰۵۰۳	۴۶۶۹۳۷	۱۰۰	۳۳۰۵۰۳
درصد به کل	۲۹	۷۱	۱۰۰		

(واحد: هزار تن)

همان‌طور که در این جدول آمده است حدود ۲۹ در صد از کالاهای حمل شده در سطح کشور درون استانی و ۷۱ درصد برون استانی است که سهم ۲ استان تهران و قزوین ۹ درصد کل کشور است (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸).

یافته‌ها

جدول ۲ مربوط به تفکیک نوع کالای حمل شده در کل کشور و ۲ استان قزوین و تهران است. همان‌طور که در این جدول آمده است حدود ۱۸٫۵ درصد از کالاهای حمل شده در سطح کشور مربوط به مواد شیمیایی است که این میزان در استان تهران کمی بیش‌تر از ۲۰ درصد بوده و از میانگین کشوری بیش‌تر است.

1. Koster & Rietveld

جدول ۲. میزان کالای حمل شده برحسب استان مبداء و گروه کالا (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸)

استان مبداء	کشاورزی و دامی	فلزی	معدنی و ساختمانی	صنایع سبک	ماشین آلات	شیمیایی	کاغذ و چوب	چرم و پوشاک	متفرقه و خرده	جمع
تهران	۶۰۵۹	۳۱۷۷	۵۵۵۷	۳۰۶۸	۳۲۴۲	۶۴۹۰	۱۱۵۹	۲۰۹	۳۰۰۴	۳۲۰۰۱
قزوین	۱۷۹۲	۱۱۸۹	۳۱۶۵	۱۰۶۳	۴۱۷	۱۶۹۱	۳۳۹	۱۰۵	۸۸	۹۸۴۹
جمع (کل کشور)	۹۲۵۵۰	۶۵۶۰۵	۱۶۱۶۸۹	۲۱۷۲۷	۱۴۸۳۲	۸۵۸۳۰	۱۱۲۳۷	۳۳۰۳	۱۰۱۶۳	۴۶۶۹۳۷
درصد به کل	۱۹,۸	۱۴,۱	۳۴,۶	۴,۷	۳,۲	۱۸,۴	۲,۴	۰,۷	۲,۲	۱۰۰

(واحد: هزار تن)

جدول ۳ مربوط به میزان حمل و نقل کالا بین ۲ استان قزوین و تهران است. همانطور که در جدول مشخص است میزان حمل کالا از استان قزوین به تهران بیش‌تر از تهران به قزوین است و این میزان بیش‌تر از ۲ برابر است. دلیل این موضوع را می‌توان صنعتی بودن استان قزوین ذکر کرد و بر این اساس شبیه سازی مطالعه حاضر در مسیر قزوین به تهران صورت می‌گیرد (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸).

جدول ۳. میزان کالای حمل شده در سطح کشور برحسب استان مبداء و استان مقصد(سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸)

مبداء – مقصد	تهران	قزوین
تهران	۵۴۳۲	۷۶۶
قزوین	۱۸۵۸	۹۴۴

(واحد: هزار تن)

جدول ۴ مربوط به تعداد سفر کامیون‌های حمل کالا در سطح کشور و هم‌چنین ۲ استان قزوین و تهران است. همانطور که در جدول آمده است ۲۹ درصد این سفرها درون استانی و ۷۱ درصد مابقی بیرون استانی است که نشان دهنده حجم حمل و نقل جاده‌ای بین استان‌ها است (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸).

