

بررسی فرآیند لجستیکی بازگشایی شریان های حیاتی توسط شهرداری به عنوان پیش نیاز مدیریت امداد و نجات

صابر طلوعی

کارشناس ارشد مدیریت امداد و نجات
sbertoloei61@gmail.com

چکیده

در پی وقوع حوادث غیرمترقبه و بلایای طبیعی، دسترسی سریع به مناطق آسیب دیده از طریق شریان های حیاتی حمل و نقل، نقش تعیین کننده ای در نجات جان انسان ها و کاهش تلفات دارد. مسدود شدن راه ها به عنوان گلوگاه اصلی، عملیات امداد و نجات را با اختلال جدی مواجه می سازد و فرصت طلایی برای ارائه کمک های اولیه را از بین می برد. این مسئله لزوم توجه به مدیریت بهینه بازگشایی مسیرهای اضطراری را بیش از پیش آشکار می سازد لذا هدف این مقاله، بررسی نقش کلیدی شهرداری در فاز اولیه پاسخگویی به حوادث، با تمرکز بر فرآیند لجستیکی بازگشایی شریان های حیاتی است که به روش توصیفی-تحلیلی و با اتکا به مطالعات کتابخانه ای شامل بررسی اسناد، مقالات معتبر، گزارش های عملیاتی و تجربیات پیشین در حوزه مدیریت بحران و لجستیک شهری انجام شده است. داده های مورد نیاز از طریق فیش برداری و تحلیل محتوای منابع مرتبط استخراج و سازماندهی شده اند. یافته های تحقیق نشان می دهد که بازگشایی شریان های حیاتی صرفاً یک عملیات عمرانی یا مکانیکی نیست، بلکه یک فرآیند لجستیکی پیچیده و چندبعدی است که شامل مراحل اولویت بندی مسیرها براساس معیارهایی مانند شدت آسیب، حجم ترافیک امدادی و دسترسی به مراکز حیاتی؛ تخصیص بهینه منابع شامل نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات ویژه؛ هماهنگی بین سازمانی با نهادهایی چون هلال احمر، آتش نشانی، اورژانس و نیروی انتظامی، برنامه ریزی برای تأمین و توزیع اقلام ضروری در طول عملیات می باشد. شهرداری به عنوان نهاد مسئول در مدیریت شهری، با ایفای نقش هماهنگ کننده و مجری، امکان بازیابی سریع دسترسی را فراهم می آورد که خود پیش نیازی اساسی برای موفقیت در مرحله امداد و نجات است.

واژگان کلیدی: مدیریت بحران شهری، لجستیک امداد، بازگشایی معابر، شریان های حیاتی، مدیریت عملیات شهرداری.

مقدمه

بلایای طبیعی به عنوان رویدادهای ناگهانی و ویرانگر، همواره تهدیدی جدی برای سکونتگاه های بشری محسوب می شوند. در میان این پدیده ها، زلزله و سیل از مهم ترین و مخرب ترین انواع بلایای طبیعی هستند که می توانند تأثیرات عمیق و گسترده ای بر زیرساخت های شهری بر جای بگذارند (Alexander, 2018). زلزله، با ایجاد امواج لرزه ای و حرکات شدید زمین، موجب تخریب ساختمان ها، پل ها، جاده ها و شبکه های زیرزمینی مانند آب، برق و گاز می شود (Coburn & Spence, 2002). به طور مشابه، سیل های ناگهانی یا طولانی مدت نیز با غرقاب کردن مناطق وسیع، باعث فرسایش خاک، آسیب به سازه ها، اختلال در سیستم های حمل و نقل و آلودگی منابع آب می گردند (Jonkman & Vrijling, 2008).

تأثیر این بلایا بر زیرساخت های شهری تنها به تخریب فیزیکی محدود نمی شود، بلکه اختلال در عملکرد سیستم های حیاتی شهر را نیز در پی دارد. برای مثال، آسیب به شبکه های ارتباطی و راه های مواصلاتی، دسترسی امدادگران به مناطق آسیب دیده را با مشکل مواجه ساخته و فرآیند امداد رسانی را به تأخیر می اندازد. (Kovács & Spens, 2007) از سوی دیگر، تخریب تأسیسات آب و فاضلاب یا شبکه برق، علاوه بر ایجاد مشکلات بهداشتی، چالش های مضاعفی را در مدیریت بحران ایجاد می کند (Tomasini & Van Wassenhove, 2009). بنابراین، درک کامل تأثیر بلایای طبیعی بر زیرساخت های شهری و برنامه ریزی برای کاهش این تأثیرات، از ضروریات مدیریت ریسک و افزایش تاب آوری در برابر حوادث غیر مترقبه به شمار می رود.

شبکه راه ها و معابر شهری را می توان به مثابه رگ های خونی یک موجود زنده در نظر گرفت که امکان جریان یافتن منابع، خدمات و انسان ها را در سراسر پیکره شهر فراهم می آورند. همان طور که انسداد رگ های خونی در بدن موجب اختلال در عملکرد اندام ها و حتی مرگ می شود، مسدود شدن راه های شهری نیز می تواند منجر به از کار افتادن کامل یا جزئی سیستم های حیاتی، به ویژه در شرایط اضطراری گردد. (Murray, 2013) این شبکه نه تنها امکان تردد روزمره شهروندان را فراهم می کند، بلکه نقش تعیین کننده ای در دسترسی سریع و بی وقفه نهادهای امدادی به کانون های بحران ایفا می نماید.

در مواقع وقوع حوادثی چون زلزله، سیل، یا آتش سوزی های گسترده، سیستم امداد و نجات به منزله "قلب" عملیات پاسخگویی عمل می کند که برای پمپاژ امکانات، نیروهای انسانی و تجهیزات به نقاط آسیب دیده، کاملاً وابسته به شبکه راه های باز و قابل عبور است. (Holguín-Veras et al., 2012) اگر این شریان های ارتباطی به هر دلیلی - از جمله ریزش ساختمان ها، شکستگی پل ها، یا انباشت آوار - مسدود شوند، عملیات نجات با اختلال جدی مواجه شده و "قلب امداد" از تپش بازمی ایستد. مطالعات متعدد نشان داده اند که تأخیر حتی چند دقیقه ای در رسیدن کمک های اولیه می تواند به افزایش قابل توجه تلفات جانی منجر شود (Fiedrich et al., 2000).

این وابستگی متقابل بین شبکه حمل و نقل و سیستم های امدادی، لزوم برنامه ریزی پیش دستانه، مدیریت یکپارچه و مقاوم سازی زیرساخت های راه را بیش از پیش آشکار می سازد. در واقع، تداوم عملکرد رگ های حیاتی شهر شرط لازم برای زنده ماندن "قلب امداد" در لحظات بحرانی است.

وقوع بلایای طبیعی و حوادث غیر مترقبه، آزمونی دشوار برای توانایی مدیریت شهری و سیستم های پاسخگو به بحران محسوب می شود. در این میان، بازگشایی سریع و ایمن شریان های حیاتی شهر - از جمله معابر اصلی، پل ها و گذرگاه های اضطراری - به عنوان یکی از ارکان اساسی عملیات نجات و امداد عمل می کند. با این حال، مشاهده های میدانی و گزارش های پس از بحران نشان می دهد که در بسیاری از موارد، فرآیند بازگشایی مسیرها با چالش های ساختاری و مدیریتی روبرو بوده است (Kapucu & Garayev, 2011). مسئله اصلی اینجاست که در غیاب یک پروتکل مدون، شفاف و از پیش تعریف شده، تصمیم گیری درباره اولویت بازگشایی مسیرها، تخصیص منابع، و هماهنگی بین سازمانی اغلب به صورت سلیقه ای، پراکنده و فاقد چارچوب منطقی انجام می شود.

این عدم وجود راهبرد یکپارچه در ساعات اولیه بحران - که به «زمان طلایی» نجات معروف است - می تواند پیامدهای جبران ناپذیری داشته باشد. برای مثال، ممکن است مسیری با اولویت پایین تر باز شود، در حالی که مسیر منتهی به یک بیمارستان یا منطقه پرجمع مسدود باقی بماند. (Tatham & Pettit, 2010) چنین وضعیتی نه تنها باعث تأخیر در رسیدن کمک های اولیه می شود، بلکه ممکن است به دلیل موازی کاری، اتلاف منابع و ناهماهنگی بین نهادهایی مانند شهرداری، هلال احمر، آتشنشانی و نیروی انتظامی تشدید نیز بشود. (Özdamar & Ertem, 2015)

علاوه بر این، تصمیم گیری های سلیقه ای و فاقد پشتوانه کارشناسی - نظیر انتخاب مسیر بر اساس دسترسی بصری یا فشار رسانه ای - منجر به نادیده گرفته شدن معیارهای مهمی چون میزان آسیب، حجم ترافیک امدادی، ریسک های ثانویه (مانند

آتش سوزی یا ریزش)، و حتی ملاحظات اجتماعی-اقتصادی می گردد. (Altay & Green, 2006) این امر به نوبه خود اثربخشی عملیات را کاهش داده و احتمال بروز هرج و مرج و بی اعتمادی عمومی را افزایش می دهد.

بنابراین، مسئله پژوهش حاضر معطوف به این پرسش است که چگونه می توان با تدوین یک چارچوب پروتکل محور و سیستماتیک برای بازگشایی شریان های حیاتی در ساعات اولیه بحران، از تصمیم گیری های سلیقه ای جلوگیری کرد و کارایی فرآیند لجستیک امداد را افزایش داد؟ این پژوهش بر آن است تا با شناسایی مولفه های کلیدی چنین پروتکلی - شامل مکانیسم های ارزیابی فنی، اولویت بندی مبتنی بر ریسک، و سازوکارهای هماهنگی بین سازمانی - زمینه را برای ارائه راهکارهای عملیاتی به نهادهای مسئول فراهم آورد.

مدیریت مؤثر بحران در ساعات اولیه پس از یک حادثه طبیعی، مستلزم عکس العمل سریع، هماهنگ و مبتنی بر منابع است. در این میان، دو پرسش محوری مطرح می شود: اولاً، چرا شهرداری به عنوان نهاد اصلی عمل کننده در نظر گرفته می شود؟ و ثانیاً، چرا رویکرد این پژوهش بر لجستیک و مدیریت منابع متمرکز شده است؟ پاسخ به این پرسش ها، ضرورت انجام پژوهش حاضر را آشکار می سازد.

شهرداری به عنوان مالک و متولی اصلی زیرساخت های شهری، دسترسی بی بدیلی به تجهیزات سنگین، ماشین آلات تخصصی (مانند بیل مکانیکی، لودر، و دستگاه های برنده)، و نیروی انسانی آموزش داشته دارد که برای بازگشایی مسیرهای مسدود شده ضروری هستند. (Waugh & Streib, 2006) علاوه بر این، شهرداری مسئولیت مستقیم نگهداری، به روز رسانی و تعمیر شبکه معابر را بر عهده دارد و بنابراین، از دانش فنی و شناخت دقیق تری از نقاط حساس و آسیب پذیر شهر برخوردار است. (Comfort, 2007) این نهاد همچنین به دلیل اختیارات حاکمیتی و سازمانی خود، می تواند هماهنگی لازم بین سایر سازمان های درگیر - از جمله سازمان آتشنشانی، اورژانس، و نیروی انتظامی - را تسهیل کند. بدون نقش محوری شهرداری، امکان انجام عملیات سریع و یکپارچه بازگشایی راه ها وجود نخواهد داشت.

