مدل تخصیص ناوگان گشت‌های امداد خودرو در شبکه بزرگراهی شهری

افشین شریعت مهیمنی؛ استادیار دانشگاه علم وصنعت ایران
هادی اعتصام؛ کارشناس ارشد مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه علم و صنعت ایران
Email: Shariat@iust.ac.ir

چکیده

کاهش مدت زمان پاسخگویی به حوادث یکی از اهداف برنامه‌های مدیریت حوادث است. برنامه گشت‌های امداد خودرو به عنوان جزیی از سیستم مدیریت حوادث می‌تواند نقش موثری در برطرف‌نمودن سریع حادثه از طریق کاهش مدت زمان شناسایی، تایید و عکس‌العمل به حادثه ایفا کند. هدف از این مقاله تخصیص ناوگان میان مسیرهای حرکت گشت‌های امداد خودرو به‌گونه‌ای است که زمان پاسخگویی به حوادث حداقل گردد. این کار از طریق حل مدل بهینه‌سازی غیرخطی صورت می‌گیرد که تابع هدف آن حداقل‌نمودن زمان عکس‌العمل به مجموع حوادثی است که در یک دوره زمانی مشخص رخ می‌دهد. زمان عکس‌العمل در این مدل از دو بخش زمان طی مسیر در صف ناشی از حادثه و زمان طی مسیر با سرعت ثابت و در شرایط بدون تراکم تشکیل شده است. در نهایت به‌کارگیری مدل در شبکه بزرگراهی شهر تهران نشان می‌دهد که روش ارایه شده در مقایسه با سایر روش‌های قبلی می‌تواند زمان رسیدگی و پاسخگویی به حوادث را کاهش داده و از تراکم ایجاد شده در نتیجه وقوع حوادث بکاهد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت حوادث، گشت‌های امداد خودرو، تخصیص ناوگان

۱. معرفی

گشت‌های امداد بزرگراه‌ها به عنوان جزئی از سیستم مدیریت حوادث، از طریق کاهش زمان تشخیص و تأیید وقوع حادثه و بخصوص کاهش مدت زمان عکس‌العمل، نقش موثری در فرآیند پاسخگویی و رسیدگی به حوادث ایفا می‌کنند. این خصوصیات آن را نسبت به سایر استراتژی‌های عکس‌العمل به حوادث از جمله مراکز استقرار خودروهای امدادی و اعزام آنها بر اساس اطلاع از وقوع حادثه متمایز ساخته است. بررسی‌های صورت گرفته و مطالعات قبلی نشان می‌دهد که نحوه برنامه‌ریزی، مدیریت و اجرای چنین گشت‌هایی عامل اصلی در میزان کارایی و موفقیت آن محسوب می‌شود. این برنامه‌ریزی‌ها و استراتژی‌ها شامل تعیین مسیرهای تردد گشت‌های امداد، نوع ناوگان،

زمان‌بندی ساعات فعالیت آنها و تخصیص ناوگان به مسیرها یا تعیین تعداد ناوگان بهینه در هر مسیر می‌باشد. این مقاله بر اساس یک مدل بهینه‌سازی، نحوه تخصیص ناوگان بین مسیرهای حرکت گشت‌های امداد خودرو را به‌گونه‌ای تعیین می‌کند که کارایی این خودروها افزایش یابد. ملاک افزایش کارایی بر اساس کاهش مدت زمان عکس‌العمل به حوادث سنجیده می‌شود.

درخصوص گشت‌های امداد خودرو، اکثر مطالعات قبلی، در زمینه ارزیابی منافع حاصل از به‌کارگیری چنین سیستم‌هایی بوده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعات اسکاباردونیس[1] و همکاران [۱] اشاره کرد. نتایج مطالعات ایشان در به‌کارگیری گشت‌های امداد بزرگراه در طول یک قطعه ۱۲/۵ کیلومتری از طول بزرگراه I-۱۰ در لس‌آنجلس نشان داده است که این گشت‌ها به‌ازای کاهش ۱۵ دقیقه‌ای در مدت زمان حادثه، دارای نسبت سود به هزینه بیش از ۵ خواهند بود. در این ارزیابی اندازه‌گیری منافع حاصله صرفا در دو بخش کاهش تاخیر و مصرف سوخت بوده است.

پال و سینها[2] [۲] مدل شبیه‌سازی برای ارزیابی ساختار و نحوه به‌کارگیری گشت‌های امداد ارایه کرده‌اند. مدل ایشان از چهار بخش تشکیل شده است: تخمین تعداد حوادث در شبکه، شبیه‌سازی جریان ترافیک در هر کمان، شبیه‌سازی نحوه پاسخ گشت امداد به هر حادثه و تخمین و ارزیابی عملکرد گشت امداد در رسیدگی به حادثه. در این مدل سرعت حرکت در هر کمان بر اساس نسبت حجم به ظرفیت محاسبه شده و زمان عکس‌العمل خودرو گشت بر مبنای این مقادیر سرعت تعیین می‌شود. از جمله محدودیت‌های این مدل آن است که در شرایط تراکم اشباع و فوق اشباع، مدل قادر به محاسبه زمان عکس‌العمل به حوادث نیست. این مدل همچنین اثر گسترش تراکم به سایر کمان‌ها را در نظر نمی‌گیرد. مدل ارایه شده ایشان در شرایطی که تعداد گزینه‌های ممکن برای نحوه تخصیص ناوگان از پیش مشخص شده و محدود باشد، برای انتخاب بهترین گزینه به‌کارگیری و یا برای اولویت‌بندی قطعات به منظور اضافه‌کردن ناوگان جدید مناسب است. ختاک[3] و همکاران [۳] نیز در پژوهش خود عنوان می‌کنند که هرچند موضوع به‌کارگیری گشت‌های امدادی در طول شبکه بزرگراهی همواره در حال گسترش و توسعه بوده است، لکن معیارهای به‌کارگیری آنها، از جمله نحوه تعیین تعداد ناوگان مورد نیاز هر قطعه، با گذشت زمان تقریبا بدون تغییر مانده است. به عنوان مثال به‌کارگیری آنها و تعیین تعداد ناوگان مناسب در اکثر مناطق شهری اغلب متناسب با پارامترهایی مانند سطح تراکم هر کمان، طول کمان، تعداد سوانح در یک بازه زمانی حداقل ۳ ساله، خصوصیات هندسی و پتانسیل حادثه‌خیزی هر کمان بوده است.

ادارا و دوگالد[4] [٤] برای تعیین تعداد ناوگان گشت مورد نیاز و یا اولویت‌بندی مسیرهای بزرگراهی برای افزایش ناوگان گشت در آنها روشی ارایه کرده‌اند که بر مبنای سه فاکتور آمار حوادث در هریک از مسیرها در یک بازه زمانی سه‌ساله، حجم ترافیک هر مسیر و خصوصیات هندسی قطعات بزرگراهی استوار است. در این روش ابتدا یک مدل رگرسیون با توجه به متغیرهایی مانند حجم ترافیک روزانه، متوسط حجم ترافیک روزانه در طول سال، تعداد خطوط، درصد وسایل نقلیه سنگین و طول مسیر گشت، برای تخمین تعداد حادثه هر قطعه در دوره طرح ارایه شده است. سپس بر اساس معیارهایی مانند سطح سرویس، حجم ترافیک و درصد وسایل نقلیه سنگین به هر قطعه امتیاز داده می‌شود و مسیرها بر اساس مجموع امتیاز قطعات خود برای تخصیص یا توسعه ناوگان اولویت‌بندی می‌گردند. اما در این میان، مدل ارایه شده توسط ین[5] [۵] که با حداقل‌نمودن مجموع زمان عکس‌العمل به حوادث در شبکه، نحوه توزیع ناوگان میان مسیرها را تعیین می‌کند، از معدود مدل‌های بهینه‌سازی تخصیص ناوگان می‌باشد. در این مطالعه با فرض اینکه حوادث در وسط سرفاصله میان دو خودروی گشت رخ دهد، زمان عکس‌العمل به حوادث بر اساس سرفاصله خودروهای گشت و سرعت حرکت این خودروها محاسبه و کمینه می‌گردد. ین در مطالعه خود از اثر جریان ترافیک، میزان کاهش ظرفیت و صف ناشی از حادثه در نحوه تخصیص ناوگان صرفنظر نموده است.

بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که موضوع تخصیص ناوگان در عمل، اغلب بر اساس تجربه و قضاوت مهندسی صورت می‌گیرد. توزیع ناوگان بر اساس معیارهایی همچون

حجـم تردد در هر مسـیر، نرخ وقوع حوادث و طول هر مسـیر از مهم‌ترین معیارهایی اسـت که در روش‌هـای متداول فعلی از آنها اسـتفاده می‌شـود. همچنین در معدود مدل‌های بهینه‌سازی موجود نیز از خصوصیات جریان ترافیک و اثر جریان ترافیک بر زمان عکس‌العمل گشت‌های امداد صرفنظر شده است. این مساله باعث می‌شـود که نتایج این مدل‌ها تنها برای شبکه‌های با تراکم بسیار کم یا دارای خصوصیات جریان ترافیک آزاد[6] قابل استفاده باشـد. همچنین روش‌هـا و مدل‌های ارایه شـده، عمدتا قابلیت ارزیابـی نتایـج حاصل از تخصیص یا نحـوه تخصیص با هدف دسـتیابی به معیارهای از پیش تعیین شده (همچون عکس‌العمل بـه حوادث در زمانی کمتر از مقدار مقرر که معمولاً در طرح‌های استراتژیک دیده می‌شود) را ندارند. فقدان مدلی کارا که ضمن رفع محدودیت‌های اشاره شده در مطالعات قبلی امکان ارزیابی نتایج حاصـل از تخصیص ناوگان را نیز در اختیار قرار دهد نگارندگان تحقیق حاضر را بر آن داشـت که با تلفیق اصول تئوری ترافیک با روابط ریاضی و بهینه‌سازی، مدلی بدیع را ارایه کنند که بتواند با در نظر گرفتن خصوصیات جریان ترافیک و ظرفیت هریک از کمان‌های شـبکه، موضوع حرکت گشـت‌های امدادی در تراکم ترافیک ناشـی از حادثه (که بخشی از مدت زمان عکس‌العمل به حوادث را تشکیل می‌دهد) را مدنظر قرار دهد.

در بخش دوم محققان به بیان روش تخصیص پیشـنهادی خود می‌پردازند. در این بخش ابتدا چارچوب مدل تشـریح می‌گردد. سپس روابط مربوط به محاسـبه زمان عکس‌العمل به یک حادثه بیان می‌گردد و نحوه گسـترش و پس‌زدگی صف ناشی از حادثه به کمان‌های بالادسـت مورد مطالعه قرار می‌گیرد. درنهایت مدل ریاضی تخصیص ناوگان که یک مدل بهینه‌سـازی غیرخطی عدد صحیح اسـت، ارایه می‌شـود. در بخش سوم با اسـتفاده از مدل ارایه شـده و نیز سایر روش‌های متداول تخصیص ناوگان، نحوه توزیع خودروهای گشت میان مسیرهای حرکت گشت‌های امداد خودرو در شـبکه بزرگراهی شـهر تهران تعیین می‌گردد. بخش چهـارم نیز نتایج حاصل از روش‌های مختلف تخصیص را مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه قرار می‌دهد.

۲. مدل تخصیص ناوگان گشت‌های امداد

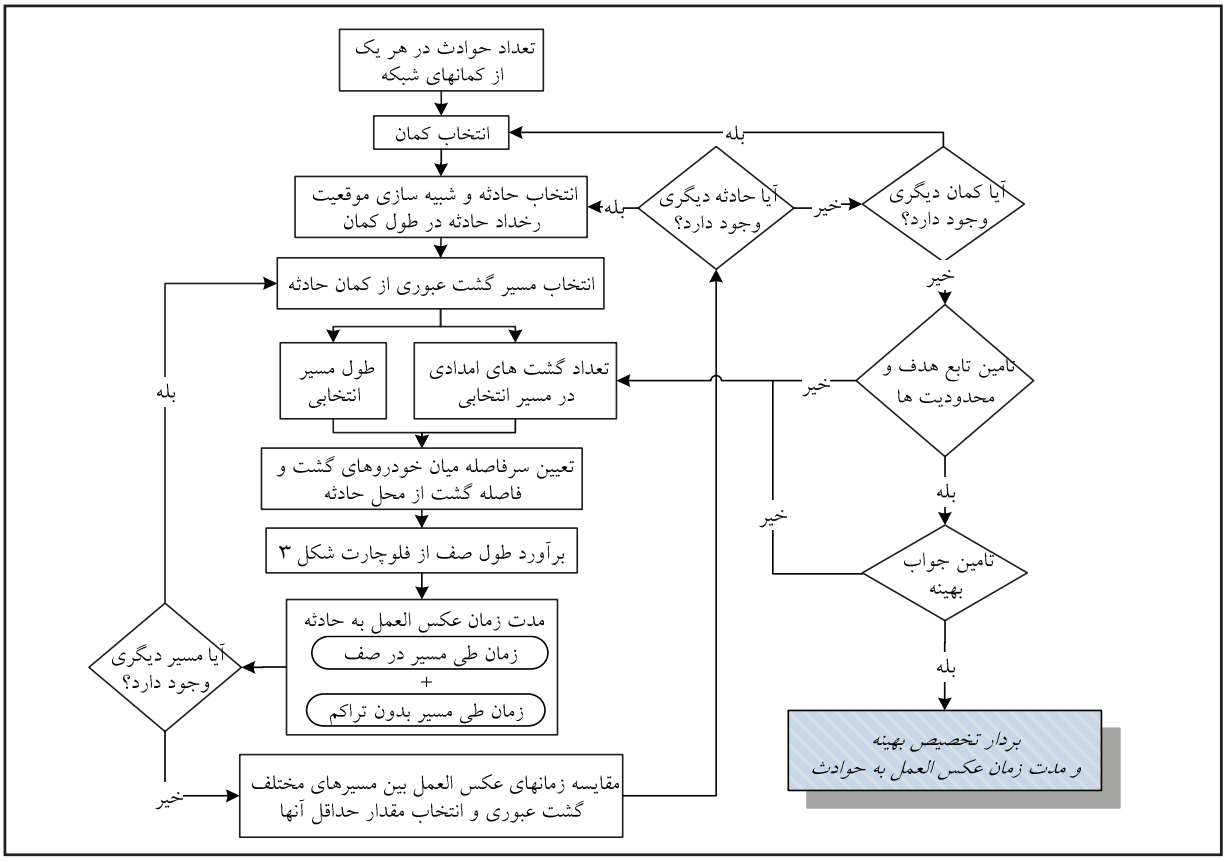
بـا در نظرگرفتن شـبکه‌ای که از تعدادی گره و کمان تشـکیل شـده اسـت و خودروهای امدادی (که به تعداد محدودی وجود دارند)، هدف از تخصیص ناوگان، تعیین تعداد خودرویی اسـت که در هر مسـیر تعیین شده از شبکه می‌بایست به‌گونه‌ای فعالیت کند که حداکثر سـطح پوشـش یا کارایی تأمین شود. در این مدل معیار حداکثر سـطح پوشـش یا بالاترین کارایی بـا اندازه‌گیری زمـان عکس‌العمل به حوادث به‌صورت کمی درمی‌آید. شـکل ۱ چارچوب مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد.

