



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# یک چارچوب ارزیابی خطر برای حمل و نقل مواد خطرناک در بزرگراه ها

## توسط شبکه های پتری رنگی

چکیده :

مدیریت و کنترل حمل و نقل مواد خطرناک (hazmat) توسط وسایل نقلیه در بزرگراه های شلوغ، در طی سال های اخیر توجه روز افزونی را از طرف محققان به خود معطوف کرده است. این مقاله یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS) را برای پایش وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک با هدف ارزیابی دو مسئله پیشنهاد میکند: ارزیابی خطرات اجتماعی ناشی از ترابری و حمل و نقل مواد خطرناک در بزرگ راه ها و انتخاب شیوه های احیا و باز سازی پس از تصادفات وسایل نقلیه سنگین. DSS پیشنهادی قادر به برآورد ریسک و خطر حمل و نقل مواد خطرناک در زمان واقعی و آفلاین، با در نظر گرفتن نوع مواد خطرناک حمل شده، ترافیک و تراکم جمعیتی که در نزدیکی بزرگراه زندگی می کنند می شود. دو ماژول اصلی DSS مشخص شده است: ماژول ارزیابی خطر و ماژول شبیه سازی (SM) که امکان پیش بینی ریسک را در شرایط و سناریو های مختلف می دهد. به طور ویژه، SM با مدل سازی شبکه بزرگراه در یک چارچوب شبکه پتری رنگی (CPN) تحقق می یابد. به منظور نشان دادن اثر بخشی و قابلیت اجرای DSS، یک نمونه توصیف شده و به بزرگراهی در شمال شرق ایتالیا به کار برده می شود.

**کلمات کلیدی:** شبکه های پتری رنگی (CPN)، سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS)، حمل و نقل مواد خطرناک، شبیه سازی

### 1- مقدمه

مدیریت حمل و نقل مواد خطرناک در جاده ها، توجه روز افزونی را توسط محققان در سال های اخیر به خود جلب کرده است. در واقع، حمل و نقل مواد خطرناک به طور بالقوه اشاره به ریسک های بالا بسته به ماهیت ماده خطرناک حمل شده و رخداد های فیزیوشیمیایی مربوط به این مواد، محل زندگی و تراکم افراد تحت تاثیر، ویژگی ها و وضعیت جاده ها، تراکم ترافیک و شرایط زیست محیطی دارد. کاهش خطر حمل و نقل مستلزم اجرا و پیاده سازی طیف وسیعی از ابزار های سیاسی نظیر تیم های (تخصصی) پاسخ اضطراری حوادث مربوط به

مواد خطرناک(29) می باشد. به علاوه، هدف برخی از اقدامات امنیت حمل و نقل کاهش اثرات و عواقب نامطلوب احتمالی حوادث در بر گیرنده انتشار کالاهای خطرناک در طی حمل و نقل است(4-26-30). در این شرایط، تصمیم گیران و نهاد های مختلف در مسائل تصمیم گیری نقش دارند که می توان آن ها را از نظر بخش های کنترلی و برنامه ریزی طبقه بندی کرد(21). مسائل برنامه ریزی اشاره به تصمیمات بلند مدت ( طراحی مسیر، تخصیص منابع) دارد که در آن نیازی به اطلاعات در زمان واقعی نیست.

از سوی دیگر، مسائل کنترل مربوط به تصمیمات کوتاه مدت / یا زمان واقعی (مسیر یابی وسایل نقلیه، عملیات اورژانس، روش های احیا پس از حادثه) می باشد که نیازمند مدل های دینامیک و اطلاعات زمان واقعی است. تحقیقات در زمینه مسائل برنامه ریزی بر دو مسئله اصلی متمرکز هستند(29): 1- ارزیابی خطر ایجاد شده بر روی جمعیت از طریق ترابری و حمل و نقل مواد خطرناک در شبکه جاده ای(10-11)، و 2- شناسایی مسیر هایی که خطر حمل و نقل جاده ای را به حداقل برساند(4-7). یک شاخص رایج، تعداد افرادی است که در یک فاصله آستانه از مسیر های مورد استفاده توسط کامیون های حمل و نقل مواد خطرناک زندگی می کنند. یک مدل پیشنهادی توسط باتا و چپو(3) بر مواجهه بر خطر تاکید می کند تا بر وقوع حادثه. هم چنین، چندین محقق احتمال وقوع حادثه را به عنوان یک شاخص خطر مطرح کرده اند(1-12-25).

کارا و ورتتر(15) در خصوص دومین مسئله تحقیقاتی، یک مدل برنامه نویسی دو سطحی را برای مسئله طراحی یک شبکه جاده ای برای حمل و نقل مواد خطرناک پیشنهاد می کنند. به علاوه، ارکوت و گزرا(10) یک نسخه دو منظوره (کمینه سازی هزینه و ریسک) مسئله طراحی شبکه را در نظر گرفته اند. ورتتر و کارا(29) یک فرمول مبتنی بر مسیر را برای مسئله طراحی شبکه حمل و نقل مواد خطرناک ارائه کرده اند. تغییرات گزینه های مسیر یابی موجود در مدل برای هر محموله می تواند تولید راه حل های جایگزین برای مسئله طراحی شبکه کند. به علاوه، ورتتر و گندو(28) بر مسئله برنامه ریزی تاکتیکی یک شرکت راه آهن که به طور مرتب مقدار معینی از محموله های ترکیبی ( یعنی محموله های خطرناک و غیر خطرناک) در یک شبکه راه آهن را جا به جا می کنند، تاکید می کند.

تعداد کمی از مطالعات در خصوص مسائل مدیریتی و کاربردی حمل و نقل مواد خطرناک انجام شده اند. به طور ویژه، مینکیاردی و رابا(21) یک معماری تصمیم گیری عمومی را برای مدیریت ناوگان های حمل و نقل

حامل مواد خطرناک ارایه کردند. این راه حل، وجود تصمیم گیران مختلف را با هدف کاهش هزینه های اقتصادی و کاهش خطر برای وسایل نقلیه و زیر ساخت ها در نظر می گیرد. به علاوه، سنترانو همکاران (8) یک مدل بزرگراه پویا را در چارپوب شبکه پتری رنگی (CPN) ارایه می کنند که امکان تجزیه تحلیل خطرات حمل و نقل مواد خطرناک را در مسیر های مختلف و در زمان واقعی می دهد.

این مقاله یک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) مورد استفاده توسط برنامه ریزان بزرگراه برای پایش و کنترل وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک و حل دو مسئله عملیاتی را ارایه می کند. 1- ارزیابی خطر ایجاد شده بر روی جمعیت از طریق جا به جایی وسایل نقلیه جا به جا شده در بزرگراه ها و 2- انتخاب روش های احیای بهینه و مسیر های وسایل نقلیه سنگین (HV) پس از یک حادثه.

یک فرایند تصمیم گیری برای انتخاب بهترین گزینه از یک مجموعه از گزینه های محتمل در هر یک از فرایندها و وظایف انسانی ممکن وجود دارد (23). از آن جا که تعاریف مختلفی برای DSS وجود دارد، طیف وسیعی از طبقه بندی ها برای انواع مختلف DSS ها مطرح شده است. بر طبق گفته پاور (24)، DSS را می توان به پنج مقوله طبقه بندی کرد.

- 1- مبتنی بر ارتباطات: تاکید اصلی بر ارتباط و همکاری یک گروه از تصمیم گیران است
- 2- مبتنی بر داده: DSS به طور گسترده از دیتابیس ها استفاده کرده، حجم زیادی از داده ها را پردازش کرده و از کوئری ها (پرس و جو ها) و روش های پیشرفته نظیر پردازش تحلیلی آنلاین بهره می برد.
- 3- مبتنی بر سند: DSS عمدتاً در سیستم های مدیریت و بازاریابی دانش استفاده می شود.
- 4- مبتنی بر دانش: DSS از هوش مصنوعی و قوانین تصمیم گیری خودکار استفاده کرده و موسوم به سیستم های خبره نیز می باشد
- 5- مبتنی بر مدل: DSS تاکید ویژه ای بر مدل هاری ریاضی، شبیه سازی ها و فنون بهینه سازی مورد استفاده برای بهینه سازی عملکرد و اهداف دارد.

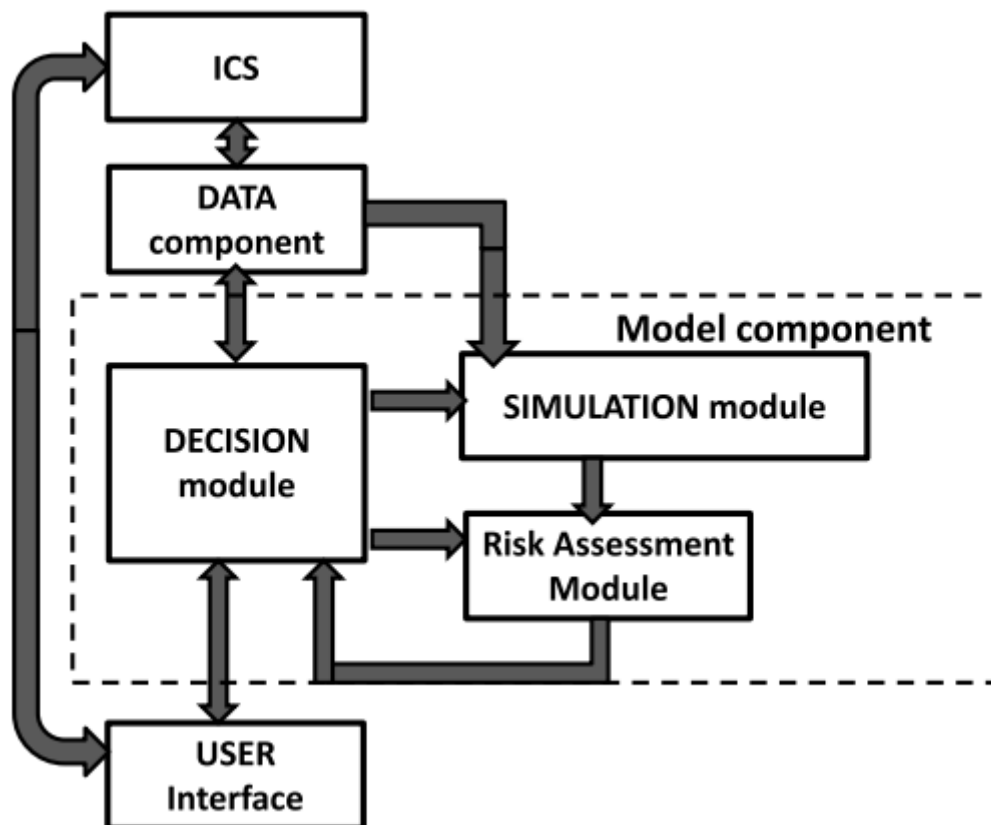
DSS پیشنهادی در یک چارچوب مبتنی بر مدل طراحی شده و متشکل از سه مولفه است: مولفه داده (DC)، مولفه مدل (MC) و مولفه رابط کاربری (UIC). DC همه اطلاعات مورد نیاز را برای اجرای DSS ذخیره می کند،

UIC امکان تعامل موثر کاربر را با سیستم واقعی می دهد. به علاوه، MC در بر گیرنده همه مدل ها، الگوریتم ها، قوانین و دانش مورد نیاز برای ارایه پشتیبان تصمیم گیری به کاربران است

در DSS ارایه شده، MC متشکل از سه ماژول است: ماژول ارزیابی خطر (RAM)، ماژول شبیه سازی (SM) و ماژول تصمیم (DM). به طور اخص، ما دو ماژول اصلی MC را تعیین می کنیم: RAM و RAM.SM، خطر اجتماعی حمل و نقل مواد خطرناک را بر روی بزرگ راه ها با استفاده از داده های حاصل از ابزار های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در زمان واقعی ارزیابی می کند. خطر اجتماعی به صورت خطر مواجهه افراد با تصادفات و سوانح همراه با انتشار مواد خطرناک تعریف می شود. به علاوه، هدف SM، تحلیل خطر حمل و نقل مواد خطرناک و پیش بینی بخش هایی از بزرگراه است که در آن ها احتمال وقوع خطر بالا است. در واقع، مطالعات شبیه سازی از حوزه های مفید برای تصمیم گیری و ارزیابی در خصوص اجرای برنامه های سیستم های پشتیبان تصمیم گیری هستند (5-22). در DSS ارایه شده، SM بر اساس یک مدل شبکه پتری رنگی مدولار و زمان بندی شده (CTPN) شبکه بزرگراه بوده و شامل مدل های تصادف و شیوه های احیاء و امداد پس از تصادف است. از این روی، DSS را می توان برای پیشنهاد ایمن ترین مسیر ها به وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک و نیز انتخاب بهترین سیاست های امداد و نجات تصادف با توجه به تعداد افراد دخیل و خطر اجتماعی ارزیابی شده، مورد استفاده قرار داد.