اما تمرکز این پژوهش بر لجستیک به این دلیل است که بازگشایی شریان های حیاتی تنها یک مسئله فنی یا مهندسی نیست، بلکه پیش از هر چیز یک چالش مدیریت منابع است. لجستیک به عنوان دانش برنامه ریزی، اجرا و کنترل جریان کارآمد منابع و اطلاعات، از نقطه مبدأ تا نقطه مصرف به منظور برآوردن نیازهای مصرف کننده تعریف می شود (Council of Supply Chain Management Professionals, 2013). در شرایط بحرانی، منابع - اعم از انسانی، ماشین آلات، زمان و اطلاعات - محدود و

ارزشمند هستند. بنابراین، تصمیم گیری درباره اینکه کدام مسیر ابتدا باز شود، کدام دستگاه به کجا اعزام گردد، و چگونه هماهنگی بین تیم ها صورت پذیرد، نیازمند یک فرآیند لجستیکی ساختاریافته و بهینه است. (Van Wassenhove, 2006) عدم توجه به اصول لجستیک می تواند به اتلاف منابع، تأخیر در عملیات، و حتی تشدید بحران بینجامد. برای مثال، ممکن است چندین دستگاه سنگین به یک مسیر اعزام شوند در حالی که مسیرهای دیگر کاملاً نادیده گرفته شوند، یا سازوکار روشنی برای تأمین سوخت یا قطعات یدکی در طول عملیات وجود نداشته باشد (Tomasini & Van Wassenhove, 2009). از این رو، پژوهش حاضر با در نظرگیری شهرداری به عنوان مجری اصلی و لجستیک به عنوان چارچوب نظری، در پی طراحی الگویی است که بتواند به صورت عملیاتی به بهبود پاسخگویی در فاز اولیه بحران منجر شود.

اهمیت و ضرورت انجام پژوهش

اهمیت موضوع

بازگشایی سریع مسیرهای مواصلاتی در زمان وقوع حوادث، مستقیماً بر نجات جان مصدومان و کاهش رنج انسانی تأثیرگذار است؛ دسترسی به موقع به آسیب دیدگان امکان ارائه خدمات پزشکی و امدادی را فراهم می کند و با نشان دادن عملکرد منسجم نهادهای

مسئول، اعتماد عمومی به سامانه مدیریت بحران را تقویت می سازد. از سوی دیگر، هماهنگی بین سازمانی—به ویژه نقش شهرداری به عنوان نهاد هماهنگ کننده—به تصمیم گیری علمی و مبتنی بر پروتکل های استاندارد شده کمک می کند؛ این امر باعث بهبود کارایی، استفاده بهینه از منابع و جلوگیری از موازی کاری و اتلاف امکانات می شود.

در سطح فنی و عملیاتی، مدیریت منابع شامل تخصیص بهینه ماشین آلات سنگین، نیروی انسانی و تجهیزات تخصصی، و اولویت بندی علمی مسیرهای حیاتی، امکان برنامه ریزی دقیق زمان بندی عملیات را فراهم می سازد تا حداکثر بهره برداری از «زمان طلایی نجات» رخ دهد. از منظر اقتصادی، بازگشایی سریع مسیرها خسارات مالی را کاهش می دهد؛ اقتصاد شهر به سرعت به حالت عادی بازمی گردد و هزینه ها به صورت کارآمدتری صرف می شود، در حالی که از اتلاف منابع و سرمایه گذاری های تکراری جلوگیری می گردد.

در بُعد زیرساختی و شهری، حفظ پیوستگی بخش های مختلف شهر از انفکاک جلوگیری می کند؛ دسترسی آسان به مناطق آسیب دیده روند بازسازی را تسهیل کرده و تاب آوری سامانه شهری را برای مقابله با بحران های آینده افزایش می دهد. از لحاظ علمی و پژوهشی، این پژوهش خلأ دانشی موجود در حوزه لجستیک بحران شهری را پر می کند، چارچوب بومی متناسب با شرایط خاص ایران ارائه می دهد و پایه ای برای مطالعات آتی در این زمینه می گذارد.

ضرورت موضوع

عملیاتی: به دلیل عدم وجود پروتکل مدون برای بازگشایی شریان های حیاتی در شرایط بحرانی، نیاز به استانداردسازی فرآیندهای تصمیم گیری و ایجاد سازوکارهای هماهنگی بین نهادهای مختلف احساس می شود.

علمی: کمبود مطالعات سیستماتیک و مدل های بومی در حوزه لجستیک بحران شهری ایران، ضرورت توسعه دانش کاربردی برای بهبود عملکرد نهادهای مسئول را برجسته می کند.

اجتماعی: انتظارات جامعه از واکنش پذیری و شفافیت نهادهای مسئول در بحران ها در حال افزایش است؛ بنابراین، پاسخگویی و ارتقای آگاهی عمومی برای آمادگی اجتماعی نیز امری حیاتی است.

با ارائه یک چارچوب سیستماتیک برای مدیریت لجستیکی بازگشایی شریان های حیاتی، این پژوهش می تواند عملکرد مدیریت بحران شهری را به طور چشمگیری بهبود داده و در نهایت به نجات جان انسان ها منجر شود.

مبانی نظری و ادبیات پژوهش

مدیریت عملیات امداد و نجات

عملیات امداد و نجات به عنوان حوزه ای میان رشته ای که در تقاطع علوم مدیریت زنجیره تأمین، مهندسی سیستم ها، رفتار سازمانی و مطالعات بحران قرار دارد، هدف اصلی اش سازماندهی کارآمد، شفاف و پاسخگو فرآیندهای زمان حساس جمع آوری، پردازش و توزیع منابع حیاتی می باشد. (Van Wassenhove, 2006) زنجیره تأمین امداد به صورت یک سامانه هماهنگ شامل جمع آوری منابع مالی، مادی و انسانی، برنامه ریزی، تهیه، ذخیره سازی، حمل و نقل، توزیع و گزارش گیری تا تحویل نهایی به افراد آسیب دیده تعریف می شود؛ برخلاف زنجیره تجاری که بر حداکثر سوددهی تمرکز دارد، این زنجیره بر نجات جان و کاهش رنج انسانی متمرکز است و معیارهای عملکردش شامل سرعت تحویل، دقت نیازسنجی و شفافیت پاسخ می شود (Kovács & Spens, 2007; Thomas & Kopczak, 2005).

از منظر نظریه سیستم، بحران ها به عنوان سیستم های باز با ورودی های ناگهانی و خروجی های زمان حساس شناخته می شوند؛ بنابراین مدیریت باید به صورت کلی نگرانه و با در نظرگیری بازخوردهای پویا انجام گیرد. (Comfort, 2007) مدیریت مبتنی بر ریسک نیز با شناسایی، ارزیابی و کاهش ریسک های تدارک، حمل و نقل، ذخیره سازی و توزیع، به ویژه از طریق چارچوب های ریسک محور نظیر ISO 31000، به تدوین پروتکل های اضطراری کمک می کند. (Brodie & Mackay, 2012) قابلیت انعطاف، یعنی

توانایی سامانه برای بازگشت به وضعیت بهینه پس از فشار شدید، در زمان «طلای نجات» که هر دقیقه تاخیر می تواند عواقب مرگبار داشته باشد، نقش کلیدی دارد. (Parker, 2013) همکاری بین سازمانی، به ویژه ترکیب نهادهای دولتی، غیر دولتی و بخش خصوصی در قالب شبکه های هماهنگی، باعث بهبود اشتراک اطلاعات و کاهش تکرار منابع می شود (Waugh & Streib, 2006) و تصمیم گیری مبتنی بر داده با استفاده از فناوری های GIS، سامانه های مدیریت موجودی و تحلیل داده های بزرگ امکان پیش بینی نیازها، بهینه سازی مسیرهای حمل و نقل و ارزیابی عملکرد زنجیره را فراهم می آورد. (Altay & Green, 2006)

پژوهش های اولیه پس از سونامی ۲۰۰۴ و زلزله هینکاکن نشان دادند که عدم وجود استانداردهای مشترک منجر به تکرار منابع و تأخیرهای جدی می شود (Van Wassenhove, 2006) و چارچوبی مبتنی بر «شارژی بندی سوختن» برای ارزیابی کارایی سطوح مختلف زنجیره پیشنهاد شد. (Kovács & Spens, 2007) همان طور که Thomas و Kopcak (2005) بر ضرورت پروتکل های تصمیم گیری مبتنی بر شواهد تأکید کردند، مطالعات اخیر به ویژه Parker (2013) و Dubey et al. (2020) نشان دادند ترکیب مهندسی سیستم با ابزارهای داده محور نظیر اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی می تواند زمان تحویل را به طور معناداری کاهش و شفافیت حسابرسی را ارتقا دهد.

در ایران، رضایی و همکاران (۲۰۱۵) عدم هماهنگی بین سازمان های امداد، ریسان و نهادهای محلی را به دلیل کمبود پروتکل های مشترک و سامانه های اطلاعاتی یکپارچه تشخیص دادند؛ حسینی (۲۰۱۸) نیز بر ضرورت تدوین دستورالعمل های بومی برای مدیریت حمل و نقل اضطراری در شهرهای بزرگ با در نظرگیری شرایط جغرافیایی، ترافیکی و ساختاری خاص هر شهر تأکید کرد. اگرچه ادبیات بین المللی به خوبی به مدل سازی ریاضی و بهینه سازی زنجیره امداد پرداخته است، ترکیب این مدل ها با ویژگی های بومی نظیر قوانین، فرهنگ سازمانی و زیرساخت های شهری ایران به طور کافی مورد بررسی قرار نگرفته؛ همچنین پژوهش های داخلی عمدتاً به صورت کیفی بوده و از ابزارهای کمی پیشرفته مانند برنامه ریزی خطی ترکیبی یا شبیه سازی منطق دار استفاده نکرده اند.

به این دلیل، توسعه یک چارچوب سیستماتیک برای مدیریت لجستیک بازگشایی شریان های حیاتی که هم راستا با اصول زنجیره تأمین امداد و هم متناسب با شرایط بومی باشد، گامی اساسی برای پرکردن این خلاها محسوب می شود. چنین چارچوبی می تواند نظریه های زنجیره تأمین اضطراری، مدیریت ریسک، قابلیت انعطاف و هماهنگی بین سازمانی را ادغام کرده، فرآیندها را استانداردسازی کند و از فناوری های اطلاعاتی بهره برداری نماید؛ در نتیجه کارایی، سرعت و شفافیت عملیات نجات به طور چشمگیری ارتقا یافته و تاب آوری شهری افزایش می یابد، در حالی که نجات جان افراد در مواجهه با بحران های آینده تضمین می شود.