بر این اسـاس پس از تعیین تعداد حوادث در هر کمان شـبکه، موقعیت آن در طول کمان به شـکل اتفاقی در نظر گرفته می‌شود و مدت زمان عکس‌العمل به هر حادثه بر اسـاس سـرفاصله میان خودروهای گشـت در هر مسیر (که تابع تعداد خودروهای گشت اختصاص یافته به هر مسیر است)، و نیز سایر خصوصیات جریان ترافیک محاسـبه می‌گردد. این کار برای سـایر حوادث و سـایر کمان‌های شبکه انجام شده و با به‌دست آوردن زمان عکس‌العمل هر یک از حوادث به‌صورت پارامتری و بر حسـب تعداد ناوگان اختصاص یافته به هر مسیر، مجموع زمان عکس‌العمل به حوادث در شبکه برای دوره طرح برحسب تعداد ناوگان اختصاص یافته به هر مسـیر به‌صورت پارامتری تعیین می‌شود. با حل مدل، مجموع زمان‌هـای عکس‌العمـل به عنـوان تابع هدف کمینـه می‌گردد و تخصیص بهینه به دست می‌آید.

۲-۱ مدت زمان عکس‌العمل به حادثه

فرآیند رسیدگی گشت امداد به یک حادثه به این صورت تعریف می‌شـود که پـس از وقوع حادثه و کاهش ظرفیـت مقطع راه، در صورت کاهش ظرفیت از حجم عبوری، صف تشـکیل می‌شـود و گشـت امدادی در راه رسیدن به محل حادثه بخشی از مسیر را در شـرایط بدون تراکم و با سـرعت ثابت تعیین شده طی می‌کند و بخش دیگری را در شـرایط تراکم و صف ناشی از وقوع حادثه حرکت می‌کند.

چنانچه یکی از مسـیرهای حرکت خودروهای گشت به‌صورت

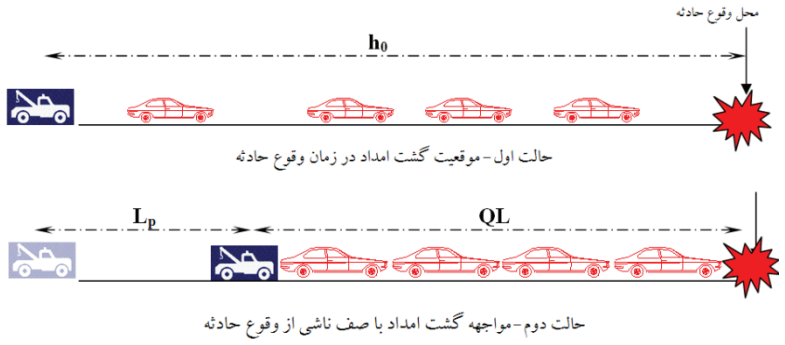


شکل۱. چارچوب مدل تخصیص ناوگان گشت‌های امداد خودرو

شکل ۲ در نظر گرفته شود، اگر در طول مسیر حادثه‌ای اتفاق افتد، در این صورت به موازات تشکیل صف ناشی از حادثه، گشت امدادی نیز بخشی از مسیر را بدون تراکم طی می‌کند و در نقطه‌ای میان محل وقوع حادثه و محل اولیه حضور گشت امدادی در زمان وقوع حادثه، خودرو امدادی با صف مواجه می‌گردد.

مدت زمان طی مسیر در شرایط بدون تراکم با توجه به شکل ۲ از رابطه (۱) به‌دست می‌آید:

$$t_p = \frac{h_0 - QL}{V_F} \qquad (۱)$$



شکل۲. فرآیند شماتیک رسیدگی به یک حادثه توسط گشت امداد

t_p = مدت زمان طی مسیر در شرایط بدون تراکم و با سرعت ثابت تعیین شده (بر حسب ساعت)

h_0 = فاصله گشت امداد از محل حادثه در زمان وقوع حادثه که آن را برابر نصف سرفاصله میان گشت‌ها در نظر می‌گیریم. (بر حسب کیلومتر)

QL= طول صف ناشی از حادثه. (بر حسب کیلومتر)

V_F = سرعت ثابت تعیین شده برای حرکت گشت‌های امداد (بر حسب کیلومتر بر ساعت)

با فرض اینکه حجم ترافیک کمان‌های شبکه و میزان کاهش ظرفیت ناشی از حادثه در طول دوره تحلیل مقادیری ثابت باشند، سرعت تشکیل صف را می‌توان از رابطه (۲) به‌دست آورد:

$$W_U = \frac{(q_u N_u - C N_b)/N_u}{K_u - K_b} \qquad (۲)$$

که در آن:

qu= متوسط حجم تردد برحسب وسیله نقلیه بر ساعت به‌ازای هر خط عبور در بالادست محل وقوع حادثه.

C= ظرفیت عبور از محل حادثه یا ظرفیت گلوگاه برحسب وسیله بر ساعت به‌ازای هر خط عبور که آن را مقداری ثابت فرض می‌کنیم. (بر حسب وسیله در ساعت)

Nu = تعداد خطوط راه در بالادست محل حادثه

Nb = تعداد خطوط عبوری آزاد در محل گلوگاه

K_u = متوسط چگالی جریان بر حسب وسیله بر کیلومتر در هر خط در بالادست محل وقوع حادثه

K_b = چگالی جریان بر حسب وسیله بر کیلومتر در هر خط در نزدیکی محل حادثه که آن را برابر چگالی اشباع در نظر می‌گیریم. (بر حسب وسیله بر کیلومتر به‌ازای هر خط عبور)

W_U = سرعت موج شوکی که به سمت بالادست محل حادثه پیشروی می‌کند. (بر حسب کیلومتر بر ساعت)

با توجه به ثابت‌بودن سرعت تشکیل صف، طول صف برابر حاصل‌ضرب سرعت موج شوکی در مدت زمان تشکیل صف خواهد بود، یعنی:

$$QL = W_U \times t_{QL} \qquad (۳)$$

که در این رابطه:

QL= طول صف (بر حسب کیلومتر)

tQL= مدت زمان تشکیل صف (بر حسب ساعت)

بدیهی است که مدت زمان طی مسیر توسط خودرو گشت در شرایط بدون تراکم برابر مدت زمان تشکیل صف ناشی از حادثه است، یعنی:

$$t_{QL} = t_p \qquad (٤)$$

با توجه به روابط (۱) تا (٤) خواهیم داشت:

$$QL = \frac{W_U \times h_0}{V_F + W_U} \qquad (۵)$$

با به‌دست آمدن طول صف، مدت زمان طی مسیر در صف را با فرض اینکه حرکت خودرو گشت مانند سایر وسایل نقلیه بوده و تقدم ورود به صف، تقدم خروج را در پی داشته باشد از رابطه (٦) محاسبه می‌کنیم:

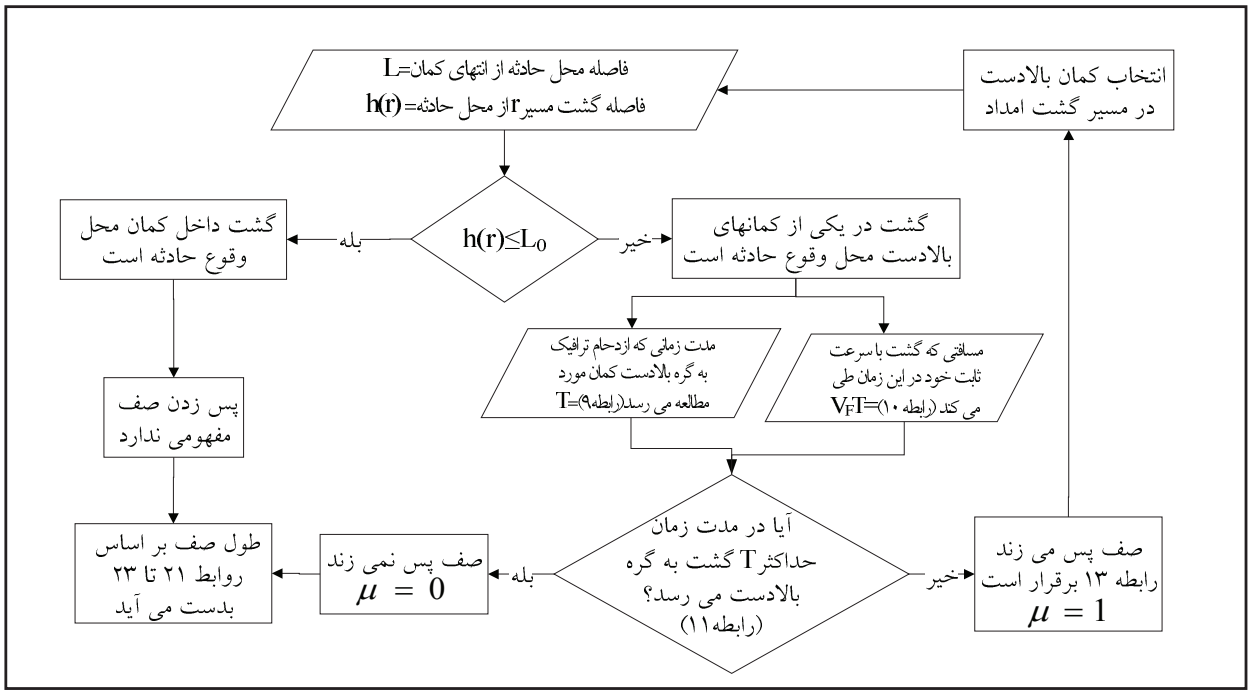
$$t_Q = \frac{QL \times K_b}{C} \qquad (٦)$$

در نهایت رابطه (۷) زمان عکس‌العمل به هر حادثه را به‌صورت پارامتری و بر حسب تعداد ناوگان اختصاص یافته به هر مسیر محاسبه می‌کند. این مدت زمان برابر است با:

$$T_{response} = t_Q + t_p \qquad (۷)$$

۲-۲- کنترل شرایط پس‌زدگی صف به کمان‌های بالادست

روابطی که در بخش قبل بیان شد حالت ساده شکل‌گیری صف در یک کمان را توصیف می‌کند. در حالی‌که در یک شبکه، تشکیل



شکل۳. فلوچارت کنترل و تعیین موقعیت صف ناشی از حادثه در شبکه

صف ممکن است منجر به پس‌زدن صف به کمان‌های بالادست گردد. در چنین شرایطی با پس‌زدن صف به کمان‌های بالادست، سرعت تشکیل صف در این کمان‌ها (که دارای حجم و ظرفیت متفاوتی هستند) تغییر خواهد کرد و به همین دلیل تعیین موقعیت صف در کمان‌های بالادست و نحوه شکل‌گیری صف در آنها ضروری است. برای مطالعه نحوه گسترش صف ناشی از حادثه به کمان‌های بالادست لازم است دو موضوع مورد بررسی دقیق قرار گیرد. اول اینکه آیا صف به کمان‌های بالادست محل وقوع حادثه پس می‌زند؟ و دوم اینکه در صورت پس‌زدن صف به کمان‌های بالادست، انتهای صف در کدام کمان قرار می‌گیرد؟

فلوچارت شکل ۳ نحوه کنترل پس‌زدن صف به کمان‌های بالادست را نشان می‌دهد. مطابق این فلوچارت، تعیین موقعیت انتهای صف بر اساس مقایسه فاصله محل وقوع حادثه از انتهای گره بالادست و محل حضور گشت امداد در بالادست صورت می‌گیرد. در این فلوچارت جهت سهولت در فهم مطلب فعلا از اندیس‌ها صرفنظر شده است. همچنین باید به این نکته ضروری توجه داشت که در این تحقیق منظور از شکل‌گیری صف و پس‌زدن آن و نیز طول صف همواره صرفا آن بخشی است که در جلوی گشت امداد واقع می‌شود و خودرو گشت در مسیر امداد رسانی با آن مواجهه است.

برای استفاده از فلوچارت شکل۳، اولین کمان مورد مطالعه همان کمان محل وقوع حادثه در نظر گرفته می‌شود و چنانچه نتیجه بررسی این کمان پس‌زدن صف به کمان بالادست باشد، در مراحل بعدی به ترتیب کمان‌های بالادست (در مسیر حرکت گشت امداد) مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

با فرض اینکه حادثه i در کمان n رخ دهد و عکس‌العمل به این حادثه از طریق مسیر r صورت گیرد، کمان‌های بالادست کمان n با اندیس u نمایش داده می‌شود و از اندیس (u,n,r) برای معرفی u امین کمان بالادست کمان n در مسیر r استفاده می‌گردد. سرعت موج شوکی در کمان‌های بالادست با توجه به

رابطه (۲) در این جا برابر است با:

$$W_{(u,n,r)} = \frac{q_{(u,n,r)} - C_{(u,n,r)}}{K_{(u,n,r)} - K_b} \qquad (۸)$$

که در این رابطه:

$W_{(u,n,r)}$ = سرعت موج شوکی در u اُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r بر حسب کیلومتر بر ساعت

$q_{(u,n,r)}$ = بخشی از حجم تردد u اُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r که به u–۱ اُمین کمان بالادست وارد می‌شود، بر حسب وسیله نقلیه در ساعت

$C_{(u,n,r)}$ = ظرفیت باقیمانده u اُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r در اثر وقوع حادثه، بر حسب وسیله نقلیه بر ساعت

$K_{(u,n,r)}$ = تراکم ترافیک در u اُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r بر حسب وسیله نقلیه بر کیلومتر

زمان رسیدن صف به گره بالادستِ u امین کمان بالادست با توجه به سرعت موج شوکی در کمان‌ها از رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$T_{i(u,n,r)} = \sum_{v=0}^{u} \frac{L_{(v,n,r)}}{W_{(v,n,r)}} \qquad (۹)$$

$L_{(u,n,r)}$ طول u امین کمان بالادست کمان n در مسیر r بوده و در حالت خاصی که v=۰ باشد، خواهد بود. از طرف دیگر مسافتی که گشت امداد با سرعت ثابت V_F در این مدت زمان طی می‌کند برابر است با:

$$V_F \times T_{i(u,n,r)} \qquad (۱۰)$$

V_F = سرعت حرکت گشت‌ها که ثابت در نظر گرفته شده است.

رابطه (۱۱) فاصله گشت امداد و صف ناشی از حادثه را از گره بالادست u امین کمان بالادست پس از گذشت مدت زمان $T_{i(u,n,r)}$ از حادثه مقایسه می‌کند:

$$h(r) - V_F \times T_i(u,n,r) \le \sum_{v=0}^{u} L_{(v,n,r)} + M \times \mu_{i(u,n,r)} \qquad \forall r \in R_n \qquad (۱۱)$$

که در آن $h(r)$ برابر نصف سرفاصله میان خودروهای گشت در مسیر r می‌باشد و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$h(r) = \frac{L(r)}{2X(r)} \qquad (۱۲)$$

$L(r)$ = طول مسیر r ، بر حسب کیلومتر

$X(r)$ = تعداد ناوگان اختصاص یافته به مسیر r

در رابطه (۱۱) اگر نامساوی (۱۳) برقرار باشد:

$$h(r) - V_F \times T_{i(u,n,r)} \ge \sum_{v=0}^{u} L_{(v,n,r)} \qquad (۱۳)$$

به این معنی است که صف u امین کمان بالادست را پس می‌زند لذا در رابطه (۱۱)، مقدار $\mu_{i(u,n,r)}$ الزاما برابر یک خواهد بود. از سوی دیگر متغیر $\mu_{i(u,n,r)}$ ، از نوع متغیرهای این یا آن بوده و به‌ازای حادثه‌ای که در کمان n رخ داده و از طریق مسیر r به آن رسیدگی می‌شود، تنها به‌ازای یکی از مقادیر u می‌تواند مقدار صفر داشته باشد، یعنی:

$$\sum_{u=0}^{N(r)} \mu_{i(u,n,r)} = N(r) - 1 \qquad (۱۴)$$

رابطه (۱۴) تضمین می‌کند که تنها در یکی از کمان‌های بالادست مقدار $\mu_{(u,n,r)} = 0$ می‌گردد، این اتفاق در کمانی که نامساوی (۱۳) نقض گردد که به معنی مواجهه گشت امداد با صف است رخ می‌دهد.