به منظور نشان دادن اثر بخشی و قابلیت اجرای DSS، ما یک الگویی را برای ارزیابی خطر مربوط به انتقال مواد خطرناک در یک بزرگراه A4 در شمال شرق ایتالیا ارایه می کنیم. با فرض این که یک تصادف یا سانحه در یک خط ویژه از بزرگراه اتفاق می افتد، ما اقدام به ارزیابی و مقایسه خطر در خطوط مختلف با استفاده از راهبرد های مختلف کاهش جریان ترافیک طبیعی جاده ها می کنیم.

ادامه این مقاله به صورت زیر سازمان دهی شده است: بخش دوم به توصیف معماری و ساختار DSS می پردازد. به علاوه، بخش سوم، به توصیف ارزیابی ریسک پیشنهادی و DM ها می پردازد.



مولفه DATA، اجزای مدل، ماژول تصمیم، ماژول شبیه سازی، ماژول ارزیابی خطر، رابط کاربری

شکل 1: معماری DSS

بخش چهارم SM توصیف شده در چارچوب CTPN را ارائه کرده و بخش پنجم یک نمونه DSS به کاربرده شده در مطالعه موردی را نشان می دهد. در نهایت، بخش ششم، شامل نتیجه گیری است.

## 2- معماری DSS

در این بخش، ما به توصیف ساختار DSS برای ارزیابی زمان واقعی خطرات مربوط به ترانزیت مواد خطرناک در شبکه بزرگراه ها و تصمیم گیری در مورد جریان ترافیک می پردازیم. DSS پیشنهادی، مبتنی بر مدل بوده و متشکل از سه مولفه است: DC، MC و UIC. شکل 1 عناصر اصلی و معماری DSS پیشنهادی و ارتباط بین آن ها را نشان می دهد. به طور ویژه، این شکل مولفه های DSS و سه ماژول MC یعنی SM، RAM و DM را نشان می دهد.

DC، اطلاعات لازم و ضروری را برای اجرای DSS ذخیره سازی می کند. ما سه نوع متفاوت از داده ها را از هم متمایز می کنیم. اولین و دومین انواع داده ها در DC ذخیره می شوند: داده های درونی و بیرونی. داده های

درونی، بیانگر داده های ضروری برای توصیف روش های سیستم می باشند برای مثال زمان مورد نیاز برای هر فعالیت تعداد منابع موجود، سطوح ایمنی و غیره. از سوی دیگر، داده های خارجی، اطلاعاتی هستند که در زمان واقعی از سیستم حاصل می شوند: تعداد فعلی وسایل نقلیه، شرایط مربوط به جاده ها، تصادفات، کارهای نگه داری جاده ها و شرایط آب و هوایی و غیره.

سومین نوع داده ها توسط MC استفاده می شوند: آن ها شامل داده های ورودی و خروجی مدیریت شده توسط DM، مدل های شبیه سازی برای اجرای شبیه سازی، صف درخواست های ارسال شده به سرور شبیه سازی، وضعیت هر درخواست و نتایج شبیه سازی می باشد.

UIC امکان تعامل موثر کاربر را با سیستم توسط سیستم های اطلاعات و ارتباطات که بر اساس ابزارهای مدرن ICT هستند، می دهد. این ماژول بخشی از DSS می باشد که مسئول ارتباط و تعامل سیستم با MC می باشد. این مولفه بسیار مهم بوده و صحت مدل بر اساس این رابط است. در واقع، UIC با ICS که قادر به تعامل با سیستم واقعی و حفظ پیوستگی بین داده های ذخیره شده و سیستم واقعی است ارتباط برقرار می کند.

از طریق استفاده از ابزارهای ICT مربوط به ICS، DSS قادر به پایش شبکه، تشخیص رویدادهای رخ داده در سیستم و ارسال اطلاعات مربوطه به DC است. RAM می تواند خطر مناطقی را که در آن وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک وجود دارد، با در نظر گرفتن اثر متقابل بین شبکه حمل و نقل (در این جا بزرگراه)، وسایل نقلیه (منابع خطر در حال تردد) و منطقه تاثیر، در زمان واقعی ارزیابی کند. بر اساس ارزیابی خطر، DM قادر به اصلاح و تعدیل قوانین برای مدیریت شبکه است.

به علاوه، در نتیجه رویدادهای شناسایی شده و دانش وضعیت مدل، DM می تواند در مورد شبیه سازی و استفاده از روش های مختلف امداد و نجات تصمیم گیری کند. عوامل تعیین شروع شبیه سازی ها، اثرات غیر قابل پیش بینی رویدادها و نیز شرایط بحرانی وضعیت مدل است که صفوف، موانع، شکست ها و همه رخدادهایی که با جریان و مدیریت مواد و وسایل حمل و نقل تعامل دارند را نشان می دهد. شبیه سازی، عملکرد راه حل های پیشنهادی توسط DM را ارزیابی می کند. از این روی RAM از خروجی های شبیه سازی برای ارزیابی خطر و اثرات سناریوهای احتمالی استفاده می کند.

پر واضح است که، DSS توسط برنامه ریزان و مدیران بزرگراه برای دو عملیات اصلی استفاده می شود 1- DSS، خطرات حمل و نقل مواد خطرناک را با استفاده از داده های ICS در زمان واقعی ارزیابی کرده و مسیر های بزرگراه پر خطر را شناسایی می کند و 3- DSS، شبیه سازی را برای پیش بینی خطر حمل و نقل مواد خطرناک و اثرات تصادف انجام می دهد. در این رابطه، خطر حمل و نقل مواد خطرناک با استفاده از خروجی های شبیه سازی ارزیابی می شود که اثرات سوانح را پیش بینی کرده و اقدام به مقایسه داده های مربوط به راه حل های باز یابی و امداد می کند.

بر اساس نتایج شبیه سازی و ارزیابی خطر RAM، DM، راه حل های مسیر یابی و احیا را برای مدیریت شبکه در شرایط مختلف پیشنهاد می کند. بر اساس گزینه های پیشنهادی توسط DSS، کاربرف از طریق UIC، دستورات را به ICS انتقال می دهد و ICS، پیام های متناظر را به سیستم شبکه ارسال می کند. بخش های بعدی بر تعیین دو ماژول اصلی MC یعنی RAM و SM تاکید دارند. به علاوه، یک نمونه DM در رابطه با تصادفات مربوط به حمل و نقل مواد خطرناک ارائه می شود.

### 3- ارزیابی خطر و DM

#### الف: مشخصات RAM

در این بخش، ما به توصیف ماژول اختصاصی برای محاسبه زمان واقعی خطرات مربوط به حمل و نقل مواد خطرناک در یک شبکه بزرگراه می پردازیم. ما بزرگراه را به مجموعه ای از L مسیر که با  $L = \{L_i | i = 1, \dots, L\}$  نشان داده می شود تقسیم می کنیم که در آن هر مسیر یک خط بزرگراه بین دو عوارضی متوالی است. به علاوه، این مجموعه از مسیر ها در  $L = L_H \cup L_{in} \cup L_{out}$  تقسیم می شوند که در آن ها  $L_H$  مسیر های بزرگراه را جمع می کند،  $L_{in}$  مسیر های ورودی را جمع اوری می کند یعنی عوارضی برای ورود به بزرگراه و  $L_{out}$  مجموعه ای از مسیر های خروجی می باشد که از طریق آن وسایل نقلیه از بزرگراه خارج می شوند.

ارزیابی خطر معمولاً یک فرایند ناشی از تعامل میان شبکه حمل و نقل، وسایل نقلیه و منطقه اثر می باشد (11). به طور دقیق تر، می توان دو نوع خطر را در نظر گرفت: خطرات فردی و خطرات اجتماعی یعنی خطرات مواجهه



افراد در برابر اثرات سوانح مربوط به انتشار مواد خطرناک. در این مقاله، ما شاخص خطر فردی را به دلیل مجموعه افراد  $H = \{h: h = 0, 1, \dots, H\}$  از ماده خطرناک H که توسط HV حمل و نقل می شود در نظر می گیریم.

شاخص های اصلی برای ارزیابی خطرات فردی شامل موارد زیر هستند

$$1- R_i(h, \tau): \text{خطر حمل و نقل مواد خطرناک در مسیر بزرگراه } L_i \in L_H \text{ در زمان } \tau$$

$$2- N_p(i, h, \tau): \text{تعداد افرادی که در حادثه HV حامل مواد خطرناک } h \text{ در } L_i \in L_H \text{ در زمان } \tau \text{ نقش دارند}$$

به منظور محاسبه  $R_i(h, \tau)$  و  $N_p(i, h, \tau)$ ، شاخص های زیر تعریف می شوند (11).

$$1- f_i(h, \tau): \text{ (حوادث/ وسایل نقلیه) تعداد نسبی رخداد ها و سوانح در مسیر بزرگراه } L_i \in L_H \text{ با توجه به وسایل}$$

نقلیه در حال تردد حامل مواد خطرناک h در زمان  $\tau$  است

$$2- \lambda_i(l): \text{حوادث/ وسایل نقلیه میزان تصادفات در } l \text{ امین کیلومتر از مسیر بزرگراه } L_i \in L_H \text{ (13)}$$

$$3- p_{rel}(h): \text{احتمال انتشار مواد خطرناک } h \text{ در نتیجه یک تصادف (6)}$$

$$4- N_{CV}(i, \tau): \text{تعداد وسایل نقلیه رایج (CV) در } L_i \text{ در زمان } \tau$$

$$5- N_{HV}(i, 0, \tau): \text{تعداد HV هایی که مواد خطرناک را در } L_i \text{ در زمان } \tau \text{ حمل نمی کنند}$$

$$6- N_{HV}(i, h, \tau): \text{تعداد HV های حامل مواد خطرناک } h \text{ در } L_i \text{ در زمان } \tau$$

توجه کنید که مقدار  $\lambda_i(l)$  ارتباط تنگاتنگی با توپولوژی مسیر ها بزرگراه، ترافیک و شرایط آب و هوایی دارد:

آنگاه برای هر مورد ویژه آن را می توان از داده های تاریخی بزرگراه با ارزیابی آماری بدست آورد

در این جا، فرضیات ساده کننده زیر را می توان در نظر گرفت:

$$1- \text{نرخ تصادفات } \bar{\lambda}_i(l) = \bar{\lambda}_i \text{ در امتداد هر مسیر ثابت است}$$

2- منطقه پرخطر در نقطه تصادفات متمرکز شده است و بسته به نوع مواد خطرناک، به صورت دایره با شعاع

معین می باشد.

3- شرایط آب و هوایی در نظر گرفته نمی شود.

تحت این فرضیات، خطر فردی حمل و نقل مواد خطرناک برای یک مسیر  $L_i \in L_H$  در زمان  $\tau$  را می توان به صورت زیر تعیین کرد (19، 20 و 25)

$$R_i(h, \tau) = N_{HV}(i, h, \tau) f_i(h, \tau) \quad \forall L_i \in L_H. \quad (1)$$

به علاوه،  $f_i(h, \tau)$  به صورت زیر تعیین می شود

$$f_i(h, \tau) = \lambda_i \cdot p_{rel}(h). \quad (2)$$

به علاوه تعداد افراد  $N_p(i, h, \tau)$  تحت تاثیر تصادف در یک مسیر  $L_i \in L_H$  با انتشار مواد خطرناک  $h$

را می توان به صورت زیر به ازای  $h = 1, \dots, H$  و  $L_i \in L_H$  ارزیابی کرد

$$N_p(i, h, \tau) = \eta_i \left( \pi r_h^2 - 0.03 \cdot 2r_h \right) + \frac{[N_{HV}(i, 0, \tau) + N_{HV}(i, h, \tau) + 2N_{CV}(i, \tau)]}{l_i} 2r_h$$

مطالعه (3) به ارزیابی تعداد افراد ساکن در نزدیکی مناطق تصادفات و سوانح با فرض این که عرض مسیرهای بزرگراه برابر با 0.03 کیلومتر باشد پرداخته است. به علاوه این مطالعه تعداد افراد حاضر در مسیر بزرگراه را با فرض یک راننده در هر وسیله نقلیه و دو نفر در هر CV، برآورد می کند.

ب: ارزیابی خطر حمل و نقل مواد خطرناک توسط شبیه سازی

نقش اصلی RAM، تعیین فراوانی  $f_i(h, \tau)$  شاخص خطر متغیر در زمان  $R_i(h, \tau)$  و تعداد افراد  $N_p(i, h, \tau)$  است. DSS می تواند مقادیر هر یک از این شاخص ها را در زمان واقعی از داده های ICS بدست بیاورد. هم چنین به منظور ارزیابی مقدار متوسط خطر در سناریوهای مختلف یا پیش بینی خطر متوسط حمل و نقل مواد خطرناک در مسیرهای خاص، یک شبیه سازی می تواند توسط DSS انجام شود.