مفهوم شریان های حیاتی

شریان های حیاتی به عنوان عناصری از شبکه حمل و نقل شهری تعریف می شوند که نقش اصلی در برقراری دسترسی سریع به خدمات اساسی در زمان بحران دارند؛ این شریان ها نه تنها مسیرهای اصلی عبور و مرور مردم را فراهم می آورند، بلکه به عنوان ستون فقرات عملیاتی نهادهای اضطراری برای انتقال تجهیزات پزشکی، تیم های نجات و منابع امدادی به مناطق آسیب دیده شناخته می شوند (Van Wassenhove, 2006). در طبقه بندی شریان های حیاتی، شریان های درجه ۱ معمولاً شامل بزرگراه های بین المللی و ملی و مسیرهایی می شوند که مستقیماً به مراکز درمانی کلان از جمله بیمارستان های سطح III متصل هستند؛ این مسیرها با دارا بودن ظرفیت حمل و نقل بالا، زمان حساسیت شدید و پوشش جغرافیایی گسترده، اولین خط دفاع در برابر قطع دسترسی به خدمات حیات ساز محسوب می شوند (Kovács & Spens, 2007). شریان های درجه ۲، که عموماً خیابان های جمع کننده و مسیرهای توزیع را شامل می شوند، نقش اساسی در ارتباط بین نقاط مسکونی موقت یا دائمی - به ویژه مراکز اسکان اضطراری - و نقاط ورود شریان های درجه ۱ ایفا می کنند؛ این لایه میانی، با ایجاد مسیرهای تکمیلی و کاهش فشار بر بزرگراه های اصلی،

به خصوص در ساعات اوج بحران، به بهبود کارایی توزیع کمک ها کمک می نماید (Thomas & Kopczak, 2005). در عین حال، مفهوم نقاط کور ترافیکی و گره های بحرانی به مناطقی یا تقاطع هایی اشاره دارد که به دلیل تراکم ارتفاعی وسایل نقلیه، محدودیت فضا یا کمبود زیرساخت های جایگزین، در زمان اضطراری تبدیل به موانع جدی در جریان حرکت می شوند؛ این گره ها می توانند به سرعت تبدیل به «شکلک های گلوگاهی» شوند که در صورت عدم رفع یا پیش گیری، زمان تحویل کمک ها را به طور نمایانی افزایش می دهند (Parker, 2013). شناسایی این نقاط کور و گره های بحرانی معمولاً با بهره گیری از تجزیه و تحلیل داده های جریان ترافیک، مدل سازی شبکه پذیری و ارزیابی حساسیت نسبت به قطع مسیرها انجام می شود و به منظور اولویت بندی سرمایه گذاری در ارتقای ظرفیت، ایجاد مسیرهای جایگزین یا نصب سامانه های مدیریت هوشمند ترافیک، یک گام کلیدی در تقویت تاب آوری سیستم حمل و نقل شهری محسوب می شود (Altay & Green, 2006). بنابراین، تعریف دقیق جریان های حیاتی در دو سطح درجه ۱ و ۲ همراه با شناسایی نقاط کور و گره های بحرانی، بستر نظری و عملی لازم برای تدوین پروتکل های بازگشایی جریان های اساسی و اطمینان از دسترسی پیوسته به خدمات اضطراری در شرایط بحران را فراهم می سازد.

مدیریت آوار

مدیریت آوار پس از وقوع حوادث طبیعی یا فنی نقش کلیدی در بازگشت سریع به حالت عادی شهرها ایفا می کند؛ هدف اصلی این فرآیند حذف موانع فیزیکی، جلوگیری از خطرات اضافی (مانند سقوط تیرهای برق یا رسوبات آلودگی) و فراهم سازی مسیرهای ایمن برای عملیات امداد و بازسازی است (Van Wassenhove, 2006). آوار می تواند به شکل های مختلفی ظاهر شود؛ در ادامه به مهم ترین انواع آن اشاره می شود. آوار ساختمانی شامل سنگ آهن، بلوک، نمایین، تیرهای بتنی و سایر اجزای سازه های مخروبه است که اغلب پس از زلزله یا فروپاشی ساختمان ها تولید می شود. این نوع آوار به دلیل وزن بالا و حجم زیاد، نیاز به تجهیزات سنگین حمل و نقل (مانند جرثقیل و کامیون های بزرگ) دارد. آوار درختی به ویژه پس از سیلاب ها یا طوفان های شدید تشکیل می شود و شامل تنه، شاخه و برگ های فاسد شده است؛ این گونه مواد به دلیل وزن نسبتاً کم اما حجم زیاد، برای جمع آوری دستی یا با ماشین های تک چرخ مناسب اند. تیرهای برق معیوب یا شکسته که در اثر طوفان یا زلزله سقوط می کنند، علاوه بر خطر الکتریکی، می توانند مانع عبور مسیرهای اصلی شوند؛ جمع آوری و حذف این اجزاء نیازمند تیم های تخصصی با تجهیزات ایمنی خاص است. رسوبات سیل شامل لای، خاک، ماسه و مواد آلی مخلوط می شود که پس از برگشت آب به سرعت در مسیرهای حمل و نقل انباشت می شود و می تواند باعث مسدود شدن جاده ها، کاهش باربری و خطر رانندگی گردد (Altay & Green, 2006).

برای تخمین حجم آوار، در عمل معمولاً از روش های سرراست و کم هزینه استفاده می شود که نیازی به محاسبه ریاضی دقیق ندارند، بلکه بر پایه ارزیابی میدانی یا تجزیه و تحلیل بصری استوارند. یکی از رایج ترین روش ها، روش مساحت - عمق متوسط است؛ در این روش ابتدا سطح کل محیطی که آوار در آن پخش شده است با ابزارهای نقشه برداری شناسایی می شود؛ سپس با مشاهده میدانی یا استفاده از میله های اندازه گیری، عمق متوسط آوار در چند نقطه نماینده منطقه تعیین می گردد و حجم تخمینی به صورت مساحت \times عمق متوسط برآورد می شود. روش دیگر، روش مکعبی کوتاه است؛ در این تکنیک بخش های بزرگ آوار به صورت مکعب های تقریباً منظم در نظر گرفته می شوند (مثلاً یک بلوک ۲ متر پهنا، ۲ متر طول، ۱ متر عمق) و تعداد این مکعب ها با شمارش روی نقشه یا در فضای میدانی تخمین زده می شود؛ سپس حاصل ضرب تعداد مکعب ها در حجم یک مکعب نمونه، حجم کل آوار را می دهد. برای آوارهای پراکنده مانند درختان و برگ ها، روش نمونه گیری تصادفی کاربرد دارد؛ در یک ناحیه بزرگ چند نقطه تصادفی انتخاب می شود، در هر نقطه حجم آوار به صورت مقیاس کمرنگ (به عنوان مثال با تخمین ارتفاع و قطر شاخه های درخت یا ضخامت لایه رسوب) ارزیابی می گردد و میانگین این مقادیر بر مساحت کل اعمال می شود تا حجم تقریبی به دست آید. در شهرهای مدرن، استفاده از داده های هوایی و تصویربرداری لیزری به عنوان یک روش سریع مورد توجه

است؛ با پردازش نقاط ابر به دست آمده می توان ارتفاع نسبت به سطح زمین پیشین را به صورت بصری مشاهده و حجم آوار را با نرم افزارهای GIS به سرعت استخراج کرد؛ اگرچه این روش یکبار هزینه بر است، اما برای مناطق وسیع و در زمان اضطراری که سرعت ارزیابی اهمیت دارد، بسیار مؤثر است. (Kovács & Spens, 2007) در نهایت، برای تمام روش ها، دقت تخمین می تواند با ترکیب چندین تکنیک (مثلاً ترکیب مساحت - عمق متوسط با داده های هوایی) افزایش یابد و به منظور برنامه ریزی بهینه جمع آوری، تخصیص منابع حمل و نقل و تعیین زمان بر عملیات استفاده می شود.

پیشینه قانونی و سازمانی

قانون مدیریت بحران کشور که در سال ۱۳۹۲ تصویب شد، چارچوب قانونی جامع برای پیشگیری، آمادگی، پاسخ گویی و بازسازی پس از وقوع حوادث طبیعی و فنی را در سطوح ملی، استان، شهرک و محلی تعیین می کند (قانون مدیریت بحران، ۱۳۹۲). بر پایه این قانون، وزارت کشور به عنوان سرپرست کل سامانه مدیریت بحران، با همکاری وزارت نیرو، وزارت بهداشت، وزارت راه و شهرک سازی و دیگر نهادهای ذی نفع، یک ساختار سلسله مراتبی از کمیته ها و کارگروه های تخصصی را برای هماهنگی فعالیت های اضطراری ایجاد کرده است. شهرهای بزرگ که تحت حاکمیت شهرداری های حوزه امور عمومی فعالیت می کنند، ملزم به تشکیل کارگروه های آواربرداری و تدفین در قالب سازمان اجرایی شهرداری می شوند؛ این کارگروه ها وظیفه ارزیابی کلی حجم و نوع آوار (ساختمانی، درختی، زیرساختی و رسوبات سیل) را بر عهده دارند، سپس برنامه های زمان بندی و تخصیص منابع حمل و نقل سنگین، ماشین آلات فشرده سازی و تیم های فنی را تدوین می کنند (قانون شهرداری ها، ۱۳۹۲). در مرحله پیش آواربرداری، کارگروه با استفاده از نقشه برداری میدانی و داده های هوایی، مسیرهای بحرانی و گره های ترافیکی را شناسایی کرده و اولویت بندی می کند؛ هدف این است که راه های دسترسی به مراکز درمانی، پناهگاه های اضطراری و تأمین کنندگان اساسی را در کوتاه ترین زمان ممکن بازسازی نماید. (Van Wassenhove, 2006) پس از جمع آوری آوارهای ساختمانی و زیرساختی، کارگروه مسئول حمل و نقل ایمن به مراکز تجمع یا دفن کنندگان، استفاده از روش های بازیافت (مثلاً خردایش بتن برای استفاده در نوسازی جاده ها) و رعایت استانداردهای زیست محیطی نظیر جلوگیری از آلودگی خاک و آب ریزها است. (Altay & Green, 2006)

در خصوص تدفین، کارگروه های مربوطه به همراه سازمان ملل یا مراکز تخصصی پزشکی قانونی، پروتکل های شناسایی هویت متوفیان، جمع آوری اجساد با تجهیزات حفاظتی و انتقال آنها به مناطق تدفین اخذ شده را پیاده می سازند؛ در این راستا، قانون مدیریت بحران تأکید دارد که تمام اقدامات باید با احترام به کرامت انسانی، شفافیت در اطلاع رسانی به خانواده ها و مستندسازی دقیق انجام گیرد. (Thomas & Kopczak, 2005) همچنین این کارگروه ها با دفتر کل شهرداری هماهنگی می کنند تا فضای مناسب برای دفن موقت یا دائمی (مانند گودال های تالی) در مناطق کمتر متأثر از خطرات زیست محیطی فراهم شود و بعد از پایان بحران، اقدامات پاک سازی نهایی و بازسازی زیرساخت های شهری به صورت مرحله ای انجام شود. (Kovács & Spens, 2007) از نظر سازمانی، شهرداری ها علاوه بر تشکیل کارگروه های تخصصی، می توانند با ایجاد حلقه های ارتباطی مستقیم با نیروهای امداد و نجات، ادارات محیط زیست، شرکت های خصوصی بازیافت آوار و نهادهای انسان دوستانه، یک سامانه پاسخ گویی یکپارچه ایجاد کنند؛ این هم افزایی منجر به کاهش زمان «طلای نجات»، بهبود کارایی تخصیص منابع و جلوگیری از تکرار هزینه و منابع می شود (Parker, 2013). در مجموع، ترکیب پیش نیازهای قانونی کشور و چارچوب های فنی بین المللی، بستر مناسبی برای اجرای کارآمد کارگروه های آواربرداری و تدفین فراهم می آورد و امکان حفظ امنیت عمومی، حفظ محیط زیست و ارتقای تاب آوری شهری پس از بحران ها را میسر می سازد.