جدول ۴. تعداد سفر کامیون برحسب درون و برون استانی (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸)

استان مبداء	درون استان	برون استان	جمع	سهم استان (درصد)	وارد شده به استان
تهران	۴۰۷	۲۷۳۵	۳۱۴۲	۱۰,۲	۳۲۴۹
قزوین	۶۶	۶۲۲	۶۸۸	۲,۲	۵۳۷
جمع (کل کشور)	۸۸۱۷	۲۱۸۸۴	۳۰۷۰۱	۱۰۰	۲۱۸۸۴
درصد (کل کشور)	۲۹	۷۱	۱۰۰		

(واحد: هزار سفر)

بین قزوین و تهران دو مسیر اصلی وجود دارد که مسیر اول (اتوبان کرج-قزوین) حدود ۱۵۰ کیلومتر است و مسیر دوم (جاده ماهدشت-بوئین زهرا) حدود ۱۹۰ کیلومتر است. از آنجا که حجم تردد و یا مقدار AADT در طول این ۲ مسیر متفاوت است لذا میزان هزینه تأخیر متأثر از تصادفات تانکرهای حمل مواد خطرناک نیز متغیر است. در این پژوهش به مقایسه میزان این هزینه در نقاط مختلف مسیرها خواهیم پرداخت. کامیون‌های حمل کالا در کشور در سال ۱۳۹۸ تعداد ۳۰/۷ میلیون سفر در کل کشور داشته و تردد نموده‌اند از این تعداد ۳/۱۴ میلیون سفر مربوط به استان تهران و ۶۸۸ هزار سفر مربوط به استان قزوین است. طبق اعلام دفتر ایمنی و ترافیک سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور در سال ۱۳۹۸ تعداد ۶۶۰۱۳ مورد تخلف توسط کامیون‌های حمل کالا اتفاق افتاده است و هم‌چنین مقدار ۱۱۵۸۸۶ تن اضافه بار در حمل و نقل کالاهای سطح کشور ثبت شده است (سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۸).

تعیین نقاط مورد نظر شبیه‌سازی

جهت تعیین نقطه شبیه‌سازی حادثه تصادف جاده‌ای مواد خطرناک که منجر به واژگونی تانکر حمل شده است، در هریک از ۲ مسیر تعداد ۶ نقطه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت در مسیر ۱ کرج تقاطع کلاک و در مسیر ۲ حدفاصل ملارد و شهریار به علت دارا بودن بالاترینAADT نسبت به سایر نقاط انتخاب شدند. همانطور که در جدول ۵ آمده است از مسیر ۱ کرج (پل کلاک) دارای AADT ۱۱۵۱۶۵ و از مسیر ۲ حد فاصل ملارد و شهریار دارای AADT ۵۴۹۵۱ هستند که نسبت به سایر نقاط در طول مسیرها بالاترین رتبه را دارا هستند (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸).

جدول ۵. متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه نقاط ۲ مسیر (سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، ۱۳۹۸)

ردیف	نقطه از مسیر	AADT
۱	محمدیه	۴۸۰۵۹
۲	آبیک	۳۷۸۸۸
۳	نظرآباد	۳۷۹۳۴
۴	هشتگرد	۶۵۱۵۳
۵	کرج (مهرشهر/ترمینال کلانتری)	۹۹۵۱۵
۶	کرج (پل کلاک)	۱۱۵۱۶۵
۷	جاده مخصوص (وردآورد)	۳۶۶۹۶
۸	الوند/ و بوئین زهرا (هر ۲ یکسان است)	۸۷۷۹
۹	اشتهارد	۸۲۱۶
۱۰	۳راه راشته	۷۴۲۴
۱۱	صفادشت/ و ملارد	۲۷۰۴۹
۱۲	شهریار	۵۴۹۵۱

سناریوی حادثه

با بررسی داده‌های هواشناسی ۵ سال گذشته منطقه مورد مطالعه، بیش‌ترین سرعت باد ماهانه به میزان ۴/۶۴ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر مربوط به ماه ۸ سال ۲۰۱۸ است. حادثه در ساعت ۱۲ اتفاق افتاده که در این زمان دمای هوا ۳۳/۸ درجه سانتیگراد، رطوبت هوا ۳۳ و هوا صاف است. تانکر حامل ماده آمونیاک به ظرفیت ۳۲۰۰۰ لیتر که ۸۵ درصد گنجایش آن پر بوده واژگون می‌شود و شکافی به ابعاد ۳۰ در ۸ سانتیمتر در ارتفاع ۲۵ سانتیمتری کف مخزن ایجاد شده و منجر به خروج ماده آمونیاک می‌شود. همانگونه که از شکل شماره ۱ مربوط به بر اساس خروجی نرم افزار ALOHA حداکثر مقدار خروج ماده ۱۵۰۰۰ لیتر در دقیقه است. هم‌چنین مدت زمان تخلیه تانکر ۵ دقیقه است که طبیعتاً در گروه نشت زیاد قرار می‌گیرد.