به ویژه، شبیه سازی تعیین کننده مقادیر زیر در هر زمان  $\tau \in N$  به ازای  $0 \leq \tau \leq T$  است که در آن  $T$  مدت زمان هر دور شبیه سازی و  $N$  مجموعه اعداد طبیعی است.

$$N_{CV}(i) = (\sum_{\tau} N_{CV}(i, \tau)) / T \quad -1$$

$$N_{HV}(i, 0) = (\sum_{\tau} N_{HV}(i, 0, \tau)) / T \quad -2$$

تعداد میانگین وسایل نقلیه که مواد خطرناک را در  $L_i$  جابه جا

نمی کنند

3-  $N_{HV}(i,h) = (\sum_{\tau} N_{HV}(i, \bar{h}, \tau)) / T$  : تعداد میانگین وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک  $h$  در زمان  $L_i$

4-  $N_p(i,h)$  : تعداد میانگین افراد دخیل در تصادف و مواجهه شده با انتشار مواد خطرناک  $h$  در  $L_i$

به علاوه، تعداد میانگین افراد دخیل در تصادف  $N_p(i, h)$  به ازای  $h = 1, \dots, H$  و  $L_i \in L_H$  را می توان به صورت زیر ارزیابی کرد

$$N_p(i, h) = \eta_i \left( \pi r_h^2 - 0.03 \cdot 2r_h \right) + \frac{[N_{HV}(i, 0) + N_{HV}(i, h) + 2N_{CV}(i)]}{l_i} 2r_h. \quad (4)$$

در نهایت، مقادیر میانگین ریسک فردی به صورت زیر تعیین می شوند

$$R_i(h) = N_{HV}(i, h) \lambda_i \cdot p_{rel}(h) \text{ for } h \in H \text{ and } L_i \in L_H \quad (5)$$

$$\bar{R}_i = \sum_{h=1}^H R_i(h) \text{ for } L_i \in L_H \quad (6)$$

که  $R_i(h)$  خطر میانگین در بازه های زمانی مورد نظر و  $\bar{R}_i$  خطر میانگین در همه مواد خطرناک مورد نظر است.

#### پ: مشخصات DM

DM پایه و اساس DSS است که به تصمیم گیران در برآورد و تخمین اثر روش های مختلف برای رسیدگی به رویدادها و شرایط استثنایی بر روی سیستم واقعی با در نظر گرفتن شرایط ترافیک زمان واقعی و تاثیرات آن بر روی افراد کمک می کند

DM را می توان به دو شیوه استفاده کرد: کاربرد های زمان واقعی و آفلاین

در اولین کاربرد، DSS، داده های ترافیک زمان واقعی برای DC را پایش کرده و این DATA را به RAM ارسال می کند که قادر به برآورد شاخص های خطر 1 و 3 است.

به علاوه، در صورتی که سطح خطر از یک آستانه حفاظتی خاص ناشی از ترافیک بزرگراه و یا تصادف، عبور کند، آنگاه DSS به صورت زیر عمل می کند

1- DSS یک سیگنال هشدار را راه اندازی می کند که در مورد شرایط خطرناک اطلاع رسانی می کند

2- برخی از فرایندهای بازیابی و نجات که قبلاً در یک دیتابیس مناسب آماده سازی شده اند در نظر گرفته می شوند

3- برای هر جایگزین، یک مجموعه از شبیه سازی ها برای برآورد شاخص های خطر میانگین (4-6) اجرا می شوند

4- یک مقایسه با استفاده از نمودارهای مناسب انجام می شود

5- نتایج به تصمیم گیران با مازول رابط کاربری ارائه می شود

در دومین کاربرد آفلاین، DSS را می توان برای یافتن بهترین روش بازیابی و نجات به کار برده شده در مرحله 2 روش ارائه شده استفاده کرد. در این مورد، راهبرد های جایگزین بر اساس تجربه مدیر را می توان با استفاده از مراحل 3-5 این فرایند ارزیابی کرد.

#### SM-4

این بخش به توصیف مازول مربوط به مدل سازی و شبیه سازی شبکه بزرگراه در یک چارچوب CTPN (14) می پردازد. از این روی، ما در ابتدا عناصر اساسی CTPN را در نظر گرفته و سپس به بررسی مدل بزرگراه می پردازیم.

#### الف-پیش زمینه ای در خصوص CTPN

CTPN به صورت یک گراف همبند دو بخشی توصیف شده با یک  $CTPN = (P, T, Co, I, O, F)$  شش تایی است که در آن  $P$  مجموعه از مکان ها است و  $T$  مجموعه از تغییرات زمان بندی شده تصادفی،  $Co$  یک تابع رنگ است که مرتبط با هر عنصر در  $PUT$  در یک مجموعه منظم غیر تهی از رنگ ها در مجموعه ای از رنگ های احتمالی  $CL$  است. به علاوه تابع  $Co$  هر محل  $p \in P$  و هر نقطه گذار  $t \in T$  را به مجموعه ای از رنگ های احتمالی  $Co(p) \subseteq Cl$  و مجموعه ای از رنگ های وقوع  $Co(t) \subseteq Cl$  نقشه یابی می کند.

ماتریس های  $I$  و  $O$ ، به ترتیب ماتریس های قبل از وقوع و پس از وقوع با ابعاد  $|P| \times |T|$  می باشند که در آن علامت  $I(\cdot)$  نشان دهنده درایه اصلی مجموعه  $(\cdot)$  است. به طور دقیق تر،  $I(p, t)(O(p, t))$  یک نگاشتی است که یک مجموعه از رنگ های  $Co(t) (Co(p))$  را به هر مجموعه از رنگ های  $Co(p) (Co(t))$  مرتبط می کند. به علاوه، هر مولفه  $I(p, t)(O(p, t))$  با استفاده از یک قوس متغیر از  $P$  تا  $t$  (از  $p$  تا  $t$ ) با تابع  $O(p, t)(I(p, t))$  نشان داده می شود.

به علاوه، علامت  $M(p)$  مکان  $p \in P$  به صورت نگاشت  $M: P \rightarrow Cl$  تعریف می شود. به طور دقیقاً،  $M(p)$  مجموعه ای از مولفه های  $Co(p)$  می باشد که مولفه های (14) متناظر با علایم رنگی در  $p$  است.

یک مقدار تبدیل  $t \in T$  در یک علامت  $M$  با توجه به رنگ  $c \in Co(t)$  در صورتی فعال می شود که به ازای هر  $p \in P$   $M(p)(c) = I(p,t)(c)$  صادق است. در صورتی که تبدیل و انتقال  $t \in T$  با توجه به رنگ  $c \in Co(t)$  شروع شود، آنگاه می توان یک علامت جدید  $M'$  را با معادله حالت بدست آورد:

$$M'(p)(c) = M(p)(c) + O(p,t)(c) - I(p,t)(c)$$

در نهایت، PN های رنگی با ضمیمه و اتصال زمان به ماتریس های انتقال بدست می آید:  $F[t(c)]$  زمان بندی توزیع را مرتبط با هر انتقال تصادفی  $t \in T$  با توجه به رنگ  $c \in Co(t)$  تعیین می کند.

ب: مدل شبکه بزرگراه

شبکه بزرگراه با CTPN که با  $CTPN = (P, T, Co, I, O, F)$  نشان داده شده است مدل سازی می شود: ساختار مدل، به صورت مدولار بوده و توسط رویکرد کل به جزء ساخته می شود (31). به طور ویژه، زیر سیستم های بزرگراه و مسیر های بزرگراه در یک رویکرد مدولار و عمومی طبقه بندی می شوند. یک مجموعه از مکان های  $P$  به زیر مجموعه های زیر تقسیم بندی می شوند:  $P = P_L \cup P_C \cup P_A \cup P_B$  که در آن ها  $P_L \in P_L$  بیانگر مسیر های بزرگراه بوده، مکان های  $P_C \in P_C$ ، ظرفیت مسیر را مدل سازی کرده،  $P_A \in P_A$ ، کاهش ظرفیت یا انسداد مسیر را برای تصادفات یا کار های در حال پیشرفت مدل سازی کرده و مکان های  $P_B \in P_B$ ، عوارضی ها را مدل سازی می کند.

هر علامت رنگی در یک مکان  $p \in P_L \cup P_B$  CTPN، یک وسیله نقلیه در بزرگراه است. به علاوه، دو نوع وسیله نقلیه در سیستم را در نظر می گیریم

1- CV یعنی وسایل نقلیه نظیر خودرو ها، ون ها و موتور سیکلت ها با اندازه کم تر از 5 متر یا معادل 1 خودرو

2- HV یعنی وسایل نقلیه حامل محموله ها یا مواد خطرناک به طول 15 متر یا معادل سه خودرو

رنگ های علایم با یک زوج تعریف می شود که بیانگر نوع وسیله نقلیه و مواد حمل شده است. از این

روی، بخش رنگی هر مکان  $p \in P_L \cup P_B$  به صورت زیر است

$$Co(p) = \{ \langle cv, 0 \rangle, \langle hv, h \rangle \text{ for } h = 0, \dots, H \} \quad (7)$$

که  $h = 0$  بدین معنی است که هیچ گونه ماده خطرناکی توسط وسایل نقلیه حمل نمی شود

به علاوه، علایم در  $PC \in PC$  ظرفیت قابل دسترس در مسیر از حیث  $v.e$  و علایم در  $PA \in PA$  بیانگر وضعیت لاین (مسدود یا کاهش یافته) می باشد. از این روی مکان های  $p \in PC \cup PA$  با علایم با رنگ های خنثی نشان داده می شود که با علامت  $\langle \bullet \rangle$  بیان می شود

$$Co(p) = \{ \langle \bullet \rangle \}. \quad (8)$$

جمع مجموعه ای از رنگ های احتمالی علامت ها به صورت زیر است

$$Cl = \{ \langle \bullet \rangle, \langle cv, 0 \rangle, \langle hv, h \rangle \text{ for } h = 0, \dots, H \}. \quad (9)$$

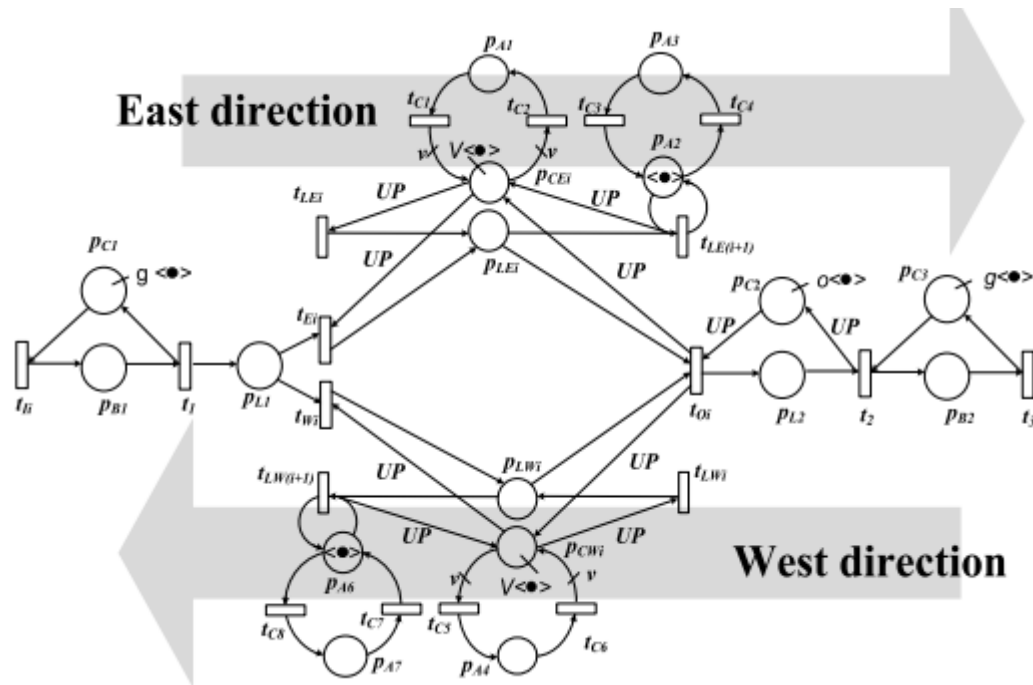
به علاوه، مجموعه ای از انتقال های  $T$  به زیر مجموعه های زیر تقسیم می شود:  $T = T_L \cup T_C \cup T_I$  که در آن  $T_L$  جا به جایی وسایل نقلیه را در لاین ها مدل سازی می کند،  $T_I$  وسایل نقلیه وارد شده یا خارج شده از شبکه و پرداخت ها در عوارضی را مدل سازی می کند،  $T_C$  بیانگر وقوع رویدادهای غیر قابل پیش بینی نظیر تصادفات، کار های در حال انجام، بازسازی لاین است. از این روی، مجموعه هایی از رنگ های وقوع به صورت زیر است

$$Co(t) = \{ \langle cv, 0 \rangle, \langle hv, h \rangle \text{ for } h = 0, \dots, H \} \\ \text{for } t \in T_L \cup T_I$$

$$Co(t) = \{ \langle \bullet \rangle \} \text{ for } t \in T_C.$$

شکل 2، CTPN را برای مدل سازی یک مسیر اصلی نشان می دهد: مکان های  $PL_{Ei}, PL_{Wi} \in P_L$  بیانگر یک قطعه بزرگراه به ترتیب از شرق، و غرب و  $PCE_{i}, PCW_{i} \in P_C$  ظرفیت های متناظر  $v.e$  است. رویداد های مدل سازی وسایل نقلیه ورودی به بزرگراه، شامل رویداد های انتقال  $t_{LEi} \in T_L$  هستند. در صورتی که ماتریس انتقال  $t_{C2} \in T_C$ ، رویداد کاهش ظرفیت ناشی از نگه داری یا احیا و بازیابی بزرگراه رخ می دهد. به طور اخص، در چنین مواردی، علایم طبیعی  $\langle \bullet \rangle$  از  $PCE_{i}$  خارج شده و ظرفیت مسیر کاهش می یابد. به علاوه،  $t_{C1} \in T_C$ ، پایان فرایند های بازسازی و ترمیم را مدل سازی می کند و علایم خنثی  $v$  به  $PCE_{i}$  افزوده می شود. در صورتی که تصادف رخ دهد، حالت  $t_{C4} \in T_C$  فعال شده و مکان  $PA_2$  غیر فعال می

شود. در این وضعیت، لاین مسدود می شود زیرا حالت  $t_{LE(i+1)} \in T_L$  غیر فعال می شود. زمانی که  $t_{C3}$  فعال می شود و مکان  $PA2$  روشن می شود، وسایل نقلیه می توانند مجددا در مسیر حرکت کنند. به علاوه، حالت های  $t_{li}, t_{oi} \in T_I$ ، ورود و خروج به بزرگراه از طریق عوارضی را مدل سازی می کند.