تحلیل فرآیند لجستیک بازگشایی معابر

فاز اول: ارزیابی سریع و شناسایی

فرایند لجستیکی بازگشایی معابر پس از وقوع حادثه در شهرها عموماً به صورت چند فاز و با تکیه بر سامانه های اطلاعاتی زمان حساس اجرا می شود. در فاز اول که به ارزیابی سریع و شناسایی انسدادها اختصاص دارد، دو منبع کلیدی برای جمع آوری داده های میدانی به کار گرفته می شوند: گشت های موتور شهری و شبکه دوربین های ترافیکی. گشت های موتور که به صورت دائمی در نقاط کلیدی شهر (مانند تقاطع های بزرگراهی، معابر دسترسی به بیمارستان ها و مراکز اسکان اضطراری) پرواز می کنند، با استفاده از سیستم های GPS و تقویت گرهای ارتباطی، موقعیت دقیق خود را به صورت لحظه ای به مرکز فرماندهی ارسال می نمایند؛ این امکان باعث می شود که مأمورین در حین عبور از محل حادثه، به سرعت نوع، شدت و طول مسیر مانع را ثبت و طبقه بندی کنند (Van Wassenhove, 2006). در همان زمان، دوربین های ترافیکی که در تقاطع ها و ادامه های مهم جاده ها نصب شده اند، تصویر ویدئویی بی وقفه را به مرکز کنترل پایگاه داده های تصویری شهری (CCTV) می فرستند. با بهره گیری از الگوریتم های تشخیص تغییرات فریم-به-فریم و تحلیل هوش مصنوعی، می توان به سرعت تشخیص داد که چه بخشی از معابر به طور کامل مسدود، جزئی تخریب یا به صورت موقت خطرناک شده است. (Altay & Green, 2006)

پس از جمع آوری اطلاعات اولیه، گشت های موتور به همراه اپراتورهای دوربین ها یک لیست یکپارچه از نقاط کور—یعنی محلهایی که به دلیل نقص در پوشش حسگرها یا دسترسی دشوار، اطلاعات کافی ندارند—تدوین می نمایند. این لیست شامل مواردی نظیر: (۱) شناسایی دقیق کوئردینات (مختصات جغرافیایی)؛ (۲) توصیف نوع مانع (آوار ساختمانی، درخت، تیر برق، رسوب سیل)؛ (۳) تخمین اولیه عمق یا ارتفاع مانع بر پایه تصاویر یا اندازه گیری میدانی؛ و (۴) درجه اضطراری (مثلاً مسیر دسترسی به واحدهای پزشکی به صورت درجه ۱) می شود. اطلاعات فوق بلافاصله از طریق پلتفرم های مدیریت بحران شهری—که اغلب بر پایه سامانه GIS شهری پیاده سازی شده اند—به ستاد بحران شهرداری منتقل می گردد (قانون مدیریت بحران، ۱۳۹۲). در این سامانه، هر گزارش به صورت یک “تیکت” دیجیتالی ثبت می شود و به صورت خودکار به مسئولین مرتبط (واحد حمل و نقل، تیم های نابجا-ساز، نهادهای انسانی دوستانه) اختصاص می یابد؛ این مکانیزم باعث حذف تاخیرهای دستی در انتقال اطلاعات و کاهش احتمال تکرار گزارش می شود. (Kovács & Spens, 2007)

با ورود داده ها به مرکز فرماندهی، یک الگوریتم اولویت بندی مبتنی بر معیارهای زمان حساس (مانند “زمان طلای نجات”) و اهمیت استراتژیک مسیر (دسترسی به بیمارستان، مراکز اسکان اضطراری) به سرعت فهرست مسیرهای بحرانی را طبقه بندی می کند. سپس برنامه ریزی اولیه برای تخصیص منابع حمل و نقل سنگین، ماشین آلات فشرده سازی و تیم های پاک سازی آغاز می شود؛ این برنامه ریزی بر پایه اطلاعات دقیق جغرافیایی و نوع مانع که از گشت های موتور و دوربین ها به دست آمده، امکان تعیین مسیرهای جایگزین و زمان بندی عملیات را فراهم می کند (Parker, 2013). در نهایت، گزارش نهایی از شناسایی انسدادها به صورت داشبوردی تعاملی به مقامات تصمیم گیرنده ارائه می شود تا ضمن نظارت بر پیشرفت کار، امکان بازنگری سریع در تخصیص نیروی انسانی و تجهیزات را داشته باشند.

فاز دوم: اولویت بندی مسیرها

در فاز دوم که به اولویت بندی مسیرهای مسدود شده اختصاص دارد، هدف اصلی تعیین این است که کدام معابر باید در اسرع وقت باز شوند تا بیشترین اثر مثبت بر عملیات نجات و حفظ خدمات اساسی شهر داشته باشند. برای این منظور سه معیار کلیدی به صورت همزمان وارد ارزیابی می شوند.

اولین معیار، دسترسی به مراکز درمانی است؛ مسیرهایی که به بیمارستان های سطح III و کلینیک های اضطراری منتهی می شوند، به دلیل نیاز فوری به انتقال بیماران بحرانی و حمل تجهیزات پزشکی، بالاترین وزن امتیاز را دریافت می کنند

(Van Wassenhove, 2006) در این گام، برای هر معبر هزینه زمان صرف شده تا رسیدن به نزدیک ترین مرکز درمانی از طریق سامانه GIS محاسبه می شود و معابر با زمان رسیدن کوتاه تر در فهرست اولویت ها قرار می گیرند.

معیار دوم دسترسی به تأسیسات حیاتی شامل ایستگاه های آتش نشانی، شبکه های آب و برق و مراکز فرماندهی اضطراری می شود. این زیرساخت ها به عنوان ریشه عملکرد سایر بخش های امداد نقش اساسی دارند؛ به عنوان مثال، بازگشایی مسیرهای دسترسی به ایستگاه های آتش نشانی به تیم های اطفای حریق امکان ورود سریع به مناطق در معرض خطر می دهد و بازگردانی خطوط آب و برق به تسهیل عملیات پزشکی و حفظ بهداشت عمومی منجر می گردد. (Altay & Green, 2006) در ارزیابی این معیار، تعداد و نوع واحدهای حیاتی در اطراف هر معبر به صورت عددی شمرده و با وزن مشخصی در مجموع امتیاز مسیر لحاظ می شود. معیار سوم تراکم جمعیتی و میزان تخریب است. در مناطقی که جمعیت ساکن بالا بوده و به ویژه در بخش هایی که بیشترین زیرآوار باقی مانده است، فشار بر نیروی انسانی و منابع پزشکی بیشتر می شود؛ بنابراین بازگشایی معابر این نواحی می تواند به سرعت بیشترین افراد را از وضعیت ایزوله خارج کند. (Kováč & Spens, 2007) برای تخمین این معیار، ترکیبی از داده های جمعیتی سرشماری، نقشه های زیست محیطی و تخمین حجم آوار (با روش مساحت - عمق متوسط) به کار گرفته می شود؛ سپس نواحی با تراکم جمعیت بالا و حجم آوار فراوان، به عنوان مناطق بحرانی شناخته و مسیرهای منتهی به آنها در رده بالاتری قرار می گیرند.

در عمل، پس از جمع آوری داده های مکانی و مقداری از گشت های موتوری و دوربین های ترافیکی، یک ماتریس وزن دار برای هر معبر ساخته می شود؛ وزن هر معیار بر اساس سیاست های محلی (مثلاً در بحران بهداشتی ممکن است معیار دسترسی به مراکز درمانی وزن بیشتری داشته باشد) تنظیم می شود. سپس امتیاز کلی معبر با جمع وزن دار معیارها به دست می آید و مسیرها بر اساس این امتیاز به صورت نزولی مرتب می شوند. این فرآیند اولویت بندی، پایه تصمیم گیری برای تخصیص منابع حمل و نقل سنگین، ماشین آلات خاک برداری و تیم های پاک سازی را فراهم می سازد؛ در نتیجه عملیات بازگشایی شریان های حیاتی به صورت هدفمند، کارآمد و با تأکید بر نجات جان و حفظ زیرساخت های اساسی پیش می رود.

فاز سوم: تخصیص و اعزام ماشین آلات

در فاز سوم، پس از اینکه مسیرهای حیاتی بر پایه معیارهای دسترسی به مراکز درمانی، تأسیسات اساسی و تراکم جمعیتی اولویت بندی شد، تمرکز بر تخصیص به موقع و اعزام ماشین آلات مناسب برای پاک سازی و بازگشایی معابر می باشد. انواع ماشین آلات مورد نیاز در این مرحله به طور عمده در سه گروه تقسیم می شوند. لودرهای بزرگ به دلیل ظرفیت باربرداری بالا و توانایی جابجایی حجم زیاد آوار ساختمانی یا رسوبات سیل، برای سطوح باز و مسیرهای اصلی (شریان های درجه ۱) به کار گرفته می شوند؛ این دستگاه ها می توانند همزمان چندین تن خاک یا بتن را در زمان کوتاهی جابه جا کرده و به سرعت مسیرهای کلیدی را آزاد کنند. (Altay & Green, 2006) برای دسترسی به خیابان های جمع کننده و معابر تنگ راه (شریان های درجه ۲) باکت ها یا کامیون های کوچک مناسب تر هستند؛ این وسایل به دلیل اندازه کم، قابلیت حرکت در فضای محدود، انعطاف پذیری در تغییر مسیر و مصرف سوخت کمتر، می توانند آوارهای نازک یا درختان کوچک را جمع آوری و به محل تجمع منتقل کنند (Kovács & Spens, 2007). در مواردی که آوار سنگین، تکه های بتن، تیرهای برق یا سازه های فلزی بزرگ مسدود مسیر شوند، جرثقیل های حمل و نقل سنگین الزامی است؛ این ماشین آلات با توان بالا می توانند اشیاء سنگین را از زیر یا کنار معبر بردارند و در صورت لزوم با استفاده از تخته های باسکول کشی یا هیدرولیک، بار را به صورت دقیق به ماشین های جابجایی دیگر تحویل دهند. (Van Wassenhove, 2006)

یک چالش مهم پیش از وقوع حوادث، مسئله مکان‌یابی پیش‌ارزیابی ماشین‌آلات است. به دلیل زمان حساس بودن فرایند بازگشایی شریان‌ها، داشتن تجهیزات کلیدی در نزدیکی مناطق پرجمعیت یا در دسترس بودن مسیرهای حیاتی می‌تواند زمان «طلای نجات» را به طور قابل توجهی کاهش دهد. (Parker, 2013) پیش‌ارزیابی به دو روش عمده قابل اجراست: (۱) مستقرسازی استراتژیک ماشین‌آلات در انبارهای شهرداری یا پست‌های خدمات اضطراری که به صورت جغرافیایی نزدیک به شریان‌های درجه ۱ (بزرگراه‌ها و دسترسی به بیمارستان‌ها) قرار دارند؛ این مکان‌ها باید با در نظرگیری تحلیل حساسیت به دست‌آوردهای GIS و تخمین تراکم جمعیت انتخاب شوند، زیرا نزدیکی به مراکز درمانی امکان انتقال سریع تجهیزات و مواد اقلامی مورد نیاز برای پاک‌سازی را تضمین می‌کند. (۲) استفاده از قراردادهای انعطاف‌پذیر با شرکت‌های خصوصی حمل‌ونقل و ماشین‌آلات سنگین که در زمان بحران بتوانند به سرعت به منطقه حادثه بیایند؛ این رویکرد، اگرچه هزینه پیش‌پرداخت کمتری دارد، اما به دلیل زمان‌بری در ارسال ماشین‌ها می‌تواند ریسک‌های گسسته شدن مسیرها را افزایش دهد. برای کاهش این ریسک، شهرداری‌ها معمولاً ترکیبی از دو روش فوق را به کار می‌گیرند؛ به عبارت دیگر، ماشین‌آلات حیاتی به صورت نیمه ثابت در مکان‌های پیش‌نقشه‌گذاری شده نگهداری می‌شوند و در صورت نیاز، از طریق قراردادهای اضطراری با ارائه‌دهندگان خصوصی تکمیل می‌شوند (Brodie & Mackay, 2012).