۲-۳ بیان مدل ریاضی

با توجه به مطالب بخش‌های قبل، در نهایت مدل تخصیص ناوگان را می‌توان به شکل زیر بیان کرد:

$$\underset{X(r)}{Min}\sum_{n}\sum_{i}\sum_{r\in R_n}\delta_{i\,(n,r)}\times\left\{\left[\frac{h(r)-\left(QL_{0i(n,r)}+Q_{i(n,r)}\right)}{V_F}\right]+\sum_{u=0}^{N(r)}\frac{K_b}{C_{2(n)}}\left(1-\mu_{i(u,n,r)}\right)\times\left[Q'_{i(u-1,n,r)}+QL_{0i(n,r)}\right]\right\} \qquad (۱۵)$$

S.T:

$$\sum_{r\in R_n}\delta_{i(n,r)}=1 \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{u=0}^{N(r)}\mu_{i(u,n,r)}=N(r)-1 \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{r\in R}X(r)=P \qquad ,X(r)=Integer \qquad (۱۸)$$

$$X(r)\geq 1 \qquad \forall r\in R \qquad (۱۹)$$

$$h(r)-V_F\times T_{i(u,n,r)}\leq\sum_{v=0}^{u}L_{(v,n,r)}+M\times\mu_{i(u,n,r)} \qquad \forall r\in R_n \quad ,u=0,1,2,...,N(r) \qquad (۲۰)$$

پارامترهای استفاده شده در این مدل به‌صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$QL_{0i(n,r)}=\frac{W_{i(n,r)}\times\left[h(r)-Q_{i(n,r)}-\sum_{u=0}^{N(r)}\left[V_F\times\left(1-\mu_{i(u,n,r)}\right)\times T_{i(u-1,n,r)}\right]\right]}{V_F+W_{i(n,r)}} \qquad (۲۱)$$

$$Q'_{i(u,n,r)}=\sum_{u=0}^{N(r)}\left[\sigma_{(u,n,r)}\times L_{(u,n,r)}\right] \qquad (۲۲)$$

$$Q_{i(n,r)}=\sum_{u=0}^{N(r)}\left[\left(1-\mu_{i(u,n,r)}\right)\times\sum_{v=1}^{u}L_{(v-1,n,r)}\right] \qquad (۲۳)$$

$$W_{i(n,r)}=\sum_{u=0}^{N(r)}\left[\left(1-\mu_{i(u,n,r)}\right)\times W_{(u,n,r)}\right] \qquad (۲۴)$$

$$W_{(u,n,r)}=\max\left\{\ 0,-\frac{q_{(u,n,r)}-C_{(u,n,r)}}{K_{(u,n,r)}-K_b}\ \right\} \qquad (۲۵)$$

$$T_{i(u,n,r)}=\sum_{v=0}^{u}\frac{L_{(v,n,r)}}{W_{(v,n,r)}} \qquad (۲۶)$$

که در آن:

$u=(u,n,r)$ امین کمان بالادستِ کمان n در مسیر r

R =مجموعه مسیرهای گشت امداد در شبکه (اعضای این مجموعه با r نشان داده می‌شوند)

R_n = مجموعه مسیرهایی که از کمان n عبور می‌کنند

r =شمارنده مسیرهای گشت

n =شمارنده کمان‌های شبکه

u =شمارنده کمان‌های بالادست

i = شمارنده حوادث

$h(r)$ = سرفاصله گشت‌های امداد در مسیر r بر حسب کیلومتر

$X(r)$ = تعداد خودروهای گشت اختصاص یافته به مسیر r (متغیر تصمیم مساله)

$N(r)$ = تعداد کمان‌هایی که مسیر r از آنها عبور می‌کند.

$L(r)$ = طول مسیر r بر حسب کیلومتر (برابر مجموع طول کمان‌هایی که مسیر r از آنها عبور می‌کند)

$L_{(u,n,r)}$ = طول uاُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r بر حسب کیلومتر

$W_{(u,n,r)}$ = سرعت موج شوکی در uاُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r بر حسب کیلومتر بر ساعت

$s_{(u,n,r)}$ = تعداد خطوط راه در uاُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r

$C_{2(n)}$ = ظرفیت باقیمانده کمان n در شرایط وقوع حادثه بر حسب وسیله نقلیه در ساعت

$q_{(u,n,r)}$ = بخشی از حجم تردد uاُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r که به u-۱اُمین کمان بالادست وارد می‌شود، بر حسب وسیله نقلیه در ساعت

$C_{(u,n,r)}$ = ظرفیت باقیمانده uاُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r در اثر وقوع حادثه، بر حسب وسیله نقلیه بر ساعت

$K_{(u,n,r)}$ = تراکم ترافیک در uاُمین کمان بالادست کمان n در مسیر r بر حسب وسیله نقلیه بر کیلومتر

K_b = تراکم اشباع که برابر ۱۲۰ وسیله در کیلومتر در هر خط فرض شده است.

P = کل تعداد ناوگان موجود

V_F = سرعت حرکت گشت‌ها بر حسب کیلومتر بر ساعت که ثابت در نظر گرفته شده است.

M = یک عدد صحیح بسیار بزرگ

$d_{i(n,r)}$ = ۱ اگر رسیدگی به iامین حادثه رخ داده در کمان n از طریق مسیر r صورت گیرد و ۰ در غیر این صورت

$m_{(u,n,r)}$ = ۰ اگر موج شوکی حاصل از وقوع i امین حادثه رخ داده در کمان n در u امین کمان بالادست متوقف گردد و ۱ در غیر این صورت تابع هدف که رابطه‌ای دو بخشی است زمان عکس‌العمل به حادثه توسط گشت امداد را به تفکیک دو زمان طی مسیر با سرعت ثابت VF و زمان طی مسیر در صف ناشی از حادثه بیان می‌کند. طول صف، خود شامل دو بخش می‌گردد که یک بخش آن مجموع طول کمان‌هایی است که صف در آنها پس می‌زند به‌علاوه طول صف در آخرین کمانی که صف وارد آن می‌شود.

محدودیت اول (رابطه ۱۶) بیان می‌کند که درصورتی‌که مسیرهای متعددی از کمان وقوع حادثه عبور کنند تنها یکی از زمان‌های عکس‌العمل مسیرهای مختلف در مدل در نظر گرفته می‌شود که طبیعی است این مقدار، مقدارحداقل مسیرهای مختلف باشد. مقدار d بازای این مسیر برابر یک و برای سایر مسیرهای عبوری از کمان وقوع حادثه صفر خواهد بود. محدودیت‌های دوم و سوم (روابط ۱۷ و ۱۸) به منظور تعیین و شناساندن موقعیت تلاقی گشت امداد با صف ناشی از حادثه یا به عبارتی تعیین کمانی که صف ناشی از حادثه و گشت امداد با یکدیگر برخورد می‌کنند می‌باشد که این دو محدودیت در بخش قبل به تفصیل تشریح گردید. محدودیت چهارم (رابطه ۱۹) نشان می‌دهد که کل تعداد ناوگان اختصاص یافته به مسیرها محدود و برابر تعداد ناوگان موجود است. آخرین محدودیت مدل (رابطه ۲۰) نیز شرط اختصاص حداقل یک خودرو گشت به هر مسیر را تضمین می‌کند.