مشخصات ماده آمونیاک: آمونیاک با فرمول شیمیایی NH_3 و شماره بین‌المللی ۱۰۰۵ ترکیبی از نیتروژن و هیدروژن با مشخصات زیر است.

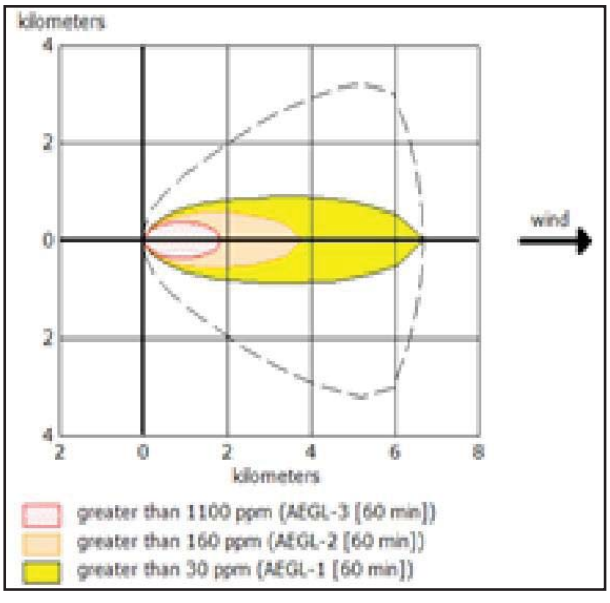
جدول ۶. مشخصات آمونیاک (CAMEO, ۲۰۲۱)

Material Name	Ammonia	
Chemical Formula	NH_3	(CAMEO,2021)
Un Number	1005	(CAMEO,2021)
Cas Number	7664-41-7	(CAMEO,2021)
Molecular Weight	17/0	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
Boiling Point	-28°F	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
Freezing Point	-108°F	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
Relative Gas Density	0/6	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
Odor threshold	17 ppm	(CAMEO,2021)
Lower Explosive Limit (LEL):	%15	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
Upper Explosive Limit (UEL):	%28	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
IDLH	300 PPM	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)
Target Organs	Eyes, skin, respiratory system	(CAMEO,2021)/(NIOSH,2021)

همانطور که در تصویر شماره ۱ مشخص است غلظت ماده آمونیاک در زون‌های ۳ گانه به شرح زیر است.

زون قرمز: ۱۸۰۰ متر (۱۱۰۰ پی پی ام: AEGL-3 [۶۰ دقیقه])

زون نارنجی: ۳۸۰۰ متر(۱۶۰ پی پی ام: AEGL-2 [۶۰ دقیقه])

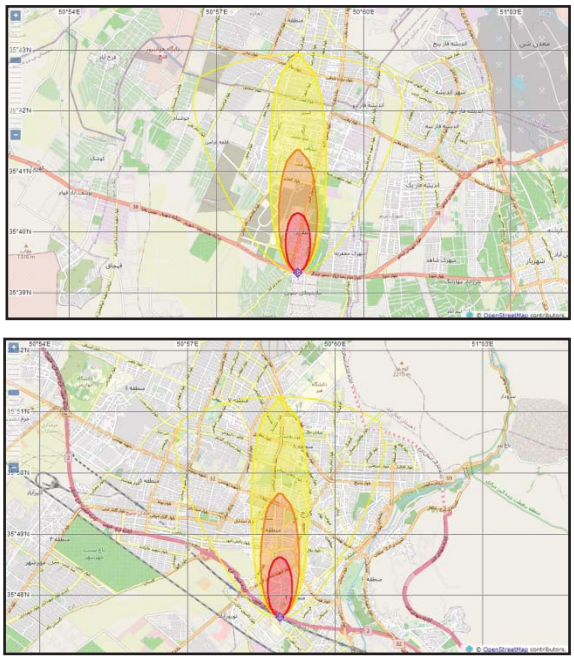


شکل ۱. زون‌های خطر و غلظت ماده نشت شده حادثه واژگونی تانکر ماده آمونیاک (خروجی ALOHA)