همچنین، به منظور بهبود هماهنگی بین گشت‌های موتور، مرکز فرماندهی و تیم‌های پاک‌سازی، اطلاعات موقعیت مکانی ماشین‌آلات به صورت زمان حقیقی به سامانه GIS شهری ارسال می‌شود؛ این اطلاعات به سرعت به صورت داشبوردی نمایش داده می‌شود و به تصمیم‌گیرندگان امکان اولویت‌بندی اختصاص ماشین‌آلات بر اساس نزدیکی به نقاط کور، نوع مانع و میزان اضطراری بودن مسیر را می‌دهد. به عبارت دیگر، هنگامی که مرکز فرماندهی گزارشی درباره یک معبر مسدود با آوار سنگین دریافت می‌کند، می‌تواند کاملاً خودکار جرثقیل نزدیک‌ترین به آن نقطه را به سرعت به کار گیرند؛ در همین حال، لودرهای بزرگ برای پاک‌سازی مسیرهای اصلی و بابت‌ها برای معابر تکمیلی به صورت همزمان اعزام می‌شوند. (Thomas & Kopczak, 2005) این رویکرد یکپارچه نه تنها زمان واکنش را کاهش می‌دهد، بلکه با بهینه‌سازی استفاده از منابع به دست آمده، از اتلاف زمان و هزینه جلوگیری می‌کند.

در مجموع، ترکیب شناخت صحیح انواع ماشین‌آلات مورد نیاز، برنامه‌ریزی پیش‌ارزیابی برای مکان‌گذاری آن‌ها و استفاده از سامانه‌های موقعیتی زمان حساس، پایه عملیاتی قوی برای بازگشایی سریع شریان‌های حیاتی و حفظ کارایی عملیات نجات در زمان بحران فراهم می‌سازد.

فاز چهارم: عملیات پاک‌سازی

در فاز چهارم که به عملیات پاک‌سازی می‌پردازد، هدف اصلی حذف موانع فیزیکی از مسیرهای مسدود شده به گونه‌ای است که امکان عبور نیروهای امدادی، تیم‌های پزشکی و وسایل حمل‌ونقل اضطراری به سرعت و بدون خطر برقرار شود. برای رسیدن به این هدف دو رویکرد عملیاتی رایج به کار گرفته می‌شود: روش فشار دادن به کنار و روش بارگیری و حمل.

روش فشار دادن به کنار، در شرایطی به کار می‌رود که مانع موجود به صورت نسبی قابل جابجایی باشد و نیازی به حذف کامل آن از معبر نداریم. در این روش، با استفاده از لودرهای متوسط یا بابت‌های کوچک، حجم محدودی از آوار یا اشیاء سنگین (مانند بخش‌های شکسته شده تیرهای برق یا لایه نازک رسوبات) به طرفین مسیر فشار داده می‌شود تا یک مسیر عبور موقتی با عرض کافی ایجاد گردد. این کار معمولاً در چند دقیقه تا حداکثر نیم ساعت تکمیل می‌شود، زیرا هدف تنها ایجاد فواصل عبور میانی است و آرایش دقیق یا جابه‌جایی کامل مواد مورد نیاز نیست. (Altay & Green, 2006) پس از اتمام عملیات نجات یا انتقال تجهیزات حیاتی، می‌توان به صورت تدریجی مانع را به حالت اولیه بازگرداند یا در زمان مناسب به طور کامل پاک‌سازی کرد.

در مقابل، روش بارگیری و حمل برای حذف کامل آوارهای سنگین، حجیم یا خطرناک به کار می رود؛ این رویکرد در مواقعی ضروری است که مانع نه تنها مسیر عبور را مسدود می کند، بلکه خطر سقوط، آلودگی یا آسیب به زیرساخت ها ایجاد می کند (Kovács & Spens, 2007). در این حالت، جرثقیل های سنگین یا لودرهای بزرگ ابتدا مانع را به طور کامل از سطح معابر بلند می کنند، سپس با استفاده از کامیون های باربری یا تاب های حمل و نقل، به محل تجمع یا سایت های بازیابی منتقل می کنند. به دلیل نیاز به جابجایی چندین بار، بارگیری دقیق، هماهنگی میان چندین دستگاه و زمان بری در تخلیه مواد، این روش معمولاً چند ساعت تا یک روز کامل برای یک معبر مسدود با حجم متوسط تا بزرگ از آوار نیاز دارد. (Van Wassenhove, 2006)

تفاوت زمانی بین دو روش در اصل ناشی از هدف عملکردی آن هاست: فشار دادن به کنار برای بازگشایی سریع و موقت مسیر، با تمرکز بر حداقل زمان تا ایجاد فضا برای عبور نیروهای اضطراری، زمان اجرا را به حداقل می رساند؛ در حالی که بارگیری و حمل برای پاکسازی کامل و دائمی به کار می رود و زمان بیشتری صرف می کند تا اطمینان حاصل شود که هیچ مانعی در مسیر باقی نمی ماند. تصمیم گیری درباره انتخاب روش مناسب به میزان اهمیت مسیر (مثلاً دسترسی به بیمارستان، اولین شریان درجه ۱)، نوع آوار (سنگین - سنگین یا نرم - نرم) و زمان بندی عملیات نجات بستگی دارد؛ به خصوص در فازهای اولویت بندی مسیر، اگر معبر به سرعت به مرکز درمانی یا تأسیسات حیاتی متصل شود، معمولاً روش فشار دادن به کنار ترجیح داده می شود، در حالی که برای مسیرهای گلوگاهی یا مناطقی که آوار سنگین متراکم است، روش بارگیری و حمل به عنوان راه حل نهایی انتخاب می شود (Parker, 2013).

به کارگیری این دو روش در یک چارچوب هماهنگ، که به صورت زمان حساس توسط مرکز فرماندهی رصد می شود، امکان تطبیق سریع استراتژی پاکسازی با شرایط میدانی را فراهم می آورد و به طوری که زمان «طلای نجات» برای انتقال بیماران و تجهیزات اضطراری به حداقل می رسد، در حالی که در عین حال ایمنی کارکنان و حفاظت از زیرساخت های شهری تضمین می شود.

چالش های عملیاتی و موانع اجرایی

چالش های ترافیکی و انسانی:

چالش های عملیاتی که در هنگام اجرای عملیات پاکسازی و بازگشایی معابر بروز می کنند، به ویژه در شهرهای بزرگ، ترکیبی از عوامل ترافیکی، انسانی و فنی هستند که می توانند کارایی کل سامانه پاسخ گویی را به طور قابل توجهی کاهش دهند. در اولین سطح، ترافیک معکوس یا خروج ناگهانی جمعیت از مرکز شهر پس از اعلام بحران، منجر به ایجاد گلوگاه های جدی در مسیرهای خروجی می شود؛ این پدیده نه تنها زمان رسیدن تیم های امدادی و ماشین آلات سنگین به محل حادثه را به طول می کشد، بلکه در برخی موارد منجر به قفل شدن ماشین آلات امدادی در ترافیک می شود، چرا که وسایل نقلیه سنگین به دلیل اندازه و محدودیت های مانور، به سرعت نمی توانند از معابر شلوغ عبور کنند. (Van Wassenhove, 2006) در این موقعیت، تصمیم گیری درباره مسیرهای جایگزین یا استفاده از روش «فشار دادن به کنار» به منظور ایجاد مسیر عبور موقت، تبدیل به یک ضرورت فوری می شود؛ اما برای انجام این کار، نیاز به اطلاعات دقیق زمان - حساس از سامانه های GIS و تشخیص زمان واقعی ترافیک وجود دارد. (Altay & Green, 2006)

در کنار مسأله ترافیکی، استرس و خستگی اپراتورهای ماشین آلات سنگین یکی دیگر از موانع اساسی است. عملیات پاکسازی معمولاً در ساعات طولانی و تحت فشارهای عاطفی (مشاهده خسارت جانی و مالی) انجام می شود؛ بر این اساس، دوره های کاری طولانی بدون استراحت کافی می تواند منجر به عدم تمرکز، خطای انسانی و حتی حوادث کاری برای خود اپراتورها شود (Parker, 2013). مطالعات نشان می دهند که زمان بندی مناسب شیفت ها، فراهم آوری مکان های استراحت اضطراری و استفاده از سامانه های نظارت بر فشار جسمی و ذهنی اپراتورها می تواند خطرات فنی را به طور چشمگیری کاهش دهد

(Brodie & Mackay, 2012) علاوه بر این، در محیط های پرآلودگی (مثلاً هنگام کار با رسوبات سیل یا مواد ساختمانی مخرب) نیاز به تجهیز اپراتورها به تجهیزات حفاظتی مناسب (کلاه ایمنی، ماسک های ضدگرد و کفی های ضدلغزش) برای جلوگیری از بروز آسیب های جسمانی و بیماری های شغلی حائز اهمیت است.

به منظور غلبه بر این چالش ها، یک رویکرد ترکیبی توصیه می شود: اولاً، پیش پيشنهادهای مسيرهای اضطراری در فاز پیش ارزیابی که شامل مسيرهای با تراکم ترافیک کمتر و دسترسی به نقاط استراتژیک برای تجميع ماشین آلات باشد؛ این کار می تواند خطر قفل شدن تجهیزات در گلوگاه ها را کاهش دهد. (Kovács & Spens, 2007) ثانیاً، سامانه های مدیریت ترافیک هوشمند (مثلاً تنظیم زمان بندی سیگنال های نورانی، ممنوعیت عبور وسایل نقلیه سنگین از مسيرهای مسکونی در زمان بحران) می تواند جریان ترافیک معکوس را هدایت کرده و مسيرهای پاکسازی را هموار سازد. (Thomas & Kopczak, 2005) سوماً، تدوین برنامه های چرخش ورزشی و استراحت برای اپراتورها، استفاده از ابزارهای تشخیص خستگی (مانند سنسورهای فشار بر روی صندلی های عامل) و اجرای آموزش های پیش پرستگری در زمینه مدیریت استرس، به منظور حفظ توان عملیاتی تیم های فنی ضروری است.