۳. مطالعه موردی

به منظور نشان دادن کارایی و قابلیت استفاده از مدل ارایه شده در این تحقیق در شبکه‌های واقعی، تخصیص ناوگان گشت‌های امداد خودرو در شبکه بزرگراهی شهر تهران مدنظر قرار گرفته است. شبکه بزرگراهی تهران، مشتمل بر ۳۸ بزرگراه بوده که بر اساس ویژگی‌های هندسی و ترافیکی به ۱۰۸ کمان تقسیم شده‌است. همان‌طورکه شکل ٤ نشان می‌دهد، هر مسیر شامل مجموعه‌ای از کمان‌ها است که حرکت جریان در آنها به‌صورت

یک‌طرفه می‌باشد. خصوصیات هندسی شبکه شامل طول و عرض کمان‌ها از شبکه GIS بزرگراه‌های شهر تهران و خصوصیات ترافیکی آنها شامل حجم تردد ساعت اوج و تراکم ترافیک در ساعت اوج که مربوط به زمان اوج صبحگاهی است بر اساس نتایج مطالعات جامع حمل‌ونقل ترافیک تهران در نظر گرفته شده است. تعداد حوادث در هریک از بزرگراه‌ها نیز مطابق آمار نقص فنی و تصادفات ثبت شده توسط مرکز کنترل ترافیک شهرداری تهران می‌باشد. میزان کاهش ظرفیت ناشی از حوادث را می‌توان بر اساس نوع و شدت آن دسته‌بندی نمود اما در نبود آمار دقیق در خصوص نوع و میزان کاهش ظرفیت حوادث رخ داده در سطح بزرگراه‌های شهر تهران فرض شده است که وقوع حادثه منجر به کاهش ۳۰ درصدی ظرفیت معبر گردد. مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران نشان می‌دهد ظرفیت انواع معابر شبکه متناسب با عرض راه می‌باشد. در این مطالعات مقدار ظرفیت بزرگراه‌ها برابر ۵۲۷ وسیله در ساعت به‌ازای هر متر عرض عبور در نظر گرفته شده است که در این تحقیق از همین مقدار استفاده شده است. همچنین متوسط سرعت تردد در شبکه بزرگراه‌های شهر تهران ۵۰ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده است.این مقدار به عنوان سرعت حرکت گشت‌های امداد انتخاب شده است. [٦]

مطابق شکل ٤ گشت‌های امدادی با حرکت در ۱۷ مسیر کل شبکه را پوشش می‌دهند. هر مسیر حرکت گشت امداد که به‌صورت ابتکاری تعیین شده است، مجموعه‌ای از کمان‌ها را دربر می‌گیرد و حرکت خودروهای گشت در هر مسیر به‌صورت رفت و برگشت می‌باشد. مشخصات مسیرهای حرکت گشت‌های امداد خودرو در شبکه بزرگراهی شهر تهران در جدول ۱ نشان داده شده است.

کل تعداد ناوگان موجود عموماً بر اساس بودجه اختصاص یافته به برنامه گشت‌های امداد خودرو بزرگراهی تعیین می‌شود. با این حال این امکان وجود دارد که تعداد ناوگان مناسب یا اقتصادی را بر اساس یک تحلیل هزینه- فایده نیز به‌دست آورد. در شبکه بزرگراهی شهر تهران بر اساس اطلاعات موجود تعداد کل تعداد خودروهای گشت در سال ۱۳۸٦ برابر ٤٥ خودرو امدادی بوده است.[٧]

شکل ٤. نمایش مسیرهای حرکت گشت‌های امداد خودرو در شبکه بزرگراهی تهران

جدول۱. مشخصات مسیرهای حرکت گشت‌های امداد خودرو در شبکه بزرگراهی تهران

شماره مسیر	نام بزرگراه‌های عبوری	طول مسیر (متر)	تعداد حوادث (درسه سال)	متوسط وزنی حجم تردد ساعت اوج در هر مسیر
۱	زین‌الدین - همت	۳۵۸۶۰	۷۸٤	٦۲۰۸
۲	رسالت - حکیم	۳۳۵۰٤	۱۷٦۰	٦۱۲۸
۳	یادگار امام	۱۹۱۲۲	۱۰۱	٤۸۱۵
٤	اسب‌دوانی - بسیج	٤۰٦۰۲	۱۷۳	٦۱۵۵
۵	بابایی - صدر	٤۰٦۳٦	٤٦٤	۳۵۰۳
٦	آزادگان- جاده قدیم کرج- جاده مخصوص- اتوبان ساوه	٤۵٤۸۰	۲۹۲	٤۵٦٤
۷	آزادگان- جاده قدیم کرج- اتوبان ساوه	٦۳٦۱۸	۲۰٤	٤۹٤۱
۸	آزادگان- شیخ فضل‌اله نوری- اتوبان تهران کرج	۳۳۳۲۰	۵٦٦	۵۷۳۷
۹	رسالت- مدرس- حقانی	۱۸۲۹۲	۸٤۰	۵۷۷۱
۱۰	بابایی- امام علی- صیاد شیرازی	۲۳٤۵٤	۸۲	٤۵۵٤
۱۱	آزادگان- بعثت- تندگویان	٤۵٦۱۸	۲۰۷	۵۹۰۹
۱۲	مدرس- چمران	۳۷۳۹٦	٦۹۹	۵۷۱٦
۱۳	آزادگان- اتوبان ساوه- نور (شهید کاظمی)	۲۸۵٤۰	٦۷	٤۹۹۵
۱٤	کردستان- نیایش	۳۸۸۸٦	۱٤۰	۵۰۱۲
۱۵	نیایش- ستاری- اشرفی اصفهانی- جاده مخصوص کرج	۳۷۸۱۰	۱٤۹	۳۹۹۵
۱٦	چمران - نواب - آل احمد	۳۱۰۱۸	۲۱۲	۵۸۱۱
۱۷	شهید محلاتی- شرق	۱۲۲۸٦	۸٤	۳۵۰۵
جمع کل شبکه		۵۷۳۱۵٦	٦۷٤۰	۸۷۳۱۸

تخصیص ناوگان بر اساس مدل ارایه شده، با استفاده از برنامه نرم‌افزاری Global Algebraic Modeling System (GAMS) صورت گرفته است. همچنین به منظور مقایسه نتایج مدل ارایه شده تخصیص ناوگان با سایر روش‌های متداول، تخصیص متناسب با نرخ وقوع حوادث، حجم تردد در مسیرها و طول مسیرها که منجر به ایجاد سرفاصله‌های مساوی در حرکت گشت‌های امداد در کل شبکه می‌گردد، انجام شده است. نحوه تخصیص به روش‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲. نحوه تخصیص ناوگان در شبکه بزرگراهی شهر تهران به روش‌های مختلف

شماره مسیر	بر اساس مدل پیشنهادی	تخصیص وزنی متناسب با		
		طول مسیر	تعداد حوادث	حجم تردد
۱	٤	٤	٥	٥
۲	۷	۲	۱۰	٤
۳	۲	۲	۲	۲
٤	۲	٤	۱	٥
٥	٤	۳	۳	۲
٦	۳	۳	۲	۲
۷	۳	٥	۱	۳
۸	۳	۲	٤	۳
۹	۳	۱	٥	۲
۱۰	۲	۲	۱	۱
۱۱	۲	۳	۱	۳
۱۲	٥	۳	٥	۳
۱۳	۱	۲	۱	۱
۱٤	۱	۳	۱	۳
۱٥	۲	۳	۱	٤
۱٦	۱	۲	۱	۱
۱۷	۱	۱	۱	۱
مجموع تعداد ناوگان	٤٥	٤٥	٤٥	٤٥