تصویر شماره ۲ مربوط به شبیه‌سازی حادثه واژگونی تانکر حمل ماده خطرناک آمونیاک است که ۲ نقطه کرج (پل کلاک) از مسیر شماره ۱ (تصویر سمت راست) و شهریار از مسیر شماره ۲ (تصویر سمت چپ) را نشان می‌دهد که توسط نرم افزار های ALOHA[1] و MARPLOT[2] انجام شده است. همانگونه که در تصویر مشخص است اثرات ماده آمونیاک در ۳ سطح زون داغ[3] با رنگ قرمز، زون گرم[4] با رنگ نارنجی و زون سرد[5] با رنگ زرد مشخص شده است و آلودگی علاوه بر مسیر حمل، مسیر مخالف را نیز دربر گرفته است و در منطقه داغ قرار گرفته‌اند.

محاسبه زمان تلف شده

در محاسبات زمان تلف شده طبق روابط ارائه شده نیاز به متوسط سرنشینان وسایل نقلیه است این میزان با استفاده از متوسط سرنشین هرنوع وسیله نقلیه (جدول شماره ۶) و هم‌چنین تعداد هر نوع خودرو در AADT نقاط محاسبه شد این مقدار برای کرج پل کلاک ۳/۰۵ و شهریار ۳/۳۵ برآورد و در محاسبات لحاظ شد.



شکل ۲. نقاط شبیه‌سازی شده حادثه واژگونی تانکر ماده آمونیاک در مسیر ۱ کرج و ۲ شهریار (خروجی MARPLOT)

جدول ۶. متوسط سرنشین هر نوع وسیله نقلیه (صادقی، ۱۳۹۹)

نوع وسیله نقلیه	سواری	مینی‌بوس	کامیون کوچک	اتوبوس	تریلر بالای ۳ محور
متوسط سرنشین	۲/۶	۱۳	۲	۲۷	۲

طبق محاسبات انجام گرفته در ۲ نقطه شبیه‌سازی شده حادثه واژگونی تانکر حمل ماده آمونیاک در ۲ مسیر قزوین-تهران نتایج به‌دست آمده زمان تلف شده در جدول شماره ۷ مشاهده می‌شود.

جدول ۷. نتایج محاسبات هزینه تاخیر (یافته‌های تحقیق)

	کرج پل کلاک (مسیر ۱)	شهریار (مسیر ۲)
F	۴۷۹۹	۲۲۹۰
C	۶۸۹۷	۳۵۰۸
gi	۴۷۹۹	۲۲۹۰
gf	۲۰۹۸	۱۲۱۸
TTLv	۴۷۲۶۲۱	۱۹۷۹۹۰
$\dot{P}$	۳,۰۵	۳,۳۵
TTLp	۱۴۴۱۴۹۶	۶۶۳۲۶۸

محاسبه هزینه (ریالی) تاخیر

در مطالعات حمل و نقل غالباً هزینه سفر را بر اساس ارزش اجتماعی زمان محاسبه می‌کنند. ارزش اجتماعی زمان به ازای هر

1. Areal Locations of Hazardous Atmospheres
2. Mapping Application for Response, Planning, and Local Operational Tasks
3. Hot zone
4. Warm zone
5. Cold zone

ساعت را می‌توان با استفاده از درآمد سالیانه خانوار و یا حداقل حقوق تعین شده توسط وزارت کار به‌دست آورد. پس از آن با ضرب ارزش اجتماعی هر ساعت زمان تلف شده در مجموع زمان تلف شده کاربران بر اثر رخداد حادثه، هزینه کل زمان تلف شده حساب می‌شود. در این مطالعه جهت محاسبه هزینه تاخیر، حداقل حقوق لحاظ می‌شود.