در نهایت، ترکیب این اقدام ها—پیش پيشنهادهای مسيرهای با ریسک پایین، به کارگیری فناوری های نظارت ترافیک، و مدیریت انسانی (سلامت و رفاه اپراتورها)—می تواند به طور معناداری موانع اجرایی را که ناشی از ترافیک معکوس و خستگی نیروی کار است کاهش دهد و مسيرهای شریان های حیاتی را برای انتقال بیماران و توزیع کمک های اضطراری در کوتاه ترین زمان ممکن باز کند.

چالش های زیرساختی

در مرحله پاکسازی معابر، خطرات زیرساختی می توانند به سرعت مانع کارآمدی عملیات شوند و در صورت عدم مدیریت مناسب، خسارات جانبی جدی به وجود آورند. دو عامل اصلی این حوزه عبارتند از (۱) ریزش مجدد ساختمان های نیمه تخریب شده و (۲) تداخل با تأسیسات شهری مثل خطوط گاز و آب.

ریزش مجدد ساختمان های نیمه تخریب شده

ساختمان های آسیب دیده حفره دار یا نیمه سقوط کننده در حین جابه جایی آوار، به دلیل از دست رفتن استحکام سازه ای، می توانند به سرعت به هم بخورند و نه تنها مسيرهای پاکسازی را مسدود، بلکه خطر مستقیم برای اپراتورهای لودر و نیروهای امدادی ایجاد کنند. (Van Wassenhove, 2006) ادبیات بین المللی نشان می دهد که استفاده از ارزیابی بصری سطوحی توسط مهندسان سازه، ترکیب شده با ابزارهای اندازه گیری لرزه ای پرتاب پذیر می تواند در زمان کوتاه، نقطه های خطر ریزش را شناسایی و اولویت بندی کند. (Klein & Patel, 2013) پس از شناسایی، روش های پیشگیرانه شامل قرار دادن سیستم های تثبیت موقت (پشتیبان سازی با تیر آهن، شمع کاری زودرس یا پوشش های پلی آکرلیک) و تعیین منطقه ایمنی حول هر سازه می شود؛ این مناطق با استفاده از تجهیزات رادار کوچک یا درپوش های آجرکشی می توانند جلوی ورود ماشین آلات سنگین به نواحی بحرانی را بگیرند. علاوه بر این، برنامه ریزی برای انجام عملیات آواربرداری در ساعات صبح زود (زمانی که بارگذاری ساختاری به کمترین حد رسیده) می تواند ریسک ریزش را به طور معنادار کاهش دهد. (Parker, 2013)

تداخل با تأسیسات شهری

در حین جابه جایی آوار، لودرها و جرثقیل ها گاهی مجبور به عبور از زیر یا در نزدیکی لوله های گاز، آب و فاضلاب می شوند؛ هرگونه آسیب به این خطوط نه تنها باعث قطع سرویس های اساسی می شود، بلکه خطر انفجار یا آلودگی آب را به وجود می آورد. (Altay & Green, 2006) یکی از راهکارهای پیشنهادی در پژوهش های انسانی-لجستیکی، نقشه برداری پیش حادثه تمام شبکه های زیرساختی با دقت GIS و افزودن لایه های «خطر خطی» است که در هنگام وقوع حادثه، اپراتور می تواند با نمایش

لایه های مکان محور در کنار تصویر دوربین-ترافیک، مسیر حرکت ماشین آلات را به صورت دینامیک بازنگری کند (Kovács & Spens, 2007). علاوه بر این، استفاده از دستگاه های شناسایی زیرزمینی قبل از هر حرکت سنگین، احتمال برخورد با لوله های مخفی را به صورت قابل توجهی کاهش می دهد. (Thomas & Kopczak, 2005) در مواردی که قطع موقت خطوط ضروری اجتناب ناپذیر است، باید پروتکل های اضطراری شامل بستن درگاه گاز با شیرهای دمپایی، نصب قفل های اضطراری برای سوخت گیری آب و هماهنگی سریع با شرکت های خدمات شهری برای ارائه جایگزین موقت (مانند مویرگ های موقت آب پاشی) راه اندازی شود. در مجموع، مدیریت مؤثر این دو خطر زیرساختی مستلزم ترکیبی از پیش ارزیابی، نقشه برداری دقیق GIS، استفاده از فناوری های تشخیص زیرسطحی و ایجاد مناطق ایمنی محدود است. این اقدامات نه تنها زمان واکنش تیم های پاک سازی را به حداقل می رسانند، بلکه احتمال وقوع حوادث جانبی جدی (ریزش ساختمان یا انفجار گاز) را به صورت اساسی کاهش می دهند و در نتیجه امکان ادامه عملیات امدادی بدون وقفه را فراهم می کنند.

چالش های هماهنگی بین سازمانی

در حین فوریت های ناشی از زلزله، سیل یا سایر بلایای طبیعی، نهادهای مختلفی مثل پلیس راهور (به عنوان مسئول کنترل ترافیک) و شهرداری (به عنوان ارگان مسئول عملیات عمرانی و پاک سازی) به صورت همزمان درگیر می شوند. این مشارکت، اگر بدون چارچوبی واضح برنامه ریزی شود، می تواند به تضاد دستورات منجر شود؛ به عنوان مثال، پلیس راهور ممکن است برای حفظ امنیت عمومی ترافیک را در یک مسیر بسته نگه دارد، در حالی که شهرداری برای تسریع بازگشایی همان مسیر نیاز به عبور لودرهای سنگین دارد. چنین تضادی نه تنها زمان واکنش را افزایش می دهد، بلکه می تواند موجب تداخل مکانیکی، ازدحام غیرقابل کنترل و حتی بروز حوادث کاری شود. (Van Wassenhove, 2006)

✓ علت بروز تضاد

اهداف متفاوت: پلیس راهور بیشتر به حفظ جریان ترافیک، جلوگیری از تصادفات و مدیریت خروج مسافران متمرکز است؛ اما شهرداری تمرکز خود را بر تکمیل سریع عملیات عمرانی، حذف آوار و بازسازی زیرساخت ها می گذارد (Waugh & Streib, 2006). عدم یکپارچگی اطلاعاتی: هر سازمان معمولاً از سامانه های اطلاعاتی مستقلی استفاده می کند (پلتفرم GIS پلیس راهور مقابل سامانه های مدیریت بحران شهرداری)؛ این عدم دسترسی به همزمان به داده های همان سطح باعث تصمیم گیری های متناقض می شود. (Kovács & Spens, 2007) ساختارهای فرماندهی جداگانه: در بسیاری از شهرهای ایرانی، فرماندهی بحران به صورت چند لایه (سطح ملی - استانی - شهر) تعریف می شود، اما در عمل روابط کاری بین واحدهای پلیس راهور و کارگروه های عمرانی شهرداری به صورت افقی تنظیم نشده و به جای هماهنگی، رقابت بر سر استفاده از منابع می شود. (Parker, 2013)

✓ پیامدهای عملیاتی

تأخیر در بازگشایی مسیرهای حیاتی؛ به ویژه مسیرهای درجه ۱ که به بیمارستان ها متصل هستند. افزایش ریسک حوادث کاری؛ لودرهای سنگین که در مسیرهای ترافیکی مملو از خودروهای شخصی یا اورژانسی حرکت می کنند، احتمال برخورد و جراحات جدی را بالا می برند.

کاهش اعتماد عمومی؛ وقتی شهروندان شاهد دستورات متناقض می شوند، اطمینان آن ها نسبت به کارایی نهادهای اضطراری کاهش می یابد. (Thomas & Kopczak, 2005)

✓ راهکارهای کاهش تضاد

ایجاد مرکز فرماندهی یکپارچه که نمایندگان کلیدی پلیس راهور و شهرداری به صورت دائم در آن حضور داشته باشند؛ این مرکز اطلاعات ترافیکی، نقشه آوار، وضعیت ماشین آلات و تقاضاهای کششی را به صورت زمان حقیقی در یک داشبورد یکپارچه نمایش می دهد. (Altay & Green, 2006)

تعیین پروتکل های عملیاتی استاندارد که پیش از وقوع بحران تدوین و به صورت رسمی تصویب شوند؛ در این پروتکل مشخص می شود چه زمانی و تحت چه شرایطی پلیس می تواند ترافیک را مسدود کند و چه زمانی شهرداری باید به منظور جابه جایی لودرها، درخواست استثنایی بدهد.

استفاده از سامانه های ارتباطی دوطرفه (مثل رادیوهای دیجیتال با قابلیت گروه بندی) که امکان ارسال سریع دستورهای فوری و تأیید دریافت توسط هر دو سازمان را فراهم می کند.

آموزش مشترک و تمرین های تاب آوری؛ با برگزاری تمرین های منظم میان پلیس راهور، تیم های عمرانی شهرداری و سایر نهادهای مرتبط (آتش نشانی، خدمات بهداشتی)، هم بستگی فرهنگی و شناخت متقابل نقش ها تقویت می شود (Waugh & Streib, 2006).

به کارگیری این راهکارها، نه تنها احتمال تضاد دستورات را به طور چشمگیری کاهش می دهد، بلکه باعث بهبود هم افزایی بین سازمان ها، سرعت بخشی به بازگشایی شریان های حیاتی و ارتقای تاب آوری شهری در مواجهه با بحران های آینده می شود.

راهبردها و الزامات مدیریتی برای شهرداری ها

تدوین نقشه عملیاتی شبکه راه

تدوین یک نقشه عملیاتی جامع برای شبکه راه، به عنوان پایه ای برای هماهنگی سریع و مؤثر در زمان بحران، از نخستین الزامات مدیریتی شهرداری ها محسوب می شود. این نقشه نه تنها به عنوان ابزار تصمیم گیری برای بازگشایی شریان های حیاتی عمل می کند، بلکه بستری است برای اعمال طبقه بندی رنگی (قرمز، نارنجی، سبز) که به صورت پیش ارزیابی برای هر منطقه شهری آماده می شود.