شکل 2: مدل CPTN مسیر بزرگراه Li و عوارضی

به علاوه، شکل 2 شبکه مدل سازی یک مسیر ورودی و خروجی را نشان می دهد. به طور ویژه، مکان های  $p_{B1}, p_{B2} \in P_B$  قادر به مدل سازی عوارضی ها است:  $p_{C1}, p_{C2} \in P_C$  ظرفیت های  $v.e. g < \bullet >$  هستند (تعداد گیت های عواری)،  $p_{L1}, p_{L2} \in P_L$  مقاطع و مسیر های بین عوارضی و بزرگراه و بزرگراه و عوارضی را به ترتیب مدل سازی می کند.  $t_1 \in T_I$ ، پرداخت هزینه و  $t_{Ei} \in T_I$  و  $t_{Wi} \in T_I$ ، انتخاب جهت را مدل سازی می کند (غرب و شرق)

فرض بر این است که زمان های شروع تغییرات  $t_{LEi} \in T_L$  دارای توزیع مثلی بوده و  $F[t_{LEi}(c)]$  و  $c \in Co(t_{LEi})$  یک سه گانه  $[D_i, \delta_i, d_i \cdot]$  می باشد که در آن  $\delta_i$  یک مقدر مودال می باشد و  $d_i$  و  $D_i$  به ترتیب مقادیر ماکزیمم و مینیمم بازه ای است که در آن تاخیر در شروع رخ

می دهد. به علاوه، زمان های شروع تغییرات  $t_{li}, t_{oi} \in T_I$  و تغییرات  $t_{ci} \in T_C$  دارای توزیع نمایی بوده و  $F[t(c)]$  بیانگر مقدار میانگین زمان تاخیر مرتبط با حالت  $t$  و رنگ  $c \in Co(t)$  است.

قوس های CTPN شکل 2 بر همین اساس، درایه های ماتریس های  $O$  و  $I$  را با مفهوم زیر تعریف می کنند:

1- در صورتی که قوس ها بدون برچسب باشند آنگاه توابع  $O(p,t)(c)$  و  $I(p,t)(c)$  تغییری بر روی رنگ های علامت برای  $c \in Co$  و  $p \in P, t \in T$  نمی کند

2- قوس های مرتبط کننده حالت های انتقال  $t_{LEi} \in T_L$  و ظرفیت  $p_c \in P_C$  توسط تابع  $UP$  برچسب زنی می شود و رنگ های علامت به صورت زیر تغییر می کنند

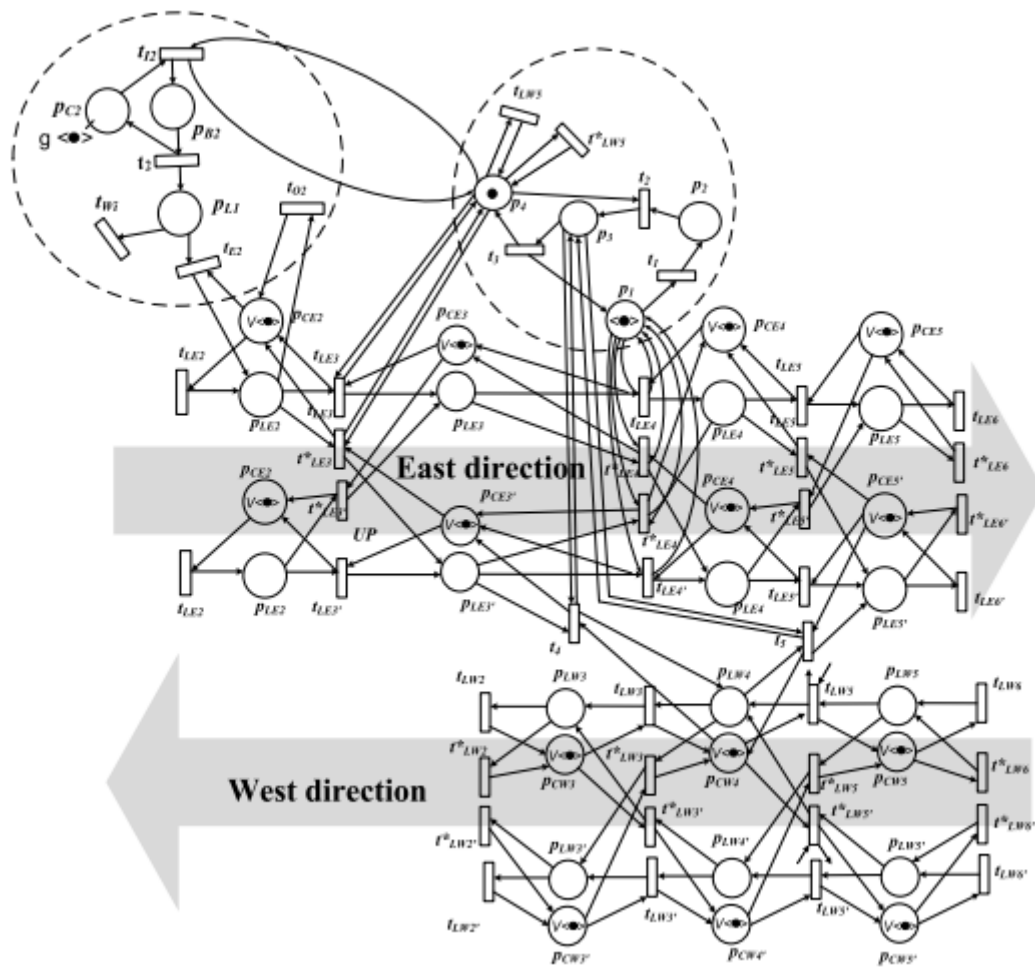
$$\begin{aligned} I(p_c, t_{LEi})(\langle v, 0 \rangle) &= \langle \bullet \rangle \\ O(p_c, t_{LEi})(\langle hv, h \rangle) &= 3 \langle \bullet \rangle \text{ for } h = 0, \dots, H \\ O(p_c, t_{LEi})(\langle v, 0 \rangle) &= \langle \bullet \rangle \\ I(p_c, t_{LEi})(\langle hv, h \rangle) &= 3 \langle \bullet \rangle \text{ for } h = 0, \dots, H. \end{aligned}$$

در واقع اگر یک  $Cv$  وارد یک مسیر شود، آنگاه یک علامت رنگ خنثی  $\langle \bullet \rangle$  بایستی در محل ظرفیت مسیر (1 v.e.) باشد. از سوی دیگر فاگر یک  $Hv$  وارد لاین شود، آنگاه سه علامت رنگ خنثی  $\langle \bullet \rangle$  بایستی در ظرفیت مسیر (3 v.e.) باشد. در صورتی که یک وسیله نقلیه نوع  $v(hv)$  از لاین خارج شود، آنگاه، یک علامت سه علامت) به ظرفیت مسیر موجود باز می گردند.

#### - مدل تصادف

جریان وسیله نقلیه با رخ داد های غیر قابل پیش بینی نظیر تصادفات مختل می شود. ما یک مدل را برای نشان دادن اختلال و وقفه با در نظر گرفتن احتمال استقرار مجدد شرایط ترافیکی نرمال و طبیعی توسط روش های مختلف، ارایه می کنیم. شکل 3 مدل CTPN تصادف و روش های لازم را برای احیای جریان حمل و نقل و ترافیک در دو مسیر  $L3$  و  $L4$  یک بزرگراه نشان می دهد. رخ داد تصادف با یک حالت  $t_1 \in T_C$  مدل سازی می شود: وقتی که گذار  $T1$  رخ می دهد، جریان نقلیه مختل می شود زیرا  $t_{LE4}, t_{LE4}^*, t_{LE4}'$  و  $t_{LE4}^{*}$  غیر فعال می شوند. به علاوه، مقدار گذار  $t_2 \in T_C$  با تاخیر زمانی لازم برای اپراتور های بزرگراه برای شروع روش های احیا همراه است. وقتی که شرایط ترافیک احیا شد، در صورت فعال بودن  $t_3$  و مکان  $p_3$  امکان اجرای روش های بازبانی وجود خواهد داشت.





شکل 3: مدل CTPN روش احیای P4

در این جا، چهار راهبرد برای استقرار مجدد جریان ترافیک منظم پیشنهاد می شود

P1: این روش به سادگی متشکل از میزان زمان انتظار برای خروج از بزرگراه توسط وسایل نقلیه است

P2: در این روش احیای ثانوی، وسایل نقلیه ای که در صف انتظار هستند، و در بالا تصادف رخ داده است، به سمت جاده مخالف پس از برش گارد ریل هدایت می شوند. از این روی وسایل نقلیه گیر افتاده بین نزدیک ترین رمپ بالادست و محل تصادف، می توانند به سمت جلو حرکت کنند

P3: وسایل نقلیه به سمت اولین قسمت از محل وقوع تصادف مسیر یابی شده و متعاقباً، آن ها مجدداً وارد اولین رمپ پایین دست محل تصادف با یک جاده فرعی می شوند

P4: مراحل P2 و P3 به طور هم زمان اجرا می شوند.

مدل پیچیده ترین مرحله اجرای P4، در شکل 3 نشان داده شده است. این روش زمانی شروع می شود که P3 نشانه گذاری شود و حالت های  $t_4$  و  $t_5$  فعال گردند. شبکه کامل بزرگراه با ارتباط ماژول های توصیف شده برای هر مسیر ساخته می شوند.

### 5-نمونه DSS

در این بخش ما به توصیف الگوی DSS برای ارزیابی خطر فردی یک بخش از بزرگراه A4 در شمال شرق ایتالیا بین عوارضی ویلس و عوارضی ونیز ( شکل 4) می پردازیم. مولفه داده ها نظیر طرح بزرگراه و زمان های بین دو ورود توسط Autovie Venete s.p.a. ارائه شده است که یک شرکت مدیریت بزرگراه مورد نظر است. همان طور که در بخش 3 گفته شد، DSS را می توان در دو شرایط استفاده کرد. 1- DSS، خطر حمل و نقل مواد خطرناک را در زمان واقعی بر اساس داده های ICS ارزیابی می کند و 2- DSS، برای پیش بینی خطر حمل و نقل مواد خطرناک و اثرات تصادفات در سناریوهای مختلف، شبیه سازی انجام می دهد. در این بخش، ما دومین وضعیت را بررسی کرده و به توصیف SM و RAM از DSS می پردازیم.

### - مشخصات SM

SM با پیاده سازی مدل CTPN توصیف شده تحقق می یابد

به طور دقیق تر، شبکه متشکل از  $L = 9$  مسیر  $L_i$  با  $i = 1, \dots, 9$  است که با داده های نشان داده شده در جدول 1 با استناد به شکل 4 توصیف می شود. به طور ویژه، اولین و دومین ستون، نشان دهنده مسیرها و سومین ستون نشان دهنده طول متناظر  $l_i$  به ازای  $i = 1, \dots, 9$  است. به علاوه، چهارمین ستون جدول 1، تراکم جمعیت  $\eta_i$  در مسیر  $L_i$  و آخرین ستون، ظرفیت مسیر متناظر  $V_i = (l_i/5)n_c$  v.e. را نشان می دهد چون  $1 \text{ v.e.} = 5 \text{ m}$  و  $n_c$  تعداد لاین های موجود در مسیر است (در این مطالعه  $n_c = 2$  است).