٤. تجزیه و تحلیل نتایج

یکی از معیارهای اساسی مقایسه روش‌های تخصیص ناوگان، معیار متوسط زمان عکس‌العمل به حوادث است. از دیگر معیارهای ارزیابی یک سیستم مدیریت حوادث، عکس‌العمل و رسیدگی به سوانح در زمانی کوتاه‌تر از مقدار تعریف شده و در یک سطح اطمینان مشخص است. اهمیت این شاخص به‌گونه‌ای است که در بسیاری از برنامه‌های استراتژیکِ تأمین ایمنی و مدیریت حوادث کارایی سیستم‌ها به این صورت هدفگذاری و ارزیابی می‌گردد. یکی از خصوصیات مدل پیشنهادی این است که می‌توان تخصیص ناوگان را به‌گونه‌ای انجام داد که از حصول هدف تعیین شده اطمینان حاصل گردد و یا میزان منابع مورد نیاز برای رسیدن به معیار هدف گذاری شده را دقیقا تعیین کرد. ارزیابی نتایج تخصیص به روش‌های مختلف در شبکه بزرگراهی تهران در جدول ۳ نشان داده شده است.

آنچنان‌که جدول ۳ نشان می‌دهد، هرچند نتایج تخصیص به روش پیشنهادی متوسط زمان عکس‌العمل به حوادث و مواجهه گشت امداد با صف ناشی از حادثه را کاهش داده است، اما

جدول۳. ارزیابی نتایج تخصیص صورت گرفته به روش‌های مختلف در شبکه بزرگراهی تهران

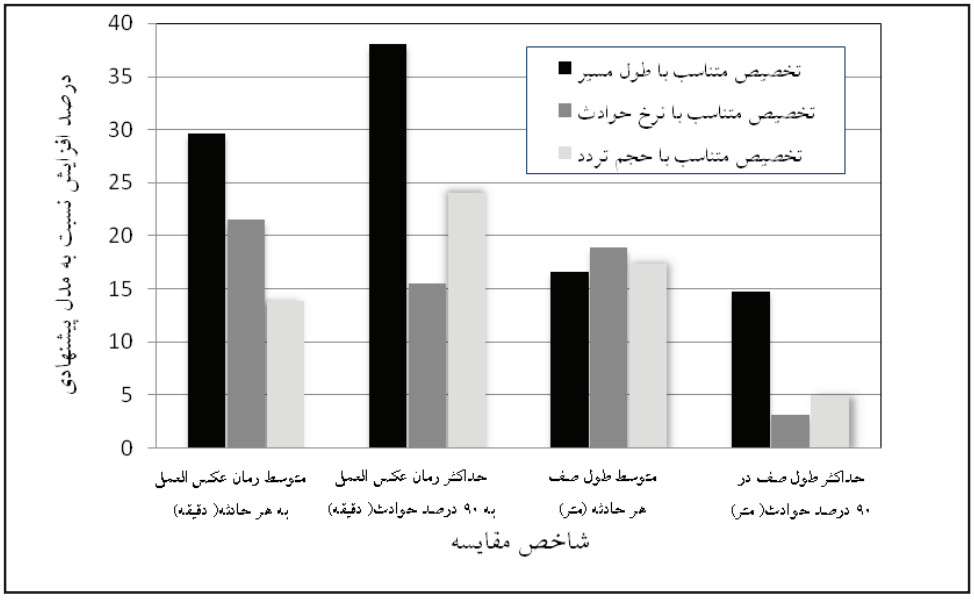
ردیف	شاخص ارزیابی	واحد	بر اساس مدل پیشنهادی	تخصیص وزنی متناسب با		
				طول مسیر	تعداد حوادث	حجم تردد
۱	متوسط زمان عکس العمل به هر حادثه	دقیقه	۱۳/۵۲	۱۹/۲	۱۷/۲۱	۱۵/۶۸
۲	حداکثر زمان عکس العمل در ۹۰ درصد حوادث	دقیقه	۲۹/٤	٤۷/٤	۳٤/۸	۳۸/۷
۳	متوسط طول صف هر حادثه	متر	۷٦۷	۹۱۹	۹٤۵	۹۲۸
٤	حداکثر طول صف در ۹۰ درصد حوادث	متر	۲۷۹۰	۳۲۷۰	۲۸۸۰	۲۹۳۷

بیشترین تأثیر این نوع تخصیص در مقایسه با سایر روش‌ها در شرایط نامساعد و برای حوادثی که بیشترین زمان عکس‌العمل را خواهند داشت مشاهده می‌گردد. این نتایج نشان می‌دهد با توجه به اینکه رویکرد مدیران شهری عموما ریسک گریز بوده و اغلب نگران وقوع بدترین حالت‌ها می‌باشند مدل تخصیص پیشنهادی علاوه بر اینکه متوسط زمان عکس‌العمل به حوادث را کاهش می‌دهد، در شرایط نامساعد کاهش بیشتری در زمان عکس‌العمل، در مقایسه با سایر روش‌ها، در پی دارد.

شکل ۵ نشان می‌دهد که تخصیص بهینه حاصل از مدل پیشنهادی تا چه اندازه می‌تواند زمان عکس‌العمل به حوادث را کاهش دهد. بر اساس این شکل می‌توان گفت با مدیریت بهینه و توزیع مناسب گشت‌های امدادی در شهر تهران با استفاده از امکانات موجود می‌توان در مقایسه با سایر شیوه‌های متداول، بین ۱٤ تا ۳۰ درصد متوسط زمان عکس‌العمل به حوادث را کاهش داد. این میزان کاهش در مواجهه با ۱۰ درصد از نامساعدترین شرایط رسیدگی به حوادث حتی به ۳۸ درصد نیز خواهد رسید.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله بر اساس مدلی ریاضی، بهینه‌سازی نحوه توزیع ناوگان میان مسیرهای حرکت گشت‌های امدادی مورد توجه قرار



شکل۵. مقایسه نتایج حاصل از سایر روش‌های تخصیص ناوگان با مدل پیشنهادی در شبکه بزرگراهی تهران

گرفته اســت. در این مدل، تخصیــص ناوگان با هدف کاهش زمان پاسخگویی به حوادث در شبکه صورت گرفته است. از ویژگی‌های این مدل این است که خصوصیات جریان ترافیک و صف ناشی از حادثه را در محاسبه زمان عکس‌العمل مدنظر قرار می‌دهد.

نتایج به‌کارگیری مدل تخصیص پیشنهادی در شبکه بزرگراهی شهر تهران نشــان می‌دهد که با اســتفاده از این مدل می‌توان در مقایسه با ســایر شیوه‌های متداول تخصیص ناوگان متوسط زمان عکس‌العمل بــه حوادث را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. این میزان کاهش در مواجهه با ۱۰ درصد از نامساعدترین شرایط رسیدگی به حوادث قریب به ٤٠ درصد خواهد بود. به طور کلی نتایج این تحقیق نشــان می‌دهد که تخصیص ناوگان بر اســاس مدل ارایه شده در مقایسه با سایر روش‌های قبلی می‌تواند زمان رسیدگی و پاسخگویی به حوادث را کاهش داده و از تراکم ایجاد شده در نتیجه وقوع حوادث بکاهد.

٦. پیشنهاد برای مطالعات آتی

همان‌طورکه در ابتدای این مقاله اشــاره شــد پیش‌بینی مراکز استقرار خودروهــای امدادی و اعزام آنها بر اســاس اطلاع از وقوع حادثه یکی از اســتراتژی‌های متداول عکس‌العمل به حوادث می‌باشد. مقایسه دو اســتراتژی گشت‌های امداد خودرو که در حین حرکت در شبکه حادثه را تشخیص داده و به آن رسیدگی می‌کنند با چنین سیستم‌های متداولی می‌تواند به عنوان یکی از موضوعات مطالعات آتی مورد توجه قرار گیرد.

اطلاع‌رســانی در خصوص وقــوع حادثه به کمان‌های بالادســت می‌تواند منجر به تغییر مسیر حرکت رانندگان عبوری گردد. بررسی الگوی رفتاری رانندگان در هنگام اطلاع از وقوع حادثه و مطالعه اثر آن بر سرعت شکل‌گیری صف و مدت زمان عکس‌العمل به حوادث توســط گشت‌های امداد بر اســاس مدل ارایه شــده در این تحقیق می‌تواند در پژوهش دیگری دنبال گردد.

همچنین باید اشــاره کــرد که مدل ارایه شــده در این تحقیق این توانایی و قابلیــت را دارد تا میزان کاهش زمان عکس‌العمل در ازای افزایش تعداد ناوگان در شــبکه را تعیین کند. لذا با آنالیز هزینه‌های توسعه ناوگان گشت‌های امداد در شبکه و تعیین میزان کاهش تاخیر و به تبع آن کاهش مصرف ســوخت و آلودگی هوا در نتیجه کاهش در زمان عکس‌العمل می‌توان به روش جدیدی ارزیابی هزینه- فایده گشت‌های امداد را انجام داد.

۷. پانویس‌ها

1 . Skabardonis
2 . Pal & Sinha
3 .khattak
4 . Edara & Dougald
5 .Yin
6 . Free Flow Speed (FFS)

۸. مراجع

1- Alexander Skabardonis, Karl Petty, Pravin Varaiya, Robert Bertini (1998). "Evaluation of the Freeway Service Patrol (FSP) in Los Angeles.", California PATH Research Report. UCB-ITS-PRR-98-31 .

2- Pal R, Sinha K (2002) Simulation model for evaluating and improving effectiveness of freeway service patrol programs. J Transp Eng ASCE 128(4):355–365.

3- Khattak,A. J., Rouphail, N., Monast, K., and Havel, J. (2004). «A methodology for prioritizing and expanding freeway service patrols». Transportation Research Record, 1861, 1–10.

4- Praveen K. Edara, Lance E. Dougald (2007). «Development of a Deployment Planning Tool for Freeway Safety Service Patrol Programs» , Journal of Intelligent Transportation Systems, 11(4):181–189.

5- Yin, Y. (2007) « A Scenario-based Model for Fleet Allocation of Freeway Service Patrols.", Network and Spatial Economic, DOI 10.1007/ s11067-006-9015-2

٦ . حمل‌ونقل و ترافیک تهران در یک نگاه سال ۱۳۸۵، شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران

۷. آمار عملکرد گشــت‌های امداد خودرو، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران، معاونت اجرایی، زمستان ۱۳۸٦

فصلنامه علمی - پژوهشی
مهندسی حمل و نقل

انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی ایران

انجمن مهندسی حمل و نقل ایران

نحوه ارایه مقالات

۱- مقاله‌های ارائه شده باید در راستای اهداف فصلنامه و موضوعات تدوین شده بوده و دارای اصالت و نوآوری و نتیجه یک کار تحقیقاتی باشند.

۲- مقالات مروری، گردآوری و ترجمه در فصنامه مهندسی حمل‌ونقل قابل انتشار نیستند.

۳- مقالاتی که قبلا در مجلات دیگر (داخلی و خارجی) چاپ شده‌اند و یا مجله دیگری آنها را در دست داوری و بررسی دارد و یا مقالاتی که پذیرش آنها از سوی یک مجله دیگر به نویسندگان اعلان شده، ولی هنوز به مرحله انتشار نرسیده‌ند نباید به فصلنامه ارسال شوند و مجله در صورت دریافت این نوع مقالات ترتیب اثری به آنها نخواهد داد.

۴- مقالاتی که در همایش‌های علمی (داخلی و خارجی) پذیرفته شده‌اند قابل ارایه به فصنامه مهندسی حمل‌ونقل نیستند و فصلنامه در هر مرحله‌ای اعم از دریافت و یا داوری در صورت آگاهی از این امر فرآیند داوری یا انتشار را متوقف خواهد ساخت.

۵- مقالات پذیرفته شده ۳ الی ۱۲ ماه پس از پذیرش منتشر خواهند شد.

۶- علاوه بر رعایت ضوابط فصلنامه، مقاله باید دارای نثری روان و یکدست باشد. مقالاتی که دارای نثر ضعیف و نارسا و دارای اشکالات ویرایشی متعدد باشند وارد فرآیند داوری نمی‌شوند. بهتر است نویسندگان از واژه‌های زیبای فارسی به جای واژه‌های عربی و انگلیسی استفاده کنند.

۷- در ابتدای مقاله باید عنوان مقاله، نام نویسنده (نویسندگان) وابستگی علمی آنها درجه دانشگاهی (مربی، استادیار، دانشیار و استاد) نام دانشکده، نام دانشگاه و محل جغرافیایی آن و نشانی الکترونیکی نویسنده اول ارایه شود.

۸- چکیده فارسی: چکیده‌ای بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ واژه ارایه شود. چکیده باید به گونه‌ای تهیه شود که یک خلاصه جامع و کاربردی از کل مقاله را ارایه نماید. چکیده باید حاوی نکات کلیدی چون اهداف تحقیق روش تحقیق نوآوری تحقیق و نتیجه‌گیری کار تحقیقاتی باشد که مقاله بر مبنای آن تهیه شده است. چکیده نباید حاوی نکات مقدماتی بدیهی حاشیه‌ای یا توجیهی باشد.

۹- واژه‌های کلیدی: حداکثر ۵ واژه یا عبارت کلیدی در رابطه با موضوع مقاله پس از چکیده ارایه شود.

۱۰- در این بخش پس از مقدمه بدنه اصلی مقاله آورده می‌شود.

۱۱- جمع‌بندی: مقاله در آخرین بخش خود باید قسمتی به نام جمع‌بندی و نتیجه‌گیری داشته باشد که مروری بر کل مقاله به علاوه نتایج حاصل است.

۱۲- سپاسگزاری: در صورتی که نویسنده لازم می‌داند که از افراد و یا سازمان خاصی قدردانی کند بخش سپاسگزاری پس از نتیجه‌گیری قرار خواهد داد.

۱۳- پانویس‌ها: در صورتی که مقاله حاوی پانویس‌ها است پانویس‌ها به صورت فهرست شده و شماره‌گذاری شده باید قبل از فهرست منابع قرار گیرند.

۱۴- فهرست مراجع (منابع): فهرست مراجع با مشخصاتی که به صورت جداگانه در این دستورالعمل ارایه خواهند شد تهیه شود.

۱۵- پیوست‌ها: پیوست‌های مقاله آخرین بخش مقاله را تشکیل خواهند داد و محل قرارگیری آنها پس از پانویس و قبل از مراجع است.

۱۶- معادلات و روابط باید به ترتیب از ابتدا تا انتها شماره‌گذاری شوند.

۱۷- جداول باید به زبان فارسی به صورت قسمتی از متن ارایه شوند.

۱۸- تمامی جداول و شکل ها باید شماره ترتیبی داشته باشند.

۱۹- مقاله باید همراه با چکیده انگلیسی ارسال شود. در ابتدای چکیده انگلیسی باید عنوان مقاله و مشخصات نویسندگان عیناً مطابق آن چه در بخش فارسی مقاله آمده است به زبان انگلیسی ارایه شود.

۲۰- زبان نشریه فارسی است

۲۱- پس از تهیه مقاله فایل Word و Pdf آن به نشانی اینترنتی Tj.iste@yahoo.com ارسال می‌شود.