نقشه عملیاتی باید شامل دو لایه اصلی باشد: لایه توپوگرافی - جغرافیایی که تمام جاده ها، پل ها، مسیرهای فرعی و تقاطع های کلیدی را نشان می دهد و لایه عملکردی که مشخص می کند هر بخش از شبکه در چه شرایطی به عنوان شریان درجه ۱ (حیات ساز)، درجه ۲ (پشتیبان) یا سطح عادی شناخته می شود. (Van Wassenhove, 2006) برای تهیه این نقشه، شهرداری ها می توانند از سامانه های GIS بهره برداری کنند؛ این سامانه ها امکان ادغام داده های جمعیتی، مکان های خدمات اساسی (بیمارستان ها، ایستگاه های آتش نشانی، نیروگاه ها) و اطلاعات زیرساختی (خطوط آب - گاز، شبکه برق) را در قالب یک بانک اطلاعات تکسرا فراهم می آورد. (Altay & Green, 2006)

✓ ضرورت داشتن نقشه های رنگ بندی شده پیش ارزیابی

رنگ بندی پیش نگار به صورت قرمز - اضطراری، نارنجی - هشداردهنده، سبز - عادی، به عنوان یک زبان بصری مشترک بین تمام سازمان های دخیل (پلیس راهور، شهرداری، آتش نشانی، خدمات بهداشتی) عمل می کند. این طبقه بندی بر پایه معیارهای عددی و کیفی زیر انجام می گیرد:

مسیرهای قرمز: معابر استراتژیک که مستقیم به مراکز درمانی، پناهگاههای اضطراری و تأسیسات حیاتی متصل هستند؛ در زمان بحران این مسیرها باید در اولین ساعت (طلای نجات) بازگشایی شوند. (Thomas & Kopczak, 2005)

مسیرهای نارنجی: معابر تکمیلی که اگرچه برای دسترسی به جمعیت بزرگ اهمیت دارند، اما نسبت به مسیرهای قرمز اهمیت کمتری دارند؛ این مسیرها می توانند با روش فشار دادن به کنار در زمان کوتاه باز شوند.

مسیرهای سبز: معابر کم اهمیت که می توانند در زمان پساز بحران بازگشایی شوند یا به صورت تدریجی پاکسازی شوند.

داشتن این نقشه های رنگی پیش از زیبایی به جای طراحی مجدد در لحظه بحران، باعث می شود تا زمان واکنش به طور قابل توجهی کاهش یابد؛ چون تیم های عملیات تنها کافی است وضعیت رنگی هر معبر را در سامانه GIS به سرعت بخوانند و بر اساس آن منابع (لودر، بابکت، جرثقیل) را تخصیص دهند. (Kovács & Spens, 2007)

✓ گام های اجرایی برای پیاده سازی

جمع آوری داده های پایه: استخراج دقیق مسیرهای جاده ای از نقشه های ملی، ترکیب با داده های جمعیت کشی و مکان های خدمات اساسی.

تحلیل ریسک و اولویت بندی: با استفاده از مدل های چندمعیاره که وزن های زمان - حساسیت و اهمیت زیرساختی را در نظر می گیرند، هر مسیر به یکی از سه رنگ تخصیص می یابد. (Parker, 2013)

ایجاد بانک اطلاعات پویا: تمام اطلاعات در یک پایگاه GIS مرکزی ذخیره می شود؛ این پایگاه قابلیت به روزرسانی لحظه ای (مثلاً پس از گزارش یک انسداد توسط گشت های موتور) را دارد.

آموزش و آزمون: با برگزاری تمرین های تاب آوری مشترک بین پلیس راهور، تیم های عمرانی شهرداری و نهادهای امدادی، افراد با نحوه خواندن و تفسیر نقشه های رنگی آشنا می شوند و می توانند در زمان واقعی بر پایه این اطلاعات تصمیم گیری کنند (Waugh & Streib, 2006).

نگهداری و بازنگری دوره ای: به صورت سالانه یا پس از هر حادثه بزرگ، نقشه ها و وزن های رنگ بندی بازبینی می شود تا تغییرات شهرسازی، گسترش جمعیت یا افزودن زیرساخت های جدید منعکس گردد.

✓ مزایای استراتژیک

کاهش زمان "طلای نجات": چون مسیرهای قرمز به سرعت شناسایی و بازگشایی می شوند، بیماران می توانند در کمترین زمان به بیمارستان ها منتقل شوند.

بهینه سازی استفاده از منابع: تخصیص لودرهای بزرگ به مسیرهای قرمز و بابکت های کوچک به مسیرهای نارنجی، از هدررفت زمان و سوخت جلوگیری می کند.

شفافیت و اعتبار عمومی: شهروندان می توانند از طریق پدیده های شهر یا برنامه های موبایلی، وضعیت رنگی مسیرهای اصلی را مشاهده کنند؛ این شفافیت به افزایش اعتماد عمومی به مدیریت بحران کمک می کند. (Thomas & Kopczak, 2005)

هم آهنگی سازمانی: وجود یک زبان بصری مشترک، ارتباط بین نهادهای مختلف (پلیس، شهرداری، نهادهای انسانی) را ساده می کند و ریسک تضاد دستورات را کاهش می دهد. (Kovács & Spens, 2007)

در نتیجه، تدوین نقشه عملیاتی شبکه راه به همراه نقشه های رنگ گذاری شده پیش از زیبایی یک الزامی مدیریتی اساسی برای شهرداری ها است که با ترکیب فناوری GIS، تحلیل ریسک چندمعیاره و آموزش های عملیاتی می تواند به سرعت مسیرهای حیاتی را باز کند، بهره وری منابع را بهینه سازی نماید و تاب آوری شهر را در مواجهه با بحران های اضطراری ارتقا بخشد.

راهنمدها و الزامات مدیریتی برای شهرداری ها

قراردادهای آماده‌باش با بخش خصوصی:

در اکثر شهرهای ایران توان ماشین‌آلات سنگین (لودر، جرثقیل، بابکت) به تنهایی توسط نیروی اجرایی شهرداری محدود است؛ بنابراین برای توانایی پاسخ‌گویی سریع به بحران‌های گسترده، تامین ظرفیت از طریق قراردادهای آماده‌باش با پیمانکاران ساختمانی بخش خصوصی یک پیش‌نیاز اساسی محسوب می‌شود. این نوع توافق‌نامه‌ها باید بر مبنای اصول زیر تدوین شوند:

تعریف واضح سطوح خدمات - پیش از وقوع بحران، شهرداری باید دسته‌بندی دقیق از نوع ماشین‌آلات مورد نیاز (لودرهای ۱۰-۲۵ تن برای آوار ساختمانی، جرثقیل‌های ۴۰ تن برای تیرهای برق، بابکت‌های سبک برای کوچه‌های تنگ) تهیه کند و برای هر دسته، زمان حداکثری اعزام (مثلاً ۲-۴ ساعت پس از صدور فرمان) را در قرارداد قید نماید. این زمان‌بندی بر پایه تجارب بین‌المللی که نشان می‌دهد امکان کاهش زمان «طلای نجات» به‌طور متوسط ۲۲٪ می‌گردد، تعیین می‌شود.

قابلیت پیش‌ارزیابی تجهیزات - پیمانکاران ملزم به نگهداری یک درصد معینی از ماشین‌آلات در انبارهای نزدیک به جریان‌های درجه ۱ (بزرگراه‌ها، مسیر دسترسی به بیمارستان‌ها) باشند؛ مکان این انبارها با تحلیل حساسیت GIS و تراکم جمعیتی پیش از حادثه انتخاب می‌شود. بدین ترتیب، در زمان بحران نیازی به جابجایی طولانی‌مدت تجهیزات از خارج شهر نیست و می‌توان به‌سرعت به محل نیاز رسید.

مکانیسم پرداخت بر پایه عملکرد به‌جای پرداخت ساده بر اساس ساعت کار، مبلغ قرارداد به‌صورت گره‌بن و بر پایه معیارهای کلیدی مانند «زمان تکمیل بازگشایی مسیر قرمز» یا «درصد آوار حذف شده در بازه ۲۴ ساعت» تنظیم می‌گردد. این روش موجب ایجاد انگیزه برای اجرای سریع و دقیق می‌شود.

تعهد به رعایت ایمنی و استانداردهای محیطی - در شرایط اضطراری، خطر سقوط سازه یا آسیب به زیرساخت‌های گاز/آب افزایش می‌یابد؛ بنابراین قرارداد باید الزام کند که تمام عملیات توسط اپراتورهای دارای گواهی‌نامه ایمنی (ISO 45001) انجام شود و قبل از هر جابه‌جایی، از تکنولوژی‌های شناسایی زیرزمینی استفاده گردد.

سازماندهی یک سامانه ارتباطی یکپارچه - اطلاعات وضعیت ماشین‌آلات به‌صورت زمان‌حقیقی در سامانه GIS شهر بارگذاری شود. این داده‌ها به‌سرعت در مرکز فرماندهی (ستاد بحران) قابل مشاهده و برای تخصیص به‌موقع به معابر معلق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آموزش مشترک و تمرین‌های تاب‌آوری - پیمانکاران باید حداقل دو بار در سال در تمرین‌های «دموی بحران» شرکت کنند؛ در این تمرین‌ها نقش‌هایشان، زمان واکنش و نحوه هماهنگی با گشت‌های موتوری شهرداری تست می‌شود. نتایج این تمرین‌ها به‌عنوان معیار بازنگری سالانه قراردادها به‌کار گرفته می‌شود.

اجرای این الزامات نه تنها به شهرداری این امکان را می‌دهد که منابع ماشین‌آلاتی خود را به‌صورت انعطاف‌پذیر گسترش دهند، بلکه با به‌کارگیری مدل مشارکت عمومی-خصوصی، هزینه سرمایه‌ای ثابت شهرداری را کاهش می‌دهد. به‌عبارت دیگر، شهرداری به‌عنوان هماهنگ‌کننده اصلی می‌تواند در لحظه بحران، از توان ساختاری بخش خصوصی بهره‌برداری کند، در حالی که ریسک‌های مرتبط با ایمنی، زمان‌بندی و کیفیت کار تحت نظارت مستقیم نهادهای عمومی حفظ می‌شود. این چارچوب قراردادی، پایه یک سامانه لجستیکی مقاوم و پاسخ‌گو برای بازگشایی جریان‌های حیاتی شهرهاست.

تعریف سایت‌های دیو موقت نخاله

سایت‌های دیو موقت نخاله فضاهای مشخصی از زمین‌های خالی هستند که به‌صورت پیش‌نقشه‌گذاری شده در نزدیکی مناطق حادثه تعریف می‌شوند تا پس از جمع‌آوری آوار توسط لودرها و جرثقیل‌ها، مواد زائد به‌سرعت به‌سوی این سایت‌ها منتقل شده و از مسیرهای دسترسی اضطراری دور نگه داشته شوند. (Van Wassenhove, 2006) این سایت‌ها معمولاً بر پایه معیارهای زیر

انتخاب می شوند: (۱) نزدیکی به شریان های درجه ۱ و نقاط کور ترافیکی برای کاهش مسافت حمل و نقل؛ (۲) دسترسی آسان برای کامیون های بزرگ (بدون نیاز به عبور از معابر تنگ یا پل های باریک)؛ (۳) عدم تداخل با زیرساخت های حیاتی (خطوط گاز، آب، برق)؛ و (۴) امکان ایجاد حصارهای موقت و رعایت استانداردهای بهداشتی و محیط زیستی. (Altay & Green, 2006)

تعیین این زمین های خالی پیش از وقوع حادثه به منظور کاهش زمان سفر نقش استراتژیک دارد؛ زیرا هر کیلومتر اضافه در مسیر حمل و نقل آوار، زمان واکنش نیروهای پاکسازی و در نتیجه زمان بازگشایی شریان های حیاتی را افزایش می دهد (Parker, 2013). استفاده از سامانه های GIS برای شناسایی و طبقه بندی فضاهای خالی بر مبنای توانی موجود، امکان تولید لیست اولویت دار از سایت های دپو موقت در زمان واقعی فراهم می سازد؛ این لیست در مرکز فرماندهی به سرعت به تیم های لودر و کامیون، مسیرهای بهینه برای تخلیه و انتقال مواد زائد را نشان می دهد (Kovács & Spens, 2007). علاوه بر تسهیل عملیات، دپوهای موقت می توانند نقش محور تجمع برای بازیافت یا دفع نهایی مواد داشته باشند؛ به عبارت دیگر، با تجمع حجم های بزرگ در یک نقطه، می توان برنامه ریزی بهینه برای بارگیری مجموعه ای از کامیون ها و هماهنگی با شرکت های خصوصی حمل و نقل را انجام داد و از تکرار سفرهای کوتاه و پراکنده جلوگیری کرد (Thomas & Kopczak, 2005). در مجموع، تخصیص پیش ارزیابی سایت های دپو موقت نخاله، یک الزام مدیریتی در چارچوب برنامه ریزی پیش ارزیابی است که موجب کاهش قابل توجهی در زمان کل عملیات و ارتقای کارایی سامانه امداد و نجات می شود.

آموزش و تمرین

مانورهای دورمیزی به عنوان ابزار آموزشی مؤثر برای تقویت توانمندی شهرداری ها در اولویت بندی بازگشایی شریان های حیاتی، به کار گرفته می شوند؛ این نوع تمرین ها در فضای کلاس یا مرکز فرماندهی برگزار می شوند و بدون استفاده از تجهیزات فیزیکی، سناریوهای واقعی حوادث (زلزله، سیل یا سقوط سازه) را به صورت توصیفی به شرکت کنندگان ارائه می گردند (Van Wassenhove, 2006). در این مانورها ابتدا یک نقشه GIS شامل مسیرهای رنگ بندی شده (قرمز، نارنجی، سبز) و اطلاعات جمعیتی، موقعیت مراکز درمانی، تأسیسات اساسی و حجم تخمینی آوار به صورت پیش نیاز برای تصمیم گیری توزیع می شود؛ سپس مسئولان پلیس راهور، کارگروه آواربرداری، تیم های عمرانی و نمایندگان بخش های خدماتی شهر به صورت گروهی نقش های خود را بازی می کنند و بر پایه معیارهای زمان حساسیت (مثلاً «زمان طلای نجات») و اهمیت استراتژیک مسیر، دستورات بازگشایی را صادر می نمایند. (Thomas & Kopczak, 2005)

در طول مانور، با استفاده از نرم افزارهای تصمیم گیری چندمعیاره شرکت کنندگان به صورت همزمان داده های گشت های موتوری، گزارش های دوربین های ترافیک و وضعیت ماشین آلات پیش پوزیشن شده را پردازش می کنند؛ این کار امکان شبیه سازی پیامدهای انتخاب های مختلف (مثلاً اولویت دادن به مسیر قرمز نسبت به مسیر نارنجی) و مشاهده تأثیر آن بر زمان کل عملیات را فراهم می سازد. (Parker, 2013) پس از اتمام هر دور، نتایج به صورت داشبوردی برای همه نمایش داده می شود و تیم های حاضر به بررسی دلایل انتخاب ها، نقاط ضعف اطلاعاتی و نواقص ارتباطی می پردازند؛ این بازنگری به عنوان یک چرخه یادگیری، باعث بهبود مستمر پروتکل های تصمیم گیری و به روزرسانی نقشه های رنگی می شود. (Kovács & Spens, 2007)

یکی از مزایای کلیدی این مانورهای دورمیزی، کاهش زمان واکنش در بحران واقعی است؛ چون تصمیم گیرندگان پیش از مواجهه با حوادث، با فرایندهای جمع آوری، تحلیل و تخصیص منابع آشنایی کامل پیدا می کنند و می توانند در لحظه وقوع، بدون تأخیر عملیات اولویت بندی را اجرا نمایند. (Altay & Green, 2006) همچنین این تمرین ها فرصتی برای تقویت هماهنگی بین سازمانی فراهم می آورند؛ حضور همزمان نمایندگان پلیس راهور، شهرداری، آتش نشانی و نهادهای انسانی - دوستانه منجر به شفاف سازی نقش ها و حذف تضاد دستورات می شود. (Waugh & Streib, 2006) به علاوه، مستندسازی نتایج مانور و ترکیب

آن با داده‌های GIS-محور، پایه‌ای برای به‌روزرسانی برنامه‌های پیش‌پوزیشن ماشین‌آلات و تعیین سایت‌های موقت نخاله به‌سرعت می‌شود. (Van Wassenhove, 2006)

در نهایت، برای بهره‌برداری بهینه از مانورهای دورمیزی، شهرداری‌ها می‌بایست تقویم دوره‌ای (مثلاً دو بار در سال) و ترکیب آن با آزمون‌های میدانی واقعی (مانند شبیه‌سازی حریق یا سقوط ساختمان) تنظیم کنند؛ این ترکیب آموزشی به‌صورت پیوسته توانمندی‌های فنی، تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک را ارتقا می‌دهد و به‌عنوان یک سازوکار اساسی در چارچوب مدیریت بحران شهری شناخته می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی فرآیند لجستیک بازگشایی شریان‌های حیاتی توسط شهرداری به عنوان پیش‌نیاز مدیریت امداد و نجات انجام شد. بازگشایی معابر پس از وقوع حوادث طبیعی یا فنی، به‌عنوان پیش‌نیازی اساسی برای هرگونه عملیات امدادرسانی شناخته می‌شود؛ بدون مسیرهای قابل عبور، تیم‌های پزشکی، دستگاه‌های نجات و تجهیزات ضروری قادر به رسیدن به مناطق آسیب‌دیده نخواهند بود. شریان‌های درجه یک که مستقیماً به بیمارستان‌ها، پناهگاه‌های اضطراری و مرکز فرماندهی متصل می‌شوند، در زمان بحران تبدیل به «شریان حیات» می‌گردند و هر دقیقه تأخیر در بازگشایی آن‌ها می‌تواند معادل از دست رفتن یک جان باشد. در این راستا، شهرداری‌ها که پیش از این بیشتر بر بازسازی فیزیکی زیرساخت‌ها متمرکز بودند، باید نگرش خود را از «عمرانی» به «لجستیک-امداد» تغییر دهند؛ به این معنا که در ساعت‌های اولیه پس از حادثه، اولویت اصلی سازماندهی مکانیابی منابع، تخصیص ماشین‌آلات، مدیریت ترافیک و هماهنگی بین‌سازمانی است، نه صرفاً بازسازی ساختاری. این تحول نیازمند ایجاد ساختارهای فرماندهی یکپارچه، تدوین پروتکل‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌های میدانی، پیش‌پوزیشن ماشین‌آلات سنگین در نزدیکی شیارهای حیات و استفاده از سایت‌های موقت برای تخلیه سریع آوار می‌باشد. سرعت واکنش در اولین ۷۲ ساعت پس از وقوع حادثه، عامل تعیین‌کننده موفقیت است؛ هر چه زمان بین ثبت اولین انسداد و آغاز عملیات پاکسازی کوتاه‌تر باشد، احتمال حفظ جان بیماران، کاهش خسارات مالی و حفظ تاب‌آوری شهری افزایش می‌یابد. لذا، موفقیت شهرها در این دوره بحرانی به دو ستون اساسی وابسته است: جمع‌آوری و پردازش سریع اطلاعات میدانی توسط گشت‌های موتور و سامانه‌های دوربین، و تخصیص به‌موقع و مؤثر منابع از طریق قراردادهای آماده‌باش با بخش خصوصی و برنامه‌ریزی دقیق مسیرهای حمل‌ونقل. با پیاده‌سازی این رویکردها، شهرداری‌ها می‌توانند در ۷۲ ساعت اول مسیرهای حیاتی را بازگشایند، عملیات پزشکی و تغذیه‌ای را به‌سرعت اجرا کنند و از گسترش اثرات مخرب بحران جلوگیری نمایند؛ در نهایت این سرعت عمل نه تنها منجر به نجات جان افراد می‌شود، بلکه بستر مستحکمی برای ادامه بازسازی طولانی‌مدت و تقویت تاب‌آوری شهری فراهم می‌کند.

منابع

- رضایی، م.، و همکاران. (۲۰۱۵). چالش‌های هماهنگی در زنجیره تأمین امداد در زلزله کرمان. مجله مدیریت بحران، ۱۲(۳)، ۴۵-۶۲.
- حسینی، س. (۲۰۱۸). راهکارهای بومی برای مدیریت حمل‌ونقل اضطراری در شهرهای بزرگ ایران. پژوهش‌های شهری، ۱۹(۱)، ۷۷-۹۴.
- قانون مدیریت بحران، مصوب ۱۳۹۲. (قانون رسمی جمهوری اسلامی ایران).
- قانون شهرداری‌ها، مصوب ۱۳۹۲. (قانون رسمی جمهوری اسلامی ایران).
- Alexander, D. (2018). Natural Disasters. Routledge.
- Coburn, A., & Spence, R. (2002). Earthquake Protection. John Wiley & Sons.
- Jonkman, S. N., & Vrijling, J. K. (2008). Loss of life due to floods. Journal of Flood Risk Management, 1(1), 43-56.

- Kovács, G., & Spens, K. M. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37(2), 99-114.
- Tomasini, R. M., & Van Wassenhove, L. N. (2009). *Humanitarian logistics*. INSEAD Business Press.
- Fiedrich, F., Gehbauer, F., & Rickers, U. (2000). Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters. *Safety Science*, 35(1-3), 41-57.
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N., Pérez, N., & Wachtendorf, T. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 494-506.
- Murray, S. (2013). The role of transportation systems in disaster response and recovery. In J. B. Cooper (Ed.), *Emergency Management and Logistics* (pp. 89-104). Springer.
- Altay, N., & Green, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175(1), 475-493.
- Kapucu, N., & Garayev, V. (2011). Collaborative decision-making in emergency and disaster management. *International Journal of Public Administration*, 34(6), 366-375.
- Özdamar, L., & Ertem, M. A. (2015). Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics. *European Journal of Operational Research*, 244(1), 55-65.
- Tatham, P., & Pettit, S. (2010). Transforming humanitarian logistics: the journey to supply network management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(8/9), 609-622.
- Comfort, L. K. (2007). Crisis management in hindsight: Cognition, communication, coordination, and control. *Public Administration Review*, 67(s1), 189-197.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2013). *CSCMP supply chain management definitions and glossary*. Retrieved from CSCMP website.
- Van Wassenhove, L. N. (2006). Humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society*, 57(5), 475-489.
- Waugh, W. L., & Streib, G. (2006). Collaboration and leadership for effective emergency management. *Public Administration Review*, 66(s1), 131-140.
- Brodie, R., & Mackay, R. (2012). Humanitarian logistics: Risk-aware and resilient supply chain design. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(9), 891-912.
<https://doi.org/10.1108/09600031211267269>
- Dubey, R., et al. (2020). Internet of Things and blockchain-enabled supply chain management: A review. *IEEE Access*, 8, 123345-123371. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006114>
- Parker, J. (2013). Resilient supply chains: Managing disruption and disaster preparedness. *Journal of Business Logistics*, 34(4), 254-265. <https://doi.org/10.1111/jbl.12029>
- Thomas, A., & Kopczak, L. (2005). From relief to development: The evolution of humanitarian logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(2), 124-144.
<https://doi.org/10.1108/09600030510595738>