شکل 4: قطعه در نظر گرفته شده از بزرگراه



جدول 1: داده های مسیر

تعداد مسیر	مسیر	طول $l_i$ [km]	تراکم جمعیت $\rho_i$ جمعیت در هر کیلومتر)	$V_i$ [v.e.]
1	Villesse – Palmanova	10.2	164.55	4080
2	Palmanova- Udine	13	175.7	800
3	Udine – S. Giorgio	6.9	168.68	2760
4	S. Giorgio- Latisana	17.6	112.66	7040
5	Latisana - Portogruaro	13.5	166.05	5400
6	Portogruaro- S.Stino	12.8	214.35	5120
7	S. Stino-Cessalto	6.6	129.6	2640
8	Cessalto-San Donà	7.7	266.6	3080
9	San Donà- Venice	11.4	197.2	4560

جدول 2: مواد خطرناک مورد نظر

مواد	$r_h$ [km]	$p(h)$
بنزین	0.25	0.21
	0.25	0.15
	0.50	0.10
دیزل	1.00	0.10
	0.25	0.07
هیدروکربن	0.13	0.04
	0.04	0.33
مواد داغ		
اکسیژن مایع		
نیتروژن مایع		
سایر		

جدول 3: زمان های شروع تغییرات

link	$t_{LEI}$ [min]	$t_H$ [min]	$t_{WI}$ [min]	$t_{EI}$ [min]	$t_{OI}$ [min]
1	[5,6,8]	0.39	0.67	0.33	0.14
2	[6,8,10]	0.33	0.63	0.37	0.22
3	[3,4,5]	0.42	0.4	0.6	0.06
4	[8,11,13]	1.73	0.32	0.68	0.1
5	[6,8,10]	0.61	0.42	0.58	0.36
6	[6,8,10]	0.47	0.37	0.63	0.03
7	[3,4,5]	2.03	0.43	0.57	0.02
8	[4,5,6]	2.36	0.44	0.56	0.06
9	[5,7,9]	0.85	0.39	0.61	0.25

ارزیابی خطر اجتماعی با در نظر گرفتن ماده خطرناک  $H = 7$  که رایج ترین ترین ماده حمل شده در بزرگراه های ایتالیا است تعیین می شود. جدول 2 داده های مربوط به این ماده خطرناک را نشان می دهد. اولین ستون نام ماده و برچسب  $h$  را در پرانتز نشان می دهد. دومین ستون، شعاع متوسط کشنده  $r_h$  را نشان می دهد که بیانگر فاصله ای است که در آن انتشار ماده  $h$  می تواند گشوده باشد و ستون سوم، احتمال  $p(h)$  این که یک وسیله نقلیه حامل ماده خطرناک حاوی ماده  $h$  باشد را نشان می دهد. ورودی های سیستم به صورت زیر تعیین

می شوند: ورود وسایل نقلیه با رنگ  $\langle v, 0 \rangle$  با احتمال برابر با 0.8، ورود وسایل نقلیه با رنگ  $\langle hv, 0 \rangle$  با احتمال 0.16 و ورود وسایل نقلیه با رنگ  $\langle hv, h \rangle$  با  $h = 1, \dots, H$  و احتمال  $0.04p(h)$ .

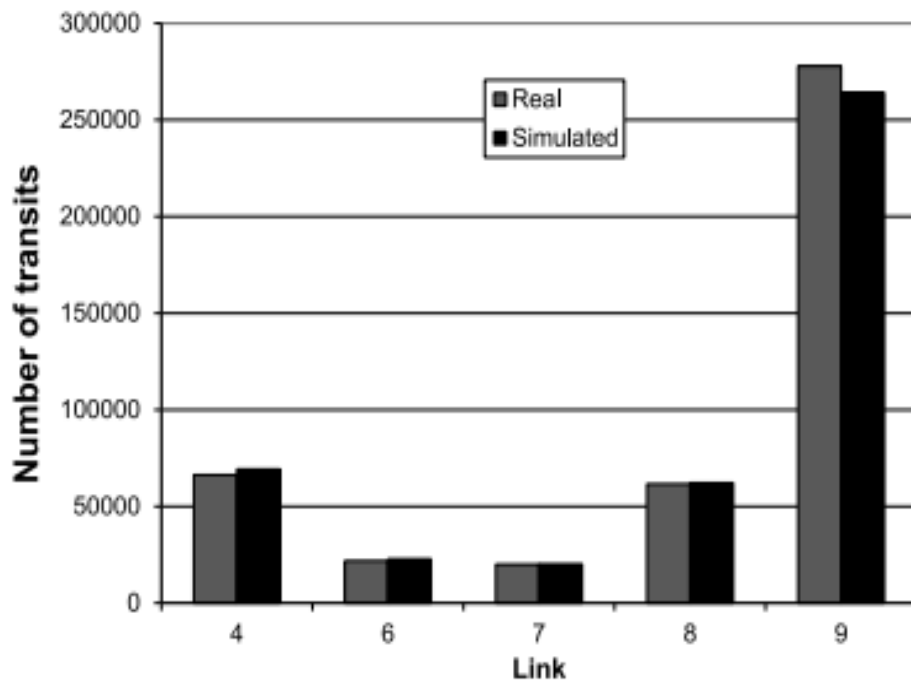
زمان های خروج با توزیع مثلثی  $F[t_{LEi}(c)] = [d_i, \delta_i, D_i]$  با حالت های انتقال  $t_{LEi} \in T_L$  در ستون دوم جدول 3 گزارش شده و به صورت زیر تعیین می شود:  $\delta_i = (l_i/100) 60, D_i = (l_i/80) 60$  و  $d_i = (l_i/130) 60$  دقیقه. به علاوه، سومین تا ششمین ستون جدول 3، مقادیر متوسط زمان های خروج با توزیع نمایی به ترتیب  $t_{Ei}, t_{Wi}, t_{Li}$  و  $t_{Oi} \in T_I$  را نشان می دهد. مقادیر میانگین زمان های خروج با توزیع نمایی  $t_{Ci} \in T_C$  مربوط به رخداد های غیر قابل پیش بینی برابر با  $5.17 \times 10^{-2}$  دقیقه بر اساس داده های AISCAT (2) است.

مدل های CPTN مطالعه موردی در محیط Arena (17) پیاده سازی می شوند که یک محیط شبیه سازی رویداد گسسته مناسب برای سیستم های مدولار و بزرگ مقیاس است. به علاوه، اعتبار سنجی و ارزیابی شبیه سازی با تعیین شاخص عملکرد  $N_V(i)$  انجام می شود یعنی تعداد میانگین وسایل نقلیه ای است که از عوارضی  $L_i$  به ازای  $i = 4, \dots, 9$  خارج می شوند و از طریق مقایسه نتایج شبیه سازی با داده های واقعی می توان آن را تعیین کرد.

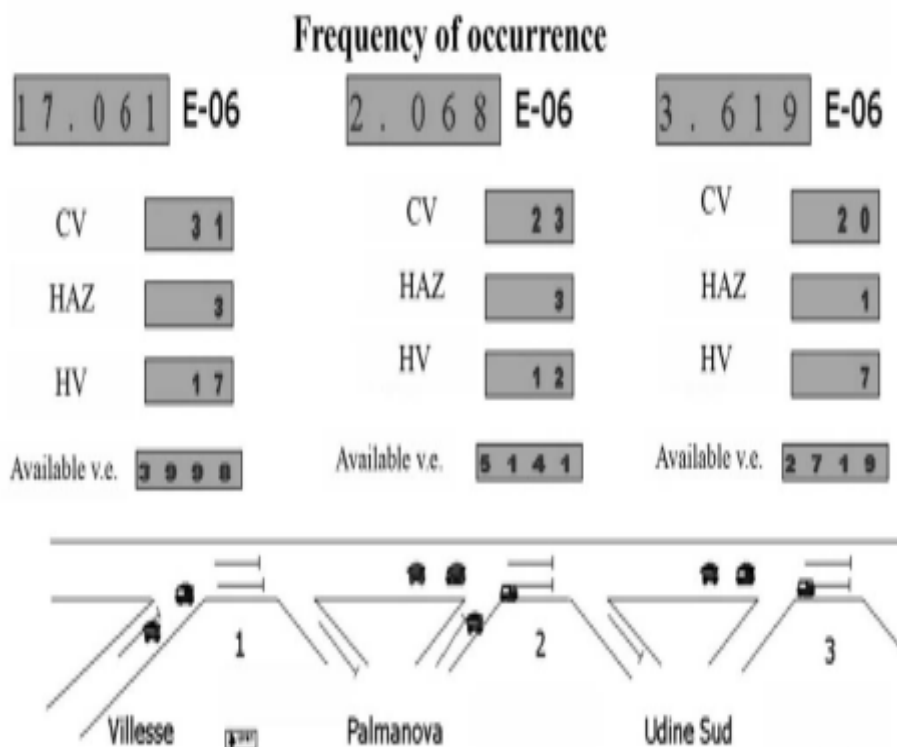
شاخص منتخب با 50 تکرار مستقل در 365 روز با یک دوره گذار 5 روزه و فاصله اطمینان 95 درصد، بدست می آید. چون عرض فاصله اطمینان در بدترین حالت 5 درصد است، صحت برآورد شاخص های عملکرد به طور کافی تایید می شود. به علاوه، با در نظر گرفتن داده های آرایه شده توسط Autovie Venete، ما مقدار میانگین واقعی  $N_R(i)$  وسایل نقلیه عبوری از عوارضی مسیر های  $L_i$  را برای  $i = 4, 6, \dots, 9$  تعیین می کنیم: مقادیر  $N_R(i)$  بر اساس 50 مشاهده 1 ماهه تعیین می شود. شکل 5، شاخص های  $N_V(i)$  و  $N_R(i)$  را برای  $i = 4, 6, \dots, 9$  نشان داده و با مقایسه این شاخص ها داریم

$$N_V(i) - \rho_i \leq N_R(i) \leq N_V(i) + \rho_i \text{ for } i = 4, 6, \dots, 9 \quad (10)$$

که  $\rho_i$  پهنا در نصف مقدار بیشینه فاصله اطمینان  $Vv(i)$  است. از این روی آزمون میانگین تک نمونه ای (18) استفاده شده و نتایج اثبات می کند که شبیه سازی نتایج بسیار نزدیک به سیستم واقعی را نشان می دهد



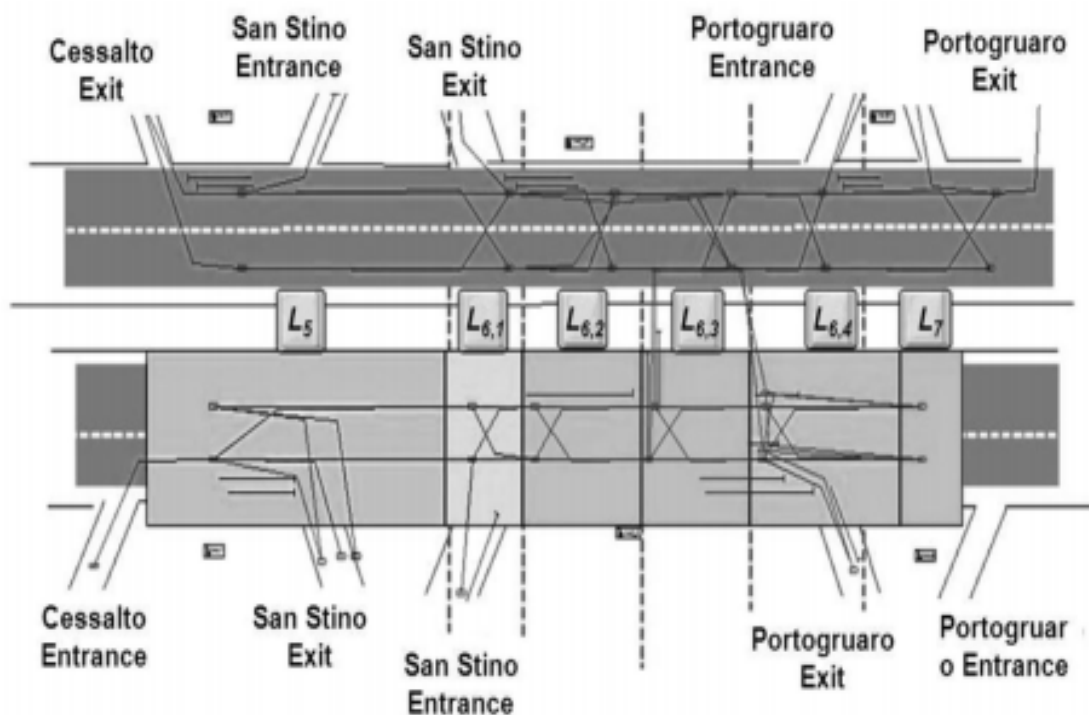
شکل 5: تعداد متوسط واقعی وسایل نقلیه ای که از عوارضی مسیر Li عبور می کنند و تعداد متوسط وسایل نقلیه بدست آمده با شبیه سازی



شکل 6: طرحی از جریان ترافیک بزرگراه شبیه سازی شده در محیط ARENA

ب: شبیه سازی و کاربرد DMS

شکل 6، طرحی از یک مسیر شبیه سازی شده را نشان داده و بیان می دارد که چگونه DSS UIC قادر به نشان دادن وضعیت واقعی بوده و ریسک شاخص را در زمان واقعی ارزیابی می کند. به ویژه، داده ها در بخش بالایی شکل 6، مقادیر ریسک مسیر را در هر زمان نشان می دهد



شکل 7: طرح مسیرهای فرعی در نظر گرفته شده در تحلیل تصادف

متعاقبا، تعداد CV، وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک، HV و ظرفیت موجود بر حسب معادل خودرو در هر مسیر نشان داده شده است.