میزان حداقل دستمزد روزانه در سال ۱۴۰۰ توسط شورای عالی کار و وزارت کار ۸۸۵۱۶۵ ریال اعلام شده است. با احتساب میزان کارکرد ۸ ساعت در روز، حداقل دستمزد ۱ ساعت در سال ۱۴۰۰ مقدار ۱۱۰۶۴۶ ریال محاسبه می‌شود. اهداف سفر در سطح جاده های کشور متنوع است و افراد مختلف با هدف خاص خود وارد مسیر جاده‌ها می‌شوند. این مقدار در سطح کشور مطابق با درصدهای مندرج در جدول شماره ۸ است.

جدول ۸. سهم اهداف سفر مسافران در سطح کشور (صادقی، ۱۳۹۹)

هدف سفر	تحصیل	کاری (ماموریت)	کاری (روزانه)	خرید و امور شخصی	زیارتی- تفریحی	دیدار آشنایان
سهم(درصد)	۶	۸	۳۰	۱۲	۲۲	۲۲

همانطور که در این جدول آمده است ۴۴ درصد سفرها کاری (کاری و تحصیلی) و ۱۲ درصد امور شخصی است که بر اساس آشتو در زمان بالای ۱۵ دقیقه تقریباً معادل ارزش کاری لحاظ می‌شود. از این‌رو ۵۶ درصد سفرها کاری و ۴۴ درصد مابقی غیرکاری درنظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است ارزش زمان‌های غیر کاری به میزان ۵۰ درصد زمان کاری لحاظ می‌شود (صادقی، ۱۳۹۹). با این تعریف برای به‌دست آوردن هزینه ریالی تاخیر از رابطه ذیل استفاده می‌شود. در این رابطه TC کل هزینه تلف شده است.

TC = (TTLP * %56 * 110646) + (TTLP * %44 * 55323)

با محاسبات انجام شده میزان هزینه تلف شده در ۲ نقطه مورد مطالعه به شرح ذیل به‌دست آمد. همانگونه که مشخص است میزان این هزینه در مسیر ۱ بیش‌تر از ۲ برابر مسیر ۲ است.