در مطالعه موردی بررسی شده، ما کاربرد افلاین DSS را برای ارزیابی خطر و تعداد افراد موجود در شرایط بحرانی مختلف در نظر می گیریم 1- سطح بالایی از ترافیک در بزرگراه موجود است 2- یک لاین به دلیل تصادف مسدود می شود. برای این منظور، شاخص های تعریف شده در بخش III-B محاسبه می شوند: مقادیر  $r_h$  و  $p_{rel}(h)$  به ازای  $h \in H$  در جدول 2 گزارش شده و نرخ تصادف  $\lambda_i$  با  $\lambda_i = TAR \cdot l_i$  بدست می

اید که در آن  $TAR = 5.17 \times 10^{-7}$  تصادف/ وسیله نقلیه. کیلومتر، به صورت نرخ تصادف کامیون (13) در هر کیلومتر است که از داده های AISCAT (2) برآورد می شود.

به علاوه، DM یک تحلیل شبیه سازی را با در نظر گرفتن 5 سناریو انجام می دهد.

1- SC1: سطح بالایی از ترافیک که در آن زمان تاخیر متوسط به 80 درصد مقدار نشان داده شده در جدول 3 کاهش می یابد

2- SC2: سناریوی SC1 با یک تصادف در مسیر L6 که در آن مرحله P1 اجرا می شود

3- SC3: سناریوی SC2 با یک تصادف در مسیر L6 که در آن مرحله P2 اجرا می شود

4- SC4: سناریوی SC2 با یک تصادف در مسیر L6 با یک حادثه در مسیر L6 که در آن مرحله P3 اجرا می شود

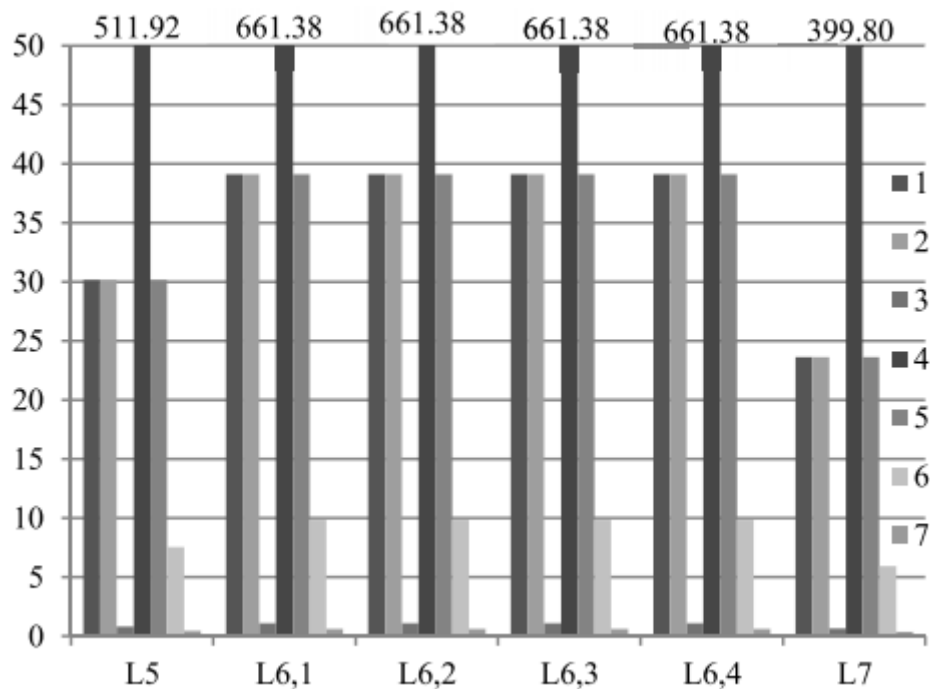
5- SC5: سناریوی SC2 با یک تصادف در مسیر L6 که در آن مرحله P4 اجرا می شود

در سناریو های SC3-4-5 ما فرض می کنیم که تصادف در مسیر با بیشترین احتمال تصادف بر اساس داده های تاریخی ارایه شده توسط *Autovie Venete* رخ می دهد: کیلومتر 6.4 مسیر L6. منطقه تجزیه تحلیل شده شامل مسیر های L5 و L7 است. به منظور تحلیل قطعه با بالاترین وضوح، منطقه تصادف (مسیر L6) به چهار مسیر فرعی تقسیم می شود که در شکل 7 نشان داده شده است:  $L_{6,1}$  و  $L_{6,4}$  قطعات یک کیلومتر و مسیر های فرعی  $L_{6,2}$  و  $L_{6,3}$ ، قطعات یک کیلومتر هستند. فرض می شود که تصادف بین مسیر های فرعی  $L_{6,2}$  و  $L_{6,3}$  رخ می دهد به طوری که امکان ارزیابی دقیق تغییرات ترافیک در مناطق نزدیک به تصادف وجود دارد.

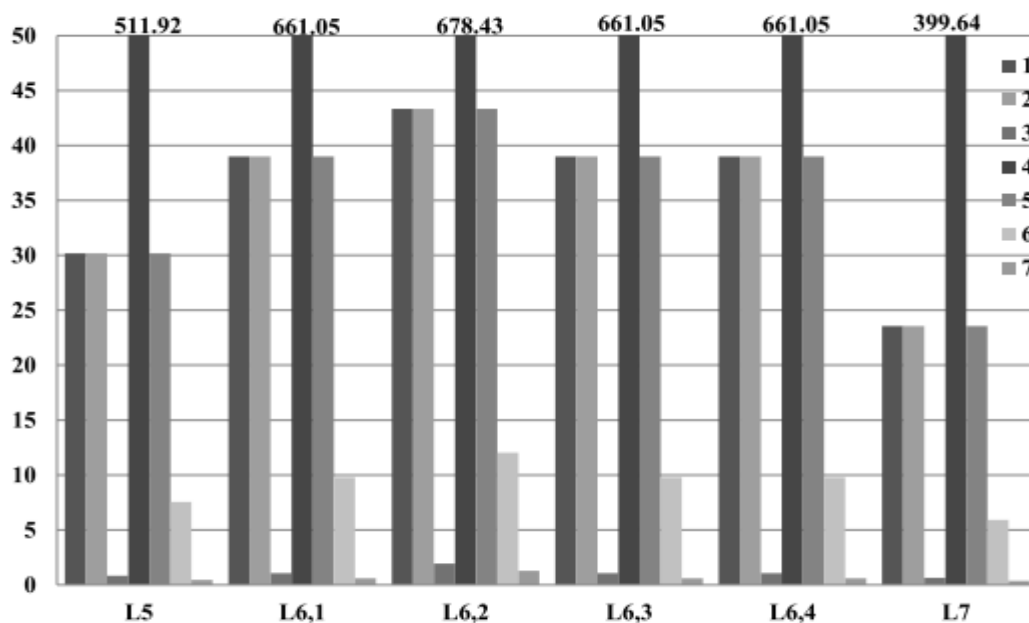
اشکال 8 و 9، میانگین تعداد افراد دخیل در تصادف را با میزان نشتی مواد خطرناک  $h \in H$  در دو سناریوی متفاوت SC1 و SC5 نشان می دهد. این اشکال نشان می دهند که تعداد افراد در SC5 در مسیر  $L_{6,2}$  افزایش می یابد که در آن تصادف رخ می دهد. بدیهی است که تعداد وسایل نقلیه در مسیر پس از تصادف افزایش می یابد. به علاوه بدیهی است که تعداد افراد در سایر مسیر ها در دو سناریو تقریباً ثابت است.



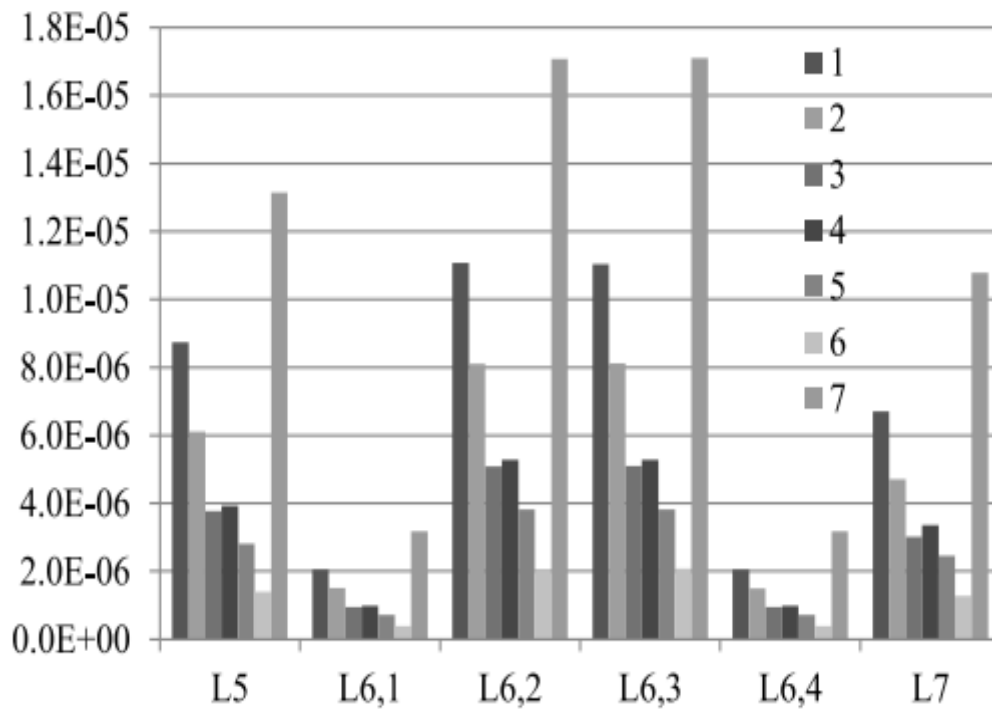
به علاوه، شکل های 10-14 به ترتیب خطر متوسط  $R_5(h)$ ,  $R_7(h)$  و  $R_{6,j}(h)$  را برای هر مسیر فرعی  $L_{6,j}$  با  $j = 1, \dots, 4$  که از طریق شبیه سازی ارزیابی می شود، نشان می دهد. گراف ها نشان می دهند که مقادیر ریسک برای هر ماده جا به جا شده و برای هر مسیر فرعی متفاوت است. به ویژه نمودار ها نشان می دهند که بالاترین مقدار خطر برای ماده  $h = 7$  بدست می آید. این نتیجه با داده های گزارش شده در جدول 2 که در آن مواد نشان داده شده با  $h = 7$ ، بالاترین احتمال را نشان می دهند، قابل توجیه است.



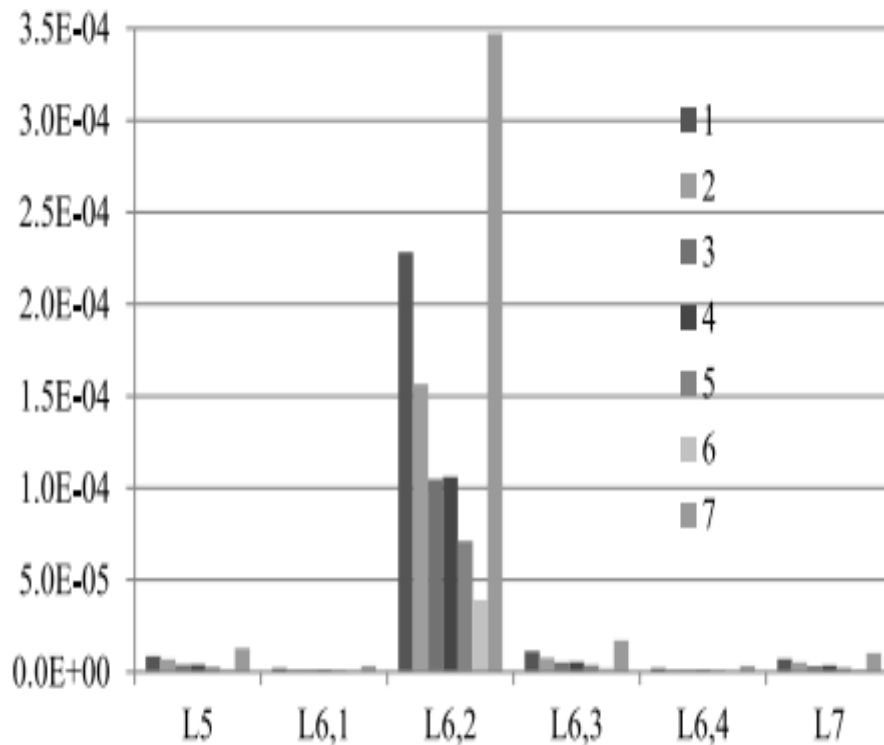
شکل 8: تعداد متوسط افرادی که در تصادف حضور دارند (سناریوی SC1)



شکل 9: تعداد متوسط فردی که اگر مرحله P4 اعمال شود، در تصادف حضور دارند (سناریوی SC5)

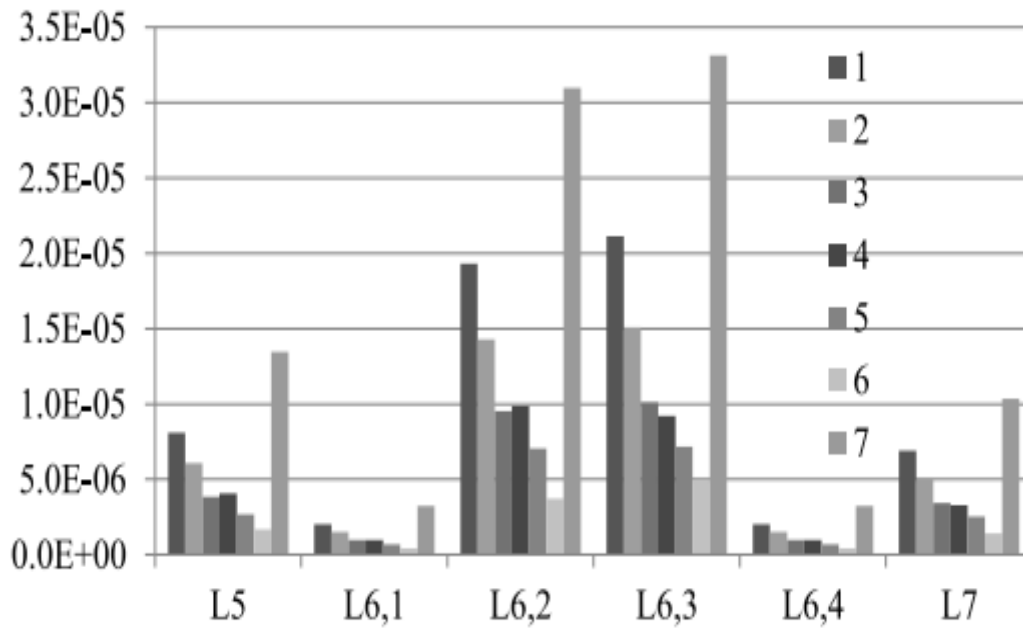


شکل 10: خطر متوسط  $R_i(h)$  به ازای  $h = 1, \dots, H$  در هر مسیر فرعی (سناریوی SC1)

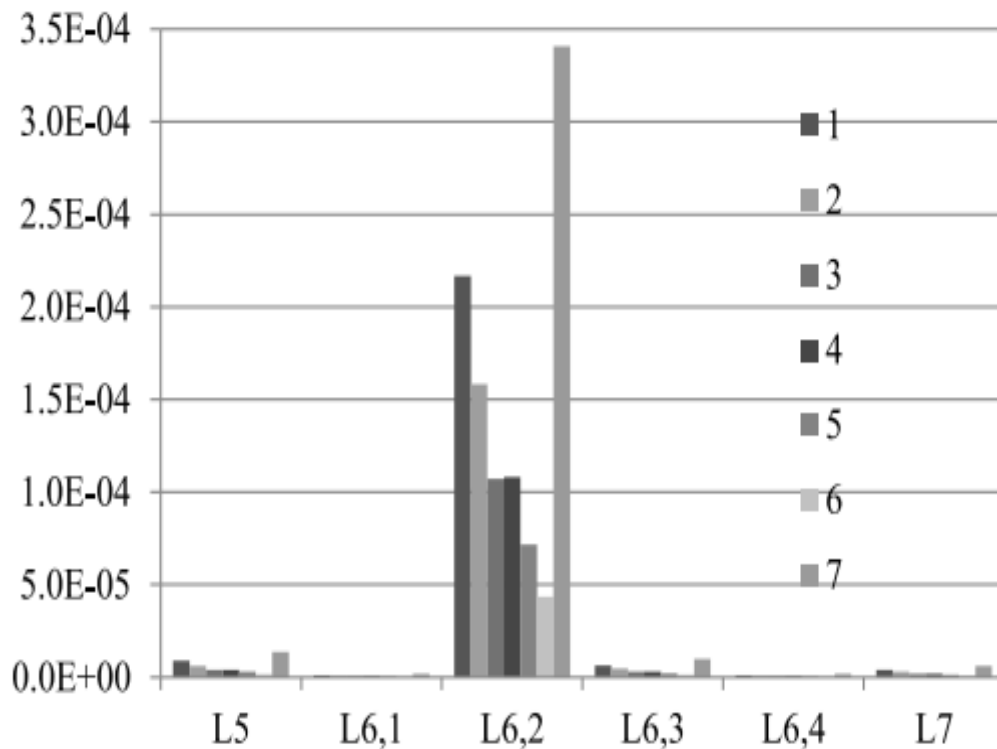


شکل 11: خطر متوسط  $R_i(h)$  برای  $h = 1, \dots, H$  در هر مسیر فرعی پس از تصادف اگر مرحله P1 اعمال

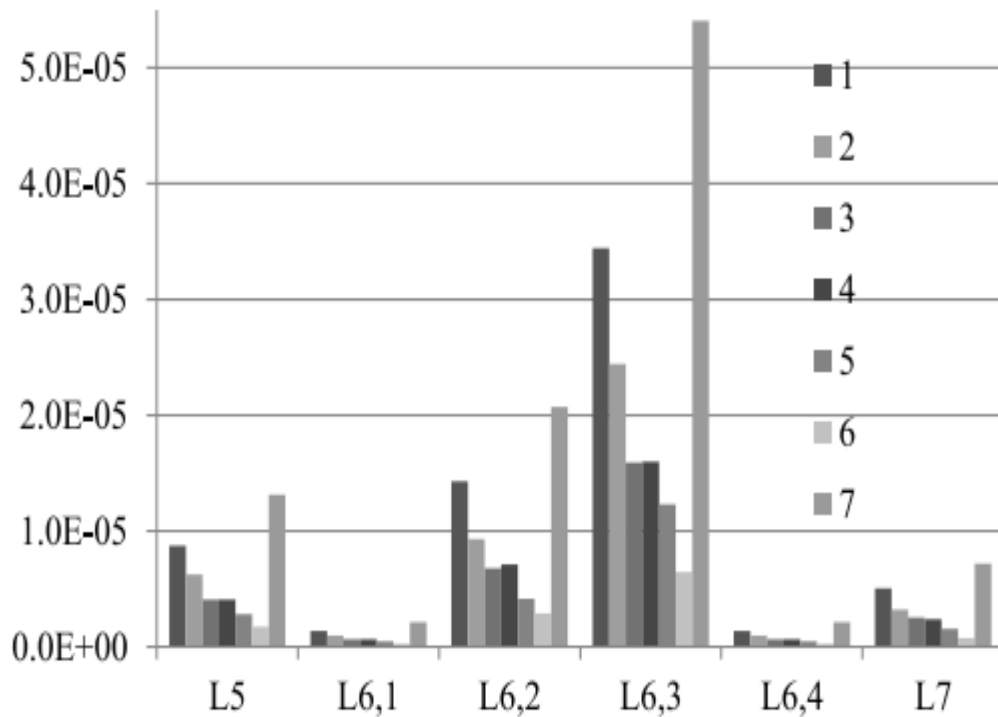
شود (سناریوی SC2)



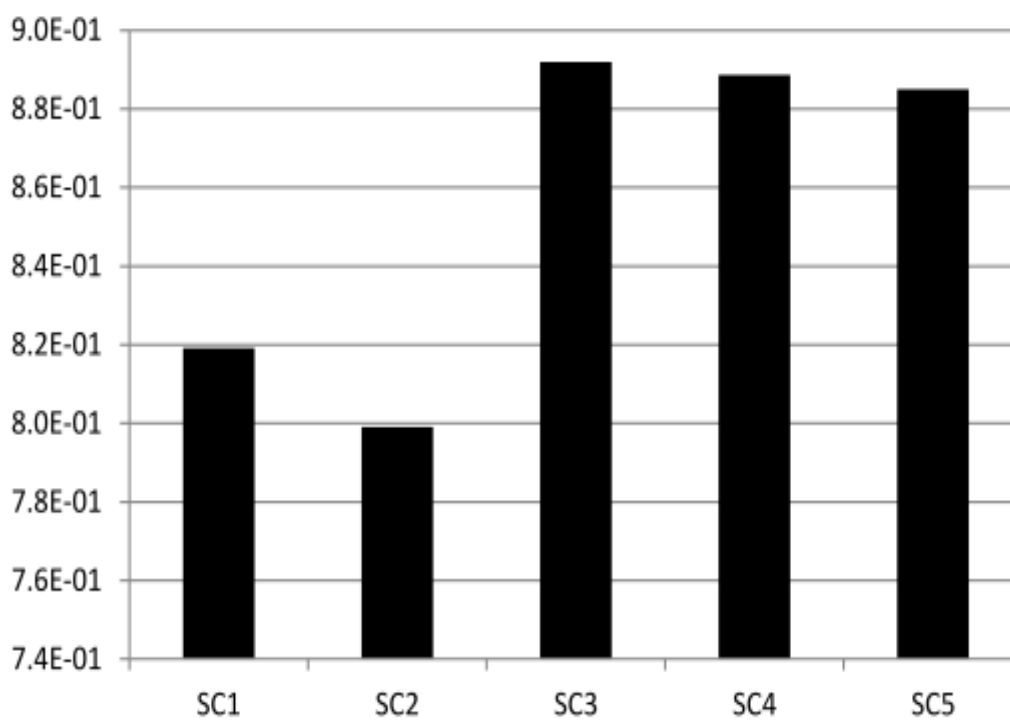
شکل 12: خطر متوسط  $R_i(h)$  برای  $h = 1, \dots, H$  در هر مسیر فرعی پس از تصادف اگر مرحله P2 اعمال شود (سناریوی SC3)



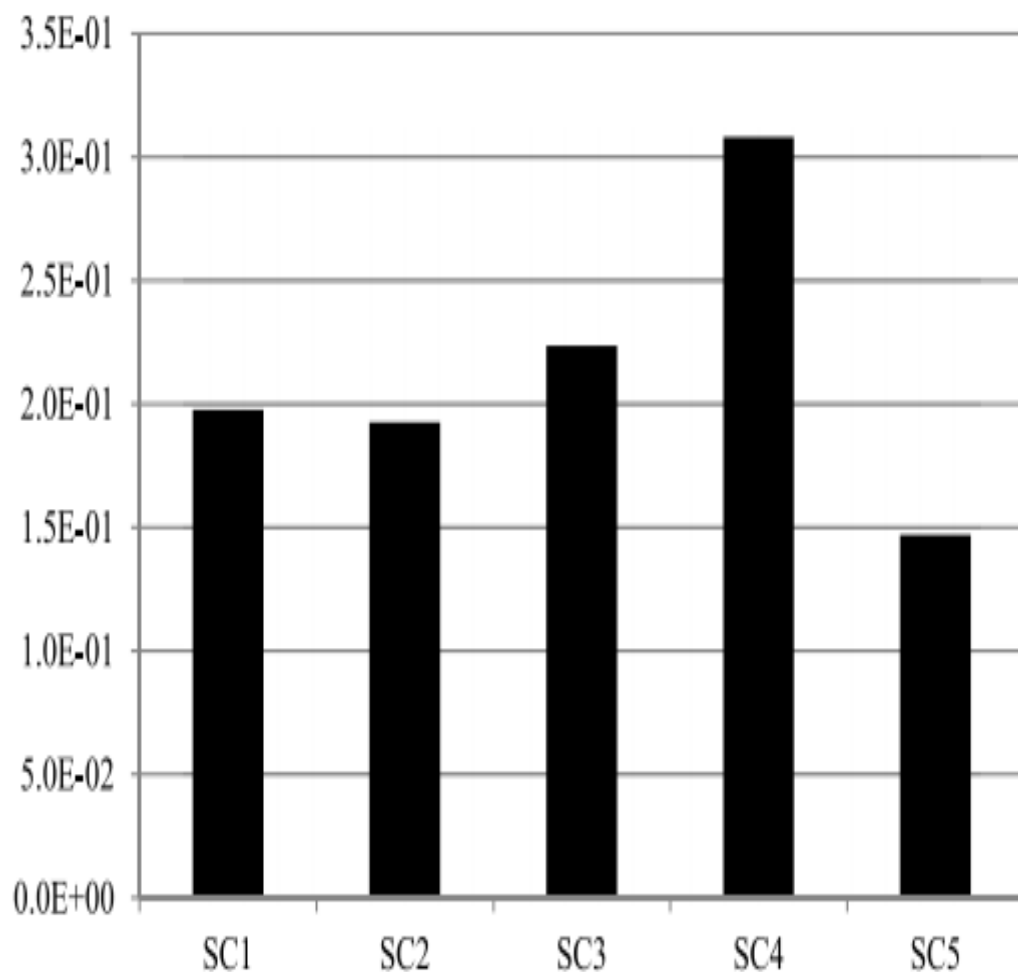
شکل 13: خطر متوسط  $R_i(h)$  برای  $h = 1, \dots, H$  در هر مسیر فرعی پس از تصادف اگر مرحله P3 اعمال شود (سناریوی SC4)