مسیر ۱ کرج (پل کلاک) ۱۲۴۴۰۶۵۶۴۷۵۹ریال

۱۲/۴۴ میلیارد تومان

مسیر ۲ شهریار ۵۷۲۴۲۵۹۷۴۵۴ ریال

۵/۷۲ میلیارد تومان

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا به تفاوت‌های ایجاد ترافیک در حوادث حمل و نقل مواد خطرناک در مقایسه با سایر تصادفات جاده‌ای از نظر وسعت انسداد و مدت زمان آن پرداخته شد. شبیه‌سازی حادثه واژگونی تانکر حامل ماده آمونیاک توسط نرم افزارهای ALOHA و MARPLOT در نقاط مختلف در طول مسیرها انجام پذیرفت و جم ترافیک بعد از تصادف هر یک از نقاط بررسی شد و بیش‌ترین حجم جهت مقایسه ۲ مسیر با یکدیگر لحاظ شد. بیش‌ترین حجم ترافیک ایجاد شده در مسیر ۱ در محدوده کرج پل کلاک با میزان (۳۵۰۸۰۲+ ۲۳۳۸۶۸) ۵۸۴۶۷۰ ساعت خودرو که معادل ۱۴۴۱۴۹۶ ساعت نفر است. میزان هزینه ریالی تلف شده در این نقطه ۱۶/۹۶ میلیارد تومان محاسبه شد. بیش‌ترین حجم ترافیک ایجاد شده در مسیر ۲ در محدوده شهریار با میزان (۱۱۸۷۱۳+۷۹۱۴۲) ۱۹۷۸۵۵ ساعت خودرو که معادل ۶۶۳۲۶۸ ساعت نفر است. میزان هزینه ریالی تلف شده در این نقطه ۷/۸ میلیارد تومان محاسبه شد. پس از مقایسه ۲ مسیر مشخص شد تفاوت قابل توجهی (بیش از ۲ برابر) در حجم، زمان از دست رفته و هزینه تلف شده بین آن‌ها وجود دارد که می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای انتخاب مسیر در حمل و نقل مواد خطرناک لحاظ گردد. با توجه به تفاوت دیدگاه سازمان‌های پاسخگو در حوادث حمل و نقل با حاملین مواد خطرناک در انتخاب مسیر انجام پژوهش حاضر نشان می‌دهد حجم تردد مسیرها نیز یکی از معیارهای تاثیرگذار این بحث است. هم‌چنین با توجه به تاثیرات قابل توجه زمان رسیدن نیروهای پاسخ‌گوی اولیه در مطالعات آتی می‌توان به احصاء نیازها و مکان‌یابی محل استقرار پایگاه‌های پاسخ‌گویی در حوزه حوادث حمل و نقلی، خصوصاً حوادث حمل و نقل مواد خطرناک پرداخت. تهدید بالقوه‌ای از لحاظ امنیت عمومی در کشورهای در حال توسعه وجود دارد که به‌دلیل عدم و یا وجود مقررات ناچیز در مورد حمل و نقل کالاهای خطرناک ممکن است به شرکت‌های حمل و نقل این اجازه داده شود، در انتخاب مسیر کوتاه‌ترین مسافت را انتخاب کنند، در حالی که نادیده گرفتن مناطق آسیب پذیر و مناطق پر جمعیت منجر به بالا رفتن ریسک حمل و نقل از نظر مالی و جانی شود. در نهایت با توجه به تفاوت دیدگاه سازمان های پاسخگو در حوادث حمل و نقل

با حاملین مواد خطرناک در انتخاب مسیر انجام پژوهش حاضر نشان می‌دهد حجم تردد مسیرها نیز یکی از معیارهای تاثیرگذار این بحث می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد در خصوص مسیرهای حمل و نقل ثابت در کنار طول مسیر، حجم تردد نیز در انتخاب مسیر مدنظر قرار گیرد.

منابع

استانداری قزوین(۱۴۰۰). تاریخ برداشت اطلاعات.https://ostan-qz.ir

آیتی، اسماعیل. سبزعلی جماعت، سعیده (۱۳۹۵). محاسبه هزینه های خارجی ناشی از تراکم ترافیک اقتصاد حمل و نقل، شانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک./https://civilica.com/doc/717453

رضایی، محمدرضا. تازش، یوسف. امیدی پور، مرتضی. معین مهر، آتنا. (۱۳۹۶). مکان یابی آرمستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی دلفی فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: شهر لیکک)." فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه ریزی منطقه ای، دوره ۷، شماره ۲۸، صص ۱۶۷-۱۷۸.http://jzpm.marvdasht.iau.ir/article_2539.html

سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرداری تهران(۱۴۰۰). تاریخ دریافت اطلاعات./https://125.tehran.ir

سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای (۱۳۹۸). سالنامه آماری. https://cafebazaar.ir/app/com.kte.rahh

صادقی، علی اصغر. قاضی زاده، مرتضی. (۱۳۹۹). محاسبه هزینه زمان از دست رفته در تاخیر ناشی از تصادفات ترافیکی به تفکیک نوع راه و نوع وسیله نقلیه (مطالعه موردی:راه های برون شهری استان خراسان). نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳، شماره ۱۰، صص ۲۰-۱۰. https://ceej.aut.ac.ir/article_4044.html

صفارزاده، محمود. سیدابریشمی، سیداحسان. حسن پور، سجاد. (۱۳۹۶). «ارزیابی مسیرهای حمل مواد خطرناک مبتنی بر ریسک-مطالعه موردی محورهای تهران-مازندران.» فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۸ شماره ۳، صص ۴۲۱-۴-۵. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=313486

صمدی خادم، رضا. فتائی، ابراهیم. جوهرچی، پیام. رمضانی، محمدابراهیم. (۱۳۹۹). مکان یابی محل دفن بهداشتی و زیست محیطی مواد زائد خطرناک، مطالعه موردی: استان قزوین" مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره ۱۱، شماره ۳، صص ۲۹۸-۲۸۱. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=573259

قلعه، سحر. امیدواری، منوچهر. نصیری، پروین. مومنی، منصور. میرلواسانی، سیدمحمدرضا. (۱۳۹۷). ارائه الگوی ارزیابی عملکرد ایمنی نفتکش های جاده پیما." سلامت کار ایران، دوره ۱۵، شماره ۶، صص ۷۳-۸۰. https://ioh.iums.ac.ir/article-1-2275-fa.html

ماهپور، علیرضا. گودرزی‌نیک، محمد. (۱۳۹۸). اولویت‌بندی عوامل موثر بر فرهنگ ایمنی رانندگان وسایل حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک.» پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۱۶، شماره ۱، صص ۴۳-۵۰. http://www.trijournal.ir/article_88534.html

Ditta, A., Figueroa, G.Galindo, R.Yie-Pinedo (2019). A review on research in transportation of hazardous materials. Socio-Economic Planning Sciences, 68, 100-665. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038012118300685

Elaldı, P. (2011). Intermodal transportation of hazardous materials with supplier selection: application in Turkey, Bilkent University. https://9lib.net/document/wq209lrz-intermodal-transportation-hazardous-materials-supplier-selection-application-turkey.html

ERG. (2020). Emergency Response Guide. "INITIAL ISOLATION AND PROTECTIVE ACTION DISTANCES".

KG Bardal, F Jørgensen - Transport Policy, 2017. Valuing the risk and social costs of road traffic accidents–Seasonal variation and the significance of delay costs. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X16305753

Koster, P. and P. Rietveld. (2011). Optimising incident management on the road." Journal of Transport Economics and Policy (JTEP).45(1). 63-81. https://www.jstor.org/stable/25801414

Kumar, Anand., Debjit, Roy., Vedat, Verter., Dheeraj, Sharma . (2018). Integrated fleet mix and routing decision for hazmat transportation: A developing country perspective." European Journal of Operational Research, 264(1): 225-238. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221717305301

Ovidi, Federica., Vincentvan der, Vlies., Sanneke, Kuipers., Gabriele, Landucci. (2020). HazMat transportation safety assessment: Analysis of a "Viareggio-like" incident in the Netherlands. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 63, 1039-1085. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423019307715

SWOV. (2014). Fact Sheet - Road Crash Costs. Institute for road safety research, Leidschendam, the Netherlands, Reproduction is only permitted with due acknowledgement. https://swov.nl/sites/default/files/publicaties/gearchiveerde-factsheet/uk/fs_trade_industry_archived.pdf

Torretta, Vincenzo., Elena Cristina, Rada., Marco, Schiavon., Paolo, Viotti. (2017). "Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials: A review." Safety science. 92. 1-9. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753516302119

Xing, Yingying ., Shengdi, Chen ., Shengxue, Zhu., Yi Zhang., Jian, Lu. (2020). Exploring risk factors contributing to the severity of hazardous material transportation accidents in China. International journal of environmental research and public health. 17(4):13-44. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32093095/

Yang, J., et al. (2010). A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008.» Journal of hazardous materials. 184(3): 653-647. https://www.academia.edu/11675550/A_survey_on_hazardous_materials_accidents_during_road_transport_in_China_from_2000_to_2008

Yin, Haodong., Huijun, Sun., Shanshan, Peng., Jianjun, Wu., Ying-en, Ge., Yizhou, Chen. (2019). Designing a safe and fair network for hazmat road transportation. Journal of Transportation Safety & Security, 12(4): 482-500. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19439962.2018.1497745?journalCode=utss20