شکل 14: خطر متوسط  $R_i(h)$  برای  $h = 1, \dots, H$  در هر مسیر فرعی پس از تصادف اگر مرحله P4 اعمال شود (سناریوی SC5)



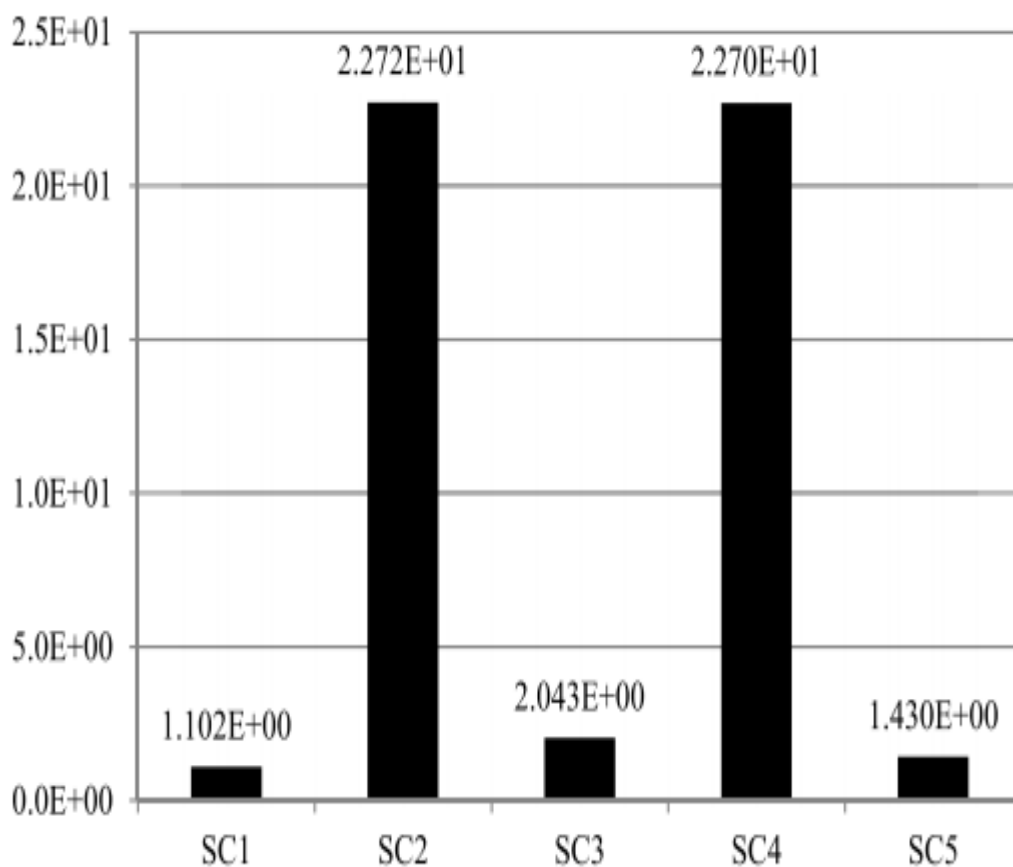
شکل 15: خطر میانگین  $\bar{R}_5$  از  $L_5$  پس از تصادف



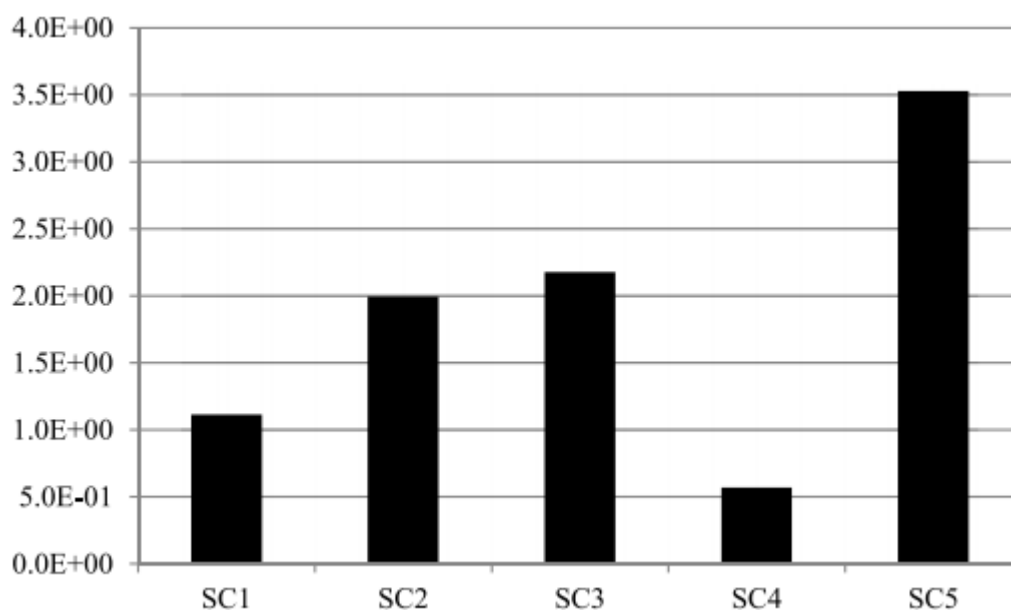
شکل 16: خطر متوسط  $\overline{R_{6,1}}$  پس از تصادف  $L_{6,1}$

در عین حال لازم به ذکر است که تغییرات خطر در هر مسیر فرعی، تابعی از مرحله و روش به کار برده شده است. به ویژه، این که خطر در مسیر  $L_{6,2}$  در صورتی بالا است که روش ها و مراحل P1 یا P3 اعمال شوند زیرا این مراحل و روش ها موجب افزایش ترافیک در مسیرهای بالادست تصادف می شود. از سوی دیگر اگر P4 اعمال شود، وسایل نقلیه در جهت مخالف با مسیر  $L_{6,3}$  هدایت می شوند که در این صورت ترافیک تشدید شده و خطر افزایش می یابد. به علاوه، اگر روش P2 اعمال شود، آنگاه مسیرهای  $L_{6,2}$  و  $L_{6,3}$ ، سطح ریسک مشابه را نشان می دهد زیرا تعداد وسایل نقلیه در بالادست و پایین دست لاین مسدود شده، افزایش می یابد. به علاوه، به منظور کمک به تصمیم گیرنده در انتخاب روش احیا پس از تصادف، DSS می تواند مقدار متوسط شاخص های خطر  $\overline{R_5}$ ،  $\overline{R_7}$  و  $\overline{R_{6,j}}$  را با  $j = 1, \dots, 4$  نشان داده شده در شکل های به ترتیب 15 تا 20، گزارش کند. همان طور که انتظار می رفت، خطر متوسط در مسیرهای  $L_{6,1}$  و  $L_{6,3}$  که نزدیک ترین مسیرها

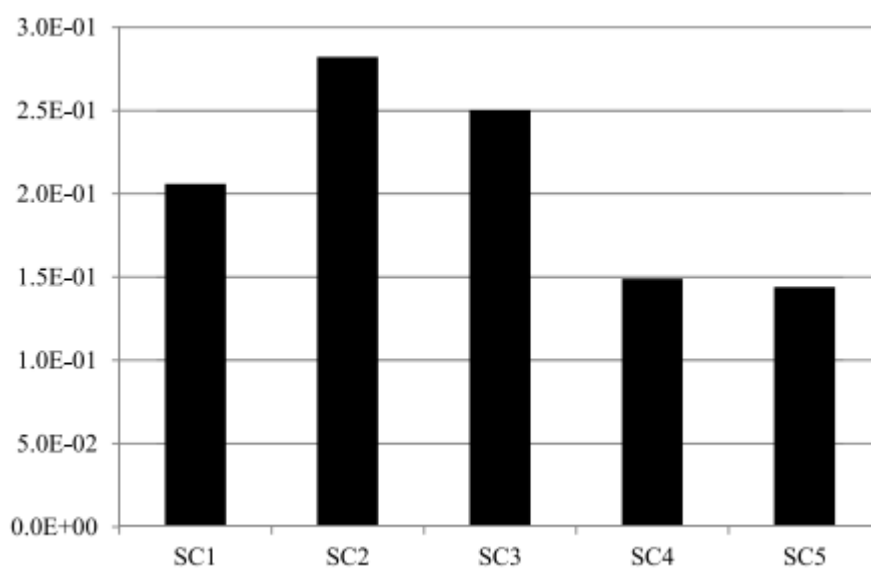
به لاین مسدود هستند، بالاتر است. بدیهی است که با در نظر گرفتن مسیر های فرعی مختلف، راهبرد های احیایی مناسب را بتوان برای کاهش خطر انتخاب کرد. برای مثال، اگر ما مسیر L5 را در نظر می گیریم، آنگاه P1 بهترین راهبرد است. یعنی تاخیر برای خروج وسایل نقلیه از بزرگراه مطلوب است. بر عکس، اگر ما زیر مسیر های  $L_{6,1}$ ،  $L_{6,2}$  و  $L_{6,4}$  را در نظر بگیریم، بهترین گزینه اعمال شده، P4 است (سناریوی SC5). در نهایت با در نظر گرفتن مسیر  $L_{6,3}$  و  $L_7$ ، استفاده از روش P3 برای کاهش ریسک مطلوب است (سناریوی SC4).



شکل 17: خطر متوسط  $\overline{R_{6,2}}$  از  $L_{6,2}$  پس از تصادف



شکل 18: خطر متوسط  $\overline{R_{6,3}}$  از  $L_{6,3}$  پس از تصادف



شکل 19: خطر متوسط  $\overline{R_{6,4}}$  از  $L_{6,4}$  پس از تصادف

از این روی، نتایج نشان می دهد که چگونه DSS پیشنهادی به تصمیم گیران در اتخاذ تصمیمات مناسب در مناطق حمل مواد خطرناک توسط کامیون ها کمک می کند. این نتایج نه تنها به طور کمی موید اهمیت بارز کاربرد سیاست های امداد و احیای صحیح برای کاهش خطر پس از تصادف وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک است بلکه یک شیوه و روش ارزیابی و سنجش صحیح را برای آن ارائه می کند.

## 6-نتیجه گیری

این مقاله یک DSS را برای حل دو مسئله ارائه می کند. 1- ارزیابی خطر ایجاد شده بر روی جمعیت با وسایل نقلیه حمل مواد خطرناک و تردد کننده در بزرگراه ها و 2- انتخاب راهبرد بهینه برای مواجهه با شرایط بهینه نظیر تصادفات و سوانحی که در برگیرنده وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک است. دو ماژول اساسی DSS MC تعیین می شوند: RAM و SM. به ویژه، RAM، خطر حمل مواد خطرناک و نیز تعداد افراد متاثر از تصادف را ارزیابی می کند. به علاوه، SM بر اساس مدول CTPN مدولار است که پویایی شبکه های بزرگراه و روش های احیا و کاهش خطر را پس از تصادف توصیف می کند. برای نشان دادن اثر بخشی و قابلیت اجرای DSS، ما یک نمونه DSS را برای ارزیابی خطر مربوط به انتقال مواد خطرناک در یک قطعه از بزرگراه A4 در شمال شرق ایتالیا توصیف می کنیم. نتایج شبیه سازی یک نمونه از کاربرد DSS را برای مدیریت اقدامات به کاربرده شده برای حل مسئله مسدود شدن جاده ها و روش های کاهش خطر در وسایل نقلیه حاوی مواد خطرناک، را در اختیار می گذارد.

لذا تحقیقات آینده بایستی به بررسی دقیق ماژول های مختلف DSS نظیر مسیر یابی بهینه وسایل نقلیه حامل مواد خطرناک بپردازند.





این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی