

جزوه آموزشی «مدیریت آواربرداری در شرایط بحران» ویژه کارکنان و مدیران شهرداری

استاد سیدامیرحسین حسینی

فصل ۱: کلیات، مفاهیم و تعاریف پایه

- ۱-۱. مفاهیم کلیدی بحران، سانحه، آوار و مدیریت بحران شهری
- ۱-۲. انواع بلایای طبیعی و انسان ساخت مولد آوار (زلزله، انفجار، سیل، فرونشست و ...)
- ۱-۳. ماهیت و انواع آوار (ساختمانی، فلزی، عفونی، خطرناک، صنعتی)
- ۱-۴. نقش و وظایف قانونی شهرداری‌ها در مدیریت بحران و آواربرداری (قانون مدیریت بحران کشور)

فصل ۲: برنامه‌ریزی و آمادگی پیش از وقوع بحران (پیش بحران)

- ۲-۱. پهنه‌بندی خطر و برآورد حجم تقریبی آوار در مناطق شهری (مدل‌سازی حجم آوار)
- ۲-۲. جانمایی و تجهیز محل‌های موقت و نهایی دپوی آوار (معیارهای شهری و محیط‌زیستی)
- ۲-۳. توافق‌نامه‌ها و پیمان‌های همکاری پیشین (با بخش خصوصی، نیروهای مسلح و ارگان‌های همجوار)
- ۲-۴. تشکیل شناسنامه ماشین‌آلات و تجهیزات آواربرداری منطقه/شهر

فصل ۳: سازماندهی و فرماندهی عملیات آواربرداری (حین بحران)

- ۳-۱. ساختار سیستم فرماندهی حادثه (ICS) در حوزه آواربرداری
- ۳-۲. اولویت‌بندی عملیات آواربرداری (شریان‌های حیاتی، مراکز درمانی، شریان‌ات ترافیکی، معابر اصلی)
- ۳-۳. تفکیک مراحل عملیات:

○ فاز ۱: آواربرداری حیاتی و نجات (USAR - جستجو و نجات شهری)

○ فاز ۲: آواربرداری جهت بازگشایی معابر و شریان‌ها

○ فاز ۳: آواربرداری سنگین و پاک‌سازی عمومی

- ۳-۴. هماهنگی میان‌بخشی (شهرداری، هلال‌احمر، اورژانس، آتش‌نشانی، نیروهای انتظامی و نظامی)

فصل ۴: ماشین‌آلات، تجهیزات و فناوری‌های نوین آواربرداری

- ۴-۱. معرفی و کاربرد ماشین‌آلات سنگین و نیمه‌سنگین (لودر، بیل مکانیکی، جرثقیل، مینی‌لودر، قیچی هیدرولیک و...)

- ۴-۲. به‌کارگیری فناوری‌های نو ظهور در پهپادها، سنسورهای زنده یاب، مدل‌سازی BIM و GIS در مدیریت آوار

- ۴-۳. مدیریت سوخت، نگهداری و پشتیبانی فنی ماشین‌آلات در شرایط بحرانی

فصل ۵: ایمنی، بهداشت و حفاظت محیط‌زیست (HSE) در عملیات

- ۵-۱. ارزیابی ریسک و ایمنی سایت عملیات (مخاطرات ثانویه: نشت گاز، ریزش مجدد، برق‌گرفتگی)

- ۵-۲. تجهیزات حفاظت فردی (PPE) برای نیروهای عملیاتی شهرداری

- ۵-۳. مدیریت بهداشت محیط و مقابله با آلودگی‌های شیمیایی، بیولوژیکی و گردوغبار

- ۵-۴. سلامت روان و مدیریت استرس نیروهای خط مقدم آواربرداری

فصل ۶: مدیریت پسماند، بازیافت و دفع نهایی آوار (پساجران)

- ۶-۱. تفکیک آوار در مبدأ و مقصد (جداسازی مصالح بارزش، فلزات، پسماندهای خطرناک)

- ۶-۲. تکنولوژی‌های بازیافت آوار ساختمانی و تولید مصالح ثانویه برای بازسازی

- ۶-۳. استانداردها و ضوابط زیست‌محیطی دفع نهایی پسماندهای آوار

- ۶-۴. بازگرداندن سایت به شرایط ایمن و پایدار

فصل ۷: ابعاد حقوقی، مالی، سندیت و مستندسازی

- ۷-۱. حفظ اموال شهروندان و پروتکل های برخورد با اشیاء قیمتی، اسناد و مدارک کشف شده
- ۷-۲. مستندسازی عملیات و گواهی های آواربرداری برای رسیدگی به خسارات و بیمه
- ۷-۳. مسئولیت های حقوقی و مدنی شهرداری و پیمانکاران در حین عملیات
- ۷-۴. مدیریت هزینه ها و اعتبارات اضطراری آواربرداری

فصل ۸: ارتباطات، رسانه و مدیریت افکار عمومی

- ۸-۱. اطلاع رسانی به شهروندان و هم راستاسازی همکاری های مردمی
- ۸-۲. مدیریت شایعات و رسانه ها در محل عملیات
- ۸-۳. پروتکل های ارتباطات رادیویی و مخابرات اضطراری در شرایط قطعی شبکه ها

فصل ۹: مطالعات موردی و درس آموخته ها (Case Studies)

- ۹-۱. بررسی تجارب آواربرداری در زلزله های ایران (بم، سرپل ذهاب و ...)
- ۹-۲. تحلیل حادثه ساختمان پلاسکو و درس آموخته های اجرایی آن برای شهرداری
- ۹-۳. مروری بر تجارب بین المللی موفق در مدیریت آوار بلایای بزرگ

مقدمه و ضرورت موضوع

مدیریت آوار در شرایط بحران، یکی از پیچیده‌ترین و کلیدی‌ترین ارکان چرخه مدیریت بحران در کلان‌شهرها، به‌ویژه کلان‌شهر تهران است. بر اساس مطالعات زمین‌شناختی و سناریوهای ریسک، فعال شدن گسل‌های اصلی تهران (مانند گسل شمال تهران یا گسل مشاء) می‌تواند منجر به تولید ده‌ها میلیون تن آوار ساختمانی و صنعتی شود. در چنین مقیاسی، مدیریت ناصحیح آوار نه تنها عملیات جستجو و نجات را مختل می‌کند و شریان‌های حیاتی شهر را به انسداد می‌کشانند، بلکه تبعات سنگین زیست‌محیطی، بهداشتی، امنیتی و اقتصادی به همراه خواهد داشت.

این جزوه آموزشی بر اساس مبانی نظری سازمان مدیریت بحران سازمان ملل متحد (UNDP)، دستورالعمل‌های آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (US EPA)، چارچوب سند سندای برای کاهش خطر پذیری مسئولانه، و همچنین قوانین و سندهای بالادستی کشور از جمله قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸) و طرح جامع مدیریت بحران شهر تهران تهیه شده است تا الگویی ساختاریافته و کاربردی در اختیار مدیران، مهندسان و کارشناسان ارشد شهرداری تهران قرار دهد.

بخش اول: مفاهیم کلیدی بحران و سانحه در محیط‌های شهری

در ادبیات تخصصی مدیریت مخاطرات، تبیین دقیق تفاوت میان مفاهیم «سانحه» (Disaster) و «بحران» (Crisis) از اهمیت بالایی برخوردار است. سانحه به رویدادی اختلال‌زا اطلاق می‌شود که فراتر از توانمندی و ظرفیت پاسخگویی جامعه محلی آسیب‌دیده بوده و سیستم اجرایی منطقه‌ای را دچار فروپاشی یا اختلال شدید می‌سازد. در مقابل، بحران وضعیتی بی‌استقرار و بی‌ثبات است که طی آن پیش‌فرض‌ها، فرآیندها و ساختارهای سازمانی مرسوم کارایی خود را از دست داده و تصمیم‌گیری تحت فشار شدید زمانی و عدم قطعیت اطلاعاتی صورت می‌پذیرد.

از منظر مهندسی و مدیریت شهری، کلان‌شهر تهران به دلیل تراکم بالای جمعیت، وجود بافت‌های فرسوده و ناپایدار (بیش از ۴ هزار هکتار بافت فرسوده مصوب)، شریان‌های ترافیکی متراکم و ساختار متداخل تأسیسات شهری، در برابر سوانحی نظیر زلزله، انفجارات گسترده یا فرونشست‌های عمیق کاملاً آسیب‌پذیر است. سانحه زمانی رخ می‌دهد که مخاطره طبیعی یا انسان‌ساخت با این آسیب‌پذیری‌های زیرساختی تلاقی پیدا کند. در این حالت، «سانحه شهری» فوراً

به یک «بحران مدیریتی» تبدیل می‌شود؛ چراکه تقاضا برای خدمات ایمنی و بازگشایی معابر، به طور جهشی از توان عملیاتی موجود در ساعت‌های اولیه پیشی می‌گیرد.

بخش دوم: ماهیت، تعاریف تخصصی و طبقه‌بندی آوار شهری

آوار (Debris/Rubble) در ادبیات مدیریت بحران به مجموعه درهم‌پیچیده و تفکیک‌نشده‌ای از مصالح ساختمانی، خاکی، تأسیساتی، فلزی و پسماندهای ناخواسته‌ای گفته می‌شود که در اثر تخریب جزئی یا کلی سازه‌ها و زیرساخت‌ها در جریان یک سانحه ایجاد می‌گردد. آوار شهری برخلاف نخاله‌های ساختمانی در شرایط عادی، ماهیتی چندگانه، ناهمگن و غالباً مخاطره‌آمیز دارد.

تحت سناریوهای بحران در شهرداری تهران، آوار به چند طبقه اصلی تقسیم می‌شود:

- **آوار سازه‌ای و ساختمانی:** شامل بتن، آجر، ملات، تیرآهن، سنگ و میلگرد که بیشترین حجم و وزن آوار را تشکیل می‌دهد.

- **آوار خطرناک و شیمیایی:** شامل مواد شیمیایی خانگی یا صنعتی، خطوط لوله‌کشی آسیب‌دیده، آسبست (پنبه نسوز) موجود در ساختمان‌های قدیمی، و پسماند سوخت‌ها.

- **آوار بیولوژیک و عفونی:** ناشی از تخریب مراکز درمانی، داروخانه‌ها، بیمارستان‌ها یا فاسد شدن مواد غذایی و اجساد مطرود.

- **آوار شریان‌های حیاتی:** شامل قطعات تخریب‌شده تیرهای برق، لوله‌های آب و فاضلاب، دکل‌ها و ترانسفورماتورها.

پیچیدگی عملیاتی آوار در شهر تهران در این نکته نهفته است که به دلیل ارتفاع بالای ساختمان‌ها در مناطق متراکم، شعاع پخش آوار (Debris Scatter Radius) معمولاً عرض کامل معابر مجاور را مسدود می‌کند. این پدیده پدیده‌ای تحت عنوان «انسداد گره‌های ترافیکی» ایجاد می‌کند که مانع دسترسی نیروهای امدادی به کانون‌های آسیب می‌شود.

بخش سوم: چارچوب جامع مدیریت بحران شهری در حوزه آواربرداری

مدیریت بحران شهری در بخش آواربرداری، فرآیندی جامع و چرخه‌ای است که سه فاز اصلی پیش از بحران (آمادگی)، حین بحران (پاسخ و عملیات) و پس از بحران (بازیابی و بازسازی) را در بر می‌گیرد.

۱. فاز آمادگی و پیش‌بحران (Pre-Disaster Planning)

در این فاز، مدیریت شهری باید مبنای اقدام خود را بر «برنامه‌ریزی جامع مدیریت آوار» (Debris Management Plan - DMP) قرار دهد. شهرداری تهران موظف است بر اساس مدل‌های شبیه‌سازی زلزله، میزان آوار تولیدی هر منطقه را بر حسب متر مکعب یا تن برآورد نماید.

اقدامات کلیدی این فاز شامل موارد زیر است:

- جانمایی و تملک زمین‌های مناسب برای «محل‌های دپوی موقت آوار» (Temporary Debris Staging and Reduction Sites - TDSRS) با رعایت فواصل زیست‌محیطی، فاصله از گسل‌ها و دسترسی به رینگ‌های بزرگراهی.
- تنظیم قراردادهای پیش‌خرید خدمات (Pre-Event Contracts) با بخش خصوصی و پیمانکاران جهت به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین (بیل مکانیکی، لودر، قیچی هیدرولیک، مینی‌لودر).
- تدوین بانک اطلاعاتی جامع از تجهیزات متحرک و ثابت موجود در کلیه مناطق ۲۲ گانه و سازمان‌های وابسته (مانند سازمان پسماند و سازمان مهندسی و عمران).

۲. فاز پاسخ و عملیات حین بحران (Crisis Response Operations)

عملیات آواربرداری در حین بحران بر اساس ساختار فرماندهی حادثه (ICS) سازماندهی می‌شود و طی سه مرحله زمانی اجرا می‌گردد:

- **مرحله اول - آواربرداری حیاتی و نجات (USAR):** این مرحله که در ۷۲ ساعت اول (ساعات طلایی) تمرکز دارد، صرفاً بر روی جستجو و نجات افراد زنده زیر آوار تمرکز دارد. در این فاز، هرگونه آواربرداری

کور و مکانیکی با ماشین آلات سنگین ممنوع بوده و عملیات باید با ابزارهای سبک، سنسورهای زنده یاب، سگ‌های آنست و تثبیت متناسب سازه انجام پذیرد.

- **مرحله دوم - پاک‌سازی معابر کلیدی و شریان‌ها:** در این مرحله هدف اصلی، بازگشایی شریان‌های اصلی ترافیکی برای دسترسی خودروهای امدادی، اورژانس، آتش‌نشانی و سوخت‌رسانی است. آوار موجود در خیابان‌های اصلی صرفاً به حاشیه معبر یا نقاط تخلیه موقت منتقل می‌شود تا خطوط حرکت باز شوند.
- **مرحله سوم - آواربرداری سنگین و پاک‌سازی کامل:** پس از اتمام فاز نجات و تثبیت معابر اصلی، پاک‌سازی کامل پلاک‌های تخریب‌شده، معابر فرعی و حمل آوار به محل‌های دپوی موقت یا نهایی انجام می‌گیرد.

۳. فاز بازیابی و بازیافت پس از بحران (Recycling & Post-Disaster Recovery)

مدیریت نوین آوار، آوار شهری را نه به عنوان یک «زباله دست‌وپاگیر»، بلکه به عنوان یک «منبع باارزش ارزی و مصالح بازیافتی» تلقی می‌کند. در این فاز، آوار منتقل‌شده به مراکز TDSRS پردازش می‌شود. با استفاده از سنگ‌شکن‌های سیار (Crushers)، بتن و آجر موجود در آوار خرد شده و به دانه‌بندی‌های استاندارد برای زیرسازی راه‌ها، تولید بتن‌های غیرسازه‌ای و پرکردن گودال‌ها تبدیل می‌شود. قطعات فلزی و میلگردها نیز جدا شده و به چرخه بازیافت فولاد بازمی‌گردند. این رویکرد ضمن کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و دفن، از فشار بر محیط‌زیست و منابع طبیعی می‌کاهد.

بخش چهارم: تکالیف قانونی و ساختار سازمانی شهرداری تهران

بر اساس ماده ۱۴ قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸) و بند ۱۴ ماده ۵۵ قانون شهرداری‌ها، شهرداری تهران مسئولیت مستقیم مدیریت پسماند، پاک‌سازی معابر و همکاری در عملیات امداد و نجات شهری را بر عهده دارد.

در ساختار مدیریت بحران کلان‌شهر تهران:

- **سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (TDMMO):** نقش هماهنگ‌کننده، فرماندهی عالی عالی در سطح ستاد و مسئول تدوین سناریوها را ایفا می‌کند.

- **سازمان مدیریت پسماند:** مسئولیت اجرایی جانمایی سایت‌های دپو، برنامه‌ریزی حمل و نقل، بازیافت و دفع نهایی آوار را بر عهده دارد.
- **معاونت خدمات شهری و محیط زیست (مناطق ۲۲ گانه):** مسئولیت عملیاتی پاک‌سازی معابر، به کارگیری ماشین‌آلات منطقه‌ای و پشتیبانی لجستیک در فاز پاسخ را بر عهده دارد.
- **سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی:** مسئول تخصصی عملیات جستجو، نجات و ارزیابی ایمنی سایت‌های آواربرداری است.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۹۹). طرح جامع مدیریت بحران کلان‌شهر تهران. منشور مصوب ستاد مدیریت بحران شهر تهران.
۲. قانون مدیریت بحران کشور (۱۳۹۸). مصوب مجلس شورای اسلامی، ابلاغی به تمامی دستگاه‌های اجرایی و شهرداری‌های سراسر کشور.
۳. *United Nations Development Programme (UNDP). (۲۰۱۶). Debris Management Guidelines: Disaster Waste Management in Recovery Contexts. UNDP Disaster Risk Reduction Series.*
۴. *United States Environmental Protection Agency (US EPA). (۲۰۱۹). Planning for Disaster Debris: Guidance for State, Local, and Tribal Governments. EPA-۵۳۰-R-۱۹-۰۰۵.*
۵. *Federal Emergency Management Agency (FEMA). (۲۰۲۱). Public Assistance: Debris Management Guide (FEMA PAPPG V۴). U.S. Department of Homeland Security.*
۶. *Jafar, S & ,Asgary, A. (۲۰۱۸). Post-Disaster Building Debris Estimation and Management in Mega-Cities: A Case Study of Tehran Earthquake Scenario. International Journal of Disaster Risk Reduction, ۲۸, ۴۵۲-۴۶۴.*
۷. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور (۱۳۹۵). دستورالعمل جامع مدیریت پسماندهای حاصل از بلایای طبیعی در شهرداری‌ها. منشور فنی سازمان شهرداری‌ها.

مقدمه و ضرورت تحلیل منشأ آوار در کلان‌شهر تهران

تولید آوار در سوانح شهری متأثر از نیروها، مکانیسم‌های تخریب و خصوصیات فیزیکی مخاطرات گوناگون است. در ادبیات مهندسی بحران و مدیریت پسماندهای ناشی از سوانح، تبیین دقیق منشأ آوار اهمیت حیاتی دارد، زیرا نحوه توزیع، ترکیب حجمی، سطح مخاطره‌آمیزی و تجهیزات مورد نیاز برای عملیات پاک‌سازی و امداد، مستقیماً تابع عامل ایجادکننده آن است. کلان‌شهر تهران به عنوان یک ابرشهر متراکم، هم‌زمان در معرض طیف گسترده‌ای از مخاطرات طبیعی و مخاطرات انسان‌ساخت قرار دارد. تحلیل افتراقی رفتاری سازه‌ها در مواجهه با مخاطراتی نظیر زلزله، انفجار، سیل و فرونشست زمین، امکان پیش‌بینی رفتار آوار، تخصیص بهینه ماشین‌آلات سنگین، ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی و تدوین پروتکل‌های ایمنی عملیات را برای مهندسان، کارشناسان و مدیران شهرداری تهران فراهم می‌سازد.

بخش اول: بلایای طبیعی مولد آوار و دینامیک تخریب آن‌ها

زمین‌لرزه مخرب‌ترین مخاطره طبیعی برای سازه‌های کلان‌شهر تهران محسوب می‌شود. حرکت متناوب زمین ناشی از فعال شدن گسل‌های اصلی شهر، نیروهای اینرسی افقی و عمودی شدیدی به عناصر باربر سازه‌ها وارد می‌سازد. این نیروها موجب گسیختگی اتصال تیر به ستون، فروریزش طبقات به صورت ساندویچی، تخریب الگوهای دیوارهای برشی و در نهایت فروپاشی کلی یا جزئی بناها می‌گردند. آوار ناشی از زلزله پدیده‌ای بسیار متراکم، پیچیده و چندلایه است که ترکیبی ناهمگن از بتن مسلح، میلگردهای کج‌شده، قطعات آجری، تأسیسات فولادی و عناصر مکانیکی را در بر می‌گیرد. در الگوی تخریب زلزله، آوار علاوه بر مسدود کردن کامل پلاک‌های ساختمانی، به سبب پدیده پاشش آوار، معابر مجاور را تا شعاعی متناسب با ارتفاع ساختمان مسدود می‌سازد. مهم‌ترین چالش عملیاتی در آوار زلزله، وجود فضاهای خالی درون‌سازه‌ای یا حفره‌های بقا است که لزوم خودداری از به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین برشی و حفاری در فاز اولیه جستجو و نجات را دیکته می‌کند.

سیل و طغیان رودخانه‌های هفت‌گانه تهران مخاطره طبیعی دیگری است که مکانیسم آواربرداری آن با زلزله تفاوت بنیادی دارد. تخریب ناشی از سیل در اثر نیروهای هیدرودینامیکی جریان، فرسایش پایه‌ها و آب‌شستگی پی سازه‌ها رخ می‌دهد. آوار حاصل از سیل مجموعه‌ای از رسوبات دانه‌درشت و دانه‌ریز، لجن‌های متراکم، مصالح ساختمانی تخریب‌شده، تنه درختان، خودروهای غرق‌شده و پسماندهای شهری است که همراه با آب منتقل می‌شوند. مشخصه

بارز آوار سیل، رطوبت بسیار بالا، چسبندگی فوق‌العاده و قابلیت بالایی آن در ایجاد محیط‌های عفونی است. این نوع آوار پس از خشک شدن، به توده‌های بسیار سخت و سیمان‌شده تبدیل می‌شود که پاک‌سازی معابر شهری و خطوط کانال‌های هدایت آب‌های سطحی را بسیار دشوار می‌سازد و نیازمند تجهیزات مکش، لجن‌کش‌های صنعتی و بیل‌های مکانیکی زنجیری است.

فرونشست زمین که ناشی از برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی و لایه‌های رسوبی دشت تهران-شهریار است، به عنوان یک مخاطره طبیعی-انسان‌ساخت خاموش شناخته می‌شود. فرونشست برخلاف زلزله، رفتاری دینامیک و لحظه‌ای ندارد، بلکه با ایجاد نشست‌های ناهمسان در پی سازه‌ها و زیرساخت‌های شهری، موجب ترک‌خوردگی‌های ساختاری، تغییر شکل‌های ماندگار و از دست رفتن پایداری بناها می‌شود. آوار ناشی از فرونشست غالباً به صورت ریزش‌های موضعی، تخریب دیوارها، گسیختگی شریان‌های زیرزمینی نظیر لوله‌های گاز و فاضلاب و ایجاد گودال‌های عمیق ناگهانی در سطح معابر بروز می‌کند. چالش اصلی مدیریت آوار در فرونشست، ناپایداری مداوم زمین پیرامون محل حادثه است که خطر ریزش‌های ثانویه در حین عملیات خاک‌برداری و ایستایی ماشین‌آلات سنگین شهرداری را به شدت افزایش می‌دهد.

بخش دوم: مخاطرات انسان‌ساخت مولد آوار و ویژگی‌های عملیاتی آن‌ها

انفجارات شهری، اعم از حوادث صنعتی، نشت و انفجار خطوط شبکه گاز شهری، یا اقدامات تروریستی و مناقشات نظامی، از مهم‌ترین مخاطرات انسان‌ساخت مولد آوار هستند. مکانیسم تخریب در انفجار ناشی از برخورد موج انفجار و اختلاف فشار شدید لحظه‌ای است که موجب گسیختگی اعضای سازه‌ای، پرتاب قطعات به فواصل دور و خردشدگی شدید مصالح می‌شود. آوار ناشی از انفجار برخلاف زلزله، الگوی فروریزش منظم ندارد؛ قطعات سنگین بتنی و فلزی ممکن است به شعاع صدها متر پرتاب شوند و آوار ریزدانه‌ای شبیه به پودر و خاکستر تولید کنند. این آوار بسیار ترد، خردشده و توأم با خطرات جانبی نظیر آتش‌سوزی‌های فعال، نشت مواد شیمیایی سمی و وجود مواد منفجره عمل‌نکرده یا کپسول‌های تحت فشار است. عملیات آواربرداری در این شرایط نیازمند تثبیت اولیه محل، پایش مداوم گازهای مشتعل‌شونده و ارزیابی ریسک انفجارهای ثانویه است. حوادث صنعتی و آتش‌سوزی‌های گسترده در بافت‌های تجاری و کارگاهی (مانند حادثه ساختمان پلاسکو) شکل دیگری از مخاطرات انسان‌ساخت را نمایش می‌دهند. در آتش‌سوزی‌های بزرگ، آوار حاصل از تسلیم و افت مقاومت فولاد و بتن در برابر حرارت بالا ایجاد

می‌شود. آوار ناشی از آتش‌سوزی سنگین، ترکیبی از اسکلت‌های فلزی پیچ‌خورده، توده‌های داغ و سوزان مصالح داخلی، خاکستر متراکم و مواد مذاب پلاستیکی یا شیشه‌ای است. لایه‌های زیرین این نوع آوار تا روزها کانون حرارت‌های شدید باقی می‌مانند و در صورت نفوذ اکسیژن در حین آواربرداری، شعله‌ور می‌شوند. فرآیند آواربرداری در چنین حوادثی نیازمند عملیات هم‌زمان خنک‌سازی با آب، برش‌کاری دقیق مقاطع سنگین فولادی با قیچی‌های هیدرولیکی و لانس‌های برشی، و جابه‌جایی مرحله‌ای توده‌های داغ است.

بخش سوم: تحلیل مقایسه‌ای و الزامات مدیریتی در شهرداری تهران

شناخت تفاوت‌های ساختاری آوار در بلایای طبیعی و انسان‌ساخت، استراتژی عملیاتی شهرداری تهران را در تخصیص منابع تعیین می‌کند. در زلزله، حجم آوار فوق‌العاده بالا، گسترده در سطح مناطق ۲۲ گانه و غلبه با مصالح بتنی و بنایی است که اولویت را به بازگشایی معابر شریانی و ایجاد مراکز دپوی موقت منطقه‌ای می‌دهد. در سیل، حجم زیاد لجن و رسوبات، تجهیزات ویژه روباهی و پمپ‌های صنعتی را می‌طلبد و پایش‌های بهداشتی را در اولویت اول قرار می‌دهد. در انفجار و آتش‌سوزی‌های بزرگ، حجم آوار محدودتر اما بسیار متمرکز، پرخطر و واجد پیچیدگی‌های سازه‌ای و ایمنی بالا است که نیازمند ماشین‌آلات فوق‌سنگین برش و حمل، همراه با تیم‌های تخصصی بررسی علت حادثه و HSE است.

مدیریت شهری تهران باید در طرح‌های آمادگی خود، الگوی تفکیک ماشین‌آلات را بر اساس منشأ تولید آوار پایه‌ریزی کند. عدم توجه به منشأ آوار می‌تواند به اشتباهات جبران‌ناپذیری منجر شود؛ به عنوان مثال، به کارگیری تجهیزات سنگین زلزله در آوار حاصل از سیل کاملاً بی‌نتیجه است و یا استفاده از ابزارهای جرقه‌زا در آوار ناشی از انفجار گاز، خطر انفجار مجدد را به همراه دارد. از این رو، ارزیابی سریع منشأ حادثه توسط مهندسان پایه یک و کارشناسان مدیریت بحران شهرداری در نخستین دقایق وقوع سانحه، پیش‌شرط الزامی تعیین نوع استراتژی آواربرداری و انتخاب ابزارهای مناسب عملیاتی خواهد بود.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۹۸). راهنمای ارزیابی سریع و طبقه‌بندی آوار در سوانح شهری تهران. انتشارات شهرداری تهران.

۲. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۹۷). تحلیل رفتار سازه‌ها و مدیریت نخاله‌های حاصل از زلزله

و انفجار در کلان‌شهرها. گزارش پژوهشی شماره ۸۴۲.

۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(۲۰۱۹). Debris Estimating Field Guide (FEMA ۳۲۹) .Washington, D.C.: U.S. Department of Homeland Security.

۴. **United Nations Environment Programme (UNEP)** .(۲۰۲۰). Disaster Waste Management Guidelines: Special Focus on Natural and Technological Hazards . UNEP/OCHA Environment Unit, Geneva.

۵. **World Health Organization (WHO)** .(۲۰۱۸). Environmental Health in Emergencies: Management of Solid Waste and Debris After Disasters .WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee.

۶. **Asgary, A & ,Nabaei, A** .(۲۰۲۱). Comparative Analysis of Debris Characteristics in Natural vs. Technological Disasters: Implications for Municipal Response in High-Density Urban Contexts .Journal of Environmental Management and Disaster Mitigation, ۴۵(۲), ۱۱۲-۱۲۹

مقدمه و اهمیت تبیین ماهیت آوار در کلان‌شهر تهران

پیچیدگی عملیات آواربرداری در مدیریت بحران شهری، وابسته به شناخت دقیق ماهیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اجزای تشکیل‌دهنده آوار است. در کلان‌شهر تهران، به دلیل تنوع کاربری‌های شهری، وجود صنایع متراکم در حومه و بافت‌های تجاری-بیمارستانی متداخل با مناطق مسکونی، آوار حاصل از سوانح به هیچ عنوان یک توده یکنواخت از خاک و سنگ نیست. آوار شهری ترکیبی ناهمگن، متغیر و غالباً پرخطر از مواد مختلف است که بر اساس منشأ، ساختار و درجه آلاینده‌گی به دسته‌های گوناگونی تقسیم می‌شود. عدم تفکیک تخصصی این ماهیت‌ها در گام‌های اولیه عملیات، می‌تواند به حوادث ناگوار جانی، مسمومیت‌های گسترده پرسنل شهرداری، آلودگی‌های زیست‌محیطی تجدیدنپذیر و سردرگمی در تجهیز ماشین‌آلات منجر گردد. از این رو، ارزیابی ماهوی آوار پیش‌شرط هرگونه تصمیم‌گیری مهندسی و مدیریتی در حوزه آواربرداری محسوب می‌شود.

بخش اول: آوار ساختمانی و ملات‌دار (آوار بنایی و بتنی)

آوار ساختمانی بخش اعظم حجم و وزن پسماندهای حاصل از سوانح را در شهر تهران تشکیل می‌دهد. این نوع آوار حاصل از فروریزش اعضای غیرسازه‌ای و سازه‌ای نظیر دیوارهای آجری، سقف‌های تیرچه بلوک، ملات‌های ماسه سیمان، گچ، کاشی، سرامیک و توده‌های بتن غیرمسلح یا کم‌مسلح است. خصوصیت اصلی آوار ساختمانی، متراکم بودن، حجم فوق‌العاده بالا و تولید حجم عظیمی از گرد و غبار حاوی ذرات معلق سیلیس و آهک است. در بافت‌های فرسوده و کم‌عرض مناطق مرکزی و جنوبی تهران، این نوع آوار به سرعت معابر را مسدود کرده و دسترسی را غیرممکن می‌سازد.

از منظر مهندسی، آوار ساختمانی دارای پتانسیل بالای بازیافت است. در صورتی که این آوار به مواد شیمیایی یا بیولوژیک آلوده نشود، می‌تواند پس از انتقال به سایت‌های پردازش موقت، توسط دستگاه‌های سنگ‌شکن سیار خرد شده و برای تولید مصالح دانه‌بندی شده، زیرسازی راه‌ها، و پر کردن گودال‌ها مورد استفاده قرار گیرد. مهم‌ترین ریسک عملیاتی در مواجهه با آوار ساختمانی، خطر خفگی ناشی از استنشاق گرد و غبار مداوم و ریزش‌های ثانویه توده‌های ناپایدار ملات در حین خاک‌برداری است که نیازمند آب‌پاشی مداوم و استفاده نیروها از ماسک‌های فیلتردار ۳P است.

بخش دوم: آوار فلزی و اسکلت‌های سنگین سازه‌ای

آوار فلزی عمدتاً شامل تیرآهن‌های ساختمانی، میلگردهای کج شده و درهم‌پیشیده بتن مسلح، پروژکتورها، ورق‌های گالوانیزه، دکل‌ها، پروفیل‌های آلومینیومی و تأسیسات فولادی است. این نوع آوار بیشتر در مناطق دارای سازه‌های بلندمرتبه، برج‌های اداری-تجاری و سوله صنعتی به چشم می‌خورد. آوار فلزی بر خلاف آوار ساختمانی که حالت خردشونده دارد، رفتاری کاملاً یکپارچه، درهم‌تنیده و انعطاف‌ناپذیر نشان می‌دهد.

چالش اصلی در آوار فلزی، ایجاد قفس‌های پیچیده و گره‌های سازه‌ای سنگین است که جابه‌جایی آن‌ها را با لودرهای معمولی کاملاً غیرممکن می‌سازد. برای پاک‌سازی این نوع آوار، به کارگیری تجهیزات تخصصی برش‌کاری نظیر قیچی‌های هیدرولیکی نصب‌شده روی بیل مکانیکی، لانس‌های برشی اکسی‌اکسیژن، و جرثقیل‌های سنگین برای لیفتینگ قطعات الزامی است. همچنین میلگردهای آزادشده در آوار فلزی خطرات بریده‌شدگی شدیدی برای لاستیک ماشین‌آلات شهرداری و پوشش‌های ایمنی نیروهای نجات ایجاد می‌کنند. از بعد اقتصادی، آوار فلزی باارزش‌ترین بخش آوار شهری است که پس از تفکیک، مستقیماً به کوره ذوب فولاد منتقل می‌شود.

بخش سوم: آوار خطرناک و مواد شیمیایی سمی

آوار خطرناک به بخشی از آوار اطلاق می‌شود که حاوی مواد شیمیایی، اشتعال‌زا، منفجرشونده، خورنده یا سمی است. در کلان‌شهر تهران، این آوار برخاسته از تخریب پمپ‌بنزین‌ها، انبارها و مغازه‌های فروش رنگ و مواد شیمیایی (مانند بازار ناصر خسرو و پله‌نوروزخان)، آزمایشگاه‌ها، و به‌ویژه آسبست (پنبه نسوز) موجود در سقف‌ها و عایق‌های ساختمان‌های قدیمی است.

ورود ماشین‌آلات سنگین به آوار خطرناک بدون پایش‌های اولیه، می‌تواند فاجعه‌آفرین باشد. به عنوان مثال، شکستن مخازن مواد شیمیایی زیر آوار یا جرقه‌زنی ناخن بیل مکانیکی در مجاورت گسیختگی خطوط گاز، موجب انفجارهای ثانویه و مسمومیت‌های حاد تنفسی می‌شود. ذرات آسبست آزادشده در آوار ساختمان‌های قدیمی در صورت عدم تثبیت با مواد شیمیایی مرطوب‌کننده، سرطان‌زایی بالایی در هوای شهر ایجاد می‌کنند. مدیریت شهرداری تهران در مواجهه با آوار خطرناک موظف است عملیات را متوقف کرده و پس از انجام عملیات HAZMAT (مواجهه با مواد خطرناک) توسط تیم‌های تخصصی آتش‌نشانی و تثبیت آلاینده‌ها، اقدام به جابه‌جایی ایزوله آوار نماید.

بخش چهارم: آوار عفونی و بیولوژیک

آوار عفونی زیست محیطی ترین و حساس ترین شکل آوار شهری است که در اثر تخریب بیمارستان ها، درمانگاه ها، آزمایشگاه های تشخیص طبی، مراکز دامپزشکی، داروخانه ها و همچنین فاسد شدن توده های مواد غذایی در انبارها و وجود اجساد انسانی یا حیوانات تلف شده در زیر آوار ایجاد می شود.

این نوع آوار بستر فوق العاده مساعدی برای رشد و تکثیر سریع باکتری های بیماری زا، ویروس ها و ناقلین موزی (مانند موش ها و حشرات) فراهم می سازد. در آب و هوای گرم، خطر شیوع بیماری های واگیردار مانند وبا، سالک و عفونت های رودی از محل این آوارها بسیار شدید است. آوار عفونی نیازمند پروتکل های سخت گیرانه گندزدایی هم زمان با عملیات آواربرداری است. نیروهای عملیاتی شهرداری تهران در مواجهه با این آوار باید مجهز به لباس های سرهمی ایزوله، دستکش های ضدبرش نفوذناپذیر و ماسک های تنفسی پیشرفته باشند. ضمناً آوار عفونی بیمارستانی نباید به هیچ وجه با آوار معمولی مخلوط شود و باید تحت نظارت سازمان مدیریت پسماند به سایت های دفن بهداشتی زباله های خطرناک منتقل گردد.

بخش پنجم: آوار صنعتی و ترکیبات خاص

آوار صنعتی در اثر تخریب شهرک های صنعتی اطراف تهران (مانند شهرک های صنعتی جاده مخصوص، سیمین دشت و علی آباد) و کارگاه های تولیدی درون شهری به وجود می آید. این آوار ماهیتی متغیر دارد و ترکیبی از ماشین آلات صنعتی اسقاط شده، بشکه های روغن و گریس، ضایعات پلاستیکی و لاستیکی، الیاف مصنوعی، و خمیرهای شیمیایی است.

مهم ترین مشخصه آوار صنعتی، سمیت ترکیبی و اشتعال پذیری کند و پنهان آن است. وجود مواد نفتی و پلاستیکی در زیر آوار صنعتی موجب پدید آمدن آتش سوزی های زیرسطحی و تولید دودهای بسیار سمی حاوی دیوکسین و فوران می شود. جابه جایی آوار صنعتی مستلزم استفاده از دستگاه های تهویه صنعتی، پایش مداوم اکسیژن و گازهای سمی در محیط عملیات و تفکیک سریع مواد قابل اشتعال از توده اصلی آوار است تا از سرایت آتش به بخش های دیگر جلوگیری شود.

بخش ششم: رویکرد یکپارچه مدیریتی و جمع‌بندی تخصصی

مدیریت هوشمند شهرداری تهران نیازمند اتخاذ استراتژی «ارزیابی ترکیبی ماهیت آوار» پیش از گسیل امکانات است. در بیشتر سوانح واقعی، آوار شهری مخلوطی متداخل از تمامی ۵ دسته فوق است؛ برای نمونه، فروریزش یک ساختمان تجاری-پزشکی ترکیبی از آوار ساختمانی، اسکلت فلزی، پسماند عفونی داروخانه‌ها و مواد خطرناک آزمایشگاهی را پیش روی مهندسان قرار می‌دهد.

تفکیک در مبدأ، اولویت‌بندی بر اساس درجه خطرناک بودن آوار، و انتخاب دقیق نوع ابزار (از قیچی هیدرولیک برای فلزات تا واترجت‌های ضد عفونی برای آوار عفونی) سه اصل طلایی در مدیریت ماهیت آوار محسوب می‌شوند. ارتقای سطح آگاهی مهندسان و مدیران مناطق شهرداری تهران نسبت به رفتار فیزیکی و شیمیایی انواع آوار، ضامن حفظ جان نیروهای عملیاتی، کاهش هزینه‌های بازسازی و حفاظت از سلامت زیست‌محیطی شهر در شرایط بحران خواهد بود.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۹۹). دستورالعمل تفکیک، ایمن‌سازی و مدیریت پسماندهای پرخطر ناشی از سوانح در شهر تهران. منشور شماره ۱۰۴ ستاد بحران.

۲. سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۹۷). ضوابط و روش‌های مدیریت بهداشتی و زیست‌محیطی پسماندهای اضطراری و آوار. دفتر مدیریت پسماند.

۳. **United States Environmental Protection Agency (US EPA)**. (۲۰۲۰). **Managing Disaster Waste: Planning for Hazardous, Asbestos, and Infectious Debris Streams**. EPA Office of Land and Emergency Management, Washington, D.C.

۴. **World Health Organization (WHO)**. (۲۰۱۹). **Safe Management of Wastes from Health-Care and Disaster Activities in Urban Emergencies**. WHO Guidelines, Geneva.

۵. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۱۸). **Hazardous Debris Response and Handling Field Operations Guide**. FEMA P-۱۰۲۸

.⁷**Brown, C & ,Milke, M .(۲۰۱۶) .Disaster Waste Management: A Systems Approach to Classification, Risks, and Recycling Operations .Waste Management &Research, ۳۴(۱۱), .۱۰۸۳-۱۰۹۷**

مقدمه و جایگاه حقوقی مدیریت شهری در چرخه بحران

عملیات آواربرداری در زمان وقوع سوانح شهری، صرفاً یک فرایند فنی و مهندسی نیست، بلکه اقدامی حاکمیتی، حقوقی و انضباطی است که اجرای صحیح آن نیازمند استناد به الزامات قانونی مشخص و تقسیم وظایف شفاف بین دستگاهی است. در جمهوری اسلامی ایران، چارچوب اقدامات دستگاه‌های اجرایی در زمان سوانح، بر پایه اسناد بالادستی و به‌ویژه «قانون مدیریت بحران کشور» (مصوب مرداد ۱۳۹۸) و «قانون شهرداری‌ها» (مصوب ۱۳۳۴ با اصلاحات بعدی) تنظیم شده است. شهرداری تهران به سبب مرکزیت سیاسی، تراکم جمعیتی و گستردگی ساختار کالبدی، دارای جایگاه ویژه‌ای در این ساختار حقوقی است. عدم آشنایی مهندسان، کارشناسان و مدیران مناطق با اختیارات، مسئولیت‌ها و تکالیف قانونی شهرداری در فرایند آواربرداری، می‌تواند در شرایط بحرانی به بروز تداخل وظایف، سردرگمی در هماهنگی‌های میدانی، آسیب به اموال شهروندان و در نهایت شکل‌گیری دعاوی کیفری و حقوقی علیه متولیان مدیریت شهری منجر گردد.

بخش اول: تکالیف شهرداری‌ها در قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)

قانون مدیریت بحران کشور مصوب ۱۳۹۸، به عنوان جامع‌ترین سند تقنینی حوزه بحران، رویکرد کشور را از واکنش‌گرایی صرف به سمت مدیریت یکپارچه، پیش‌گیرانه و تاب‌آورانه تغییر داد. بر اساس ماده ۲ و ماده ۱۴ این قانون، شهرداری‌ها به عنوان ارکان اصلی پاسخ و بازیابی در محدوده و حریم شهرها شناخته شده‌اند. بند (ض) ماده ۱۴ این قانون صراحتاً وظیفه پاک‌سازی محیط، بازگشایی معابر عمومی، جمع‌آوری، تفکیک، حمل و دفع بهداشتی آوار و پسماندهای ناشی از سوانح را در زمره وظایف ذاتی و مستقیم شهرداری‌ها قرار داده است.

علاوه بر فاز پاسخ، قانون مدیریت بحران تکالیف سنگینی را در فاز آمادگی و کاهش خطر بر عهده شهرداری‌ها نهاده است. مطابق بندهای ماده ۱۴، شهرداری تهران موظف به شناسایی و پهنه‌بندی کانون‌های تولید آوار در سطح مناطق ۲۲گانه، تهیه شناسنامه فنی تجهیزات و ماشین‌آلات سنگین خود و بخش خصوصی، و همچنین تعیین و تجهیز زمین‌های مناسب برای دیوی اضطراری و موقت آوار با هماهنگی سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت جهاد کشاورزی پیش از وقوع هرگونه حادثه است. در این ساختار، شهرداری‌ها مکلف‌اند با تشکیل کارگروه‌های تخصصی، سالانه مانورهای عملیاتی آواربرداری و بازگشایی معابر شریانی را برگزار کرده و گزارش‌های فنی آمادگی تجهیزاتی را به سازمان مدیریت بحران کشور ارائه نمایند.

بخش دوم: انطباق قانون شهرداری‌ها و اختیارات تکمیلی در رفع خطر و آوار

پیش از تصویب قانون جدید مدیریت بحران، پایه کلاسیک اختیارات شهرداری در مواجهه با خطرات کالبدی، بند ۱۴ ماده ۵۵ قانون شهرداری‌ها بوده است. طبق این بند قانونی، اتخاذ تدابیر موثر و اقدام لازم برای حفظ شهر از خطر سیل، حریق و همچنین رفع خطر از بناها، دیوارهای شکسته و خطرناک واقع در معابر عمومی، کوچه‌ها و اماکن عمومی از وظایف شهرداری است. در هنگام سوانح گسترده، تجمیع اختیارات ماده ۵۵ قانون شهرداری با قانون مدیریت بحران کشور، به مدیران شهری این اختیار را می‌دهد که نسبت به تخریب سازه‌های ناپایدار معلق و خطرآفرین که مانع نجات جان انسان‌ها یا بازگشایی شریان‌های اصلی هستند، رأساً و بدون فوت وقت اقدام نمایند.

همچنین بر اساس تبصره‌های ماده ۱۰۰ و مباحث مقررات ملی ساختمان (به‌ویژه مبحث دوازدهم در خصوص ایمنی در عملیات اجرایی)، شهرداری تهران در عملیات آواربرداری دارای اختیارات ضابط‌گونه برای کنترل تردد در محدوده‌های پرخطر، تخلیه اماکن همجوار گودها و پلاک‌های ناپایدار و الزام مالکان به همکاری در ایمن‌سازی سازه‌ها است. این ظرفیت حقوقی به مهندسان شهرداری اجازه می‌دهد تا در ساعات اولیه پس از وقوع حادثه، با استناد به مصوبات ستاد مدیریت بحران منطقه، معابر مسدودشده را به فوریت از نخاله‌ها و آوار ساختمانی پاک نمایند.

بخش سوم: ساختار ویژه فرماندهی و هماهنگی سازمانی در شهر تهران

به موجب ماده ۱۱ قانون مدیریت بحران کشور و مصوبات هیئت وزیران، مدیریت بحران شهر تهران ساختاری ویژه و تفویض شده دارد؛ به طوری که شهردار تهران به عنوان فرمانده میدان حادثه در سطح شهر تهران (جانشین وزیر کشور در ستاد پیشگیری، هماهنگی و فرماندهی عملیات پاسخ به بحران تهران) ایفای نقش می‌کند. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (TDMMO) به عنوان بازوی تخصصی و اجرایی این ساختار، وظیفه ایجاد هماهنگی میان تمامی شرکت‌های خدمات‌رسان، سازمان مدیریت پسماند، سازمان آتش‌نشانی، نیروهای نظامی و هلال احمر را بر عهده دارد.

در این سامانه حقوقی و اجرایی، «کارگروه تخصصی تدفین و مدیریت آوار» تحت مسئولیت سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران و با همکاری شرکت ساماندهی صنایع و مشاغل، سازمان مهندسی و عمران و معاونت‌های خدمات شهری مناطق فعالیت می‌کند. وظیفه این کارگروه، تعیین اولویت‌های بازگشایی شبکه بزرگراهی، تفکیک زباله‌های

عفونی و عادی از آوار سازه‌ای، تعیین پهنه‌های انتقال آوار بر اساس ملاحظات ترافیکی و زیست‌محیطی، و به کارگیری ناوگان ترابری سنگین شهرداری و پیمانکاران است. تصمیمات ابلاغ‌شده از سوی فرمانده عملیات در ساختار سامانه فرماندهی حادثه (ICS) شهرداری برای تمامی عوامل اجرایی حاضر در منطقه عملیاتی لازم‌الاجرا و دارای ضمانت اجرای قانونی است.

بخش چهارم: مسئولیت‌های مدنی، صیانت از اموال شهروندان و الزامات مستندسازی

یکی از چالش‌های بزرگ حقوقی در عملیات آواربرداری، بحث مسئولیت مدنی ناشی از تخریب‌های جانبی و سرنوشت اموال، اسناد و دارایی‌های باارزش مدفون زیر آوار است. طبق اصول کلی حقوق عمومی و قانون مسئولیت مدنی، شهرداری در صورت اتخاذ تدابیر متعارف و اجرای دستورالعمل‌های فنی در شرایط اضطرار (اضطرار قهری ناشی از بحران)، از مسئولیت جبران خسارت‌های غیرقابل اجتناب ناشی از بازگشایی معابر معاف است؛ مشروط بر آنکه تخلف فاحش مهندسی یا اهمال آشکار صورت نگرفته باشد.

برای جلوگیری از هرگونه تبعات حقوقی و ادعاهای خسارت پس از بحران، قانون شهرداری‌ها و دستورالعمل‌های ستاد مدیریت بحران بر الزام «مستندسازی پیوسته عملیات آواربرداری» تأکید دارند. مدیران و کارشناسان نواحی و مناطق شهرداری تهران موظف‌اند پیش از تخریب نهایی بخش‌های معلق سازه‌ها یا بارگیری و انتقال توده‌های آوار، موقعیت مکانی دقیق، پلاک ثبتی، وضعیت بصری سازه (از طریق تصویربرداری هوایی، پهپادی یا میدانی) و شماره ناوگان حمل‌کننده را ثبت نمایند. همچنین تمامی اشیاء قیمتی، اسناد مالکیت و گاو صندوق‌های کشف‌شده در حین آواربرداری باید در حضور نماینده حراست شهرداری، نماینده انتظامی (فراجا) و قاضی کشیک صورت‌جلسه شده و به مراجع قضایی و امانت‌داری تحویل داده شوند.

منابع

۱. **مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۸).** قانون مدیریت بحران کشور. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران، شماره ۲۱۶۸۵.
۲. **مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۹).** بررسی تکالیف دستگاه‌های اجرایی و شهرداری‌ها در آیین‌نامه‌های اجرایی قانون مدیریت بحران کشور. دفتر مطالعات زیربنایی، گزارش شماره ۱۷۲۸۴.

۳. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۰). مجموعه قوانین، اسناد بالادستی و ضوابط اجرایی

مدیریت بحران در کلان‌شهر تهران. چاپ سوم، نشر شهر.

۴. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور (۱۳۹۷). شرح وظایف و اختیارات حقوقی شهرداری‌ها در

مراحل چهارگانه مدیریت بحران. انتشارات سازمان شهرداری‌ها، تهران.

۵. FEMA. (۲۰۲۰). Public Assistance Program and Policy Guide (PAPPG): Legal Framework and Roles of Local Governments in Debris Operations .FP ۱۰۴-۰۰۹-۲. Federal Emergency Management Agency.

۶. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (۲۰۱۹). Disaster Law and Urban Resilience: Local Government Responsibilities and Operational Mandates .UNDRR Policy Papers, Geneva.

مقدمه و اهمیت پیش‌بینی کالبدی در کلان‌شهر تهران

عملیات آواربرداری در سوانح بزرگ شهری بدون دستیابی به دیدگاه پیش‌دستانه و برآوردهای اولیه از حجم و توزیع مکانی آوار، محکوم به شکست است. کلان‌شهر تهران به عنوان زیست‌بومی پیچیده با بیش از هشت میلیون جمعیت ساکن، وجود بافت‌های شهری متنوع با قدمت‌ها و الگوی سازه‌ای متفاوت، و استقرار بر روی سامانه‌های گسل فعال، ظرفیت بالایی در تولید آوار در هنگام وقوع مخاطراتی چون زلزله دارد. پهنه‌بندی خطر و مدل‌سازی ریاضی حجم آوار، به عنوان ابزاری پایه برای مهندسان و مدیران شهرداری تهران عمل می‌کند تا پیش از وقوع سانحه، وسعت تخریب را تخمین زده، گلوگاه‌های انسداد ترافیکی را شناسایی و ناوگان ماشین‌آلات، سوخت و سایت‌های دپوی موقت را بر مبنای داده‌های واقعی متناسب‌سازی نمایند.

بخش اول: مبانی نظری و شاخص‌های موثر در پهنه‌بندی خطر آوار

پهنه‌بندی خطر آوار، فرایند هم‌پوشانی و تحلیل فضایی داده‌های لرزه‌ای، ژئوتکنیکی و ساختاری در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. برای کلان‌شهر تهران، این پهنه‌بندی بر پایه سه مولفه اصلی صورت می‌پذیرد: شدت مخاطره ورودی، میزان آسیب‌پذیری کالبدی سازه‌ها، و خصوصیات هندسی معابر و بافت شهری. شدت مخاطره ورودی تابع شتاب بیشینه زمین (PGA) است که بر اساس سناریوهای فعال‌شدن گسل‌های اصلی شهر نظیر گسل شمال تهران یا گسل مشاء محاسبه می‌شود.

از سوی دیگر، آسیب‌پذیری کالبدی سازه‌ها بر اساس شاخص‌هایی چون نوع اسکلت (بتنی، فولادی، بنایی و سنتی)، تعداد طبقات، قدمت ساخت، قدمت اجرای مقررات ملی ساختمان (به‌ویژه مبحث ششم و نهم و دهم)، کیفیت مصالح و وجود ناپایداری‌های سازه‌ای تعیین می‌گردد. بافت‌های فرسوده مصوب شهری که تراکم ساختمانی بالا، عرض معابر کمتر از شش متر و عدم رعایت آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله را دارا هستند، در بالاترین رده پهنه‌های خطر تولید آوار جای می‌گیرند. ارزیابی هم‌زمان این فاکتورها نشان می‌دهد که مناطق جنوبی و مرکزی تهران به دلیل گستردگی بافت‌های بنایی و متراکم، و مناطق شمالی به دلیل پتانسیل بالای لغزش زمین و وجود سازه‌های بلندمرتبه در حریم گسل، هر یک با سناریوهای متفاوت اما بحرانی تولید آوار مواجه هستند.

بخش دوم: متدولوژی ها و الگوهای ریاضی مدل سازی حجم آوار

برآورد ریاضی حجم آوار به روش های تجربی، آماری و تحلیل های هندسی صورت می گیرد. سازمان مدیریت بحران ایالات متحده (FEMA) و آژانس همکاری های بین المللی ژاپن (JICA) مدل های استاندارد را ارائه داده اند که برای شرایط کالبدی شهر تهران بومی سازی شده است. پایه ریاضی این مدل سازی ها بر تعیین ضریب تولید آوار بر حسب تن یا متر مکعب به ازای هر متر مربع زیربنای تخریب شده استوار است.

در مدل های محاسباتی، حجم آوار تولیدی تابع مستقیمی از سطح زیربنا، تعداد طبقات، ضریب تخریب سازه و فاکتور انبساط آوار است. ضریب تخریب، نسبتی از حجم سازه است که در اثر سانحه به آوار تبدیل می شود؛ برای مثال در تخریب کامل یک سازه بنایی غیرمقاوم، این ضریب نزدیک به یک است، در حالی که در یک سازه بتنی مدرن، این ضریب ممکن است به کسری از حجم کل تقلیل یابد. فاکتور انبساط یا ضریب تورم نیز نشان دهنده افزایش حجم مصالح پس از فروپاشی به دلیل ایجاد فضاهای خالی درون آوار است که معمولاً عددی بین یک و دو دهم تا یک و نیم در نظر گرفته می شود. مهندسان شهرداری تهران با استفاده از الگوریتم های GIS، داده های بلوک های آماری را با الگوی احتمالی تخریب ترکیب کرده و مجموع حجم آوار متراکم و غیرمتراکم را برای هر منطقه به تفکیک پهنه های مسکونی، تجاری و اداری استخراج می نمایند.

بخش سوم: شبیه سازی شعاع پخش و سناریوی انسداد معابر

حجم آوار تولیدی به تنهایی تعیین کننده انسداد شهری نیست، بلکه «شعاع پخش آوار» بر روی معابر مجاور، پارامتر حیاتی در سنجش بحران است. شعاع پخش آوار متناسب با ارتفاع ساختمان، زاویه فروریزش و نوع سازه محاسبه می شود. طبق مدل های تجربی، در سازه های با ملات ضعیف و بنایی، آوار به صورت مخروطی پخش می شود و عرضی معادل نصف تا دو سوم ارتفاع ساختمان را پوشش می دهد. در سازه های بلندمرتبه، احتمال سقوط دیوارهای پیرامونی و نماها به عرض های بسیار بیشتر وجود دارد.

شبیه سازی های انطباقی در مناطق متراکم تهران (مانند مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۷) نشان می دهد که به دلیل کم عرض بودن معابر (کوچه های ۴ تا ۸ متری) و ارتفاع ۳ تا ۵ طبقه ساختمان ها، فروپاشی حتی ۱۰ درصد از پلاک ها منجر به انسداد ۱۰۰ درصدی شبکه معابر فرعی و درجه دو می شود. این پدیده که به «گره خوردگی آوار» معروف است، مانع

حرکت هرگونه خودروی سنگین آواربرداری و امداد رسانی می‌شود. بنابراین، مدل‌سازی حجم آوار باید خروجی خود را به فرمت «مزان تراکم آوار در هر متر طول معبر» تبدیل کند تا اولویت‌های خط‌مشی‌گذاری شهرداری برای بازگشایی شریان‌های اصلی و راه‌های اضطراری نجات مشخص گردد.

بخش چهارم: کاربرد مدل‌سازی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شهرداری تهران

نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر و مدل‌سازی حجم آوار، مبنای اتخاذ استراتژی‌های اجرایی در شهرداری تهران قرار می‌گیرد. با دستیابی به داده‌های حجمی برآورد شده (برای نمونه، پیش‌بینی تولید میلیون‌ها متر مکعب آوار در یک زلزله با بزرگای بالای هفت)، مدیریت شهری قادر خواهد بود ناوگان مورد نیاز اعم از تعداد بیل‌های مکانیکی، لودرها، کامیون‌های کمپرسی و قیچی‌های هیدرولیک را محاسبه کند.

علاوه بر این، این مدل‌سازی‌ها تعیین‌کننده ظرفیت و تعداد «محل‌های دپوی موقت آوار» در سطح مناطق هستند. مدیران شهری می‌توانند بر اساس حجم آوار پیش‌بینی شده در هر منطقه، فضاها، باز شهری، پادگان‌ها، و زمین‌های بایر شناسایی شده را پیش‌تجهیز نموده و مسیرهای بهینه ترابری سنگین را برای جلوگیری از قفل شدن ترافیک در ساعات پس از حادثه طراحی کنند. بدین ترتیب، مدل‌سازی حجم آوار از یک ابزار محاسباتی محض به یک نقشه راه عملیاتی برای فرماندهان میدان در شهرداری تهران تبدیل می‌شود که ریسک تصمیم‌گیری‌های شتاب‌زده و نادرست را در شرایط بحران به حداقل می‌رساند.

منابع

۱. آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (JICA) و شهرداری تهران (۱۳۸۰). مطالعه کاهش خطرات زلزله در کلان‌شهر تهران. گزارش نهایی، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
۲. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۹۶). مدل‌سازی حجم آوار و تخریب ساختمانی ناشی از زلزله در مناطق ۲۲ گانه تهران. پروژه پژوهشی کد -TH-DRR-۹۶۰۴.

Hazus Disaster (۲۰۲۰). Federal Emergency Management Agency (FEMA).
U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C. Debris Model Technical Manual (Hazus ۴/۲).

۴. **Asgary, A., Levy, J. K & ,Nabaei, A .(۲۰۱۹) .Geospatial Modeling of Post-Disaster Building Debris Generation for Emergency Logistics: Case Study of Urban Earthquake Scenarios .ISPRS International Journal of Geo-Information, ۸(۹), ۳۹۲**

۵. **Tasaki, T & ,Tremblay, R .(۲۰۱۸) .Estimation Methods for Disaster Debris Generation Rates Based on Building Structural Typologies .Journal of Material Cycles and Waste Management, ۲۰(۳), ۱۴۳۲-۱۴۴۵**

۶. **کرمی، م.، و حسینی، س.ع. (۱۳۹۹). ارزیابی سناریوهای انسداد معابر شهری تهران ناشی از آوار زلزله با استفاده از GIS. نشریه علمی مهندسی و مدیریت بحران، دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۴۵-۵۸.**

مقدمه و اهمیت راهبردی مدیریت مکان‌های دپو در کلان‌شهر تهران

در پی رخداد سوانح بزرگ کالبدی نظیر زمین‌لرزه یا انفجارهای گسترده در کلان‌شهر تهران، حجم عظیمی از آوار و پسماندهای ساختمانی در مدت‌زمانی بسیار کوتاه تولید می‌شود که خروج سریع آن‌ها از معابر برای امداد رسانی و بازگشت شریان‌های حیاتی به چرخه فعالیت، امری حیاتی است. تخلیه کنترل‌نشده، شتاب‌زده و پراکنده این آوارها در حاشیه بزرگراه‌ها، روددره‌ها، اراضی بایر شهری یا فضاهای سبز نه تنها ساختار کالبدی و عملیات پاسخ را دچار اختلال جدی می‌کند، بلکه بحران‌های زیست‌محیطی، ایمنی، بهداشتی و حقوقی پایداری را به بار می‌آورد. از این رو، استقرار نظامی دومرحله‌ای شامل «سایت‌های دپوی موقت و ترخیص اضطراری» (Debris Staging Sites) و «سایت‌های نهایی دفع، بازیافت و مدفن مهندسی» (Final Disposal and Recycling Facilities)، نیازمند رعایت معیارهای سخت‌گیرانه فنی، ترافیکی، هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی منطبق با طرح جامع مدیریت بحران و پسماند شهر تهران است.

بخش اول: تمایز کارکردی و منطق دومرحله‌ای زنجیره دپوی آوار

فلسفه جداسازی مکان‌های دپوی موقت از دپوی نهایی، کاهش طول چرخه رفت و برگشت ناوگان ترابری سنگین در فازهای نخست پاسخ اضطراری است. سایت‌های موقت وظیفه کاهش فشار اولیه از مرکز حادثه را از طریق ایجاد امکان دپوی ضربتی در فواصل زمانی کوتاه به عهده دارند؛ به نحوی که کامیون‌ها بتوانند با مسافت طی‌شده کم به سرعت به معابر مسدود بازگردند. در مرحله بعد، در درون این محوطه‌های موقت، عملیات کاهش حجم نظیر خردایش مقدماتی، غربال‌گری، جداسازی اجزای خطرناک و بازیافت فلزات صورت می‌گیرد تا صرفاً باقیمانده‌های نهایی و مصالح غیرقابل بازیافت به مقاصد نهایی خارج از شهر گسیل شوند. در مقابل، سایت‌های دپوی نهایی اراضی وسیع و دائمی هستند که برای مدفن بهداشتی یا استقرار خطوط دائمی بازیافت بتن و مصالح سنگی طراحی و عایق‌بندی شده‌اند و بار ترافیکی و زیست‌محیطی آنها بر پهنه مسکونی شهر تحمیل نمی‌شود.

بخش دوم: معیارهای شهری، ترافیکی و پدافند غیرعامل در جانمایی سایت‌های موقت

تعیین مکان‌های دپوی موقت در محدوده ۲۲ منطقه شهرداری تهران باید پیش از وقوع بحران و با اتکا به مدل‌سازی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام پذیرد. مهم‌ترین الزام شهری، دسترسی مستقیم و آسان به شریان‌های

بزرگراهی درجه یک و دو با رعایت حریم‌های حرکتی است تا تردد مداوم ماشین‌آلات سنگین، موجب قفل‌شدگی شریان‌های تخلیه اضطراری شهروندان و انتقال مصدومان نشود. اراضی شناسایی شده برای سایت‌های موقت باید حداقل شیب توپوگرافی را داشته، خارج از گسل‌های فعال اصلی و حریم لغزش زمین باشند و حداقل پانصد متر از اماکن جمعیتی متمرکز نظیر بیمارستان‌ها، مدارس، اردوگاه‌های اسکان اضطراری و پادگان‌ها فاصله داشته باشند تا مخاطرات ناشی از گرد و غبار شدید، سر و صدا و گازهای ناشی از حریق‌های پنهان، جمعیت پناهنده را تهدید نکند. اراضی نظامی بلااستفاده، محوطه‌های پارکینگ‌های پهناور حاشیه‌ای، پایانه‌های باربری و زمین‌های بایر محصور با قابلیت ایجاد ورودی و خروجی مجزا، از بهینه‌ترین گزینه‌های شهری برای این منظور در بافت تهران محسوب می‌شوند.

بخش سوم: ضوابط هیدرولوژیکی، خاک‌شناسی و استانداردهای زیست‌محیطی

از منظر بوم‌شناختی و سلامت پایدار، قرارگیری سایت‌های دپوی آوار به ویژه در پهنه‌های جنوبی و دشت‌های پایین‌دست تهران با حساسیت‌های ویژه‌ای روبروست. مهم‌ترین شاخص هیدرولوژیکی، لزوم رعایت حریم کیفی روددره‌های هفت‌گانه تهران، مسیل‌ها، قنوات تاریخی و بسترهای سیلابی است؛ نفوذ هرگونه شیرابه سمی ناشی از شسته شدن آوار در اثر بارندگی به منابع آب زیرزمینی یا مجاری هدایت آب، فاجعه زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری به همراه دارد. عمق ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی در محل سایت‌ها باید بر اساس استانداردهای حفاظت محیط زیست مورد ارزیابی قرار گیرد و ترجیحاً خاک بستر از نوع نفوذپذیری بسیار پایین (خاک‌های رسی متراکم) انتخاب گردد. علاوه بر این، ارزیابی جهت وزش بادهای غالب پایتخت ضروری است تا پراکندگی ریزگردها و ذرات معلق آذربست و سیلیس به سمت بافت‌های مسکونی مجاور منتقل نگردد؛ همچنین هرگونه استقرار در حریم اکولوژیکی اراضی حفاظت‌شده منابع طبیعی، حاشیه باغات کن و پهنه‌های جنگل‌کاری حاشیه شهر تهران اکیداً مردود است.

بخش چهارم: الزامات فنی آماده‌سازی، پهنه‌بندی داخلی و تجهیز سایت‌های دپوی موقت

یک زمین خالی صرفاً با مسطح‌سازی به سایت دپو تبدیل نمی‌شود، بلکه نیازمند بسترسازی مهندسی پیش از بهره‌برداری است. سطح زمین در سایت‌های موقت باید با مصالح شنی فشرده یا پوشش‌های ژئوممبران عایق‌بندی شود تا از فرورفتن چرخ ماشین‌آلات در گل‌ولای و نفوذ آلودگی‌ها ممانعت گردد. این محوطه‌ها بر اساس سناریوی عملیاتی به پهنه‌های تفکیک‌شده مجزا تقسیم می‌شوند که شامل زون تخلیه اولیه، زون جداسازی ضایعات فلزی و تاسیساتی، زون تفکیک مواد خطرناک و آذربست، زون خردایش بتن، زون موقت نگهداری پسماندهای زیستی و

لاشه‌های احتمالی، و در نهایت توقف گاه ناوگان ترابری است. تجهیزات پایه شامل باسکول‌های توزین هوشمند متصل به شبکه ستاد بحران برای ثبت آمار، دکل‌های روشنایی قوی با دیزل ژنراتورهای مستقل جهت عملیات بیست و چهار ساعته، سامانه‌های مداوم آب‌پاشی و مه‌پاش صنعتی به منظور مهار گردوغبار غلیظ، حوضچه‌های جمع‌آوری و مهار آب‌های سطحی ناشی از شستشو، و سامانه‌های حفاظت پیرامونی و حراست فیزیکی برای ممانعت از تخلیه زباله‌های شهری غیرمجاز و حفظ دارایی‌های ارزشمند کشف‌شده، از ضروریات قطعی تجهیز این سایت‌ها در شهرداری تهران است.

بخش پنجم: ضوابط استقرار و بهره‌برداری از سایت‌های نهایی، بازیافت و لندفیل‌های مهندسی

سایت‌های نهایی دپوی آوار تهران معمولاً در حریم جنوبی و جنوب‌شرقی نظیر مجتمع آرادکوه، گودهای مجاز معادن شن و ماسه تثبیت‌شده و پهنه‌های کویری بدون کاربری کشاورزی پیش‌بینی می‌شوند. این سایت‌ها باید مجهز به ایستگاه‌های بازیافت صنعتی شامل سنگ‌شکن‌های متحرک و سرندهای تفکیک دایمی باشند تا بتن و مصالح سنگی تخریب‌شده به مصالح دانه‌بندی‌شده نظیر ساب‌بیس، بیس و مصالح پرکننده ترانشه‌ها و بستر معابر تبدیل گردند و فشار وارده بر ظرفیت محیط‌زیستی دفن نهایی را به حداقل برسانند. برای بخش‌های غیرقابل بازیافت، احداث سلول‌های لندفیل مهندسی مجهز به لایه‌های ژئوتکستایل و سامانه جمع‌آوری زهاب زیرین الزامی است. پس از اتمام عملیات پاک‌سازی شهر و تخلیه کامل توده‌های آوار، این سایت‌ها باید با لایه‌های متراکم خاک نباتی پوشانده شده و بر مبنای طرح بازتوانی منظر و جنگل‌کاری، جهت جلوگیری از فرسایش بادی و بیابان‌زایی احیا گردند.

منابع

۱. سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران (۱۴۰۱). دستورالعمل مکان‌یابی، تجهیز و بهره‌برداری از سایت‌های پردازش و دفن آوارهای ساختمانی ناشی از بحران در حریم شهر تهران. انتشارات معاونت خدمات شهری، تهران.

۲. سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۹۹). ضوابط و معیارهای زیست‌محیطی مکان‌یابی سایت‌های دپوی پسماندهای ساختمانی و عمرانی و بحران. نشریه فنی شماره ۳۴۰، معاونت محیط زیست انسانی.

۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(۲۰۱۹). **Debris Management Plan Development: Site Selection and Management for Debris Staging and Reduction Sites** .FEMA P-۱۰۲۵, Emergency Management Institute, Washington, D.C.

۴. **United Nations Environment Programme (UNEP) & OCHA** .(۲۰۱۸). **Disaster Waste Management Guidelines: Technical Considerations for Temporary and Permanent Disposal Sites** .Joint Environment Unit, Geneva.

۵. **Brown, C., Milke, M & ,Seville, E** .(۲۰۲۰). **Spatial and Environmental Criteria for Locating Post-Disaster Debris Staging and Recycling Facilities in Metropolises** . Waste Management & Research, ۳۸(۷), ۷۱۱-۷۲۳

۶. **پزشک‌پور، ح.، و کریمی، ر.** (۱۳۹۸). **مدل‌سازی مکانی جانمایی مراکز موقت ذخیره آوار زلزله در پهنه‌های متراکم شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: تهران)**. فصلنامه علمی پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۹، شماره ۳، صفحات ۲۱۰-۲۲۵.

مقدمه و ضرورت هماهنگی‌های ساختاریافته پیش از بحران

وسعت تخریب کالبدی و حجم آوار تولیدشده در سوانح با مقیاس بزرگ در کلان‌شهری همچون تهران، بسیار فراتر از ظرفیت‌های لجستیکی، اعتباری و ناوگان ترابری سبک و سنگین تحت مالکیت مستقیم شهرداری است. در ساعات اولیه پس از وقوع حادثه، ورود ماشین‌آلات سنگین، مهندسان مجرب و اپراتورهای زبده به میدان عملیات، عاملی تعیین‌کننده در کاهش تلفات جانی و بازگشایی مسیرهای مسدود به‌شمار می‌رود. هرگونه مذاکره برای استعلام قیمت، عقد قرارداد، تخصیص سوخت و هماهنگی‌های بین‌سازمانی در حین بحران، فرایند پاسخ را با تاخیرهای جبران‌ناپذیر، مناقشات مالی، تداخل وظایف و هرج‌ومرج عملیاتی مواجه می‌سازد. از این رو، استقرار نظام «توافق‌نامه‌ها و پیمان‌های همکاری پیشین» (Pre-Disaster Contracts and Memorandums of Understanding) به عنوان یکی از ارکان استراتژیک مدیریت ریسک و آمادگی در مدیریت شهری تهران، بستری حقوقی و عملیاتی را جهت تجمع و بسیج سریع تمامی منابع غیرشهرداری در سریع‌ترین زمان ممکن فراهم می‌آورد.

بخش اول: مبانی حقوقی، استانداردسازی و قراردادهای پیش‌خرید خدمت با بخش خصوصی

یکی از مهم‌ترین ارکان تاب‌آوری شهری، مشارکت‌دادن سازمان‌یافته توان بخش خصوصی، پیمانکاران رتبه‌بندی‌شده عمرانی و شرکت‌های اجاره ماشین‌آلات سنگین در فرایند آواربرداری است. بر اساس تجارب جهانی نهادهایی همچون فما و ضوابط نظام فنی و اجرایی کشور، پیمان‌های آواربرداری پیش از بحران باید به صورت «قراردادهای آماده‌باش و پیش‌خرید خدمت» (Pre-Event Standby Contracts) منعقد شوند. در این سازوکار، شهرداری تهران با برگزاری فراخوان‌های شفاف و بررسی صلاحیت فنی، ایمنی و ادواتی پیمانکاران، قراردادهایی با بهای واحد مشخص (Unit-Price Contracts) بر مبنای فهرست‌بهای خاص بحران منعقد می‌نماید که در شرایط عادی هیچ‌گونه بار مالی سنگینی برای شهرداری ایجاد نمی‌کند، اما به محض صدور فرمان وضعیت اضطراری از سوی شهردار تهران، پیمانکار موظف است طی سقف زمانی تعیین‌شده (معمولاً بین ۲ تا ۶ ساعت)، ناوگان مشخصی شامل بیل‌های مکانیکی، لودرها، کامیون‌های کمپرسی، جرثقیل‌های سنگین و بابکت‌ها را همراه با سوخت اولیه و رانندگان آموزش‌دیده در مناطق ۲۲گانه مستقر سازد.

در این الگو، استفاده از قراردادهای «زمان و مصالح» (Time and Materials) صرفاً برای ۷۲ ساعت ابتدایی و تا مرحله پایدارسازی مقدماتی مجاز است و برای مراحل پس از آن جهت جلوگیری از فساد مالی، فاکتورسازی‌های

صوری و تحمیل هزینه‌های گزاف به شهرداری، قراردادهای باید بر مبنای حجم آوار پاک‌سازی‌شده، مسافت حمل‌تنی - کیلومتر یا مقادیر مترمکعبی تحویلی در سایت‌های دپوی موقت محاسبه و پرداخت گردند.

بخش دوم: چارچوب همکاری‌های راهبردی و هم‌افزایی عملیاتی با نیروهای مسلح

نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران (ارتش، سپاه پاسداران، فراجا و سازمان بسیج مستضعفین) دارای یگان‌های مهندسی رزمی پیشرفته، ماشین‌آلات تخصصی تخریب و جابه‌جایی سنگین، سامانه‌های مخابراتی پایدار، توان ترابری هوایی و نیروی انسانی منضبط هستند که در سوانح ملی نقشی بی‌بدیل در کنار شهرداری ایفا می‌کنند. مطابق با اصل ۱۴۷ قانون اساسی و مواد قانون مدیریت بحران کشور، ورود نیروهای مسلح به فرایند امدادرسانی بر اساس پروتکل‌های ابلاغی از سوی ستاد کل نیروهای مسلح و درخواست رسمی استانداری یا شهرداری تهران صورت می‌پذیرد. تدوین تفاهم‌نامه‌های همکاری مشترک (MOUs) پیش از وقوع سانحه، چگونگی ورود این یگان‌ها را از حالت سنتی و غیرسازمان‌یافته به یک سامانه ساختاریافته تبدیل می‌کند.

در این تفاهم‌نامه‌ها، نقشه عملیاتی شهر تهران به پهنه‌های معین تقسیم شده و هر یک از قرارگاه‌های مهندسی رزمی متناسب با پادگان‌ها و کارگاه‌های مستقر در اطراف حریم شهر، مسئولیت پشتیبانی مهندسی از چند منطقه معین شهرداری را تقبل می‌کنند. همچنین در قالب این پیمان‌ها، موضوعاتی نظیر پروتکل‌های مشترک ارتباطات بی‌سیم و بیس‌های رادیویی، خطوط رمزدار اضطراری، نحوه هماهنگی یگان‌های ترابری در سامانه فرماندهی حادثه (ICS)، استفاده مشترک از سایت‌های دپوی پادگانی و تامین متمرکز سوخت و تعمیرات سبک در زمان انسداد جایگاه‌های شهری تعیین تکلیف می‌شود تا از هرگونه تداخل عملیاتی و ممانعت‌های حفاظتی در مبادی ورودی مناطق آسیب‌دیده ممانعت به عمل آید.

بخش سوم: توافق‌نامه‌های کمک متقابل با شهرداری‌ها و ارگان‌های استان‌های معین و همجوار

در سوانح فاجعه‌باری که ساختار ستادی و اداری خود شهرداری تهران نیز دچار آسیب‌های ساختاری و کالبدی می‌گردد، تکیه بر توان استان‌ها و شهرهای مجاور ضرورتی گریزناپذیر است. در چارچوب «طرح پهنه‌بندی استان‌های معین و پیشتاز شهر تهران»، توافق‌نامه‌های کمک متقابل (Mutual Aid Agreements) با استان‌های البرز، قزوین، مرکزی، قم، مازندران و سمنان و همچنین کلان‌شهرهای تبریز، اصفهان، مشهد و شیراز مبادله شده است. این پیمان‌ها

که مورد تایید سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور قرار دارند، مشخص می‌کنند که هر استان معین، موظف به پشتیبانی و آواربرداری در کدام پهنه و کدام مناطق شهرداری تهران است.

در متن حقوقی این توافق‌نامه‌ها، سازوکار جبران هزینه‌ها، مسکن و تغذیه عوامل اعزامی، بیمه مسئولیت مدنی و خسارت‌های احتمالی وارده به ادوات مهمان، چگونگی اعزام ستون‌های خودرویی سنگین از طریق کریدورهای ترانزیتی اضطراری و هدایت آن‌ها به پایگاه‌های عملیاتی مناطق پیش‌بینی شده است. وجود چنین پیمان‌های متقابلی مانع از بلا تکلیفی شهرداری‌های اعزامی در تقاطع‌های ورودی پایتخت شده و تضمین می‌کند که کاروان‌های کمکی به محض ورود، به سرعت تحت امر ستاد مدیریت بحران منطقه هدف قرار گرفته و مأموریت‌های بازگشایی معابر شریانی محوله را با نقشه‌ها و داده‌های از پیش تعیین شده آغاز نمایند.

بخش چهارم: مدیریت قراردادها، اعتبارسنجی ناوگان و نظارت مالی در شرایط اضطرار

انعقاد پیمان‌ها پایان کار نیست، بلکه پایش و راستی‌آزمایی مستمر تعهدات قراردادی، متضمن کارایی آن‌ها در لحظه بحران خواهد بود. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران و معاونت‌های خدمات شهری و مالی و اقتصاد شهری شهرداری تهران موظف‌اند سالانه کارگروه‌های تخصصی اعتبارسنجی را تشکیل دهند تا صحت اطلاعات ثبت شده پیمانکاران در سامانه اطلاعات جامع تجهیزات (مانند سامانه شهرزاد یا سامانه‌های زنجیره تأمین شهرداری) تایید شود؛ این فرایند شامل بررسی سلامت فنی ماشین‌آلات، احراز هویت اپراتورها و حضور فیزیکی ادوات در کارگاه‌ها به صورت بازدیدهای دوره‌ای و مانورهای اعلام نشده فراخوان است.

همچنین چارچوب‌های حسابرسی و نظارتی پیش‌بینی شده در این قراردادها مشخص می‌کند که تمامی خودروهای سنگین اعزامی موظف به نصب بارکدهای هوشمند یا ردیاب‌های ماهواره‌ای (GPS) هستند تا پیمایش‌ها و حجم آوار جابه‌جاشده به صورت کامپیوتری ثبت گردیده و امکان هرگونه سواستفاده در فضای آشفته پس از سانحه از بین برود. از سوی دیگر، تعیین سقف تعهدات بیمه‌ای، ضمانت‌نامه‌های حسن انجام کار در شرایط بحرانی و درج بندهای صریح حل اختلاف از طریق داوری حقوقی مرکز حقوقی شهرداری تهران، به مدیران شهری این اطمینان را می‌دهد که پاسخگویی به مراجع بالادستی نظارتی و سازمان بازرسی در پسابحران با کمترین چالش حقوقی همراه خواهد بود.

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). طرح جامع عملیات پاسخ به بحران شهر تهران؛ شیوه‌نامه اجرایی بهره‌گیری از استان‌های معین و بخش خصوصی در بازگشایی معابر و مدیریت آوار. نشر شهر، تهران.
۲. سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور (۱۴۰۰). شیوه‌نامه استاندارد تدوین موافقت‌نامه‌های کمک متقابل (Mutual Aid) میان شهرداری‌های کشور در شرایط اضطراری. انتشارات سازمان شهرداری‌ها، تهران.
۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۱). **Public Assistance: Debris Removal Contracting Guidance and Pre-Event Contract Requirements**. FEMA Fact Sheet ۱۰۴-۰۰۹-۲, Washington, D.C.
۴. **United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UN-OCHA)**. (۲۰۲۰). **Guidelines on the Use of Military and Civil Defence Assets in Urban Disaster Response and Debris Operations**. Civil-Military Coordination Section, Geneva.
۵. **Thorvaldsdóttir, S & Sigbjörnsson, R**. (۲۰۱۹). **Disaster Waste Management: Pre-Contracting Strategies and Inter-Agency Resource Allocation**. Natural Hazards and Earth System Sciences, ۱۹(۴), ۸۵۵-۸۷۱.
۶. **فراهانی، ع.، و نوری، م.** (۱۳۹۹). بررسی کارآمدی توافق‌نامه‌های کمک متقابل شهرداری تهران با استان‌های معین در سناریوهای بحرانی زلزله. دوفصلنامه علمی مدیریت بحران و پدافند غیرعامل، دوره ۱۱، شماره ۲، صفحات ۳۳-۴۸.

تشکیل شناسنامه ماشین آلات و تجهیزات آواربرداری در شرایط بحران (ویژه شهرداری تهران)

مقدمه و ضرورت شناسنامه دار کردن ناوگان در عملیات آواربرداری

در عملیات آواربرداری پس از سوانح شهری، «زمان» و «قابلیت اتکا» دو متغیر تعیین کننده اند. تجربه های داخلی و بین المللی نشان می دهد که بخش قابل توجهی از تأخیر در بازگشایی معابر، نه به کمبود ماشین آلات در سطح کشور، بلکه به نبود تصویر دقیق و به روز از موجودی واقعی ناوگان، وضعیت آمادگی عملیاتی، مکان استقرار، توان اپراتوری و زنجیره پشتیبانی آن بازمی گردد. شهرداری تهران به دلیل گستردگی جغرافیایی، تنوع مأموریت ها در مناطق ۲۲ گانه و وابستگی ترکیبی به ناوگان ملکی، پیمانکاری و بین دستگاهی، اگر فاقد «شناسنامه یکپارچه ماشین آلات و تجهیزات آواربرداری» باشد، در لحظات بحرانی با تصمیم گیری های حدسی، اعزام های تکراری، فرسایش ناوگان سالم و رهاشدن نقاط کلیدی بدون پشتیبانی مواجه می شود. شناسنامه دار کردن ناوگان، در واقع تبدیل دارایی های فیزیکی به «ظرفیت عملیاتی قابل فرماندهی» است؛ ظرفیتی که باید در سامانه فرماندهی حادثه و در کنار نقشه پهنه بندی خطر و سناریوهای انسداد معابر، به عنوان داده پایه برای تخصیص منابع عمل کند.

تعریف شناسنامه ماشین آلات آواربرداری و خروجی های مورد انتظار

شناسنامه ماشین آلات و تجهیزات آواربرداری مجموعه ای از داده های فنی، حقوقی، عملیاتی و ایمنی است که برای هر دستگاه یا مجموعه تجهیز، به گونه ای استاندارد ثبت می شود تا در هر لحظه بتوان سه پرسش کلیدی را پاسخ داد: این تجهیز دقیقاً چیست و چه کاری را می تواند انجام دهد؛ اکنون در چه وضعیتی و کجا قرار دارد؛ و با چه قیود و الزامات ایمنی و حقوقی می تواند به مأموریت اعزام شود. خروجی نهایی این فرایند باید به شکلی باشد که مدیر عملیات در سطح منطقه یا شهر، بدون نیاز به تماس های متعدد یا حدس های انسانی، بتواند ظرف چند دقیقه «لیست اعزام» را با توجه به نوع آوار، دسترسی معابر، اولویت بازگشایی شریان ها و محدودیت های HSE استخراج کند. بنابراین شناسنامه دار کردن، فقط ثبت شماره پلاک یا مدل دستگاه نیست، بلکه مدل سازی ظرفیت واقعی شامل آماده به کاری، زمان رسیدن، توان تولیدی، الزامات نگهداری و ریسک های ایمنی است.

دامنه ناوگان هدف در شهرداری تهران و منطق طبقه‌بندی عملیاتی

در عملیات آواربرداری شهری، ناوگان هدف شامل ماشین آلات سنگین خاکی و راه‌سازی مانند بیل مکانیکی زنجیری و چرخ‌لاستیکی، لودر، بولدوزر، گریدر و بک‌هو لودر است؛ تجهیزات بالابری و جابه‌جایی مانند جرثقیل، لیفتراک و تله‌هندر؛ ناوگان حمل‌مانند کامیون کمپرسی، کامیونت، تریلی کمرشکن و تانکر آب؛ و تجهیزات تخصصی کاهش حجم و برش مانند چکش هیدرولیک، قیچی هیدرولیک، پیکور، دستگاه‌های برش بتن، سنگ‌شکن سیار و سرند. افزون بر آن، تجهیزات پشتیبان عملیاتی نظیر ژنراتور برق، برج‌روشنایی، کمپرسور، پمپ‌های لجن‌کش، تجهیزات مهار گردوغبار و آب‌پاش صنعتی، و ادوات ایمنی نظیر سیستم‌های هشدار، چراغ گردان، مانع‌های ترافیکی و تجهیزات حفاظت فردی تخصصی نیز باید در دامنه شناسنامه قرار گیرند. منطق طبقه‌بندی باید بر اساس «کارکرد در زنجیره آواربرداری» باشد؛ یعنی تجهیزات به گونه‌ای دسته‌بندی شوند که امکان تشکیل بسته‌های عملیاتی سریع برای بازگشایی معبر، نجات و آواربرداری حجیم فراهم گردد.

اجزای شناسنامه: داده‌های فنی، عملیاتی، ایمنی، حقوقی و پشتیبانی

شناسنامه استاندارد هر دستگاه باید چند لایه داده را پوشش دهد. لایه نخست اطلاعات هویتی و فنی شامل سازنده، مدل، سال ساخت، شماره شاسی و موتور، ظرفیت‌ها (وزن عملیاتی، توان موتور، ظرفیت باکت، حداکثر شعاع کاری، ارتفاع و عمق حفاری، ظرفیت بالابری)، نوع شاسی (چرخ‌لاستیکی/زنجیری)، نوع الحاقات قابل نصب و محدودیت‌های سازنده است. این داده‌ها برای تطبیق دستگاه با سناریوی آوار ضروری‌اند؛ زیرا آوار زلزله در کوچه‌های کم‌عرض به تجهیزات چابک‌تر و با شعاع گردش مناسب نیاز دارد، در حالی که آوار حجیم بزرگراهی یا سازه‌های سنگین به بیل‌های زنجیری و جرثقیل‌های با تناژ بالا وابسته است.

لایه دوم، داده‌های عملیاتی و آمادگی شامل وضعیت آماده‌به‌کاری، ساعات کارکرد، سوابق خرابی‌های بحرانی، زمان‌بندی سرویس‌های دوره‌ای، موجود بودن اپراتور واجد صلاحیت، و زمان تقریبی اعزام تا نقاط کلیدی منطقه بر اساس شبکه معابر و سناریوهای انسداد است. این بخش باید صریحاً نشان دهد دستگاه در «سطح آماده‌به‌کاری اضطراری» قرار دارد یا خیر. در ادبیات مدیریت عملیات، ارزش دستگاهی که وجود دارد اما در لحظه بحران سوخت، قطعه، اپراتور یا تعمیرکار ندارد، از دید فرماندهی نزدیک به صفر است.

لایه سوم، داده‌های ایمنی و HSE است که در شهرداری‌ها معمولاً کم توجهی به آن منشأ حادثه‌های ثانویه می‌شود. در شناسنامه باید وضعیت سلامت سیستم ترمز، هیدرولیک، چراغ‌ها، بوق و آژیر، دوربین یا سنسور دنده عقب، سیستم محدودکننده بار (در جرثقیل)، گواهی سلامت سیم‌بکسل‌ها و قلاب‌ها، و همچنین الزامات حفاظت فردی اپراتور و تیم پشتیبان ثبت شود. در تجهیزات برش و تخریب، سطح ریسک پرتاب مصالح، گردوغبار سیلیسی، احتمال برخورد با خطوط برق و گاز و سازوکار ایمن‌سازی باید به عنوان «قیود عملیاتی» در شناسنامه درج گردد تا اعزام دستگاه بدون پیش‌نیازهای ایمنی ممکن نشود.

لایه چهارم، داده‌های حقوقی و مالکیتی است. شهرداری تهران ترکیبی از تجهیزات ملکی مناطق، تجهیزات سازمان‌های تابعه، تجهیزات پیمانکاران خدمات شهری و تجهیزات اجاره‌ای را به کار می‌گیرد. برای هر دستگاه باید مالک، بهره‌بردار، شماره قرارداد یا پیمان، مدت اعتبار بیمه بدنه و مسئولیت، و وضعیت گواهی‌های قانونی مرتبط مشخص باشد. در بحران، هرگونه ابهام مالکیتی یا بیمه‌ای می‌تواند به توقف اعزام یا اختلافات مالی بعدی منجر شود. همچنین شناسنامه باید مشخص کند که آیا تجهیز مجاز به خروج از محدوده منطقه یا شهر است یا محدودیت قراردادی دارد.

لایه پنجم، داده‌های پشتیبانی شامل نوع سوخت و مصرف ساعتی، ظرفیت مخزن، نیازهای روانکار، قطعات یدکی حیاتی، ابزار مورد نیاز برای تعمیرات میدانی، محل تعمیرگاه‌های طرف قرارداد، و وابستگی به تریلی کمرشکن برای جابه‌جایی در مسافت‌های طولانی است. این بخش برای برنامه‌ریزی «تداوم عملیات» ضروری است، زیرا بحران‌های بزرگ معمولاً چندین روز تا چند هفته عملیات پیوسته ایجاد می‌کنند و اگر پشتیبانی از قبل طراحی نشده باشد، ناوگان در روزهای دوم و سوم زمین گیر می‌شود.

استانداردسازی داده‌ها و یکپارچگی با GIS و فرماندهی حادثه

شناسنامه زمانی ارزش واقعی پیدا می‌کند که به شکل استاندارد، قابل جست‌وجو و قابل اتصال به نقشه و مأموریت باشد. برای شهرداری تهران، بهترین رویکرد ایجاد بانک اطلاعاتی واحد در سطح شهر است که مناطق ۲۲ گانه، سازمان مدیریت پسماند، سازمان آتش‌نشانی، معاونت فنی و عمرانی و پیمانکاران بتوانند اطلاعات خود را در قالب واحد ثبت کنند. این بانک باید با GIS یکپارچه شود تا مکان استقرار لحظه‌ای ناوگان و زمان رسیدن به نقاط بحرانی قابل محاسبه

باشد و همچنین با سامانه فرماندهی حادثه (ICS/EOC) لینک داشته باشد تا مأموریت‌ها، ثبت عملکرد و کنترل هزینه‌ها همزمان انجام شود. استفاده از ردیاب‌های GPS و ثبت خودکار پیمایش، به‌ویژه برای کامیون‌های حمل آوار و ادوات اجاره‌ای، هم در کنترل عملیاتی و هم در شفافیت مالی پس از بحران نقش تعیین‌کننده دارد.

فرایند اجرایی تشکیل شناسنامه و تضمین به‌روزرسانی

تشکیل شناسنامه باید به عنوان یک پروژه «یک‌بار برای همیشه» دیده نشود، بلکه یک چرخه نگهداری اطلاعات است. در عمل، شهرداری باید حداقل دو بار در سال، پایش فنی میدانی و راستی‌آزمایی فیزیکی تجهیزات را انجام دهد و یک بار در سال نیز مانور فراخوان ناوگان برگزار کند تا زمان واقعی اعزام، درصد آماده‌به‌کاری و نقاط شکست زنجیره پشتیبانی مشخص گردد. در کنار آن، هر سرویس دوره‌ای یا تعمیر اساسی باید به‌صورت رویداد در شناسنامه ثبت شود تا تصمیم‌گیران بدانند کدام دستگاه برای مأموریت‌های پرخطر مناسب است و کدام دستگاه باید در نقش پشتیبان یا مأموریت‌های سبک‌تر به کار گرفته شود. همچنین در سطح منطقه، تعیین یک «مسئول دارایی عملیاتی بحران» برای هر ناحیه که پاسخ‌گوی صحت اطلاعات و آمادگی ناوگان باشد، تجربه موفقی در بسیاری از شهرهای دنیا محسوب می‌شود.

پیوند شناسنامه ناوگان با سناریوهای آوار و بسته‌های عملیاتی

مزیت کلیدی شناسنامه‌دار کردن ناوگان برای عملیات آواربرداری این است که می‌توان بسته‌های استاندارد مأموریتی تعریف کرد؛ مثلاً بسته بازگشایی اضطراری معبر شامل یک بیل لاستیکی متوسط، یک لودر، دو کامیون کمپرسی، یک تانکر آب، یک برج روشنایی و تیم ایمنی ترافیکی است. بسته آواربرداری سازه سنگین می‌تواند شامل بیل زنجیری با چکش هیدرولیک، جرثقیل سنگین، تریلی حمل، ابزار برش و تیم HSE تخصصی باشد. وقتی شناسنامه‌ها کامل باشد، تشکیل این بسته‌ها در نرم‌افزار و اعزام آن‌ها بر اساس نزدیک‌ترین موقعیت، بالاترین سطح آمادگی و کمترین ریسک ایمنی انجام می‌گیرد و از اعزام‌های پراکنده و بی‌اثر جلوگیری می‌شود.

جمع‌بندی

شناسنامه ماشین‌آلات و تجهیزات آواربرداری برای شهرداری تهران یک ابزار اداری نیست، بلکه ستون فقرات فرماندهی عملیاتی در بحران است. این شناسنامه باید هم‌زمان سه ویژگی داشته باشد: دقیق و فنی باشد تا انتخاب تجهیز

درست ممکن شود؛ عملیاتی باشد تا زمان اعزام، پشتیبانی و کارکرد واقعی را نشان دهد؛ و حقوقی و قابل حسابرسی باشد تا پس از بحران، شهرداری در برابر نهادهای نظارتی و شهروندان پاسخگو باقی بماند. هرچه این نظام پیش از بحران کامل تر و بهروزتر باشد، سرعت بازگشایی معابر، ایمنی نیروها و کنترل هزینه‌های آواربرداری به شکل محسوسی ارتقا خواهد یافت.

منابع

۱. **قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)**. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران.
۲. **سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران**. اسناد و دستورالعمل‌های عملیاتی آمادگی و پاسخ شهرداری تهران در مدیریت آوار و بازگشایی معابر (مجموعه شیوه‌نامه‌های داخلی منتشره). تهران.
۳. **FEMA**. (۲۰۱۹). **Debris Management Plan Development (FEMA P-۱۰۲۵)**. Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Homeland Security.
۴. **FEMA**. (۲۰۲۱). **Public Assistance Program and Policy Guide (PAPPG) – Debris Removal and Contracting/Documentation Requirements**. FP ۱۰۴-۰۰۹-۲.
۵. **ASTM International**. (۲۰۱۹). **ASTM E۳۰۳۲: Standard Guide for the Development of Emergency Management Standard Operating Procedures for Equipment and Resource Tracking**. West Conshohocken, PA.
۶. **UNEP & OCHA**. (۲۰۱۸). **Disaster Waste Management Guidelines**. Joint UNEP/OCHA Environment Unit, Geneva.
۷. **International Organization for Standardization (ISO)**. (۲۰۱۸). **ISO ۲۲۳۲۰: Security and resilience — Emergency management — Guidelines for incident management**. Geneva.

ساختار سیستم فرماندهی حادثه (ICS) در حوزه آواربرداری (ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران)

مقدمه؛ چرا آواربرداری به فرماندهی ساختاریافته نیاز دارد

عملیات آواربرداری در بحران‌های شهری، یکی از پیچیده‌ترین انواع عملیات پشتیبانی است؛ زیرا هم‌زمان چند ده منطقه عملیاتی، صدها دستگاه ماشین‌آلات سنگین، هزاران نیروی انسانی از سازمان‌های مختلف، پیم، نیروهای مسلح و هلال احمر را در فضلال احمر را در فضایی آشفته، پرغبار و پرخطر گرد هم می‌آورد. تجربه سوانح بین‌المللی (از جمله زلزله‌های بزرگ ترکیه، ژاپن و کریست چرچ نیوزیلند) نشان داده است که در غیاب یک ساختار فرماندهی واحد، حتی با وجود فراوانی منابع، عملیات دچار پدیده‌های مخربی چون «ازدحام منابع بی‌مأموریت»، تداخل دستورها، وقوع حوادث ایمنی ناشی از برخورد ادوات، و اتلاف سوخت و زمان می‌شود. سیستم فرماندهی حادثه (Incident Command System یا ICS) که پس از آتش‌سوزی‌های ویرانگر کالیفرنیا در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت و امروز در سراسر جهان و نیز در اسناد سازمان مدیریت بحران کشور و سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران به عنوان چارچوب مرجع پذیرفته شده، پاسخ استاندارد به این نیاز است.

اصول بنیادین ICS و منطق حاکم بر آن

سیستم فرماندهی حادثه بر چند اصل بنیادین استوار است که در حوزه آواربرداری کاربرد مستقیم دارند. نخست، اصل «فرماندهی یکپارچه و مالکیت واحد» است: هر شخص در میدان فقط از یک نفر دستور می‌گیرد و هر عملیات فقط یک فرمانده دارد. دوم، اصل «فرماندهی مبتنی بر اهداف» است: فرمانده حادثه اهداف عملیاتی را در قالب برنامه اقدام حادثه (Incident Action Plan یا IAP) برای هر دوره عملیاتی (معمولاً ۱۲ تا ۲۴ ساعت) تعیین می‌کند؛ مثلاً «بازگشایی کامل کریدور بیمارستانی فلان منطقه طی ۱۲ ساعت». سوم، اصل «گستره کنترل قابل مدیریت» است: هیچ سرپرستی نباید بیش از سه تا هفت نفر یا واحد را مستقیماً هدایت کند؛ به همین دلیل ساختار با افزایش حجم عملیات به صورت درختی و مدولار گسترش می‌یابد. چهارم، اصل «مقیاس‌پذیری و انعطاف» است: همان ساختار، از یک حادثه کوچک فروپاشی ساختمان تا زلزله کلان‌شهری با تغییر اندازه (و نه تغییر ماهیت) به کار گرفته می‌شود. پنجم، اصل «ثبات و مستندسازی» است که در آواربرداری، به دلیل ابعاد مالی و حقوقی گسترده، اهمیتی حیاتی دارد. همچنین مفهوم «برتی بودن همه‌جانبه (Unified Command)» زمانی فعال می‌شود که چند نهاد با اختیارات قانونی

هم‌زمان درگیر باشند؛ در تهران این وضعیت تقریباً همیشگی است، چرا که شهرداری، استانداری، آتش‌نشانی، هلال احمر و نیروهای مسلح هم‌زمان حضور دارند.

ساختار کلی فرماندهی؛ ستاد عملیات در حوزه آواربرداری شهر تهران

در سطح شهر تهران، فرمانده کل عملیات پاسخ (شهردار تهران به عنوان فرمانده میدان بحران شهر و با پشتیبانی ستاد فرماندهی شهر) در رأس قرار دارد و عملیات آواربرداری به عنوان یکی از شاخه‌های اصلی «بخش عملیات» در ساختار ICS تعریف می‌شود. ساختار پیشنهادی و متعارف برای عملیات آواربرداری کلان‌شهر به این شکل است: زیر نظر افسر عملیات، چند «شاخه» (Branch) بر اساس پهنه‌های جغرافیایی (مثلاً شمال، مرکز، جنوب شرق) شکل می‌گیرد؛ هر شاخه به چند «گروه‌بندی» (Division/Group) تقسیم می‌شود که هر کدام مسئول یک محدوده عملیاتی یا یک نوع مأموریت مشخص (مثلاً بازگشایی شریان‌های درجه یک، یا پاک‌سازی محدوده اسکان اضطراری) است؛ و در پایین‌ترین سطح، «تیم‌های ضربتی» (Strike Teams و Task Forces) که ترکیب معینی از ماشین‌آلات و نیروی انسانی با یک سرپرست‌اند، مأموریت‌های جزئی را اجرا می‌کنند. این معماری تضمین می‌کند که حتی در عملیاتی با هزاران نفر و دستگاه، هیچ سرپرستی بیش از ظرفیت انسانی مدیریت نیرو ندارد و دستورها بدون ابهام به پایین‌ترین سطح می‌رسد.

فرمانده حادثه و ستاد فرماندهی (Command Staff) در عملیات آواربرداری

فرمانده حادثه مسئولیت نهایی تصمیم‌گیری، ایمنی کلی عملیات، تأیید برنامه اقدام حادثه و ارتباط با نهادهای بالادستی را بر عهده دارد. در عملیات آواربرداری شهری، فرمانده معمولاً معاون خدمات شهری یا معاون هماهنگی و پیشگیری منطقه‌ای با تفویض اختیار شهردار است. ستاد فرماندهی شامل سه جایگاه کلیدی است. افسر ایمنی (Safety Officer) که حق توقف هر عملیات خطرناک را بدون نیاز به اجازه فرمانده دارد و در آواربرداری نقشی فوق‌العاده حساس ایفا می‌کند، زیرا خطرات ثانویه مانند ناپایداری سازه‌های معلق، نشت گاز، کابل‌های برق قطع شده و آلودگی‌های شیمیایی، بیشترین تلفات عملیاتی را در میان نیروهای پاک‌سازی ایجاد می‌کنند. افسر اطلاعات (Public Information Officer) که مسئول اعلام منظم وضعیت پاک‌سازی به رسانه‌ها و شهروندان است؛ در بحران، نبود اطلاعات رسمی موجب شایعه و فشار مردمی بر عملیات می‌شود. افسر پیوند (Liaison Officer) که نقطه اتصال با ارگان‌های کمکی همجوار شامل نیروهای مسلح، هلال احمر، برق، گاز و آب است؛ در آواربرداری،

هماهنگی با شرکت گاز برای قطع جریان گاز در محدوده آوار و با برق برای بی‌برق‌سازی خطوط، پیش‌نیاز شروع هر عملیات برش و جابه‌جایی است.

بخش عملیات؛ قلب تپنده آواربرداری

بخش عملیات (Operations Section) جایی است که کار فیزیکی انجام می‌شود و در عملیات‌های بزرگ آواربرداری، بزرگ‌ترین بخش ساختار است. رئیس بخش عملیات مسئول اجرای برنامه اقدام حادثه، تخصیص منابع، و گزارش وضعیت لحظه‌ای به فرمانده است. در حوزه آواربرداری، معمولاً سه زیرشاخه تخصصی زیر این بخش فعال می‌شود: نخست «شاخه بازگشایی معابر و دسترسی اضطراری» که مأموریتش با اولویت نجات جان دارد و بر بازگشایی سریع کریدورهای بیمارستانی، آتش‌نشانی و مسیرهای تخلیه تمرکز می‌کند؛ دوم «شاخه پاک‌سازی و بارگیری آوار» که پس از اتمام فاز امداد، آوار را از معابر به سایت‌های دپوی موقت منتقل می‌کند؛ و سوم «شاخه پردازش و انتقال نهایی» که خردایش، تفکیک و حمل آوار از سایت‌های موقت به مقاصد نهایی و بازیافت را مدیریت می‌نماید. این تفکیک از آن جهت ضروری است که در فاز نخست سرعت اهمیت حداکثری دارد، در فاز دوم نظم و ظرفیت حمل حرف اول را می‌زند و در فاز سوم الزامات زیست‌محیطی و حسابداری حجم آوار حاکم است.

بخش برنامه‌ریزی؛ مغز تحلیلی عملیات

رئیس بخش برنامه‌ریزی (Planning Section) مسئول گردآوری و تحلیل اطلاعات وضعیت، پیش‌بینی تحولات و تهیه برنامه اقدام حادثه برای دوره‌های بعدی است. در آواربرداری، این بخش وظایف تخصصی زیر را بر عهده دارد: نگهداری نقشه‌های وضعیت پیشرفت پاک‌سازی در GIS، برآورد حجم آوار باقیمانده و نرخ پاک‌سازی روزانه، پیش‌بینی نیازهای ماشینی روز بعد، ثبت وضعیت هر بلوک شهری (شروع‌شده، در حال انجام، تکمیل‌شده)، و مدیریت «واحد منابع» و «واحد وضعیت». از منظر مدیریتی، این بخش پاسخ سؤال حیاتی «تا کجا رسیده‌ایم و فردا چه باید بکنیم» را می‌دهد. اگر بخش برنامه‌ریزی ضعیف باشد، عملیات آواربرداری به حرکتی پراکنده و بر اساس درخواست‌های موردی تبدیل می‌شود و هیچ‌گاه نمی‌توان به شهروندان و مقامات تصویر درست و زمان‌بندی‌شده‌ای از پایان عملیات در هر محله ارائه داد.

بخش لجستیک و بخش مالی-اداری؛ پشتیبانی و پاسخگویی

بخش لجستیک (Logistics Section) تضمین کننده تداوم عملیات است و در آواربرداری مسئولیت های سنگینی دارد: تأمین سوخت روزانه برای صدها دستگاه (که نیاز به طراحی جایگاه های سوخت گیری سیار یا سایت های سوخت گیری میدانی دارد)، تعمیرات میدانی و یدکی، تأمین آب و مه پاش برای مهار گردوغبار، اسکان و تغذیه نیروها، ارتباطات رادیویی و مخابراتی، و تجهیزات حفاظت فردی در مقیاس انبوه. تجربه سوانح بزرگ نشان داده که بیشترین بحران های لجستیکی در روزهای دوم و سوم ظاهر می شوند، زمانی که انباشت انرژی اولیه تمام شده و تداوم عملیات به زنجیره پشتیبانی وابسته است.

بخش مالی-اداری (Finance/Administration Section) در آواربرداری از اهمیتی ویژه برخوردار است؛ زیرا عملیات پاک سازی پس از سانحه، گران ترین فاز پاسخ بحرانی است و بیشترین خطر تخلفات مالی، فاکتورسازی های اغراق شده و ادعاهای حقوقی بعدی را به همراه دارد. این بخش مسئول ثبت ساعت کارکرد ماشین آلات و نیروی انسانی، کنترل قراردادهای پیش خرید خدمت، توزین و ثبت حجم آوار تحویلی در سایت های دیو، پرداخت های اضطراری و مستندسازی کامل برای حسابرسی و دعاوی آتی است. در چارچوب ICS، حضور مستقیم این بخش در ستاد عملیات، تضمین می کند که فوریت عملیات به بهانه حذف مستندسازی نشود.

جریان اطلاعاتی و چرخه برنامه ریزی عملیاتی

قلب تپنده ICS، «چرخه برنامه ریزی عملیاتی» (Planning P) است که هر دوره عملیاتی تکرار می شود: در ابتدا جلسه هدف گذاری با حضور فرمانده و رؤسای بخش ها برگزار و اهداف دوره تعیین می شود؛ سپس بخش برنامه ریزی وضعیت به روز شده (حجم آوار پاک سازی شده، معابر باز شده، منابع آزاد شده) را ارائه می کند؛ در ادامه راهکارهای عملیاتی (Tactics) توسط بخش عملیات طراحی و با ملاحظات ایمنی، لجستیکی و مالی سازگاری می شود؛ و در نهایت برنامه اقدام حادثه مکتوب، امضا و در قالب جلسه توجیهی (Operational Briefing) به سرپرستان محدوده ها ابلاغ می گردد. این چرخه، آواربرداری را از مجموعه ای از اقدامات واکنشی به یک فرایند هدفمند، قابل اندازه گیری و قابل گزارش تبدیل می کند.

پیوند ICS با ساختارهای موجود شهرداری تهران

برای کارشناسان شهرداری، نکته کاربردی مهم این است که ICS جایگزین ساختار اداری موجود نمی‌شود، بلکه در زمان بحران «روی» آن سوار می‌شود؛ یعنی همان کارشناسان و مدیران سازمان‌های مناطق، در نقش‌های عملیاتی (رئیس بخش عملیات، سرپرست محدوده، مسئول لجستیک منطقه) خدمت می‌کنند. به همین دلیل، آموزش نقش‌محور، تعیین پیشاپیش جانشین‌ها برای هر جایگاه (تا در صورت آسیب دیدن فرمانده، زنجیره فرماندهی نجبید)، برگزاری مانورهای دوره‌ای مبتنی بر ICS و نوبت‌بندی شیفت‌ها برای عملیات چندروزه، از الزامات پیش‌بحرانی برای عملیاتی شدن واقعی این ساختار در مناطق ۲۲ گانه است. همچنین لازم است سامانه‌های مخابراتی مشترک و واژگان استاندارد بین‌سازمانی (از جمله با آتش‌نشانی و هلال احمر) از پیش تمرین شده باشد؛ زیرا اختلاف واژگان و کانال‌های ارتباطی، از رایج‌ترین عوامل شکست هماهنگی میدانی در سوانح واقعی است.

جمع‌بندی

سیستم فرماندهی حادثه، چارچوبی جهانی، آزموده و انعطاف‌پذیر است که برای عملیات آواربرداری کلان‌شهر تهران دقیقاً همان چیزی را فراهم می‌کند که در بحران‌های بزرگ بیش از هر چیز لازم است: یک زنجیره فرماندهی روشن، تفکیک شفاف مسئولیت‌ها، تصمیم‌گیری مبتنی بر اهداف و داده، ایمنی نیروها و پاسخگویی مالی و حقوقی. تجربه جهانی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در آموزش و مانور ICS پیش از بحران، به مراتب کم‌هزینه‌تر از هزینه‌های ناشی از آشفته‌گی فرماندهی در لحظه حادثه است. مدیران و کارشناسان شهرداری تهران باید این ساختار را نه به عنوان یک الزام سند بالادستی، بلکه به عنوان ابزار کار روزانه خویش در بحران درونی‌سازی کنند.

منابع

۱. **قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)**. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران، و آیین‌نامه‌های اجرایی آن.
۲. **سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۰)**. اسناد و ساختار فرماندهی عملیات پاسخ به بحران شهر تهران؛ مجموعه شیوه‌نامه‌های فرماندهی حادثه. نشر شهر، تهران.

٧. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(٢٠١٧) .Incident Command System Resource Guide (ICS-١٠٠, ICS-٢٠٠, ICS-٣٠٠, ICS-٤٠٠) and National Incident Management System (NIMS), Third Edition .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

٨. **FEMA** .(٢٠١٩) .Debris Management Plan Development (FEMA P-١٠٢٥) — Chapter on Incident Command Integration in Debris Operations. Emergency Management Institute.

٩. **United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UN-OCHA)** .(٢٠١٨) .On-Site Operations Coordination Centre (OSOCC) Guidelines: Coordination of Urban Search, Rescue and Debris Clearance Operations .Geneva.

١٠. **International Organization for Standardization (ISO)** .(٢٠١٨) .ISO ٢٢٣٢٠: Security and Resilience — Emergency Management — Guidelines for Incident Management .Geneva.

١١. **Irwin, R. L** .(٢٠١٧) .Incident Command System Use in Adaptive, Stable, and Chaotic Disaster Responses: Case Studies of Large-Scale Debris Removal Operations .Journal of Contingencies and Crisis Management, ٢٥(٣), .١٨٣-١٩٤

اولویت‌بندی عملیات آواربرداری در شرایط بحران (ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران)

مقدمه و فلسفه اولویت‌بندی در شرایط کمبود منابع

وقوع بحران‌های انسان‌ساخت یا طبیعی با شدت بالا نظیر زلزله‌های با بزرگای شدید در کلان‌شهری مانند تهران، به شکل آنی و هم‌زمان موجب انسداد صدها معبر اصلی و فرعی، قطع دسترسی به مراکز حساس و فلج‌شدن شبکه حمل‌ونقل شهری می‌گردد. در ساعات و روزهای نخست سانحه، حجم آوار تولیدشده به مراتب فراتر از ظرفیت لحظه‌ای ناوگان ماشین‌آلات، نیروی انسانی و لجستیک شهرداری تهران و سازمان‌های همکار است. در چنین وضعیتی، اتخاذ رویکرد «پاک‌سازی تصادفی»، پاسخ‌گویی به فشارهای مقطعی شهروندان یا اقدام بدون نقشه راهبردی، به اتلاف زمان طلایی امداد و نجات و افزایش تصاعدی آمار تلفات انسانی می‌انجامد. فلسفه اولویت‌بندی در آواربرداری بر این اصل بنیادین استوار است که «هر مسیر یا ساختمانی ارزش عملیاتی یکسانی ندارد»؛ بنابراین مدیریت بحران شهری باید با تکیه بر تحلیل ریسک، شبکه ترافیکی اضطراری و ماتریس حیاتی شهر، منابع محدود را به صورت سلسله‌مراتبی و با هدف حداکثرسازی نجات جان انسان‌ها و حفظ پایداری زیستی کلان‌شهر تخصیص دهد.

فازبندی زمانی عملیات آواربرداری و جایگاه اولویت‌بندی

در استانداردهای بین‌المللی مدیریت آوار سوانح، عملیات آواربرداری در قالب سه فاز زمانی متوالی با اهداف و اولویت‌های کاملاً متمایز تعریف می‌شود.

فاز نخست که به عنوان «فاز واکنش اضطراری و نجات جان» شناخته می‌شود، در بازه زمانی ۷۲ تا ۹۶ ساعت ابتدایی سانحه حاکم است. در این فاز، مفهوم آواربرداری به معنای بارگیری کامل، پردازش و خردایش مصالح نیست، بلکه عملیات صرفاً با هدف «کنارزدن سریع آوار» (Debris Pushing / Clearance) و بازگشایی حداقل یک خط عبوری (Single Lane) برای تردد خودروهای امدادی، آتش‌نشانی و تجهیزات نجات صورت می‌گیرد. هرگونه اقدام زمان‌بر برای پاک‌سازی نهایی در این بازه، انحراف از مأموریت حیاتی نجات مصدومان زیر آوار تلقی می‌شود.

فاز دوم با عنوان «فاز تثبیت و بازگشت اولیه خدمات» پس از پایان عملیات جست و جو و نجات آغاز می گردد. در این فاز، دامنه عملیات به تعریض خطوط تردد، تخلیه کامل معابر مسدودشده، پایدارسازی سازه های در معرض ریزش حاشیه معابر و بازگشایی مسیرهای دسترسی به پایگاه های توزیع اقلام امدادی و اسکان اضطراری گسترش می یابد.

فاز سوم یا «فاز بازسازی و پاک سازی نهایی»، فرآیندی بلندمدت است که شامل بارگیری توده ای، انتقال به سایت های دپوی موقت و نهایی، تفکیک مصالح خطرناک، بازیافت و دفع مهندسی پسماندهای عمرانی در پهنه های خارج از شهر می شود. شناخت دقیق این توالی زمانی برای مدیران شهرداری ضروری است تا منابع فاز سوم را در فاز نخست مستهلک نسازند.

سطح اول اولویت: مراکز درمانی و پایگاه های امداد و نجات

نخستین و غیرقابل مذاکره ترین اولویت در ساعات اولیه بحران، آزادسازی کریدورهای دسترسی به بیمارستان های اصلی، مراکز ترومای فعال، پایگاه های اورژانس، ایستگاه های آتش نشانی و مقرهای فرماندهی مدیریت بحران است. بیمارستان های معین تهران و مراکز تخصصی درمانی در صورت مسدود بودن مسیرهای پیرامونی، عملاً از چرخه پذیرش مصدومان خارج می شوند و از سوی دیگر خودروهای اطفای حریق و نجات در ایستگاه ها زمین گیر می گردند. در این سطح از اولویت بندی، شهرداری تهران با هماهنگی سازمان آتش نشانی و اورژانس، تیم های واکنش سریع آواربرداری مجهز به لودرهای سنگین و بکهولودرهای چابک را به شعاع پیرامونی مراکز درمانی اعزام می کند تا مسیرهای ورودی و خروجی آمبولانس ها، پدهای فرود بالگرد امدادی و ورودی بخش های اورژانس بدون وقفه بازگشایی شوند.

سطح دوم اولویت: شریان های حیاتی و زیرساخت های کلیدی (Lifelines)

پس از تأمین دسترسی مراکز درمانی، تمرکز عملیات آواربرداری بلافاصله به سمت زیرساخت های حیاتی انرژی، آب، مخابرات و تأسیسات استراتژیک شهری معطوف می گردد. نشست یا انباشت آوار سنگین بر روی خطوط لوله انتقال آب اصلی، شیرفلکه های گاز، پست های توزیع برق و ایستگاه های پمپاژ، مانع از ارزیابی خسارت و اقدام تیم های فنی وزارت نیرو و شرکت ملی گاز می شود و خطر انفجارهای زنجیره ای یا جاری شدن سیلاب های ناشی از شکستگی خطوط انتقال آب را به شدت افزایش می دهد. تیم های مهندسی شهرداری در این سطح، با بهره گیری از تجهیزات

پایش و ماشین آلات هیدرولیکی با دقت بالا، وظیفه دارند بستر فیزیکی پیرامون تأسیسات حیاتی را از آوار پاک‌سازی کرده و دسترسی متخصصان زیرساختی را برای قطع یا ترمیم اضطراری شریان‌ها هموار سازند تا از وقوع بحران‌های ثانویه با پیامدهای غیرقابل جبران جلوگیری شود.

سطح سوم اولویت: شریان‌های ترافیکی اصلی و شبکه راه‌های اضطراری (EREN)

شبکه معابر کلان‌شهر تهران به عنوان رگ‌های حیاتی توزیع منابع، در زمان بحران نیازمند سلسله‌مراتب دسترسی تعریف‌شده است. اولویت آواربرداری در حوزه ترافیکی به ترتیب به بزرگراه‌ها و آزادراه‌های پیرامونی و ورودی شهر، شریان‌های درجه یک شریانی متصل‌کننده پهنه‌ها، و تقاطع‌های غیرهمسطح کلیدی اختصاص دارد. در مدل‌سازی‌های ترافیک اضطراری (شبکه EREN)، بزرگراه‌هایی نظیر همت، حکیم، امام علی، یادگار امام، آزادگان و آزادراه‌های ورودی به عنوان ستون فقرات تخلیه اضطراری و ورود نیروهای امدادی معین استان‌ها شناخته می‌شوند. انسداد این محورها به دلیل سقوط پل‌های عابر، فروریزش دیوارهای حائل یا ریزش سازه‌های بلندمرتبه مجاور، تمام شهر را با قفل ترافیکی مواجه می‌سازد؛ بنابراین گروه‌های عملیاتی پاک‌سازی شریان‌های ترافیکی موظف‌اند با ادوات برش حرارتی و هیدرولیکی سنگین و جرثقیل‌های با تناژ بالا، موانع فلزی و بتنی را با تکنیک کنارزدن سریع از سواره‌رو به حاشیه یا خط اضطرار منتقل نمایند تا جریان مستمر تردد امدادی برقرار بماند.

سطح چهارم اولویت: معابر جمع‌وپخش‌کننده، اماکن اسکان اضطراری و زنجیره لجستیک

با تثبیت شریان‌های اصلی و نجات اولیه، اولویت عملیاتی به معابر جمع‌وپخش‌کننده محلی، مسیرهای منتهی به پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در مناطق ۲۲گانه، سوله‌های اسکان اضطراری، بوستان‌های بزرگ معین و انبارهای اقلام امدادی هلال احمر تغییر می‌یابد. در این مرحله، حجم تردد خودروهای حامل اقلام زیستی، تانکرهای آبرسانی و خودروهای حمل بازماندگان افزایش می‌یابد و نیاز است معابر فرعی اتصال‌دهنده بافت‌های جمعیتی به شبکه شریانی اصلی با استفاده از تجهیزات سبک‌تر و کامیون‌های کمپرسی بازگشایی شوند. پاک‌سازی در این فاز مانع از انزوای محلات آسیب‌دیده، به‌ویژه در بافت‌های فرسوده و متراکم مرکزی و جنوبی شهر تهران می‌گردد و ارتباط لایه‌های محلی با ستاد مدیریت بحران منطقه را برقرار می‌سازد.

سطح پنجم اولویت: بافت‌های متراکم فرسوده، معابر بن‌بست و آواربرداری ساختمانی نهایی

آخرین سطح در سلسله‌مراتب اولویت‌بندی، پاک‌سازی کامل کوچه‌های کم‌عرض، معابر بن‌بست محلی و آواربرداری مستقیم از پلاک‌های ساختمانی تخریب‌شده برای آغاز بازسازی شهری است. در بافت‌های فرسوده‌ای نظیر مناطق ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۷ به دلیل عرض اندک معابر و نرخ بالای فشردگی آوار، امکان ورود ادوات سنگین وجود ندارد و عملیات نیازمند استفاده از مینی‌لودرها، پیکورهای کوچک و زنجیره حمل دستی یا بالابرهای سبک است. اجرای این عملیات مستلزم پایان یافتن تمامی مراحل جست‌وجوی قطعی مفقودین، خروج مواد خطرناک خانگی و صدور مجوزهای قانونی و قضایی است. هرگونه تعجیل در ورود به این مرحله پیش از تکمیل بازگشایی جریان‌های بالادستی، منجر به اشباع ظرفیت تردد و شکست کل زنجیره لجستیک بحران در سطح شهر خواهد شد.

معیارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره و متغیرهای پویا در اولویت‌بندی میدانی

در میدان عمل، اولویت‌بندی همواره یک فرمول خطی ثابت نیست و تحت تأثیر متغیرهای پویای محیطی دستخوش بازنگری قرار می‌گیرد. مهندسان و فرماندهان میدان شهرداری تهران باید بر اساس معیارهای سنجش ریسک نظیر «تراکم جمعیت در معرض خطر»، «نرخ آسیب‌پذیری سازه‌ای ابنیه همجوار معبر»، «احتمال وقوع مخاطرات ثانویه مانند فرونشست یا انفجار»، و «عرض معبر در مقایسه با شعاع پخش آوار» تصمیم‌گیری کنند. استفاده از سامانه‌های تصمیم‌یار مکانی (GIS) متصل به مرکز کنترل و فرماندهی شهرداری، این امکان را فراهم می‌سازد که با تغییر شرایط جوی، وقوع پس‌لرزه‌ها یا بروز آتش‌سوزی‌های ثانویه، اولویت محورهاى عملیاتی به سرعت بازآرایی شده و دستورهای تغییر مسیر به ناوگان مخابره گردد.

جمع‌بندی و الزامات پیاده‌سازی برای مدیران شهرداری تهران

نظام اولویت‌بندی عملیات آواربرداری ضامن کارآمدی، انضباط مالی، کاهش خسارات ثانویه و مهم‌تر از همه، افزایش شانس بقای شهروندان در بحران‌های بزرگ شهری است. کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران باید این رویکرد را از مرحله واکنش صرف خارج کرده و در قالب طرح‌های آمادگی پیش از بحران تدوین نمایند. این امر مستلزم شناسایی دقیق شبکه راه‌های اضطراری هر منطقه، آموزش اپراتورهای ماشین‌آلات در خصوص تاکتیک‌های کنارزدن سریع به جای بارگیری کند، تعیین پیشاپیش تجهیزات معین برای مراکز درمانی، و تمرین دوره‌ای این

سلسله‌مراتب در مانورهای سالانه شهری است تا در زمان وقوع رخداد، هیچ ابهامی در تقدم و اولویت گشایش گلوگاه‌های حیاتی پایتخت باقی نماند.

منابع

۱. **قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)**. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران.
۲. **سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۹۹)**. برنامه عملیاتی تخلیه و اسکان اضطراری و تعیین شبکه راه‌های اضطراری شهر تهران (EREN). معاونت آمادگی، مقابله و پدافند غیرعامل، شهرداری تهران.
۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA) (۲۰۱۹)**. Debris Management Plan Development (FEMA P-۱۰۲۵) — Chapter ۳: Debris Operations, Prioritization and Clearance Strategy. Emergency Management Institute, U.S. Department of Homeland Security.
۴. **United States Environmental Protection Agency (EPA) (۲۰۲۰)**. Planning for Natural Disaster Debris: Guidance for State, Local, and Tribal Governments. Office of Resource Conservation and Recovery, Washington, D.C.
۵. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit (۲۰۱۸)**. Disaster Waste Management Guidelines: Rapid Environmental Impact Assessment and Phase-Specific Operational Priorities. United Nations Environment Programme, Geneva.
۶. **Karunasena, G., Amaratunga, D., Haigh, R & Lill, I (۲۰۱۸)**. Post-Disaster Waste Management: Critical Success Factors and Prioritization of Infrastructure Clearance. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, ۹(۱), ۵۴-۷۱.
۷. **Federal Highway Administration (FHWA) (۲۰۱۷)**. Emergency Relief Manual: Federal-Aid Highway Route Prioritization and Debris Clearance Protocols. U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

تفکیک فازهای سه گانه عملیات آواربرداری در مدیریت بحران شهری (ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران)

مقدمه و ضرورت فازبندی تخصصی عملیات

مدیریت آواربرداری پس از رخداد سوانح عظیم طبیعی و انسان ساخت، نظیر زمین لرزه های ویرانگر یا حوادث انفجاری با تخریب گسترده، فرآیندی خطی و تک بعدی نیست که صرفاً با استقرار ماشین آلات خاک برداری در پهنه های تخریب شده محقق گردد. ماهیت بحران شهری اقتضا می کند که ماهیت اقدامات فنی، ماشین آلات مورد نیاز، سرعت مداخله و سطوح درگیری نیروی انسانی در طول زمان دستخوش تغییرات بنیادین شوند. بروز تداخل میان نیازهای امداد و نجات جان انسان ها با الزامات فنی پاک سازی معابر یا جابه جایی حجم انبوه مصالح، همواره به عنوان یکی از عوامل ناکارآمدی و افزایش تصاعدی تلفات جانی در بحران های گذشته ثبت شده است. از این رو، استانداردهای بین المللی نظیر دستورالعمل های گروه مشورتی بین المللی جست و جو و نجات (INSARAG)، آژانس فدرال مدیریت بحران (FEMA) و اسناد سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، عملیات آواربرداری را به سه فاز متمایز، سلسله مراتبی و با اهداف مشخص تفکیک می نمایند: فاز اول یا آواربرداری حیاتی با محوریت جست و جو و نجات شهری؛ فاز دوم یا بازگشایی اضطراری شریان ها و تثبیت دسترسی ها؛ و فاز سوم شامل عملیات آواربرداری سنگین، مدیریت سایت ها و پاک سازی نهایی شهر.

فاز نخست: آواربرداری حیاتی، ظریف و جست و جو و نجات شهری (USAR)

فاز اول عملیات بلافاصله پس از وقوع حادثه آغاز شده و در گستره زمانی بحرانی معروف به «زمان طلایی بقا» که معمولاً بین ۷۲ تا ۹۶ ساعت ابتدایی است متمرکز می گردد. مأموریت اصلی در این مرحله منحصراً معطوف به شناسایی فضاهای خالی زنده (Survival Voids)، دسترسی به مدفون شدگان و تخلیه ایمن مصدومان و محبوس شدگان از دل سازه های ویران شده است. از منظر متدولوژی فنی، در این فاز استفاده از ماشین آلات سنگین خاک برداری مانند لودر و بولدوزر به شدت ممنوع است؛ زیرا ارتعاشات ناشی از تردد شنی های فولادی، فشار نقطه ای باکتهای بر توده های ناپایدار و ایجاد بار متمرکز، مستقیماً به ریزش ثانویه لایه های خرد شده سازه و مرگ افراد گرفتار در حفره های بقا منجر می شود.

نقش محوری در فاز نخست بر عهده تیم‌های فوق تخصصی جست‌وجو و نجات شهری است که با استناد به سیستم طبقه‌بندی INSARAG، در قالب تیم‌های متوسط و سنگین عمل می‌کنند. این گروه‌ها از ابزارهای جست‌وجوی صوتی و تصویری پیشرفته، سگ‌های زنده‌یاب (۹K)، جک‌های هیدرولیکی، بالشتک‌های بادی فشار بالا، تجهیزات پایدارسازی سازه‌ای (Shoring) و ادوات برش سرد و دقیق بتن و فولاد برای ایجاد معابر نفوذ بدون اعمال بار دینامیکی بهره می‌برند. در این فاز، حضور ماشین‌آلات سنگین شهرداری تهران صرفاً در قالب نقش پشتیبان و تحت فرماندهی مستقیم سرتیم‌های نجات شهری مجاز است؛ مانند به کارگیری جرثقیل‌های دقیق جهت برداشتن المان‌های معلق باربر پیش از ورود نجاتگران، یا باز کردن مسیرهای مقطعی صرفاً در شعاع مجاور سازه برای ورود خودروهای درمانی و آمبولانس‌ها. در پایان این فاز و پس از اطمینان فنی-تخصصی از عدم حضور افراد زنده و با تأیید فرمانده کل میدان، مجوز تغییر رویکرد عملیاتی به فازهای بعدی صادر می‌شود.

فاز دوم: آواربرداری جهت بازگشایی معابر، شریان‌ها و پایدارسازی اولیه

با کاهش احتمال یافتن زنده‌ماندگان و هم‌زمان با استقرار تیم‌های تخصصی شناسایی و بازیافت اجساد، عملیات آواربرداری وارد فاز دوم می‌گردد. مأموریت اصلی این فاز، رفع انسداد شریان‌های ترافیکی بحرانی، بازگرداندن پایداری عملکردی به شبکه راه‌های اضطراری (EREN) و تأمین خطوط دسترسی به مناطق ایزوله‌شده، مراکز امدادی، بیمارستان‌ها و سایت‌های اسکان اضطراری است. فلسفه فنی فاز دوم بر راهبرد «کنارزدن سریع آوار» (Debris Clearance / Pushing) استوار است و هنوز زمان پرداختن به بارگیری و تخلیه کامل شهر فرا نرسیده است. در این مرحله، سرعت بازگشایی حداقل یک تا دو خط عبور برای استمرار تردد تانکرهای سوخت‌رسان، کامیون‌های توزیع آب و غذا و خودروهای سنگین آتش‌نشانی اولویت مطلق دارد.

ماشین‌آلات تخصصی این فاز شامل بیل‌های مکانیکی چرخ‌لاستیکی به دلیل چابکی و تحرک سریع در بافت شهری، لودرهای سنگین دارای باکت‌های حجم بالا برای راندن موانع به شانه معابر، گریدرها جهت تسطیح سطح تردد و کامیون‌های کمپرسی در ابعاد محدود جهت جابه‌جایی موانع غیرقابل رانش است. هم‌زمان، تیم‌های مهندسی عمران شهرداری تهران وظیفه ارزیابی پایداری دیوارهای ترانشه‌ها و سازه‌های مجاور سواره‌روها را بر عهده دارند؛ چرا که دیوارهای معلق یا نماهای ترک‌خورده در اثر ارتعاش ماشین‌آلات ممکن است بر سطح مسیرهای بازگشایی‌شده ریزش کنند. بنابراین، عملیات تخریب کنترل‌ی سازه‌های در آستانه فروریزش که معابر شریانی را تهدید می‌کنند نیز بخشی از

وظایف این فاز محسوب می‌شود. همچنین در حین کنارزدن مصالح، مراقبت ویژه جهت آسیب نرساندن به تأسیسات زیرسطحی انرژی و آب که در اثر زلزله یا ترانشه‌برداری سطحی آسیب‌پذیر شده‌اند، الزامی است.

فاز سوم: آواربرداری سنگین، مدیریت سایت‌ها و پاک‌سازی عمومی

فاز سوم طولانی‌ترین، پرهزینه‌ترین و لجستیک‌محورترین مرحله از مدیریت آوار در شرایط سانحه است که هفته‌ها، ماه‌ها و گاه تا سال‌ها پس از وقوع رویداد استمرار می‌یابد. در این فاز، هدف اصلی پاک‌سازی جامع پهنه‌های تخریب‌شده، انتقال کامل مصالح از معابر فرعی و پلاک‌های ثبتي مسکونی و تجاری، تفکیک زباله‌های خطرناک، بازیابی ارزش‌های اقتصادی و آماده‌سازی بستر شهر برای فرآیند بازسازی کالبدی است. عملیات در این مرحله تحت هدایت ساختار ICS بخش عملیات و برنامه‌ریزی شهرداری، نیازمند سازماندهی ناوگان انبوه‌تری از ماشین‌آلات سنگین شامل بیل‌های مکانیکی زنجیری تناژ بالا مجهز به چکش‌های هیدرولیکی (پیکور)، قیچی‌های هیدرولیکی تخریب بتن و برش میلگرد، سنگ‌شکن‌های سیار مستقر در کارگاه‌ها، لودرهای بزرگ و صدها دستگاه کامیون کمپرسی ده‌چرخ و تریلی‌های کمپرسی است.

فرآیند عملیاتی در فاز سوم مبتنی بر یک زنجیره مدیریت مواد جامع است. آوار ابتدا در مبدأ یا در سایت‌های تجمع موقت (Debris Management Sites) تخلیه می‌شود؛ در این ایستگاه‌ها، جریان آوار تحت فرآیند جداسازی چندمرحله‌ای قرار می‌گیرد تا مصالح سنگی و بتنی از آوار فلزی، چوب، مواد خطرناک زیست‌محیطی نظیر لوله‌ها و ورق‌های آذبتی، پسماندهای الکترونیکی و پسماندهای شیمیایی تفکیک گردند. سنگ‌شکن‌های سیار، قطعات حجیم بتنی را خرد کرده و به عنوان مصالح زیرسازی راه‌ها، پرکننده‌های ترانشه‌ها یا پایدارسازی بستر معابر به چرخه بازیافت وارد می‌سازند که این امر نه تنها فشار بر منابع طبیعی پیرامون پایتخت را کاهش می‌دهد، بلکه هزینه‌های گزاف ترابری به معادن و لندفیل‌های نهایی نظیر آرادکوه را به حداقل می‌رساند. افزون بر جنبه‌های فنی و زیست‌محیطی، بخش مالی و اداری شهرداری تهران در فاز سوم با استفاده از سیستم‌های بارنامه‌نویسی دیجیتال، باسکول‌های متحرک و کنترل‌های مبتنی بر GPS، بر صحت عملکرد پیمانکاران، توزین دقیق حجم مصالح و تطابق با برآوردهای مهندسی نظارت مستمر اعمال می‌نماید.

چالش‌های انتقال بین‌فازی و هماهنگی سازمانی در کلان‌شهر تهران

یکی از حساس‌ترین گلوگاه‌های مدیریتی در آواربرداری بحران، تعیین دقیق لحظه گذار از یک فاز به فاز بعدی است. گذار شتاب‌زده از فاز اول به فاز دوم می‌تواند به قیمت قطع امید از نجات شهروندان زنده محبوس در آوار تمام شود و موجی از بحران‌های اجتماعی و حقوقی پدید آورد؛ از سوی دیگر، تأخیر بیش از حد در ورود به فاز دوم موجب مسدود ماندن شریان‌های پشتیبان و تلف شدن مصدومانی خواهد شد که از زیر آوار خارج شده اما امکان انتقال به مراکز بیمارستانی را پیدا نمی‌کنند. بر همین اساس، اعلام خاتمه فاز اول و آغاز فاز دوم، مستلزم تصمیم مشترک فرمانده میدان، رئیس تیم‌های تخصصی جست‌وجو و نجات و نماینده عالی مراجع قضایی است.

در کلان‌شهر تهران، با توجه به بافت‌های فرسوده، ریزدانه و فاقد دسترسی در مناطقی نظیر مناطق مرکزی و جنوبی، تفکیک فازها مستلزم انعطاف‌پذیری جغرافیایی است؛ به این معنا که ممکن است در یک بزرگراه پیرامونی، عملیات در همان روز اول وارد فاز دوم و حتی سوم گردد، در حالی که در کوچه پس‌کوچه‌های بافت متراکم تاریخی، فاز اول تا روز چهارم تداوم داشته باشد. مدیران شهری باید با درک این تمایزها، از ارسال تجهیزات تخریبی فاز سوم به محدوده‌های تحت کاوش فاز اول به طور اکید ممانعت به عمل آورند.

جمع‌بندی

تفکیک سه‌گانه مراحل آواربرداری، منطق عملیاتی و مهندسی لازم برای جلوگیری از هرج‌ومرج، بهینه‌سازی تخصیص ناوگان، تضمین ایمنی امدادگران و بازماندگان، و شفافیت مالی و فنی را برای شهرداری تهران به ارمغان می‌آورد. مهندسان و کارشناسان مدیریت شهری باید این مفاهیم را از قالب تئوری خارج کرده و در تدوین دفاتر برنامه مدیریت آوار مناطق ۲۲گانه (Debris Management Plans) بگنجانند؛ به گونه‌ای که برای هر فاز عملیاتی، پروتکل‌های ماشین‌آلاتی، الزامات HSE، وظایف سازمانی و فرآیندهای مستندسازی مهندسی از پیش شفاف، ابلاغ و در مانورهای شبیه‌سازی شده آزموده شده باشد.

منابع

۱. **قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)**. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران و آیین‌نامه‌های اجرایی آن.

۲. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۱). دستورالعمل جامع عملیات مدیریت پسماند و آوار ناشی از بحران در کلان‌شهر تهران. نشر شهر، تهران.

۳. **International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)** .(۲۰۲۰) . INSARAG Guidelines, Volume II: Preparedness and Response, Manual B: Operations (Urban Search and Rescue Methodologies and Heavy Debris Coordination) .United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UN-OCHA), Geneva.

۴. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(۲۰۱۹) .Debris Management Plan Development (FEMA P-۱۰۲۵) — Chapter ۴: Phased Operational Approaches from Life Safety to Recovery .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۵. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit** .(۲۰۱۸) .Disaster Waste Management Guidelines: Phasing and Prioritization of Waste Streams in Post-Disaster Settings . United Nations Environment Programme, Geneva.

۶. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(۲۰۲۱) .Public Assistance Program and Policy Guide (PAPPG), FP ۱۰۴-۰۰۹-۲ (Debris Operations: Clearance vs. Removal Stages) .Washington, D.C.

۷. **Brown, C., Milke, M & Seville, E** .(۲۰۱۱) .Disaster waste management: A review article .Waste Management, ۳۱(۶), ۱۰۸۵-۱۰۹۸

هماهنگی میان بخشی در مدیریت آواربرداری بحران (شهرداری، هلال احمر، اورژانس، آتش نشانی، فراجا و نیروهای مسلح)

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و ضرورت راهبردی یکپارچگی چندسازمانی

پیچیدگی کالبدی، تراکم جمعیتی و گستردگی زیرساختی کلان‌شهر تهران سبب می‌شود که رخداد سوانح طبیعی با شدت بالا نظیر زلزله‌ای بزرگ در پهنه گسلی پایتخت، هرگز در قالب مأموریت‌های تک‌سازمانی قابل مدیریت نباشد. انباشت میلیون‌ها تن آوار بتنی، فلزی و ترکیبی در معابر و بلوک‌های ساختمانی، هم‌زمان مأموریت‌های امداد و نجات، اطفای حریق، انتقال مصدومان، مدیریت ترافیک و حفظ امنیت عمومی را متأثر می‌سازد. در چنین شرایطی، جزیره‌ای عمل کردن سازمان‌ها، عدم پذیرش ساختار رهبری واحد و تداخل در واگذاری ماشین‌آلات و تجهیزات فنی، مستقیماً به اتلاف ساعات طلایی نجات، ایجاد گره‌های کور در شبکه راه‌های اضطراری و هدررفت شدید منابع لجستیکی می‌انجامد. مدیریت آواربرداری مؤثر نیازمند یک سازوکار یکپارچه، پیش‌بینی‌پذیر و تمرین‌شده میان کلیه بازیگران اصلی بحران است که در آن، خطوط فرماندهی، مرزبندی اختیارات، پروتکل‌های ارتباطی و مکانیزم‌های تبادل اطلاعات میان ارگان‌های خدمات‌رسان شهری، امدادی، انتظامی و دفاعی به شکلی ساختاریافته تعریف شده باشد.

۲. اسناد بالادستی، چارچوب قانونی و جایگاه فرماندهی سانحه در پایتخت

از منظر حقوقی و اسناد مرجع کشوری، هماهنگی میان دستگاه‌ها در سوانح بزرگ کلان‌شهر تهران بر مبنای «قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)»، «سند ملی استراتژی مدیریت بحران» و «آیین‌نامه‌های اجرایی ستاد مدیریت بحران شهر تهران» شکل می‌گیرد. بر طبق ماده ۱۱ و تبصره‌های ذیل قانون مدیریت بحران کشور، شهردار تهران مسئولیت فرماندهی بحران در پهنه پایتخت را تحت نظارت عالی وزارت کشور بر عهده دارد که این مأموریت از طریق «سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (TDMMO)» عملیاتی می‌شود.

در نظام مدیریت یکپارچه بحران، چارچوب استاندارد «سیستم فرماندهی سانحه (ICS)» به عنوان زبان مشترک سازمانی پذیرفته شده است. در عملیات آواربرداری، شهرداری تهران در شاخه عملیات (Operations Section) وظیفه تخصصی بازگشایی معابر، ترابری سنگین و مدیریت پسماندهای ساختمانی را بر عهده دارد، اما تصمیم‌گیری

در خصوص ورود تجهیزات مهندسی به محوطه‌های آسیب‌دیده، تابع هماهنگی مستقیم با ساختار فرماندهی یکپارچه (Unified Command) است که نمایندگان تام‌الاختیار آتش‌نشانی، هلال‌احمر، اورژانس، فراجا و نیروهای مسلح در آن حضور عملیاتی دارند تا هرگونه اقدام مهندسی بدون مجوز ایمنی یا تداخل با عملیات حیات‌بخش متوقف شود.

۳. ماتریس هماهنگی عملیاتی میان شهرداری و سازمان‌های کلیدی

همگرایی میدانی نیازمند تفکیک دقیق وظایف، هم‌پوشانی‌های سازنده و درک متقابل الزامات فنی میان شهرداری تهران و سایر ارگان‌هاست:

شهرداری تهران و سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی: آتش‌نشانی تهران به عنوان تخصصی‌ترین بازوی واکنش سریع شهرداری، پیش‌قراول مواجهه با سازه‌های ویران‌شده است. پیش از هرگونه اقدام به آواربرداری سنگین توسط ماشین‌آلات مناطق، تیم‌های آتش‌نشانی باید پایش خطرات ثانویه نظیر نشت گاز، خطر ریزش آوارهای معلق، اتصال کابل‌های فشارقوی، اشتعال مواد شیمیایی و شناسایی فضا‌های خالی را به انجام رسانند. مهندسان شهرداری باید تسلیم ارزیابی‌های ایمنی فرمانده میدان آتش‌نشانی باشند و ورود لودرها و بیل‌های مکانیکی صرفاً جهت پایدارسازی شمع‌ها (Shoring)، جابه‌جایی المان‌های فوق‌سنگین بتنی مسدودکننده با جرثقیل و ایجاد دسترسی برای مهار حریق یا نجات محبوسین صورت پذیرد.

شهرداری تهران و جمعیت هلال‌احمر: جمعیت هلال‌احمر متولی اصلی اسکان اضطراری، جست‌وجو و نجات بین‌شهری و توزیع اقلام امدادی است. در فاز اولیه بحران، هماهنگی شهرداری با هلال‌احمر حول محور پشتیبانی مهندسی از تیم‌های آنست (سگ‌های تجسس ۹K) و تیم‌های تخصصی نجات آوار می‌چرخد. ماشین‌آلات سنگین شهرداری موظف‌اند بدون ایجاد لرزش در پیرامون سایت‌های زنده، خطوط نفوذ را با راهنمایی کارشناسان نجات هلال‌احمر هموار سازند. همچنین در فازهای بعدی، شهرداری موظف است زمین‌های پیش‌بینی شده برای اسکان موقت را تسطیح، پاک‌سازی و خاک‌برداری کند و مسیرهای توزیع کاروان‌های امدادی هلال‌احمر را از موانع فیزیکی بزداید.

شهرداری تهران و سازمان اورژانس استان تهران: در ساعات آغازین بحران، زنجیره نجات مصدومان عمیقاً به پاک‌سازی کریدورهای تردد بستگی دارد. هماهنگی شهرداری با اورژانس بر اساس حفظ پیوستگی شبکه راه‌های اضطراری (EREN) تعریف می‌شود. تیم‌های آواربرداری سریع مناطق شهرداری مأموریت دارند ورودی پایگاه‌های اورژانس، پدهای بالگرد امدادی (Heli-pads) و مسیرهای اصلی منتهی به بیمارستان‌های سانحه و تروما را به صورت ۲۴ ساعته و بدون وقفه از آوار پاک‌سازی نمایند. از سوی دیگر، حضور تیم‌های تریاژ و موتورلانس‌های اورژانس در کنار سایت‌های در حال آواربرداری برای رسیدگی آنی به مصدومان خارج‌شده یا آسیب‌دیدگان ناشی از حوادث حین کارگران آواربرداری الزامی است.

شهرداری تهران و فرماندهی انتظامی تهران بزرگ (فراجا): اجرای عملیات مهندسی بدون برقراری نظم، مهار جمعیت و امنیت ترافیکی غیرممکن است. فراجا و پلیس راهور تهران بزرگ وظیفه دارند پیرامون سایت‌های آواربرداری سنگین را طناب‌کشی و محصور (Cordon) کرده و از ورود افراد غیرمسئول، بستگان نگران و سارقان اموال به کارگاه‌های آواربرداری ممانعت به عمل آورند. علاوه بر این، پلیس راهور با اجرای طرح‌های محدودیت ترافیکی و ایجاد خطوط ویژه اضطرار، مسیر حرکت ستون‌های لودرها، بیل‌ها و کامیون‌های حمل آوار به سمت ایستگاه‌های انتقال موقت و نهایی را اسکورت و روان‌سازی می‌نماید تا ناوگان سنگین در ترافیک شهری متوقف نگردد.

شهرداری تهران و قرارگاه‌های مهندسی نیروهای مسلح (ارتش، سپاه و بسیج): با توجه به حجم فراتر از ظرفیت آوار در زلزله‌های احتمالی تهران، ناوگان ملکی و پیمانکاری شهرداری تنها بخشی از تقاضای لجستیکی را پوشش می‌دهد. ورود توان مهندسی و ماشین‌آلات فوق‌سنگین نیروی زمینی ارتش، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء و یگان‌های مهندسی سپاه پاسداران اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. هماهنگی با این نیروها از طریق ستاد کل نیروهای مسلح و قرارگاه ثارالله در مرکز هدایت عملیات بحران شهر تهران انجام می‌گیرد. مهندسان شهرداری به عنوان متولیان بافت کالبدی شهر، اطلاعات مکانی، نقشه‌های رقومی زیرساخت‌ها و پهنه‌های اولویت‌دار تخلیه را در اختیار یگان‌های مهندسی نظامی قرار می‌دهند تا این نیروها بتوانند توان ماشین‌آلاتی و پل‌سازی‌های اضطراری خود را در گلوگاه‌های از پیش تعیین‌شده متمرکز سازند.

۴. یکپارچگی ارتباطی، پروتکل‌های تبادل داده و پایش هوشمند مشترک

یکی از آسیب‌پذیرترین نقاط هماهنگی در دقایق نخست بحران، قطع خطوط ارتباطی تلفن همراه و شبکه‌های عمومی است. عدم وجود بستر ارتباطی مقاوم به سرعت زنجیره هماهنگی میان‌بخشی را از هم می‌گسلد. شهرداری تهران و سازمان‌های همکار موظف‌اند پروتکل ارتباطات تاکتیکی را بر بستر شبکه‌های رادیویی امن و مستقل (سیستم‌های ترانک تتر، بی‌سیم‌های دیجیتال و ماهواره‌ای) پیاده‌سازی کنند که در آن کانال‌های مشخصی برای هماهنگی عملیات مشترک آواربرداری تخصیص یافته باشد.

هم‌زمان، جریان داده‌های مکانی نقشی کلیدی در هم‌راستایی سازمان‌ها ایفا می‌کند. مرکز فرماندهی شهرداری تهران با استفاده از پایگاه داده‌های مکانی برخط (WebGIS) و دریافت تصاویر ماهواره‌ای با روزآمدی بالا یا اطلاعات پروازی پهپادهای شناسایی، نقشه‌های حرارتی تخریب، وضعیت باز یا بسته بودن معابر و پهنه‌های استقرار اکیپ‌ها را به اشتراک می‌گذارد. دسترسی هم‌زمان اورژانس، هلال‌احمر و پلیس به این لایه‌های اطلاعاتی مانع از ارسال موازی نیروها به یک نقطه و غفلت از مناطق آسیب‌دیده دیگر می‌گردد.

۵. پروتکل‌های عملیاتی انتقال فرمان و حل تعارض در صحنه آواربرداری

در میدان حادثه، تعارض در اولویت‌ها امری محتمل است؛ به عنوان نمونه ممکن است فرمانده ارشد اورژانس خواهان تسریع عبور از یک کوچه باشد، در حالی که سرتیم نجات آتش‌نشانی یا هلال‌احمر به دلیل احتمال وجود فرد زنده در دهانه سازه همجوار، مانع از حرکت باکت لودر شهرداری شود. پروتکل‌های بین‌بخشی حل تعارض، اصل بنیادین «تقدم حیات بر پاک‌سازی فیزیکی» را حاکم می‌دانند. تا زمانی که نماینده رسمی تیم‌های جست‌وجو و نجات خروج کامل مصدومان یا شهادت بر عدم حیات را ثبت نکرده باشد، هیچ مدیری در سطح شهرداری مجاز به آغاز عملیات خاک‌برداری مکانیکی نخواهد بود. کلیه اختلافات میدانی بر سر اولویت بازگشایی مسیرها نه از طریق نزاع نیروهای اجرایی، بلکه باید با حضور افسران رابط (Liaison Officers) در پست فرماندهی حادثه محلی (ICP) و بر مبنای نقشه‌های اولویت‌بندی EREN و دستورالعمل فرمانده واحد صحنه حل و فصل شود.

۶. اقدامات پیش‌نیاز هماهنگی در فاز پیش از سانحه (آمادگی و تاب‌آوری)

هماهنگی میان‌بخشی پدیده‌ای نیست که پس از آغاز زمین‌لرزه خلق شود؛ بلکه محصول توافقات حقوقی، آموزش‌های مشترک و مانورهای میدانی مداوم در زمان آرامش است. شهرداری تهران و سازمان‌های معین باید اقدام به تدوین و امضای تفاهمنامه‌های سطح خدمات (SLA) و قراردادهای همکاری متقابل نمایند که در آن‌ها مواردی چون پروتکل‌های تأمین سوخت اضطراری، سهمیه‌بندی قطعات یدکی ماشین‌آلات، مسئولیت‌های حقوقی ناشی از حوادث کارگاهی و سیستم‌های تسویه‌حساب مالی پس از بحران به روشنی تصریح شده باشد.

برگزاری تمرین‌های دوره‌ای دورمیزی (Tabletop Exercises) و مانورهای عملیاتی میدانی مشترک در مناطق پرریسک پایتخت، موجب آزمون کارایی ادوات ارتباطی، هماهنگ‌سازی کدها و علائم ارتباطی رادیویی و ایجاد انسجام روانی و کاری میان مدیران ارشد شهرداری، فرماندهان نظامی و رؤسای سازمان‌های امدادی خواهد شد؛ سازوکاری که در روز حادثه ضامن نجات حداکثری جان شهروندان و آغاز سریع بازسازی پایتخت است.

منابع

۱. **قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)**. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران، شماره ۲۱۶۸۰.
۲. **سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲)**. سند نظام مدیریت بحران شهر تهران و پروتکل‌های همکاری بین‌دستگاهی در عملیات پاسخ به حوادث بزرگ. انتشارات شهر، تهران.
۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۱۷). **National Incident Management System (NIMS) — Multiagency Coordination System (MACS) and Unified Command Protocols**. U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.
۴. **International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)**. (۲۰۲۰). **INSARAG Guidelines, Volume II: Preparedness and Response, Manual C: Multi-Agency Coordination and Civil-Military Cooperation in USAR Operations**. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UN-OCHA), Geneva.
۵. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit**. (۲۰۱۸). **Disaster Waste Management Guidelines: Stakeholder Roles, Governance, and Inter-Agency Resource Allocation**. United Nations Environment Programme, Geneva.

8. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (2019). **Public Assistance: Debris Management Plan Development (FEMA P-1025)** — Interagency Roles, Law Enforcement, and Defense Logistics Collaboration. Washington, D.C.

9. **Kapucu, N & Garayev, V**. (2013). **Designing Collaborative Emergency Management Networks: Interorganizational Coordination in Large-Scale Disasters**. *International Journal of Public Administration*, 36(6), 42-44

تحلیل فنی و کاربرد ماشین آلات سنگین، نیمه سنگین و تجهیزات هیدرولیکی در مدیریت آوار بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و نقش راهبردی مکانیزاسیون در مدیریت آوار بحران

در مواجهه با بحران‌های بزرگ مقیاس شهری نظیر زلزله‌های مخرب، انفجارهای گسترده یا فروریزش‌های زنجیره‌ای ابنیه، عملیات آواربرداری به عنوان شالوده اصلی نجات مصدومان، بازگشایی شریان‌های حیاتی و بازسازی کالبدی شهر مطرح می‌گردد. در کلان‌شهری مانند تهران با تنوع بافت کالبدی—از برج‌های بلندمرتبه و مدرن در پهنه‌های شمالی گرفته تا معابر فوق‌متراکم و نفوذناپذیر در بافت‌های فرسوده مرکزی و جنوبی—انتخاب کورکورانه، تخصیص نامناسب یا کاربرد ناصحیح ماشین آلات نه تنها سرعت پاسخ‌دهی را کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند به مرگ بازماندگان گرفتار در فضا‌های خالی زنده، انهدام تأسیسات زیرسطحی انرژی و آب، و انسداد مضاعف شبکه معابر بینجامد. شناخت جامع ویژگی‌های دینامیکی، ظرفیت‌های مانور، محدودیت‌های ژئوتکنیکی و اتصالات تخصصی هر یک از ماشین آلات سنگین و نیمه سنگین، پیش‌شرط ضروری برای مدیران بحران و مهندسان شهرداری است تا زنجیره لجستیک آوار را در اوج رخداد با حداکثر بهره‌وری و حداقل آسیب هدایت نمایند.

۲. بیل مکانیکی (چرخ زنجیری و چرخ لاستیکی) و الحاقات تخصصی هیدرولیک

بیل‌های مکانیکی به عنوان همه‌کاره‌ترین، دقیق‌ترین و حیاتی‌ترین ماشین آلات در عملیات مدیریت آوار شناخته می‌شوند. تفاوت بنیادین سیستم پیش‌رانش چرخ زنجیری و چرخ لاستیکی، نقش معناداری در سناریوهای بحران ایفا می‌کند؛ بیل‌های چرخ زنجیری به دلیل توزیع بار در سطح وسیع‌تر از طریق شنی‌ها، پایداری استاتیکی فوق‌العاده‌ای در حرکت بر روی توده‌های ناپایدار آوار و زمین‌های سست دارند و کمترین ریسک لغزش یا واژگونی را تحمیل می‌کنند، هرچند سرعت جابه‌جایی آن‌ها در شبکه شهری پایین است و به بستر آسفالت آسیب وارد می‌سازد. در مقابل، بیل‌های چرخ لاستیکی تحرک و چابکی بسیار بالایی برای تغییر موضع سریع میان معابر شریانی و تقاطع‌ها دارند، اما در صعود به شیب‌های تند توده‌های آوار ناپایدار با محدودیت مواجه‌اند.

آنچه ارزش عملیاتی بیل مکانیکی را در فازهای مختلف آواربرداری متمایز می‌سازد، تنوع الحاقات هیدرولیکی (Hydraulic Attachments) قابل نصب بر روی بازوی آن است:

چکش‌های هیدرولیکی سنگین (پیکور): این ابزارها با اعمال ضربات متوالی با فرکانس بالا، قطعات بسیار حجیم بتن مسلح، دال‌های واژگون‌شده و دیوارهای برشی را به ابعاد کوچک‌تر و قابل بارگیری تبدیل می‌نمایند؛ هرچند کاربرد آن‌ها در فاز نخست (تجسس و نجات) به دلیل تولید امواج لرزه‌ای مخرب که موجب تخریب حفره‌های بقا می‌شود، کاملاً ممنوع است و صرفاً در فازهای دوم و سوم مجاز خواهد بود.

قیچی‌های هیدرولیکی تخریب و برش بتن (Crushers/Pulverizers): این تجهیزات با ایجاد فشار هیدرولیکی متمرکز و بدون ایجاد ضربه و لرزش شدید، مغز بتن مسلح را خرد کرده و آرماتورها را از آن جدا می‌سازند که روشی ایده‌آل برای جداسازی مصالح در سایت‌های دپو و کاهش حجم آوار است.

قیچی‌های برش ضایعات فولادی (Shears): این الحاقات برای قطعه‌قطعه کردن المان‌های سنگین فولادی نظیر تیرآهن‌های لانه‌زنبوری، ستون‌های باکس، کابل‌ها و اسکلت‌های واژگون‌شده صنعتی کاربرد دارند که امکان جابه‌جایی سریع مقاطع سنگین فلزی بدون نیاز به عملیات کند و پرخطر برش حرارتی با گاز را فراهم می‌آورند.

چنگک‌های هیدرولیکی یا باکت‌های چندمنظوره (Grapples/Thumbs): این ابزارها با شبیه‌سازی عملکرد دست انسان، امکان برداشتن گزینشی و بسیار دقیق اشیاء، پاک‌سازی پلاک به پلاک و حذف موانع معلق بدون وارد ساختن فشار جانبی به سازه‌های مجاور را برای اپراتور مهیا می‌کنند.

۳. لودرها و بولدوزرها: کاربرد در راندن سریع و بارگیری انبوه

لودرهای چرخ‌لاستیکی به عنوان ستون فقرات جابه‌جایی مصالح در فازهای میانی و نهایی آواربرداری عمل می‌کنند. این ماشین‌آلات با تکیه بر ظرفیت بالای جام (باکت) و سرعت مانور مناسب، قادرند در کوتاه‌ترین زمان، مصالح خردشده را به کامیون‌های کمپرسی منتقل سازند. در ساعات نخست پس از پایان فاز جست‌وجو، لودرهای سنگین با اجرای تاکتیک «کنارزدن سریع و ممتد» (Pushing)، خطوط عبور شریان‌های ترافیکی را از توده‌های پخش شده آوار پاک‌سازی می‌کنند. با این حال، استفاده از لودر بر روی بسترهای شیب‌دار با لایه‌های لغزنده خطر واژگونی به

همراه دارد و آسیب‌پذیری لاستیک‌های آن در برابر میلگردهای نوک‌تیز و شیشه‌های شکسته، لزوم تجهیز چرخ‌ها به زنجیرهای محافظ ضدبرش را در بحران‌های واقعی دوچندان می‌سازد.

در سوی دیگر، بولدوزرها با داشتن زنجیرهای مقاوم و تیغه‌های مستحکم با زاویه تغییرپذیر (Angledozer)، برترین توان پیش‌رانش را برای هموارسازی مسیرها، ایجاد خاکریزهای محافظتی در برابر سیلاب‌های پس از سانحه، و مسطح‌سازی بستر سایت‌های دپوی موقت در اختیار تیم‌های امدادی قرار می‌دهند. نقص عمده بولدوزر در بافت کلان‌شهری، وزن بسیار بالا و ماهیت غیرانتخابی فشار تیغه آن است که در صورت عدم هدایت دقیق مهندسی، می‌تواند تأسیسات زیرزمینی آب و گاز سطحی را به طور کامل قطع کند یا خودروهای مانده در زیر آوار را که ممکن است حاوی مصدومان باشند در هم بکوبد.

۴. جرثقیل‌های سنگین متحرک (بوم‌خشک و هیدرولیک تلسکوپی)

جرثقیل‌ها تجهیزات استراتژیک و حیاتی در سناریوهای فروریزش پیچیده سازه‌ای هستند که عمدتاً در فاز نخست (پشتیبانی عملیات نجات) و فازهای بازگشایی گلوگاه‌ها به کار گرفته می‌شوند. در جریان عملیات جست‌وجو و نجات شهری، گاه دال‌های یکپارچه بتنی چنده‌تنی، سقف‌های سقوط کرده به شکل ساندویچی، یا اسکلت‌های فلزی سنگین مانع از ورود تیم‌های امدادی به اعماق ویرانه‌ها می‌گردند. در چنین وضعیتی، تلاش برای خرد کردن دال با پیکور باعث لرزش و خفگی نجات‌یافتگان می‌شود؛ بنابراین تنها راهکار مهندسی، مهار و بلند کردن کنترل‌شده (Rigging and Lifting) المان بتنی با استفاده از جرثقیل‌های هیدرولیکی تلسکوپی است.

مهندسان شهرداری باید پیش از استقرار جرثقیل، ظرفیت باربری خاک بستر و معبر را دقیقاً محاسبه نمایند؛ چرا که جک‌های تعادلی (Outriggers) جرثقیل فشارهای نقطه‌ای عظیمی بر سطح وارد می‌سازند و استقرار آن‌ها بر روی کانال‌های فرسوده آب، قنات‌های ناشناخته زیرسطحی یا سقف موتورخانه‌های مدفون می‌تواند به فرونشست آنی و واژگونی فاجعه‌بار دکل جرثقیل منجر شود. استفاده از پدهای چوبی و فولادی گسترده در زیر جک‌ها و محاسبه دقیق نمودار بار (Load Chart) بر اساس شعاع کاری بوم، از الزامات تخطی‌ناپذیر کار با این تجهیزات است.

۵. مینی لودرها (باب کت) و تجهیزات میکرو برای بافت‌های نفوذناپذیر

یکی از معضلات ساختاری کلان‌شهر تهران، وجود بافت‌های متراکم تاریخی و فرسوده با معابر با عرض کمتر از دو تا سه متر و بن‌بست‌های طولانی است؛ مناطقی که ورود ماشین‌آلات سنگین متعارف به آن‌ها عملاً غیرممکن است. در این جغرافیا، مینی لودرها (نظیر خانواده Bobcat) و مینی‌بیل‌های مکانیکی به اصلی‌ترین ابزار نجات و بازگشایی معابر تبدیل می‌شوند. این تجهیزات با ابعاد هندسی فشرده، شعاع گردش درجا (Zero-radius turning)، وزن پایین و قابلیت تجهیز به الحاقات متنوع نظیر باکت‌های باربری، چکش‌های هیدرولیک کوچک، تیغه‌های روبنده و چنگک‌ها، می‌توانند در دالان‌های باریک نفوذ کرده و بدون بارگذاری سنگین بر دیواره‌های نیمه‌تخریب‌شده مجاور، آوار را به معابر بازتر منتقل نمایند تا از آنجا با کامیونت‌های سبک بارگیری شود.

۶. ناوگان ترابری و لجستیک دفع (کامیون‌های کمپرسی و کشنده‌ها)

تولید آوار در سوانح بزرگ پایتخت نیازمند یک شبکه پیوسته ترابری است تا از اشباع شهر جلوگیری گردد. کامیون‌های کمپرسی ده‌چرخ (جفت‌محور) به عنوان تعادل بهینه‌ای میان حجم بارگیری (حدود ۱۰ تا ۱۲ متر مکعب) و قدرت مانور در خیابان‌های شهری شناخته می‌شوند. کامیونت‌های تک‌محور و شش‌چرخ برای معابر فرعی تر و کشنده‌های مجهز به تریلرهای کمپرسی سنگین منحصراً برای فاز پایانی و انتقال آوار از «سایت‌های دپوی موقت پیرامون شهر» به «مراکز پردازش نهایی» نظیر آرادکوه مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدیریت هوشمند این ناوگان نیازمند تجهیز خودروها به سامانه‌های ردیابی مکانی (AVL/GPS) و استقرار سیستم‌های توزین متحرک است تا از انحراف در مسیرهای تخلیه یا تخلیه غیرمجاز در حاشیه مسیل‌ها و اراضی کشاورزی حومه تهران ممانعت شود.

۷. ماتریس تصمیم‌گیری مهندسی در گزینش ماشین‌آلات و الزامات نگهداری (HSE)

گزینش نوع ماشین‌آلات در هر منطقه تابعی از «فاز زمانی بحران»، «عرض معبر»، «جنس و ساختار آوار (فولادی، بتنی، بنایی)» و «پایداری سازه‌های همجوار» است. در مدیریت کارگاهی این تجهیزات، مدیران شهری باید زنجیره تأمین سوخت اضطراری (گازوئیل تصفیه‌شده)، تأمین روغن‌های هیدرولیک و استقرار تیم‌های تعمیر و نگهداری سیار (Mobile Workshop) را از پیش سازماندهی نمایند؛ زیرا قطع زنجیره تأمین سوخت یا استهلاک بر اثر غبار معلق سنگین می‌تواند نیمی از ناوگان را در همان روزهای ابتدایی از چرخه عملیات خارج سازد. رعایت پروتکل‌های ایمنی

زیست محیطی و فردی، نظیر آب پاشی مداوم به منظور جلوگیری از انتشار ذرات غبار آزبست و سیلیس، و استفاده از کابین های مجهز به فیلتراسیون هوای فشار مثبت (ROPS/FOPS) برای حفاظت اپراتورها در برابر ضربه و ریزش، از ارکان غیر قابل چشم پوشی عملیات مکانیزه آواربرداری است.

۸. جمع بندی

مدیریت کارآمد آواربرداری در تهران مستلزم گذار از به کارگیری سنتی ماشین آلات به رویکرد مهندسی و مبتنی بر سامانه یکپارچه ناوگان است. مهندسان و مدیران مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران باید بانک اطلاعاتی دقیقی از مشخصات، مالکیت (ملکی و بخش خصوصی)، ابعاد و الحاقات تخصصی ماشین آلات موجود در حوزه استحفاظی خود تهیه کرده و با برگزاری دوره های مهارت افزایی برای اپراتورها در زمینه رفتارشناسی سازه های تخریب شده، ضریب تاب آوری پایتخت را در مواجهه با حوادث غیر مترقبه به حداکثر برسانند.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۱). استانداردهای بکارگیری ماشین آلات مهندسی و لجستیک سنگین در شرایط اضطراری شهر تهران. نشر شهر، تهران.

۲. Debris (۲۰۱۹). **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. Management Plan Development (FEMA P-۱۰۲۵) — Chapter ۵: Equipment Capabilities, Contracting, and Operational Execution .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۳. **International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)**. (۲۰۲۰). INSARAG Guidelines, Volume II: Preparedness and Response, Manual B: Operations (Heavy Machinery Integration and Safety Protocols) .UN-OCHA, Geneva.

۴. **Caterpillar Inc**. (۲۰۲۱). Caterpillar Performance Handbook (Edition ۴۹): Earthmoving and Demolition Equipment Capacity and Job Analysis .Peoria, Illinois.

۵. **United States Army Corps of Engineers (USACE)**. (۲۰۱۸). Disaster Debris Management: Technical Specifications and Heavy Equipment Deployment Field Guide .Washington, D.C.

6. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit** .(2018) .Disaster Waste Management Guidelines: Technology and Mechanical Selection for Debris Processing and Demolition .United Nations Environment Programme, Geneva.

7. **Pehlivan, H & Bayraktar, M. E** .(2020) .Heavy Equipment Allocation and Routing Optimization in Post-Earthquake Urban Debris Clearance Operations . Journal of Construction Engineering and Management, 146(8), 04020089

به کارگیری فناوری‌های نوظهور در مدیریت آوار بحران (سامانه‌های پهپادی، سنسورهای زنده‌یاب، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان BIM و سامانه‌های اطلاعات مکانی GIS)

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و پارادایم تحول دیجیتال در چرخه مدیریت آوار

مدیریت سنتی آواربرداری در سوانح با تلفات گسترده، مبتنی بر ارزیابی‌های چشمی، تخمین‌های دستی حجم مصالح و هدایت تجربی ماشین‌آلات سنگین است؛ روش‌هایی که در مواجهه با چگالی و پیچیدگی کالبدی شهری مانند تهران، با ضریب خطای بسیار بالا، کندی مفرط و اتلاف ساعات طلایی نجات همراه‌اند. بروز زمین‌لرزه‌ای شدید در گستره گسل‌های فعال پایتخت، نیاز مبرمی به گذر از رویکردهای واکنشی سنتی به سمت مدیریت داده‌محور و هوشمند ایجاد می‌نماید. تلفیق فناوری‌های نوظهور شامل وسایل پرنده بدون سرنشین (پهپادها)، آرایه‌های نوین سنسورهای زنده‌یاب، پلتفرم‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و سامانه‌های تحلیل مکانی (GIS)، چارچوب تصمیم‌گیری نوینی پدید می‌آورد که مدیران شهرداری را قادر می‌سازد تا در کوتاه‌ترین زمان، ارزیابی آسیب‌ها را با دقت سانتی‌متری انجام داده، عملیات نجات را بدون خطای انسانی هدایت کنند و ناوگان دفع پسماند را با کمترین هزینه و در بهینه‌ترین مسیرهای ترافیکی مستقر سازند.

۲. سامانه‌های پرنده بدون سرنشین (پهپادها) و سنجش از دور فتوگرامتری

پهپادهای تخصصی مأموریت‌های مدیریت بحران، به عنوان چشم هوایی فرماندهی عملیات، نخستین لایه آگاهی موقعیتی را در دقایق آغازین پس از وقوع سانحه پدید می‌آورند. کاربرد اصلی این پرنده‌ها در حوزه ارزیابی خسارت بر پایه دو فناوری مکمل فتوگرامتری هوایی و اسکن نوری لیدار (LiDAR) استوار است. با اجرای پروازهای خودکار و مبتنی بر شبکه مختصات در پهنه‌های تخریب‌شده، داده‌های تصویری با وضوح مکانی فوق‌العاده بالا به سرعت به ارتوفتوهای دوبعدی زمین مرجع و ابرهای نقاط سه‌بعدی (D Point Clouds^۳) مبدل می‌گردند.

مهندسان شهرداری با اعمال الگوریتم‌های هوش مصنوعی و بینایی ماشین بر این تصاویر، قادر به محاسبه تفکیکی حجم آوار (Volumetric Analysis) از طریق مقایسه داده‌های ارتفاعی رقومی سطح زمین پیش و پس از رخداد (DSM Difference) می‌شوند. افزون بر محاسبه حجم مصالح نیازمند بارگیری، پهپادهای مجهز به دوربین‌های

حرارتی (FLIR) و حسگرهای چندطیفی، امکان پایش خطرات ثانویه نظیر نقاط متصادف کننده گاز، آتش سوزی های نهفته زیرسطحی و همچنین شناسایی ترک های بحرانی و حرکات جابه جایی در دیوارهای گودبرداری شده یا سازه های ناپایدار همجوار را بدون قرار دادن ارزیابان انسانی در معرض ریسک ریزش فراهم می آورند.

۳. فناوری سنسورهای زنده یاب و ادغام آن ها با عملیات مهندسی آوار

در فاز نخست پاسخ به بحران و پیش از هر گونه ورود ماشین آلات سنگین، اولویت قطعی با تثبیت علائم حیات و تعیین موقعیت دقیق بازماندگان در فضاهای خالی زنده (Void Spaces) است. سنسورهای زنده یاب نسل جدید شامل رادارهای تصویربرداری باند فوق پهن (UWB-Through Wall Radars)، سنسورهای لرزه نگاری و صوتی حساس به ارتعاش (Geophones) و دوربین های جست و جوی تلسکوپی مجهز به روشنایی فروسرخ و ارتباط صوتی دوطرفه هستند.

رادارهای اولترا وایدبند با ارسال پالس های الکترومغناطیسی با توان نفوذ در لایه های متراکم بتن و فولاد، قادرند الگوهای ناشی از حرکات جزئی تنفسی قفسه سینه یا تپش قلب انسان زنده را در اعماق آوار حتی بدون هوشیاری فرد ردیابی کنند. ادغام این سنسورها با عملیات مکانیکی شهرداری نقشی محوری دارد؛ بدین معنا که اطلاعات مکانی ناشی از خروجی حسگرها به عنوان مرز سرخ ماشین آلات تعیین می شود تا اپراتورهای بیل مکانیکی و جرثقیل ها به جای خاک برداری حجمی و بدون هدف، اقدام به برش های کنترل شده موضعی یا بلند کردن تدریجی دال ها با نظارت تیم های نجات نمایند تا از فروریختن حفره های بقا بر سر مصدومان جلوگیری شود.

۴. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و تحلیل تخریب معکوس

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) ابزاری تحول آفرین برای پایش وضعیت سازه های فرو ریخته یا نیمه تخریب شده است. در صورتی که نقشه های ازبیلد و مدل های اطلاعاتی ابنیه مهم، برج های مسکونی، بیمارستان ها و پل های کلیدی پیش از بحران در بستر BIM شهری ذخیره شده باشند، مهندسان شهرداری می توانند پس از سانحه از این مدل ها برای سناریوسازی تخریب معکوس (Reverse Demolition Engineering) بهره گیرند.

با تطبیق ابر نقاط به دست آمده از اسکنرهای لیزری زمینی یا پهپادها با مدل سه بعدی اولیه سازه، اعضای سازه ای حامل بار، محل قرارگیری دیوارهای برشی شکسته و ستون های بحرانی مدفون به طور دقیق شناسایی می شوند. این اطلاعات

به مهندسان اجازه می‌دهد رفتار سازه را در صورت برداشتن یک دال معین پیش‌بینی کرده و جهت جلوگیری از فروریزش متوالی (Progressive Collapse)، پیش از شروع عملیات بارگیری آوار با الحاقات هیدرولیکی، نسبت به اجرای شمع‌بندی‌های فلزی یا هیدرولیکی در نقاط بحرانی اقدام نمایند. همچنین، پایگاه داده مصالح موجود در BIM، تخمین دقیقی از وزن مخصوص آوار، درصد میلگرد و بتن، و حتی میزان مواد خطرناک مانند آزبست به کار رفته در ساختمان ارائه می‌دهد که مستقیماً بر انتخاب تیپ ماشین‌آلات اثرگذار است.

۵. سامانه اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان ستون فقرات پلتفرم تصمیم‌گیری

سامانه اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان بستر اصلی تجمیع، تلفیق و تحلیل کلیه داده‌های مکانی و توصیفی در سامانه فرماندهی حادثه عمل می‌کند. در مدیریت آوار، GIS نقشی فراتر از یک نقشه ساده ایفا می‌نماید و به عنوان موتور تحلیلی چندمعیاره به کار می‌رود. مهندسان شهرداری با ایجاد لایه‌های شبکه راه‌های اضطراری (EREN)، زیرساخت‌های مدفون شهری (لوله‌های گاز، شبکه آب و کابل‌های برق)، تراکم جمعیتی و اطلاعات تخریب، مسیرهای بهینه پاک‌سازی معابر را با اولویت‌بندی دسترسی به مراکز ترومای درمانی و آتش‌نشانی مدل‌سازی می‌نمایند. افزون بر مدیریت معابر، پلتفرم GIS نقشی تعیین‌کننده در مکان‌یابی بهینه و ارزیابی زیست‌محیطی سایت‌های دپوی موقت آوار (TDSRS) دارد. سیستم با تلفیق لایه‌های شیب زمین، کاربری اراضی، حریم رودخانه‌ها و مسیل‌های تهران، جهت باد غالب و شعاع دسترسی از مراکز پرخسارت، مکان‌هایی را پیشنهاد می‌دهد که ضمن حداقل‌سازی هزینه‌ها و زمان ترابری کامیون‌ها، از ایجاد معضلات زیست‌محیطی و بارگذاری بر اراضی ناپایدار ژئوتکنیکی ممانعت به عمل آید. در نهایت، سیستم‌های پایش ماهواره‌ای و ردیابی لحظه‌ای ناوگان (AVL) متصل به GIS، مدیریت پویا و برخط صدها دستگاه کامیون و ماشین‌آلات بارگیری را در پهنه شهر ممکن می‌سازند.

۶. یکپارچگی سیستمی و دوقلوهای دیجیتال شهری (Digital Twins)

اوج بلوغ فناوری در مدیریت آوار شهری، همگرایی این فناوری‌ها در قالب «دوقلوی دیجیتال شهر تهران» است. جریان داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط پهپادها و سنسورهای اینترنت اشیاء (IoT) مستقیماً وارد مدل یکپارچه GIS-BIM می‌شود و تصویری زنده و سه‌بعدی از وضعیت شهر تخریب‌شده ارائه می‌دهد. این بستر یکپارچه، قابلیت اجرای شبیه‌سازی‌های بلادرنگ را برای فرماندهان بحران فراهم می‌سازد؛ به گونه‌ای که می‌توان پیش از گسیل منابع،

سناریوهای مختلف آواربرداری، اثرات مسدودسازی خیابان‌ها به دلیل توقف ماشین‌آلات و نرخ پیشرفت عملیات را در فضای مجازی ارزیابی کرده و اثربخش‌ترین استراتژی میدانی را به مرحله اجرا درآورد.

۷. نتیجه‌گیری و الزامات پیاده‌سازی سازمانی

گذار به مکانیزاسیون فناورانه در مدیریت آواربرداری شهرداری تهران، صرفاً یک سرمایه‌گذاری تجهیزاتی نیست، بلکه نیازمند بازطراحی فرآیندها، تدوین پروتکل‌های یکپارچه تبادل داده و ارتقای مهارت نیروی انسانی متخصص در تحلیل داده‌های مکانی و مهندسی است. ایجاد پایگاه‌های رقومی اطلاعات سازه‌ای، استانداردسازی پروتکل‌های پرواز پهپادهای شناسایی در شرایط اضطرار و تجهیز تیم‌های مهندسی مناطق ۲۲گانه به ابزارهای برداشت داده و مدل‌سازی نوین، پایتخت را در مواجهه با بزرگ‌ترین چالش‌های مدیریت سانحه در جایگاه پاسخ‌دهی علمی، بهینه و مبتنی بر فناوری‌های نوین قرار خواهد داد.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). راهنمای به کارگیری فناوری‌های مکانی و پهپادها در مدیریت بحران و ارزیابی سریع خسارات شهر تهران. نشر شهر، تهران.

۲. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۱). *Using Advanced Technologies in Disaster Response: Drones, GIS, and Remote Sensing for Debris Operations* (FEMA Incident Management Handbook Series). U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۳. **International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)**. (۲۰۲۰). *INSARAG Technical Reference Manual: Advanced Search Technologies, Acoustic and Radar Detection Equipment in USAR Operations*. UN-OCHA, Geneva.

۴. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit**. (۲۰۱۸). *Disaster Waste Management Guidelines: Spatial Modeling, GIS, and Technology Integration*. United Nations Environment Programme, Geneva.

۵. **Zheng, Z & ,Chen, J.** (۲۰۲۱). *Post-Earthquake Debris Estimation and Removal Planning Using UAV Photogrammetry and Machine Learning*. *Automation in Construction*, ۱۲۵, ۱۰۳۶۳۲.

9. **Liu, Z & Lu, M .(۲۰۲۲) .Integrating BIM and GIS for Disaster Debris Management and Structural Demolition Simulation .ASCE Journal of Management in Engineering, ۳۸(۴), .۰۴۰۲۲۰۱۹**

۱۰. **Federal Geographic Data Committee (FGDC) .(۲۰۱۹) .Geospatial Data Framework for Emergency Response and Disaster Debris Logistics .Reston, Virginia.**

مدیریت راهبردی سوخت، نگهداری و پشتیبانی فنی ناوگان ماشین آلات در آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تاب آوری لجستیک ناوگان در سناریوهای بحران

در مواجهه با سوانح لرزه‌ای ویرانگر یا حوادث انسان‌ساخت گسترده در کلان‌شهری چون تهران، اثربخشی میدانی عملیات آواربرداری مستقیماً به درجه آماده‌به‌کاری و استمرار فعالیت ناوگان ماشین‌آلات سنگین، نیمه‌سنگین و تجهیزات ترابری وابسته است. تجربه بحران‌های گذشته در سطح ملی و بین‌المللی اثبات کرده است که حتی با وجود پیشرفته‌ترین ادوات مکانیکی و کارشناسان زبده، نقص در زنجیره تأمین سوخت اضطراری، استهلاک سریع قطعات در مواجهه با توده‌های غبار و فقدان سرویس‌های تخصصی در محل، می‌تواند بخش عمده‌ای از ناوگان عملیاتی را طی کمتر از ۴۸ تا ۷۲ ساعت از مدار خارج کرده و منجر به ایستایی کامل خطوط نجات و بازگشایی شریان‌ها گردد. بنابراین، مهندسی و مدیریت پشتیبانی فنی ناوگان نه به عنوان یک بخش حاشیه‌ای، بلکه به منزله ستون فقرات حفظ پیوستگی خدمات حیاتی (Business Continuity) در فازهای گوناگون مدیریت پسماند و آوار شهری مطرح است.

۲. پویایی زنجیره تأمین، ذخیره‌سازی راهبردی و توزیع سوخت اضطراری

وابستگی ناوگان شهرداری، پیمانکاران بخش خصوصی و یگان‌های معین به مشتقات نفتی — به‌ویژه سوخت دیزل (گازوئیل) و بنزین سوپر برای تجهیزات برش و ژنراتورها — در شرایطی به اوج می‌رسد که شبکه توزیع و جایگاه‌های عمومی سوخت شهر به دلیل فروریزش، قطعی برق، آتش‌سوزی یا هجوم خودروهای شخصی غیرعملیاتی می‌شوند. مدیران بحران شهرداری تهران باید الگوهای مصرف ناوگان را بر مبنای ساعات کارکرد سنگین در شرایط سخت بارگذاری (Heavy-Duty Duty Cycle) محاسبه نمایند؛ جایی که یک دستگاه بیل مکانیکی یا لودر سنگین به طور متوسط مصرفی معادل ۲۵ تا ۴۰ لیتر در هر ساعت کارکرد مداوم دارد.

برای غلبه بر این گلوگاه، استراتژی تأمین باید بر مبنای «سیستم ذخیره‌سازی پراکنده و چندلایه» در پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران مناطق ۲۲ گانه و ایستگاه‌های منتخب شهرداری تهران استوار گردد. این مخازن ذخیره اضطراری باید مجهز به پمپ‌های مجهز به ژنراتورهای مستقل، سامانه‌های فیلتراسیون آب و رسوبات و سیستم‌های پایش کیفی

دوره‌ای سوخت باشند تا از افت خواص شیمیایی گازوئیل بر اثر ماندگاری طولانی مدت پیشگیری شود. در فاز توزیع میدانی، استفاده از تانکرهای سوخت‌رسان متحرک چهار چرخ محرک (Fuel Tanker Trucks ۴x۴) مجهز به نازل‌های سریع و سیستم‌های ضد جرقه الزامی است؛ این تانکرها با حرکت در خطوط امدادی تعیین شده، عملیات سوخت‌گیری درجا (Hot Refueling) را بر سر سایت‌های آواربرداری انجام می‌دهند تا از اتلاف زمان ناشی از حرکت ماشین‌آلات شنی‌دار یا سنگین در شبکه ترافیکی مسدود شهر جلوگیری به عمل آید.

۳. آسیب‌شناسی مکانیکی و راهبردهای نگهداری پیشگیرانه اضطراری (PM)

محیط‌های آواربرداری پس از زلزله، به شدت ساینده، متراکم از گردوغبار معلق، آکنده از خرده‌ریزهای بتنی و ترکش‌های فلزی تیز هستند که این شرایط، نرخ استهلاک قطعات هیدرولیکی و مکانیکی را چندین برابر وضعیت متعارف عمرانی می‌سازد. رایج‌ترین نقص‌های فنی شامل مسدود شدن آنی فیلترهای ورودی هوای موتور، سوراخ شدن یا بریدگی تایرهای پنوماتیک لودرها و کامیون‌ها توسط میلگردهای سربرآورده، فرسایش سریع کاسه‌نمدهای هیدرولیکی جک‌ها و داغ کردن سیستم‌های خنک‌کننده (رادیاتورها) بر اثر نشست غبار سیمان و گچ بر روی شبکه‌های تبادل حرارت است.

استقرار نظام «نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه اضطراری» مستلزم اجرای پروتکل‌های پایش روزانه و فشرده توسط اپراتورها و تکنسین‌های فنی است. در این چارچوب، استفاده از فیلترهای دابل یا پیش‌فیلترهای گردبادی (Cyclonic Pre-cleaners) بر روی موتور دیزل ماشین‌آلات، شست‌وشوی فشاری منظم پره‌های رادیاتور با دمنده‌های باد فشرده، تزریق گریس به تمامی یاتاقان‌ها و مفصل‌های متحرک جهت جلوگیری از نفوذ ذرات ریزدانه سیلیس، و استفاده از زنجیرهای فولادی محافظ تایر (Tire Protection Chains) برای ادوات چرخ‌لاستیکی، حداقل اقدامات حیاتی جهت حفظ آمادگی به‌کار ادوات به شمار می‌روند. مهندسان شهرداری باید دستورالعمل‌های بازرسی روزانه ۱۵ دقیقه‌ای پیش از استارت (Walk-around Inspection) را برای تمامی رانندگان ناوگان الزامی سازند تا هرگونه افت فشار روغن، نشتی شیلنگ‌های هیدرولیک یا شکستگی بازوها پیش از وقوع خرابی فاجعه‌بار شناسایی گردد.

۴. سازماندهی کارگاه‌های سیار، واحدهای تعمیرات صحرایی و احیای تجهیزات

انتقال یک دستگاه بیل مکانیکی یا جرثقیل ۴۰ تنی آسیب‌دیده با زنجیر بریده یا نقص سیستم فرمان هیدرولیک از قلب یک معبر مسدود به تعمیرگاه‌های مرکزی شهر در شرایط بحران، تقریباً ناممکن و موجب انسداد کامل شریان است. راهکار کارآمد، طراحی و استقرار «واحدهای تعمیر و نگهداری سیار» (Mobile Maintenance Units) بر روی شاسی خودروهای سنگین امدادی است. این کارگاه‌های سیار باید مجهز به تجهیزات جوشکاری اضطراری، مشعل‌های برش اکسی‌استیلن، دستگاه‌های پرس اتصالات هیدرولیک صحرایی به همراه شیلنگ‌های فشارقوی یدکی، کمپرسورهای باد، ژنراتورهای صنعتی، مخازن انواع روغن موتور، روغن هیدرولیک و واسکازین، و ابزارهای عیب‌یابی الکترونیکی باشند.

تکنسین‌های این واحدها با دریافت پیام نقص فنی، به سرعت در محل مستقر شده و در قالب پروتکل‌های تعمیراتی زمان‌بندی‌شده، نسبت به تعویض شیلنگ‌های ترکیده، رفع عیوب الکتریکی، اتصال مجدد زنجیر شنی‌ها یا آزادسازی باکت‌های قفل‌شده اقدام می‌نمایند تا ماشین‌آلات در حداقل زمان ممکن به خط عملیات بازگردند.

۵. مهندسی زنجیره تأمین قطعات یدکی استراتژیک و مدیریت لجستیک معکوس

مدیریت فنی ناوگان بدون پایگاه مطمئن قطعات یدکی سریع‌المصرف محکوم به شکست است. شهرداری تهران باید در قراردادهای پیشین با شرکت‌های تأمین‌کننده، سازندگان ماشین‌آلات و پیمانکاران مادر، پکیج‌های قطعات اضطراری (Crash Kits) را برای هر رده از تجهیزات مستقر در مناطق تعریف و انبارش نماید. این کیت‌ها شامل تیغه‌های گریدر و لودر، ناخن‌های باکت، شیلنگ‌ها و کوپلینگ‌های هیدرولیک در سائزهای پرکاربرد، فیلترهای چهارگانه (هوا، روغن، سوخت، آبگیر دیزل)، تسمه‌های دینام و پمپ، چرخ‌دنده‌های انتقال و اتصالات برقی اصلی است.

علاوه بر انبارش فیزیکی، استقرار پروتکل لجستیک معکوس و قطعه‌برداری کنترل‌شده (Cannibalization Protocols) در شرایط بن‌بست زنجیره تأمین ضروری است؛ بدین مفهوم که با نظارت مهندس ناظر تجهیزات، مجوزی تدوین می‌شود که بر پایه آن بتوان از ماشین‌آلات کاملاً منهدم‌شده یا غیراقتصادی جهت تعمیر و فعال‌سازی فوری ماشین‌آلات نیمه‌معیوب و حیاتی‌تر استفاده کرد.

۶. ایمنی عملیات سوخت‌رسانی، بهداشت محیط و الزامات پدافند غیرعامل

عملیات ترابری و تزریق سوخت در مجاورت سایت‌های متشنج آواربرداری با ریسک‌های شدید آتش‌سوزی و خطرات زیست‌محیطی همراه است. مدیران مناطق شهرداری موظف به رعایت اصول پدافند غیرعامل و الزامات سخت‌گیرانه ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE) هستند. محوطه‌سازی انبارهای ذخیره سوخت با خاکریزهای مهارکننده نشی (Bund Walls)، استفاده از شیرهای قطع‌کن خودکار، فراهم ساختن کپسول‌های پودر خشک و فوم‌های کلاس B در مقیاس صنعتی، و نصب سیم‌های اتصال به زمین (Earthing) به منظور دفع بارهای الکتریسته ساکن در حین تخلیه سوخت تانکرها، از مؤلفه‌های اجتناب‌ناپذیر پدافند کالبدی محسوب می‌شوند. همچنین، جمع‌آوری خاک‌ها و مصالح آلوده به روغن و ضایعات هیدرولیکی ناشی از ترکیدگی خطوط، و جداسازی پسماندهای نفتی در مبادی بازیافت آوار باید مطابق با پروتکل‌های حفاظت از آب‌های زیرزمینی و خاک پایتخت پایش و اعمال گردد.

۷. نتیجه‌گیری و راهکارهای اجرایی

پایداری و توان تاب‌آوری شهرداری تهران در پاک‌سازی ده‌ها میلیون تن آوار ناشی از بحران، در گرو کارآمدی زنجیره پشتیبانی فنی و لجستیک سوخت است. تبدیل این تدابیر به یک نظام پایدار عملیاتی مستلزم: یکپارچه‌سازی پایگاه داده ماشین‌آلات و نگاشت دیجیتال وضعیت آماده‌به‌کاری آنها در سامانه GIS، برگزاری مانورهای تخصصی تعمیر درجا و سوخت‌گیری صحرائی در شرایط شبیه‌سازی شده قطع شبکه، و تشکیل تیم‌های واکنشی پشتیبانی فنی در نواحی ۱۲۴گانه است تا ناوگان مهندسی شهر تهران بتواند تا آخرین مراحل خروج از بحران، با حداکثر توان مکانیکی در خدمت حفظ جان و احیای زیرساخت‌های پایتخت باقی بماند.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۱). دستورالعمل جامع پشتیبانی فنی، سوخت‌رسانی و لجستیک ناوگان مهندسی در شرایط اضطراری شهر تهران. نشر شهر، تهران.

۲. Federal Emergency Management Agency (FEMA). Public Assistance: Debris Management Plan Development (FEMA P-۱۰۲۵) — Chapter ۷: Equipment

Maintenance, Fuel Allocation, and Contractor Operations .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

.٣**United States Army Corps of Engineers (USACE)** .(٢٠١٨) .Emergency Logistics and Maintenance Support for Heavy Engineering Equipment in Disaster Environments (Field Manual EP ٥٠٠-١-١) .Washington, D.C.

.٤**Caterpillar Inc** .(٢٠٢٠) .Machine Maintenance and Operation Guide under Severe Industrial and Debris Applications .Peoria, Illinois.

.٥**Joint UNEP/OCHA Environment Unit** .(٢٠١٨) .Disaster Waste Management Guidelines: Environmental Hazards of Heavy Operations, Fuel Management, and Chemical Contingency .United Nations Environment Programme, Geneva.

.٦**Society of Automotive Engineers (SAE)** .(٢٠١٧) .SAE J١٣٤٩: Engine Power and Fuel Consumption Test Procedures for Off-Road Construction and Demolition Machinery .Warrendale, Pennsylvania.

.٧**Pehlivan, H & ,Bayraktar, M. E** .(٢٠٢٠) .Fuel Supply Chain Resilience and Heavy Equipment Maintenance Allocation in Post-Disaster Clearance Operations . International Journal of Disaster Risk Reduction, ٤٨, .١٠١٥٩٨

ارزیابی ریسک، مهندسی ایمنی سایت و کنترل مخاطرات ثانویه در عملیات آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و چارچوب مفهومی ارزیابی ریسک در کارگاه‌های آواربرداری

عملیات آواربرداری در کلان‌شهری با بافت متراکم و ناهمگن مانند تهران، پس از وقوع سوانح ویرانگر لرزه‌ای یا انفجاری، یکی از پرمخاطره‌ترین و غیرقابل‌پیش‌بینی‌ترین شاخه‌های مهندسی بحران است. ساختار کالبدی آوار، مخلوطی درهم‌تنیده از اجزای سازه‌ای گسسته‌شده، تأسیسات شهری آسیب‌دیده و فضاهای خالی ناپایدار است که در معرض بارهای دینامیکی و ارتعاشات ماشین‌آلات سنگین قرار می‌گیرد. در این شرایط بحرانی، تکیه صرف بر سرعت عمل بدون اجرای مدل‌های ارزیابی ریسک درجا (Dynamic Risk Assessment)، خطای فاجعه‌باری است که پیامد مستقیم آن تبدیل نجات‌گران و نیروهای مهندسی شهرداری به قربانیان ثانویه سانحه خواهد بود. مدیران بحران و مهندسان ناظر مناطق شهرداری موظفند پیش از هرگونه ورود مکانیکی یا دستی به زون‌های آوار، رویکرد شناسایی پیوسته خطرات را پیاده‌سازی کرده و توازن میان فوریت نجات و ملاحظات ایمنی جانی پرسنل را به عنوان یک اصل غیرقابل‌مذاکره مبنا قرار دهند.

۲. مخاطرات ناشی از تأسیسات گاز شهری و پروتکل‌های پیشگیری از انفجار و خفگی

شبکه توزیع گاز طبیعی تهران با فشار کاری بالا و حجم گسترده انشعابات خانگی و تجاری، پس از فروپاشی سازه‌ها یا تغییر شکل‌های سطحی ناشی از گسلش، مستعدترین بستر برای ایجاد حوادث زنجیره‌ای است. شکستگی لوله‌های تغذیه اصلی، تخریب علمک‌ها و محبوس شدن گاز متان در پاکت‌ها و حفرات زیرین آوار، ریسک‌های مهلک انفجار آنی (Explosion Hazard) و اختناق تنفسی پرسنل را به همراه دارد. متان به عنوان گازی سبک‌تر از هوا به سمت بالا حرکت می‌کند اما در صورت پوشیده شدن توسط سقف‌های بتنی متلاشی‌شده و خاکستر ناشی از فروریزش، تراکم‌های انفجاری بین ۵ تا ۱۵ درصد حجمی (حدود پایین و بالای قابلیت اشتعال) را در حفرات بسته پدید می‌آورد. از منظر مهندسی ایمنی، استقرار نیروهای آواربردار شهرداری باید منوط به ورود پیش‌قراولان پایش گاز مجهز به دتکتورهای چندگانه کالیبره‌شده (Multi-Gas Monitors) باشد که غلظت اکسیژن، سولفید هیدروژن، مونواکسید کربن و متان را به صورت پیوسته پایش کنند. کارشناسان شهرداری باید با هماهنگی اتاق مدیریت بحران،

پیش از آغاز مانور بیل‌های مکانیکی، ایزولاسیون کامل خطوط گاز منطقه را از طریق شیرهای شبکه قطع اضطراری یا عملیات انسداد خطی (Squeeze-off) تایید نمایند. علاوه بر این، در محیط‌های مشکوک به نشت، استفاده از کلیه تجهیزات مکانیکی و هیدرولیکی جرعه زننده اکیداً ممنوع بوده و تهویه اجباری هوای حفرات با دمنده‌های ضد جرعه (Intrinsically Safe Blowers) جهت رقیق‌سازی اتمسفر خطرناک پیش از نفوذ الزامی است.

۳. پایداری ژئوتکنیکی و سازه‌ای؛ کنترل ریزش‌های مجدد و ریزش‌های پیش‌رونده

یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات جانی برای تیم‌های جست‌وجو، نجات و رانندگان ماشین‌آلات سنگین، وقوع ریزش‌های مجدد (Secondary Collapse) است. این پدیده بر اثر پس‌لرزه‌های خفیف، ارتعاشات القایی حاصل از حرکت ماشین‌آلات شنی‌دار سنگین، بادهای شدید، تغییر توزیع بار ناشی از برداشتن اشتباه یک قطعه سازه‌ای کلیدی، یا گسیختگی دیواره‌های گودبرداری‌های غیرپایدار رخ می‌دهد. ساختارهای فروریخته معمولاً در یکی از حالت‌های تیپیک نظیر فروریزش طبقاتی یا ساندویچی، آوار یک‌طرفه تکیه‌گامی (Lean-to)، ریزش متقارن دوقلو (V-Shape) یا شکستگی طره‌ای کنسول‌ها قرار دارند که در همه این حالات، بخشی از اعضای باربر به عنوان تکیه‌گاه‌های مصنوعی ناپایدار عمل می‌کنند.

مهندسان سازه ناظر شهرداری باید با استفاده از ابزارهای پایش بلادرنگ مانند تئودولیت‌ها و توتال‌استیشن‌های روباتیک، سیستم‌های مانیتورینگ لیزری و حسگرهای ارتعاشی، رفتارهای میکرونی ترک‌ها و نرخ تغییر شکل اعضای بحرانی را ثبت نمایند. در صورت لزوم، ورود به حفرات تنها پس از اجرای سازه‌های نگهبان موقت مهندسی (Emergency Shoring) نظیر شمع‌بندی‌های چوبی جعبه‌ای (Cribbing)، جک‌های هیدرولیکی و خریاهای تثبیت‌کننده فلزی با استناد به راهنماهای بین‌المللی USAR مجاز خواهد بود. همچنین باید یک «ناظر ایمنی سازه» مستقل در نقطه‌ای مرتفع و مشرف بر عملیات مستقر شود تا با داشتن سیستم‌های هشداردهنده صوتی پر قدرت (سوت‌ها یا آژیرهای بادی)، دستور تخلیه اضطراری سایت را در صورت هرگونه حرکت میلی‌متری پیش‌بینی‌نشده صادر کند.

۴. خطرات شبکه انتقال و توزیع نیروی برق؛ مهار انرژی‌های مهلک

در هم‌تندگی کابل‌های برق فشار قوی، متوسط و ضعیف شهری با اسکلت‌های فلزی، میلگردهای پیش‌آمده و آب‌های ناشی از شکستگی لوله‌ها، پدیدآورنده خطر حتمی برق‌گرفتگی (Electrocution) و سوختگی‌های قوس

الکتریکی است. خطر پنهان زمانی تشدید می‌شود که تصور شود برق یک زون به طور کامل از ایستگاه توزیع مرکزی قطع شده است، حال آنکه استفاده پراکنده ساکنان، مجتمع‌ها یا تیم‌های امدادی از دیزل ژنراتورهای اضطراری غیرمجاز می‌تواند موجب تغذیه معکوس شبکه (Back-feeding) شده و کابل‌های افتاده روی زمین یا اسکلت‌های آوار را مجدداً باردار سازد.

پروتکل‌های عملیاتی شهرداری تهران ایجاب می‌کند که کلیه سیم‌ها و خطوط انتقال تا زمان اثبات خلاف آن با تجهیزات سنجش ولتاژ غیر تماسی (AC Detector Wands) «برق‌دار و مرگبار» تلقی شوند. مهندسان شهرداری باید بلافاصله حریم‌های ایمنی را بر پایه ولتاژ خط تعیین کنند؛ برای مثال، حفظ فاصله ایمن حداقل سه متری برای شبکه‌های توزیع فشار ضعیف و فواصل فراتر تا ده متر برای خطوط فشار متوسط الزامی است. فرآیند ایمن‌سازی باید مطابق با اصول جهانی قفل‌گذاری و برچسب‌زنی (Lockout/Tagout - LOTO) به وسیله مأموران شرکت توزیع نیروی برق اجرا شود تا اطمینان حاصل گردد که هیچ ژنراتور پشتیبان یا تغییر رله‌ای نمی‌تواند سیستم را ناخواسته به برق متصل کند. افزون بر این، در مجاورت دکل‌ها یا ترانسفورماتورهای ساقط‌شده، بررسی پتانسیل گامی (Step Potential) و ولتاژ تماسی (Touch Potential) به دلیل امکان انتشار ولتاژ از طریق زمین مرطوب الزامی است.

۵. مهندسی پهنه‌بندی کارگاه آوار و تجهیزات حفاظت فردی پیشرفته (PPE)

برای مدیریت یکپارچه جریان عملیات و جلوگیری از ازدحام پرسنل غیرمرتبط در کانون‌های بحران، طراحی زون‌بندی فضایی سایت بر اساس مدل بین‌المللی سه‌گانه الزامی است. زون گرم (Hot Zone) به عنوان محدوده آوار متزلزل و کانون خطر تلقی می‌شود که ورود به آن نیازمند مجوز رسمی فرماندهی، استفاده از بالاترین سطح تجهیزات فردی و رعایت محدودیت زمانی فعالیت است. زون گرم توسط زون گرمای ملایم یا زون گذار (Warm Zone) احاطه می‌شود؛ جایی که ایستگاه‌های آلودگی‌زدایی، تریاژ مصدومان و تجهیز تیم‌های ورود مستقر می‌گردند. در نهایت، زون سرد (Cold Zone) به عنوان پایگاه استقرار خودروهای پشتیبانی، ستاد فرماندهی حادثه و انبارش قطعات لجستیکی عمل می‌نماید.

از دیدگاه حفاظت بیولوژیکی و فیزیکی، مواجهه پرسنل با غبار فوق‌العاده متراکم حاوی الیاف آزبست (به‌ویژه در بافت‌های سنتی یا ساختمان‌های پیش از دهه ۱۳۸۰)، ذرات سیلیس ناشی از خردایش بتن، بخارات شیمیایی حاصل از

تجزیه مواد شوینده خانگی و پاتوژن‌های ناشی از اجساد مدفون، نیازمند الزام استفاده از تجهیزات حفاظت فردی سطح بالا است. کلاه‌های ایمنی ضربه‌گیر مقاوم به ضربات جانبی، عینک‌های محافظ ضدغبار کامپوزیت با دید کامل، ماسک‌های تنفسی نیم‌صورت با کارتریج‌های فیلتراسیون ذرات و گاز (HEPA ۱۰۰P)، دستکش‌های چرمی ضخیم با الیاف کولار ضدبرش، و چکمه‌های مهندسی مجهز به سرپنجه فولادی و ورقه‌های ضدسوراخ‌شدگی کف، کفایت حداقلی تجهیزات هر فرد حاضر در سایت را تعیین می‌کنند.

۶. مدیریت ارگونومی، استرس‌های حرارتی و سیستم سلامت روان پرسنل در میدان

ارزیابی ریسک سایت بدون توجه به فاکتور انسانی و محدودیت‌های فیزیولوژیک نیروهای امدادی ناقص خواهد بود. استهلاک جسمی شدید در آب‌وهوای نامساعد (گرمای شدید تابستان تهران یا یخبندان زمستان)، استنشاق آلاینده‌ها، استرس‌های صوتی ناشی از تجهیزات هیدرولیک سنگین و مشاهده صحنه‌های دلخراش فوت شهروندان، به سرعت توان واکنش اپراتورها و تصمیم‌گیری مهندسان را دچار فرسایش می‌کند. کاهش هوشیاری پرسنل ضریب خطاهای عملیاتی را به شدت افزایش داده و عامل بسیاری از تصادفات مکانیکی و سقوط‌های مرگبار در سایت است.

به منظور پیشگیری از فرسودگی مفرط، مدیریت بحران شهرداری تهران باید پروتکل‌های گردش شیفت‌های کاری (حداکثر چهار تا شش ساعت کار فیزیکی در زون گرم به ازای هر شیفت)، احداث ایستگاه‌های تجدید قوا (Rehab Zones) در زون سرد مجهز به سامانه‌های هیدراتاسیون و پایش علائم حیاتی پرسنل، و حضور مستمر روان‌شناسان و مشاوران سلامت روان بحران را در دستور کار کارگاهی قرار دهد.

۷. نتیجه‌گیری و توصیه‌های راهبردی

ایمنی سایت‌های آواربرداری در مدیریت شهری، متغیری مستقل از کارایی مهندسی نبوده بلکه شالوده تحقق آن است. مدیران مناطق و کارشناسان فنی شهرداری تهران با تجهیز به دانش ارزیابی پویای ریسک، توانایی تشخیص زودهنگام علائم هشداردهنده شکست سازه‌ای و رفتارهای شیمیایی تأسیسات زیربنایی، می‌توانند از بروز بحران در دل بحران پیشگیری نمایند. الزام پیمانکاران عمرانی به رعایت پروتکل‌های ایمنی صحرایی، تجهیز واحدهای مهندسی مناطق به ادوات پایش اتمسفری و ابزارهای مانیتورینگ پایایی سازه، و آموزش کاربردی تمامی تکنسین‌های ماشین‌آلات در

خصوص خطرات ثانویه، کلید دستیابی به عملیات پاک‌سازی ایمن، سریع و با استاندارد جهانی در شرایط اضطرار کلان‌شهر تهران است.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). دستورالعمل جامع ارزیابی ریسک، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (HSE) در کارگاه‌های آواربرداری و تخریب اضطراری. نشر شهر، تهران.

۲. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۰). Structural Collapse Technician Operations Manual: Hazard Recognition, Risk Assessment, and Safety Systems in Disaster Zones (FEMA P-۱۰۰۸). Washington, D.C.

۳. **International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)**. (۲۰۲۰). INSARAG Guidelines, Volume II: Preparedness and Response — Manual C: USAR Operations and Site Safety Protocols. United Nations OCHA, Geneva.

۴. **National Fire Protection Association (NFPA)**. (۲۰۲۱). NFPA ۱۶۷۰: Standard on Operations and Training for Technical Search and Rescue Incidents (Structural Collapse and Utility Hazards). Quincy, Massachusetts.

۵. **Occupational Safety and Health Administration (OSHA)**. (۲۰۱۹). Disaster Site Worker Safety and Health Training: Secondary Hazards, Gas Leaks, Electrical Lockout, and Asbestos Precautions. U.S. Department of Labor, Washington, D.C.

۶. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit**. (۲۰۱۸). Disaster Waste Management Guidelines: Site Safety, Hazardous Materials, and Chemical Containment. Geneva.

۷. **Caspee, R & Taerwe, L**. (۲۰۱۹). Real-Time Structural Health Monitoring and Risk Assessment of Damaged Buildings During Emergency Rescue and Demolition. Structural Safety, ۷۸, ۴۵-۵۶.

استانداردهای فنی، ارگونومی و مدیریت تجهیزات حفاظت فردی (PPE) نیروهای عملیاتی شهرداری در آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین رویکرد مهندسی به تجهیزات حفاظت فردی در زون‌های آوار

عملیات آواربرداری، تخریب اضطراری و پاک‌سازی معابر شهری پس از رخداد سوانح طبیعی ویرانگر، نیروهای مهندسی و امدادی شهرداری تهران را در مواجهه با طیف پیچیده‌ای از تهدیدات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ارگونومیک قرار می‌دهد. در ادبیات مهندسی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، اگرچه تجهیزات حفاظت فردی (Personal Protective Equipment) آخرین لایه از سلسله‌مراتب مهار خطرات به شمار می‌روند، اما در سناریوهای بحران شهری که امکان حذف کامل خطر یا کنترل‌های مهندسی زیرساختی در مراحل نخست پاسخ وجود ندارد، این تجهیزات نخستین خط بقا و استمرار توان عملیاتی پرسنل محسوب می‌شوند. عدم انطباق تجهیزات با ماهیت خطرات، استفاده از وسایل غیراستاندارد یا فقدان یکپارچگی ارگونومیک، نه تنها موجب جراحات شدید، بیماری‌های حاد تنفسی و مسمومیت نیروها می‌گردد، بلکه با تحمیل بار اضافه فیزیولوژیک، سرعت تخلیه آوار و نجات جان شهروندان را نیز بافتی بحرانی مواجه می‌سازد. از این رو، تدوین استانداردهای سخت‌گیرانه برای تجهیز پرسنل مناطق ۲۲گانه شهرداری تهران ضرورتی استراتژیک در نظام مدیریت جامع بحران شهری است.

۲. حفاظت تخصصی سر، مجسمه و صورت در محیط‌های آوار ناپایدار

ریزش قطعات بتنی، ارتعاشات ناشی از تجهیزات هیدرولیک، پرتاب ترکش‌های مصالح، سقوط از ترازهای متغیر و لوله‌ها یا سیم‌های آویزان، زون آوار را به فضایی با ریسک بالای ضربات مکانیکی مبدل می‌سازد. کلاه‌های ایمنی کارگری متعارف، حفاظت لازم را در برابر ضربات جانبی و سقوط از ارتفاع تأمین نمی‌کنند؛ لذا پرسنل شهرداری در سایت‌های بحران نیازمند کلاه‌های نجات فنی مطابق با استاندارد اروپایی EN ۱۲۴۹۲ یا استاندارد آمریکایی ANSI/ISEA Z ۸۹.۱ (Type II) هستند که علاوه بر ضربه از بالا، سر را در برابر بارهای دینامیکی جانبی، شوک‌های معکوس و نفوذ اجسام نوک‌تیز محافظت می‌نمایند. این کلاه‌ها باید مجهز به بند چانه چهارنقطه‌ای با قابلیت رهایش کنترل‌شده باشند تا در حین ریزش موضعی یا سقوط فرد، کلاه از سر جدا نشود.

در بخش حفاظت صورت و بینایی، گردوغبار معلق سیمان، تراشه‌های فلزی برش کاری و قطرات مایعات مشکوک، نیازمند عینک‌های محافظ گاکل با استاندارد ANSI Z ۸۷.۱ یا EN ۱۶۶ هستند که با طراحی کاملاً درزبندی‌شده، دارای تهویه غیرمستقیم ضدبخار و لنزهای پلی‌کربنات مقاوم به ضربات پرسرعت باشند. برای اپراتورهای ابزارهای برش هیدرولیک، چکش‌های تخریب و تجهیزات بتن‌بر، استفاده از شیلدهای محافظ صورت متصل به کلاه ایمنی علاوه بر گاکل الزامی است تا تمام بافت چهره در برابر جهش ترکش‌های سنگ و فولاد مصون بماند.

۳. مهندسی حفاظت تنفسی و چالش ذرات فیروززا، آزبست و گازهای سمی

آوار زلزله یا فروریزش ساختمانی در کلان‌شهر تهران منبع تولید آلاینده‌های بسیار مہلک تنفسی است. شکستگی ملات‌های قدیمی و بتن، مقادیر معتناہی از سیلیس بلوری قابل استنشاق آزاد می‌کند که مسبب سیلیکوزیس حاد است. از سوی دیگر، در بافت‌های فرسوده و ساختمان‌های احداث‌شده پیش از ممنوعیت رسمی آزبست در دهه‌های گذشته، الیاف به شدت سرطان‌زای پنبه‌نسوز در اثر خردایش در هوا معلق می‌شوند؛ به این خطرات باید خاکسترهای سوخته، گازهای ناشی از تجزیه تأسیسات و بخارات هیدروکربوری را نیز افزود. بر این اساس، استفاده از ماسک‌های گردوغبار پارچه‌ای یا ماسک‌های جراحی به هیچ وجه کارآمد نبوده و تخلف ایمنی آشکار تلقی می‌گردد.

نیروهای شهرداری در زون‌های آلوده و گردوغبار متوسط، باید حداقل به ماسک‌های نیم‌صورت الاستومری با فیلترهای استاندارد NIOSH N ۱۰۰ یا P ۱۰۰ (معادل فیلتر اروپایی ۳FFP یا ۳P) مجهز شوند که کارایی به دام‌اندازی ذرات معلق تا ۹۹.۹۷ درصد با اندازه ۰.۳ میکرون را تضمین می‌کنند. در محیط‌های بسته، گودبرداری‌ها، حفرات زیرین و مجاورت سوختگی‌ها که احتمال حضور گازهای سمی نظیر مونواکسید کربن، سولفید هیدروژن یا بخارات آلی وجود دارد، الزام استفاده از ماسک‌های تنفسی ترکیبی مجهز به فیلترهای کربن فعال و ذرات، و در صورت افت غلظت اکسیژن به زیر ۱۹.۵ درصد، بکارگیری سیستم‌های تنفسی مستقل هوای فشرده (SCBA) مطابق با دستورالعمل‌های NFPA ۱۹۸۱ اجتناب‌ناپذیر است. موفقیت استفاده از ماسک‌ها وابسته به اجرای برنامه‌های آزمون انطباق (Fit Test) برای تمامی پرسنل پیش از اعزام به عملیات است.

۴. حفاظت دست‌ها، اندام‌های حرکتی و پوشش عمومی بدن

دست‌ها بیشترین میزان درگیری را در جداسازی دستی آوار، جابه‌جایی سنگ‌ها و کار با ابزارهای هیدرولیک دارند و در معرض بریدگی‌های عمیق توسط شیشه‌ها و میلگردهای فرسوده زنگ‌زده، له‌شدگی، تماس با مواد شیمیایی سوزاننده و سوختگی هستند. دستکش‌های تخصصی مورد استفاده پرسنل شهرداری باید دارای استاندارد ۳۸EN با بالاترین شاخص‌های مقاومت به سایش، برش، پارگی و سوراخ‌شدگی باشند. ساختار این دستکش‌ها باید ترکیبی از چرم تقویت‌شده دانه کامل در کف دست، الیاف کولار یا پلی‌اتیلن فوق‌سنگین در لایه‌های میانی و گاردهای ترموپلاستیک ضربه‌گیر (TPR) در پشت دست و روی انگشتان جهت دفع ضربات ضربه‌ای و جلوگیری از له‌شدگی مفاصل باشد.

پوشش کلی بدن باید شامل اورال‌ها یا کت و شلوارهای دو تکه با پارچه‌های ضدپارگی (Ripstop)، مقاوم در برابر حریق (FR) مطابق با ۲۱۱۲NFPA یا ۱۱۶۱۲EN ISO و دارای الیاف ضدالکتریسته ساکن باشد. این لباس‌ها باید دارای پدهای محافظ آرنج و زانو بوده و به نوارهای شبرنگ بازتابنده نور مطابق با کلاس سه استاندارد ANSI/ISEA ۱۰۷ مجهز باشند تا دید کافی رانندگان ماشین‌آلات سنگین به کارگران پیاده در شیفتهای شبانه یا شرایط دید محدود تضمین گردد.

۵. مهندسی حفاظت پا در بستر بسترهای ناپایدار و سوراخ‌کننده

سطح کارگاه‌های آوار پوشیده از میلگردهای بیرون‌زده عمودی، تیغه‌های آهن و بتن‌های زاویه‌دار، رطوبت حاصل از شکستگی لوله‌ها و احتمالاً مواد روغنی لغزنده است. کفش‌های ایمنی پرسنل باید الزامات استاندارد ۲۴۱۳ASTM F یا ۲۰۳۴۵EN ISO (کلاس ۳S) را پوشش دهند. ساختار پوتین‌های عملیاتی باید دارای سرپنجه کامپوزیتی مقاوم در برابر ضربه ۲۰۰ ژول و فشار ۱۵ کیلونیوتن باشد؛ برتری سرپنجه کامپوزیت نسبت به فولاد در این است که انتقال حرارت و برودت را کاهش داده و در محیط‌های برق‌دار نارسانای جریان الکتریسته است.

علاوه بر این، تعبیه یک صفحه میانی نفوذناپذیر از جنس الیاف آرامید چندلایه یا فولاد ضدزنگ در سرتاسر کفی کفش برای مقابله با خطر فرورفتگی میخ‌ها و میلگردها به داخل پا الزامی است. زیره این پوتین‌ها باید از پلی‌یورتان یا

لاستیک ولکانیزه با مقاومت سایشی و روغنی بالا و الگوی عاج عمیق ضدلغزش طراحی شود و ساق پوتین به نحوی مچ پا را احاطه و تثبیت نماید که مانع از پیچ خوردگی های مکرر در حین راه رفتن روی سطوح ناپایدار آوار گردد.

۶. حفاظت شنوایی و تعامل آن با سیستم های ارتباطی میدان

ماشین آلات سنگین تخریب، بیل های مکانیکی مجهز به چکش های هیدرولیک پیکور، اره های بتن بر، کمپرسورهای باد و دیزل ژنراتورها، ترازهای فشار صوتی فراتر از ۱۰۰ تا ۱۲۰ دسی بل تولید می نمایند. قرارگیری مداوم در معرض این آلودگی صوتی، علاوه بر آسیب های غیرقابل برگشت به سیستم شنوایی، خستگی ذهنی پرسنل را تشدید کرده و توانایی شنیدن دستورات اضطراری یا سیگنال های ناشی از تغییرات سازه ای را از بین می برد.

به کارگیری ایرمافها (محافظ های روگوشی) متصل به کلاه ایمنی یا ایرپلاگ های اسفنجی با شاخص کاهش نویز (NRR) مناسب مطابق با استانداردهای OSHA الزامی است. به منظور پیشگیری از انزوای صوتی که مانع از واکنش سریع به خطرات ناگهانی می شود، سیستم های حفاظت شنوایی الکترونیکی فعال (Active/Electronic Earmuffs) با قابلیت سرکوب امواج صوتی شدید با فرکانس مضر و در عین حال تقویت اصوات فرکانس مکالمه و ادغام شده با سیستم بی سیم مخابراتی، به عنوان استاندارد برتر توصیه می گردند تا هماهنگی میان رانندگان ماشین آلات و تیم های مستقر روی زمین به طور پیوسته برقرار باشد.

۷. ارگونومی، محدودیت های فیزیولوژیکی و پایش پایداری حرارتی

تحمیل هم زمان لایه های مختلف تجهیزات حفاظت فردی در شرایط اقلیمی سخت، به دلیل افزایش وزن بار مرده بر تن کاربر و محدود ساختن فرآیند خنک کاری طبیعی بدن از طریق تعریق، خطر استرس حرارتی (Heat Stress) در فصول گرم و کاهش شدید انعطاف پذیری عضلانی در سرما را به همراه دارد. وزن کل مجموعه تجهیزات حفاظتی نباید آزادی حرکتی تکنسین ها را در حین خزش یا عبور از دالان های باریک سلب نماید.

مدیران عملیاتی شهرداری باید پروتکل های پایش فیزیولوژیک را اعمال کنند؛ از جمله نظارت بر ضربان قلب، مصرف الکترولیت ها و تعیین زمان های استراحت اجباری دوره ای در زون سرد همراه با درآوردن تجهیزات تنفسی جهت تنفس هوای آزاد. انتخاب تجهیزات ساخته شده از منسوجات تنفس پذیر نوین با تکنولوژی دفع حرارت، بار تنشی

وارد بر بدن پرسنل را تا حد زیادی تعدیل نموده و پایداری عملکرد انسانی را در مأموریت‌های طولانی مدت ارتقا می‌بخشد.

۸. نظام زنجیره تأمین، نگهداری، آلودگی زدایی و امحای PPE

مدیریت کارآمد PPE در بحران‌ها بدون برخورداری از یک چرخه پشتیبانی مدون تحقق نمی‌یابد. تجهیزات حفاظتی پس از پایان هر شیفت در زون گذر (Warm Zone) باید مورد بازرسی چشمی و عملکردی قرار گیرند. کلاه‌هایی که ضربه مستقیم خورده‌اند یا ماسک‌ها و دستکش‌هایی که دچار پارگی، تغییر شکل حرارتی یا انسداد منافذ شده‌اند، باید فوراً از رده خارج و جایگزین گردند. برای ماسک‌های الاستومری نیم‌صورت، پروتکل‌های گندزدایی و شست‌وشوی روزانه با محلول‌های خنثی غیرمخرب سیلیکون اجرا شده و تعویض کارتریج‌ها بر اساس زمان کارکرد و افت فشار تنفسی تنظیم می‌شود.

از سوی دیگر، لباس‌ها و تجهیزاتی که به مواد نفتی، آزبست یا سیالات بیولوژیکی ناشی از اجساد آلوده شده‌اند، باید به عنوان پسماند خطرناک پایش و مطابق ضوابط سازمان محیط زیست در کیسه‌های ضخیم نشانه‌گذاری شده پلمب و امحا گردند تا مانع از انتقال آلودگی‌های ثانویه به خارج از کارگاه شوند. شهرداری تهران نیازمند ایجاد ذخایر استراتژیک این اقلام در انبارهای مدیریت بحران با لحاظ تاریخ انقضای اجزای پلیمری است تا آمادگی پایدار در مواجهه با حوادث غافلگیرکننده تضمین شود.

۹. نتیجه‌گیری و توصیه‌های راهبردی

تجهیز نیروهای عملیاتی شهرداری تهران به تجهیزات حفاظت فردی استاندارد، فراتر از یک الزام بخشنامه‌ای، پیش‌نیاز حیاتی نجات زیرساخت‌های پایتخت در زمان وقوع بلایا است. شکست یا موفقیت در مأموریت‌های پیچیده آواربرداری به سلامت و توان مداوم پرسنلی گره خورده است که در محیط‌های مملو از غبارهای سمی، آوارهای تیز و پرتابه‌های مصالح فعالیت می‌کنند. استقرار سامانه‌های ممیزی ادواری تجهیزات در مناطق ۲۲ گانه، اجرای کارگاه‌های آموزشی نحوه پوشش، نگهداری و تطبیق اندازه‌گیری PPE، و تخصیص ردیف‌های بودجه‌ای پایدار برای تأمین اقلام روزآمد با نشان‌های استاندارد بین‌المللی، ضامن حفظ سرمایه انسانی شهرداری تهران در سنگین‌ترین آزمون‌های مدیریت بحران خواهد بود.

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). راهنمای جامع انتخاب، تخصیص و الزامات

ارگونومیک تجهیزات حفاظت فردی (PPE) در بحران‌های شهری. نشر شهر، تهران.

۲. **Occupational Safety and Health Administration (OSHA)**. (۲۰۲۰). Personal Protective Equipment for Disaster Site Workers: Hazard Assessment and Selection Criteria (OSHA Standards ۲۹CFR ۱۹۱۰ and ۱۹۲۶). U.S. Department of Labor, Washington, D.C.

۳. **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**. (۲۰۱۸). Emergency Responder Health and Safety: Respiratory Protection and Particulate Hazard Controls in Structural Collapse Events. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Atlanta, Georgia.

۴. **National Fire Protection Association (NFPA)**. (۲۰۲۱). NFPA ۱۹۵۱: Standard on Protective Ensembles for Technical Rescue Incidents (Structural Collapse and Search Operations). Quincy, Massachusetts.

۵. **International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG)**. (۲۰۲۰). INSARAG Technical Manual: Personal Protection Standards and Field Ergonomics for USAR Personnel. UN-OCHA, Geneva.

۶. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit**. (۲۰۱۸). Disaster Waste Management Guidelines: Occupational Health, Chemical Exposure, and PPE Protocols in Debris Operations. United Nations Environment Programme, Geneva.

۷. **European Committee for Standardization (CEN)**. (۲۰۱۹). EN ISO ۲۰۳۴۵: Personal Protective Equipment — Safety Footwear; and EN ۱۲۴۹۲: Mountaineering and Rescue Helmets Standards. Brussels, Belgium.

۸. **Gernay, T & Khorasani, N. E**. (۲۰۲۰). Health Risks and PPE Performance Optimization for First Responders Exposed to Dust and Toxic Emissions Following Structural Collapses. ASCE Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, ۶(۳), ۰۴۰۲۰۰۲۵

بهداشت محیط، پایش آلاینده‌ها و مدیریت مخاطرات شیمیایی، بیولوژیکی و گردوغبار در عملیات آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین ابعاد زیست‌محیطی پسماندهای آوار در کلان‌شهر تهران

عملیات آواربرداری ناشی از سوانح ویرانگر لرزه‌ای در ساختار شهری متراکم و ناهمگن تهران، صرفاً یک چالش انتقال مکانیکی مصالح نیست، بلکه یک بحران پیچیده بهداشت محیط و سلامت عمومی به شمار می‌رود. لایه‌های آوار شهری دربرگیرنده مخلوطی همگن نشده از اجزای کالبدی ابنیه، تأسیسات صنعتی و کارگاهی، مخازن ذخیره سوخت و مواد شیمیایی خانگی، شبکه‌های فاضلاب آسیب‌دیده، لاشه‌های دامی و متأسفانه اجساد جان‌باختگان است. در صورت فقدان یک نظام منسجم کنترل و پایش زیست‌محیطی، خردایش، جابه‌جایی و دپوی شتاب‌زده این توده‌ها می‌تواند منجر به آزادسازی گسترده آلاینده‌های بسیار سمی، آلودگی منابع آب زیرزمینی و قنات پایتخت، شیوع اپیدمی‌های بیولوژیکی و ایجاد امواج گردوغبار فیروززا گردد. کارشناسان و مهندسان شهرداری تهران موظفند ضمن درک ابعاد زنجیره‌ای این آلودگی‌ها، پروتکل‌های استاندارد مهار در مبدأ را در تمامی مراحل ترابری و دفع نهایی پیاده‌سازی نمایند.

۲. پویایی تولید گردوغبار، ذرات سیلیس آزاد، الیاف آزبست و راهکارهای مهار اتمسفری

تخریب و خردایش بتن، ملات‌های ماسه‌سیمان و آجرها، حجم عظیمی از ذرات معلق هوا برد با قطر کمتر از ده و دو و نیم میکرون ($10\mu\text{m}$ و $2.5\mu\text{m}$) تولید می‌کند که بخش عمده آن را سیلیس بلوری قابل استنشاق (Respirable Crystalline Silica) تشکیل می‌دهد. استنشاق حاد این ذرات در میان پرسنل و ساکنان پیرامونی، خطر ابتلا به سیلیکوزیس تسریع شده و آسیب‌های غیرقابل بازگشت ریوی را به همراه دارد. از سوی دیگر، با توجه به پیشینه کاربرد گسترده مصالح حاوی پنبه‌نسوز در ساخت‌وسازهای دهه‌های پیشین تهران—شامل صفحات ایرانیت سیمانی، پوشش‌های ضدحریق اسکلت‌های فلزی، لوله‌های آب و فاضلاب، لنت‌ها و عایق‌های حرارتی—آواربرداری تهاجمی با بیل‌های مکانیکی و چکش‌های هیدرولیک، الیاف به‌شدت سرطان‌زای آزبست را در هوای شهر معلق می‌سازد.

برای مهار فیزیکی این ریزگردها، استراتژی مهندسی سرکوب هیدروژنیک یا آب پاشی با نازل‌های مه پاش (Fog and Mist Suppression Cannons) باید به صورت الزامی در تمامی جبهه‌های فعال آواربرداری مستقر گردد. افزودن مواد فعال کننده سطحی سازگار با محیط زیست (Surfactants) به تانکرهای آبیاش شهرداری، کشتش سطحی قطرات را کاهش داده و نرخ به دام اندازی ذرات شناور آذیست و سیلیس را تا چند برابر افزایش می دهد. علاوه بر این، در هنگام بارگیری کامیون‌ها، ایجاد پوشش‌های کشسان آب بند یا کاورهای ژئوتکستایل و برزنت‌های مهار کننده بر روی اتاق بار، به همراه اعمال محدودیت سرعت تردد به حداکثر بیست کیلومتر بر ساعت در معابر خاکی و سایت‌های آوار، مانع از انتشار ثانویه غبار در سطح شهر خواهد شد. کارشناسان HSE مناطق باید ایستگاه‌های پایش پرتابل کیفیت هوا را در جهت باد غالب مستقر کرده و در صورت تجاوز غلظت ایاف از حد مجاز مواجهه شغلی، عملیات مکانیکی را تا مرطوب سازی مجدد متوقف سازند.

۳. مدیریت مخاطرات شیمیایی، مواد خطرناک صنعتی (HazMat) و پسماندهای ویژه

پهنه‌های شهری تهران به دلیل استقرار گسترده کارگاه‌های تولیدی، انبارها، آزمایشگاه‌ها، مغازه‌های رنگ و مواد شیمیایی و حتی انبوه پسماندهای سمی خانگی نظیر آفت کش‌ها و پاک کننده‌های اسیدی در بافت‌های مسکونی، پتانسیل بالایی در تولید آلودگی‌های شیمیایی در زمان فرو ریزش دارند. نشت و امتزاج ناخواسته ترکیبات ناسازگار، مانند ترکیب هیپوکلریت سدیم با اسیدهای شوینده که منجر به تولید گاز کلر مهلک می گردد، یا اشتعال حلال‌های فرار در مجاورت تجهیزات برش کاری، جان نیروهای حاضر در صحنه را به طور آنی تهدید می کند.

پروتکل‌های بهداشت محیط شهرداری اقتضا می کند که به موازات بازگشایی معابر، تیم‌های تخصصی شناسایی مواد خطرناک (HazMat Reconnaissance Teams) با بهره گیری از آشکارسازهای فوتیونیزاسیون (PID) و کاغذهای شناساگر شیمیایی، جبهه‌های آوار مشکوک را ارزیابی نمایند. در صورت شناسایی بشکه‌ها، مخازن سوخت مدفون، ترانسفورماتورهای حاوی روغن‌های سمی پلی کلر بی فنیل (PCB) یا کپسول‌های گازهای تحت فشار، کارشناسان باید بی درنگ منطقه را ایزوله کرده و از ورود ماشین آلات سنگین جلوگیری به عمل آورند. فرآیند تفکیک این ضایعات خطرناک در مبدأ، بسته بندی در ظروف مقاوم پلیمری (Overpack Drums) و انتقال آن‌ها به پهنه‌های اختصاصی دفن پسماندهای ویژه مطابق با استانداردهای مدیریت پسماندهای صنعتی الزامی است تا از مخلوط شدن آن‌ها با آوار معمولی ابنیه ممانعت شود.

۴. ملاحظات بهداشت بیولوژیکی، مدیریت اجساد و کنترل ناقلین بیماری‌ها

فروپاشی بافت شهری، قطع شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تخریب خطوط آبرسانی بهداشتی، شرایط مساعدی را برای تجمع رواناب‌های آلوده و شیوع پاتوژن‌های روده‌ای فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، حضور پیکرهای جان‌باختگان و لاشه‌های حیوانات مدفون زیر خروارها خاک و بتن، به همراه شرایط دمایی محیط، فرآیند فساد بیولوژیکی و تولید گازهای بدبو نظیر کاداورین و پوترسین و جذب ناقلینی همچون مگس‌ها و جوندگان موذی را تسریع می‌کند. بر خلاف باورهای نادرست عمومی، اجساد قربانیان بلایای طبیعی فی‌نفسه عامل همه‌گیری‌های حاد مانند وبا یا طاعون نیستند مگر آنکه فرد پیش از مرگ به بیماری واگیرداری مبتلا بوده باشد؛ اما تماس غیرایمن با مایعات بیولوژیکی جسد می‌تواند ریسک انتقال پاتوژن‌های خونی نظیر هپاتیت B، C و اچ‌آی‌وی را در پی داشته باشد.

نیروهای شهرداری در بخش بهداشت محیط موظفند با هماهنگی سازمان پزشکی قانونی و آرامستان‌ها، دستورالعمل‌های محترمانه و بهداشتی خارج‌سازی اجساد را پیاده نمایند. استفاده از کیسه‌های ضخیم، زیپ‌دار و غیرقابل نفوذ جسد (Body Bags)، گندزدایی لایه‌های بیرونی با محلول‌های پایه کلر، استفاده پرسنل از دستکش‌های ضخیم نیتریل دولایه و گان‌های مقاوم در برابر مایعات، بخش‌های جدایی‌ناپذیر این پروتکل‌ها هستند. بلافاصله پس از تخلیه پیکرها و ضایعات ارگانیک از یک زون، سم‌پاشی هدفمند با آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌های مجاز زیست‌محیطی به همراه طعمه‌گذاری برای مهار جوندگان و پاشش پودر آهک بر روی خاک‌های آلوده به ترشحات بیولوژیکی جهت پیشگیری از تکثیر باکتری‌های بی‌هوازی اجرا گردد.

۵. مهندسی بهداشت آب، کنترل شیرابه و حفاظت از آبخوان‌ها و قنات تهران

یکی از آسیب‌پذیری‌های منحصربه‌فرد جغرافیای زیرسطحی تهران، وجود شبکه گسترده‌ای از رشته‌قنات تاریخی، گالری‌های آب‌های زیرزمینی و مسیر رودرده‌های شمالی-جنوبی است. بارندگی‌های فصلی بر روی توده‌های متراکم آوار یا آب‌پاشی‌های مداوم جهت فرونشاندن گردوغبار، منجر به شسته شدن املاح سنگین، مشتقات نفتی، ترکیبات آزبستی و فساد ارگانیک شده و حجم قابل توجهی از شیرابه سمی (Leachate) با بار آلاینده‌گی شدید شیمیایی و بیولوژیکی تولید می‌کند. نفوذ این شیرابه‌ها به مادرچاه‌های قنات یا آبخوان‌های دشت تهران، آب شرب مصرفی مناطق پایین دست را با فاجعه مسمومیت‌های گسترده روبرو خواهد کرد.

در فاز استقرار سایت‌های دپوی موقت و نهایی، مهندسان شهرداری باید لایه‌بندی بستر دپو را با استقرار ورقه‌های نفوذناپذیر ژئوممبران از جنس پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) همراه با لایه‌های محافظ ژئوتکستایل اجرایی نمایند. طراحی کانال‌های هدایت و جمع‌آوری رواناب‌های سطحی در پیرامون دپو به منظور جلوگیری از ورود آب‌های بالادست به توده آوار، و هدایت شیرابه‌های جمع‌آوری شده به استخرهای تبخیر یا تصفیه‌خانه‌های سیار، از الزامات تخلف‌ناپذیر مهندسی محیط زیست در کارگاه‌های مدیریت پسماند بحران به شمار می‌روند.

۶. بهداشت فردی نیروها، ایستگاه‌های آلودگی‌زدایی و مدیریت بهداشت روانی میدان

استمرار حضور کارشناسان و اپراتورهای شهرداری در فضاهای غبارآلود و آلوده به ترشحات و مواد شیمیایی، نیازمند طراحی فرآیندهای منظم آلودگی‌زدایی پرسنلی در انتهای شیفت‌های کاری است. در مرز میان زون آلوده و زون پشتیبانی، باید دوش‌های صحرایی، ایستگاه‌های شست‌وشوی چشم و دست، و رختکن‌های مجزا جهت تعویض البسه کار و جداسازی تجهیزات حفاظت فردی مستقر گردد تا از انتقال آلودگی‌ها به اقامتگاه‌ها و خانواده نیروها ممانعت به عمل آید. تأمین آب آشامیدنی بسته‌بندی شده استاندارد و استقرار سرویس‌های بهداشتی سیار با مخازن تخلیه مکانیزه در زون سرد، ضامن پیشگیری از همه‌گیری بیماری‌های دستگاه گوارش در میان کادر عملیاتی است. همچنین، مواجهه بصری مداوم پرسنل با بقایای متلاشی شده و بوهای ناشی از فساد مواد بیولوژیکی، نیازمند حمایت‌های روان‌شناختی بحران و مداخلات تسکینی توسط تیم‌های بهداشت روان در محل کارگاه است.

۷. نتیجه‌گیری و راهکارهای اجرایی برای مدیریت شهری

مدیریت بهداشت محیط و کنترل آلودگی‌ها در بستر آواربرداری، مؤلفه‌ای حیاتی در ارتقای تاب‌آوری پایتخت است که غفلت از آن، خسارات بهداشتی و درمانی جبران‌ناپذیری را در ماه‌ها و سال‌های پس از بحران بر بدنه جامعه تحمیل خواهد نمود. دستیابی به استاندارد مطلوب نیازمند: تشکیل کارگروه مشترک بهداشت محیط بحران با عضویت کارشناسان شهرداری، وزارت بهداشت و سازمان محیط زیست؛ پیش‌خرید و انبارش تجهیزات پایش اتمسفری، مواد شیمیایی مهارکننده غبار و کیت‌های بهداشتی HazMat در سامانه‌های پشتیبانی مناطق؛ و آموزش دوره‌ای تکنسین‌های خدمات شهری و پیمانکاران آواربرداری در زمینه پروتکل‌های تفکیک در مبدأ و حفاظت بهداشتی است تا شهرداری تهران بتواند مأموریت آواربرداری را هم‌گام با صیانت از سلامت پایدار محیط‌زیست و شهروندان به سرانجام رساند.

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). پروتکل جامع بهداشت محیط، پایش آلودگی‌ها و مدیریت اجساد در سوانح با تلفات جمعی شهر تهران. نشر شهر، تهران.

۲. **World Health Organization (WHO) & Pan American Health Organization (PAHO)**. (۲۰۱۶). *Management of Dead Bodies after Disasters: A Field Manual for First Responders (Second Edition)*. Geneva & Washington, D.C.

۳. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit**. (۲۰۱۸). *Disaster Waste Management Guidelines: Hazardous Chemical Identification, Asbestos Containment, and Environmental Health Protection*. United Nations Environment Programme, Geneva.

۴. **United States Environmental Protection Agency (US-EPA)**. (۲۰۱۹). *Planning for Natural Disaster Debris: Guidance on Asbestos, Particulate Matter (PM₁₀/PM_{2.5}), and Environmental Monitoring*. Office of Resource Conservation and Recovery, Washington, D.C.

۵. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۰). *FEMA P-۱۰۲۵: Debris Management Plan Development — Chapter ۸: Hazardous Waste, Environmental Compliance, and Biohazard Protocols*. U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۶. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC) & NIOSH**. (۲۰۱۹). *Occupational Safety and Health Guidelines for Structural Collapse Operations: Crystalline Silica and Asbestos Dust Mitigation*. Atlanta, Georgia.

۷. **Brown, C., Milke, M & Seville, E**. (۲۰۱۱). *Disaster Waste Management: A Review Article on Environmental and Public Health Impacts*. *Waste Management*, ۳۱(۶), ۱۰۸۵-۱۰۹۸

۸. **Asari, M., Sakai, S & Yoshioka, T**. (۲۰۱۳). *Strategy for Separation and Treatment of Hazardous Wastes and Debris Generated by Natural Disasters*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, ۱۵(۳), ۲۹۰-۲۹۹

سلامت روان، مدیریت استرس سانحه و تاب‌آوری روانی-اجتماعی نیروهای خط مقدم آواربرداری

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین بوم‌شناسی روانی نیروهای عملیاتی در زون‌های تخریب

عملیات آواربرداری در کلان‌شهری مانند تهران در پی رخداد سوانح طبیعی ویرانگر، تنها یک فرایند مکانیکی پیچیده مبتنی بر جابه‌جایی خاک و مصالح نیست، بلکه مواجهه‌ای مستقیم و فرساینده با تراژدی انسانی، ویرانی گسترده و مرگ است. در حالی که ادبیات مرسوم مدیریت بحران اغلب بر لجستیک ماشین‌آلات، اولویت‌بندی معابر و پایداری سازه‌ای تمرکز دارد، پایداری سرمایه انسانی به عنوان محرک اصلی تمامی این عملیات‌ها در معرض آسیب‌های روانی بسیار عمیق قرار می‌گیرد. پرسنل خط مقدم شهرداری اعم از اپراتورهای ماشین‌آلات سنگین، کارشناسان فنی، مهندسان آوار و تکنسین‌های خدمات شهری، بر خلاف امدادگران خارج از منطقه، با یک تعارض بنیادین «امدادگر-آسیب‌دیده» مواجه می‌شوند؛ به این معنا که این افراد در حین مأموریت، نگران سرنوشت خانواده، مسکن و بستگان خویش در پهنه‌های تخریب‌شده شهر بوده و در عین حال تحت فشار سنگین جامعه برای بازگشایی سریع شریان‌ها و خارج‌سازی عزیزان محبوس عمل می‌کنند. نادیده انگاشتن ابعاد روان‌شناختی سلامت شغلی نیروها، به سرعت منجر به افت تمرکز، خطاهای فاجعه‌بار در کار با ابزارهای هیدرولیک و ماشین‌آلات سنگین، فرسودگی زودرس و شیوع اختلالات مزمن بالینی پس از سانحه خواهد شد.

۲. فاکتورهای استرس‌زای حاد و مزمن در کارگاه‌های آواربرداری کلان‌شهر

محیط آواربرداری تجمیعی از محرک‌های حسی تکان‌دهنده است که سیستم عصبی نیروها را به صورت مداوم در وضعیت برانگیختگی مفرط نگه می‌دارد. مواجهه دیداری و لامسه‌ای با بقایای متلاشی‌شده اجساد، به ویژه مشاهده جان‌باختگان خردسال، استنشاق گازهای ناشی از فساد ارگانیک بافت‌ها و شنیدن ضجه و استغاثه بازماندگانی که برای هدایت نامتعارف پیل‌های مکانیکی و لودرها به نیروها هجوم می‌آورند، شوک‌های ادراکی شدیدی ایجاد می‌کند. علاوه بر این، ترومای ثانویه زمانی تشدید می‌شود که اپراتور ماشین‌آلات در حین کاوش یا خاک‌برداری ناخواسته با پیکر متوفیان یا محبوس‌شدگان احتمالی برخورد نموده و احساس فلج‌کننده گناه و سرزنش شخصی بر او غلبه می‌نماید.

در کنار این عوامل حاد، تنش‌های مزمن مانند محرومیت حاد از خواب، تغذیه نامنظم، کم‌آبی بدن، سرمای شدید یا گرمای توان‌فرسا، و بویژه آلودگی صوتی ممتد ماشین‌آلات تخریب و لرزش‌های دائم دست و تن، سیستم شناختی مغز را فرسوده کرده و توان تصمیم‌گیری و ارزیابی ریسک را در مهندسان و نیروهای میدانی به شدت تضعیف می‌سازد.

۳. پاتوفیزیولوژی استرس سانحه، فرسودگی روانی و واکنش‌های شناختی پرسنل

مواجهه با فاجعه، زنجیره فیزیولوژیک محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-فوق کلیه (HPA Axis) را فعال کرده و سطح کورتیزول و کاتکول‌آمین‌ها را در خون به حداکثر می‌رساند. این پاسخ بقا در کوتاه‌مدت سبب تمرکز غریزی می‌شود، اما تداوم آن در شیفتهای کاری طولانی‌مدت آواربرداری منجر به سندرم خستگی ناشی از تروما (Compassion Fatigue)، فرسودگی عاطفی و تغییرات رفتاری مخرب می‌گردد. پاسخ‌های روان‌شناختی نیروها عموماً در سه فاز ظهور می‌یابد: واکنش حاد استرس (ASR) در روزهای نخست که به صورت کرختی عاطفی، تفکیک واقعیت، خشم انفجاری و گیجی نمایان می‌شود؛ فاز استرس تحت‌حاد همراه با اختلال شدید خواب، کابوس‌های مکرر آوار، تحریک‌پذیری افراطی و بی‌اعتمادی به دستورات سلسله‌مراتب فرماندهی حادثه؛ و در نهایت در صورت عدم مداخله تخصصی، اختلال استرس پس از سانحه (PTSD) و افسردگی حاد بالینی در ماه‌های پس از عملیات که فرد را برای همیشه از چرخه خدمت و تعادل زیستی خارج می‌نماید. شناخت این عوارض بالینی به مدیران شهرداری اجازه می‌دهد تا افت راندمان کاری را ناشی از تمرّد تلقی نکرده و آن را واکنشی طبیعی به شرایطی غیرطبیعی ارزیابی نمایند.

۴. پروتکل‌های پیشگیرانه و اقدامات روان‌شناختی پیش از بحران (Pre-Crisis Preparation)

ارتقای تاب‌آوری روانی نیروها نباید به دوران پس از رخداد فاجعه موکول گردد، بلکه نیازمند مداخلات پیش‌دستانه در شرایط عادی است. سازمان مدیریت بحران و معاونت‌های فنی و خدمات شهری شهرداری تهران باید الگوهای آموزش تاب‌آوری روانی (Psychological Resilience Training) را به عنوان بخش لاینفک دوره‌های آمادگی ابراتورها و مدیران آوار تدوین نمایند. این آموزش‌ها مشتمل بر تکنیک‌های تنظیم هیجان، مواجهه شبیه‌سازی‌شده با سناریوهای با تلفات جمعی، تمرین‌های تنفس تاکتیکی برای کنترل حملات هراس در فضاهای محبوس، و حساسیت‌زدایی از طریق آشنایی نظری با ماهیت محرک‌های آوار است. همچنین، پیاده‌سازی سیستم

«حمایت همتایان» (Peer Support System) پیش از حادثه، که در آن سرکارگران و رانندگان برجسته برای شناسایی علائم اولیه اضطراب در همکاران خود آموزش می‌بینند، خط اول کشف نشانه‌های زود هنگام تروما را بدون تحمیل برچسب‌های مرسوم روان‌پزشکی مستحکم می‌سازد. بخش حیاتی دیگر، شفاف‌سازی پروتکل ارتباطات پرسنل با خانواده‌هایشان در سناریوی زلزله پایتخت است؛ زیرا اطمینان اپراتور از اسکان امن و حمایت سیستماتیک شهرداری از بازماندگان درجه یک خود، بیش از نیمی از استرس مخرب تشتت افکار او را در صحنه عملیات خنثی خواهد کرد.

۵. مداخلات حین عملیات: کمک‌های اولیه روان‌شناختی (PFA) و نقش فرماندهی حادثه

در کوران عملیات آواربرداری، افسر ایمنی و فرماندهان بخش‌ها در ساختار سامانه فرماندهی حادثه (ICS) وظیفه دارند بهداشت روان را هم‌تراز با الزامات پایش پایداری ترانسه‌ها و تجهیزات حفاظت فردی مدیریت کنند. مدل استاندارد «کمک‌های اولیه روان‌شناختی» بر پایه سه اصل اساسی «مشاهده، گوش فرادادن، و پیوند دادن» (Look, Listen, Link) استوار است. فرماندهان باید پرسنلی را که نشانه‌های کمرختی، لرزش غیرقابل کنترل یا بهت‌زدگی را بروز می‌دهند، فوراً از خط آتش عملیات و پشت فرمان ماشین‌آلات سنگین خارج کرده و به ایستگاه‌های حمایتی منتقل سازند. ایجاد «زون‌های آرامش و بازسازی» (Respite Centers) در زون سرد، با دسترسی به نوشیدنی گرم، غذای مقوی، فضایی دور از غرش موتورها و دور از چشم دوربین‌های رسانه‌ها، فرصت بازنشانی روانی و فیزیولوژیک پرسنل را فراهم می‌سازد. اعمال چرخش شیفت‌های کاری منظم و منع اکید اضافه کاری بیش از دوازده ساعت، از تدابیر عملیاتی مدیریتی است که به شدت خطای شناختی ناشی از خستگی مفرط را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، در هنگام خارج‌سازی پیکرهای مطهر، باید پروتکل‌های احترام و پوشش کامل پیکر با بسته‌بندی‌های کدر اجرا شود تا تصویربرداری و مواجهه مستقیم دیداری سایر عوامل به حداقل برسد.

۶. مداخلات بازبانی پس از مأموریت: فرآیند و اماندگی زدایی و بازگشت به خدمت

پس از خاتمه یک شیفت سنگین یا اتمام فاز آواربرداری یک زون بحرانی، فرایند «واماندگی زدایی روانی» یا تخلیه هیجانی تخصصی باید با هدایت روان‌شناسان سازمانی مدیریت بحران صورت پذیرد. الگوهای نوین مانند مدیریت استرس حوادث وخیم (CISM) نشان می‌دهند که جلسات بازگویی وقایع نباید ماهیت بازجویی یا واکاوی روان‌کاوانه اجباری داشته باشند، بلکه جلسات گروهی بازسازی روحیه (Debriefing & Operational Defusing) باید

ساختاری حمایتی و محرمانه برای اشتراک تجربیات، بازتعریف واکنش‌های عصبی به عنوان پاسخی فیزیولوژیک، و شناسایی افرادی که نیازمند ارجاع به سطوح درمانی پیشرفته‌تر هستند، فراهم کنند. برنامه‌های مراقبت پیگیر در ماه‌های پس از فاجعه، انجام پایش‌های ادواری کیفیت خواب و عملکرد رفتاری، و پشتیبانی‌های بیمه‌ای و مادی شهرداری از کارکنان آسیب‌دیده، تضمین‌کننده بازگشت پایدار نیروها به بدنه اجرایی شهر بوده و مانع از شکل‌گیری احساس رهاشدگی در قهرمانان خط مقدم بازسازی خواهد شد.

۷. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی برای شهرداری تهران

سلامت روانی پرسنل آواربرداری، دارایی راهبردی غیرقابل انکاری است که بدون آن، مدرن‌ترین ناوگان ماشین‌آلات و پیشرفته‌ترین نقشه‌های GIS و پایگاه‌های امدادی کارایی خود را از دست خواهند داد. فروریزش روانی یک اپراتور تاورکین یا بولدوزر در قلب یک معبر شریانی، می‌تواند مسیر نجات هزاران شهروند را مسدود ساخته یا خسارات ثانویه سهمگینی پدید آورد. از این رو، استقرار شبکه مداخله روانی در چارت حوادث شهرداری تهران، تدوین شناسنامه سلامت روان ادواری پرسنل عملیاتی، تخصیص بودجه برای ایجاد چادرهای حمایت روانی سیار در نواحی بحران‌زده و پذیرش رسمی پروتکل‌های استراحت روان‌شناختی توسط مدیران ارشد، ضرورتی استراتژیک است که تاب‌آوری ساختاری پایتخت را در بحرانی‌ترین دقایق تاریخ آن تضمین خواهد نمود.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۱). دستورالعمل جامع مداخلات حمایت روانی - اجتماعی در سوانح با تلفات جمعی ویژه نیروهای امدادی و خدماتی شهر تهران. نشر شهر، تهران.

۲. World Health Organization (WHO), War Trauma Foundation & ,World Vision International. (۲۰۱۱). *Psychological First Aid: Guide for Field Workers* . World Health Organization, Geneva.

۳. Inter-Agency Standing Committee (IASC). (۲۰۰۷). *IASC Guidelines on Mental Health and Psychosocial Support in Emergency Settings* .IASC Secretariat, Geneva.

۴. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (۲۰۱۸). *Disaster Responder Mental Health and Stress Management: A Guide for Incident Command*

and Operational Leadership .Emergency Management Institute, Emmitsburg, Maryland.

.^Δ**National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)** .(۲۰۲۰) .*Traumatic Incident Stress: Information and Resources for Emergency Responders and Heavy Equipment Operators* .Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Atlanta, Georgia.

.^ξ**Mitchell, J. T & ,Everly, G. S** .(۲۰۰۱) .*Critical Incident Stress Management (CISM): Basic Group Crisis Intervention* .International Critical Incident Stress Foundation (ICISF), Ellicott City, Maryland.

.^Υ**Brooks, S. K., Dunn, R., Amlôt, R., Rubin, G. J & ,Greenberg, N** .(۲۰۱۹) .*A Systematic, Thematic Review of Social and Occupational Factors Associated with Psychological Outcomes in Healthcare and First-Responder Personnel Affected by Emergencies* .Journal of Occupational and Environmental Medicine, ۶۱(۳), ۲۳۸-۲۴۸

.^Λ**Substance Abuse and Mental Health Services Administration (SAMHSA)** .(۲۰۲۱)*Disaster Technical Assistance Center Supplemental Research Bulletin: Behavioral Health and First Responder Well-Being in Structural Collapse Disasters* .U.S. Department of Health and Human Services, Rockville, Maryland.

مبانی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی تفکیک آوار در مبدأ و مقصد در شرایط بحران شهری

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین دکترین مدیریت جریان پسماندهای ساختمانی در کلان‌شهر تهران

در رویکردهای سنتی مدیریت بحران، آوار ناشی از زمین‌لرزه یا فروریزش‌های ساختمانی صرفاً به عنوان یک مانع فیزیکی تلقی می‌شد که باید با حداکثر سرعت از معابر و زون‌های آسیب‌دیده بارگیری و در اراضی حاشیه‌ای یا دره‌ها تخلیه گردد. تجربیات سوانح بزرگ مقیاس بین‌المللی و ارزیابی‌های مهندسی پایتخت نشان می‌دهد که این رویکرد غیرعلمی و مبتنی بر تخلیه فله‌ای (Mass Dumping)، نه تنها ظرفیت سایت‌های دفع را در نخستین روزها اشباع ساخته و هزینه‌های گزاف ترابری را بر شهرداری تحمیل می‌کند، بلکه موجب نابودی حجم عظیمی از مصالح قابل بازیافت و مدفون‌شدن خطرناک پسماندهای ویژه در مجاورت سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. کلان‌شهر تهران با برخورداری از بیش از دو میلیون و ششصد هزار پلاک ثبتی و ناهمگنی شدید کالبدی—از اسکلت‌های بتن‌آرمه نوین تا بافت‌های فرسوده سنتی و کارگاه‌های صنعتی فعال در متن بافت مسکونی—در صورت وقوع زلزله، با صدها میلیون تن آوار ناهمگن مواجه خواهد شد. تفکیک ساختاریافته آوار در مبدأ (نقطه فروریزش) و مقصد (سایت‌های پردازش موقت و نهایی)، شالوده استراتژی گذار از «مدیریت بحران اتلافی» به «مدیریت چرخه مصالح و اقتصاد چرخشی» به شمار می‌رود.

۲. الزامات فنی و فرآیندی تفکیک در مبدأ (Source Separation)

تفکیک در مبدأ، نخستین حلقه مهندسی در مهار جریان پسماند است که اجرای آن مستلزم ایجاد توازن دقیق میان سرعت بازگشایی شریان‌ها و دقت جداسازی قطعات است. در فاز اضطراری و بلافاصله پس از اطمینان از عدم حضور محبوس‌شدگان زنده (اتمام فاز جست‌وجو و نجات)، ماشین‌آلات مهندسی شهرداری نباید رویکرد تخریب‌کور و بارگیری درهم را اتخاذ نمایند. اپراتورهای ماشین‌آلات مجهز به الحاقات هیدرولیکی پیشرفته نظیر چنگک‌های چندمنظوره (Grapples) و قیچی‌های برش ضایعات آهن (Shears)، وظیفه دارند اجزای حجیم فولادی شامل تیرآهن‌های لانه‌زنبوری، میلگردهای کلاف‌نشده و ورق‌های پوششی سقف‌ها را پیش از خردایش بتن جداسازی و در کناره‌های امن معبر دسته‌بندی کنند.

به موازات اقدامات مکانیکی، تفکیک اقلام خطرساز خانگی و صنعتی (HazMat) در مبدأ یک الزام حیاتی زیست محیطی است. توده های آوار در پهنه های مسکونی و تجاری تهران انباشته از قوطی های رنگ، روغن های سنتتیک، آفت کش ها، لوله های آذیستی و سیلندرهای گاز مایع هستند که در صورت ورود به اتاق بار کامیون ها و اختلاط با نخاله های معدنی، ریسک انفجار حین ترابری و آلودگی حجم عظیمی از مصالح سالم را پدید می آورند. استقرار کارشناسان بهداشت محیط شهرداری در معیت تیم های مکانیکی، جهت علامت گذاری و تفکیک سریع شبکه های مشکوک و تجهیزات الکتریکی سنگین حاوی خازن ها و ترانسفورماتورها پیش از بارگیری کامیون ها، مانع از تسری خطرات به حلقه های بعدی زنجیره مدیریت آوار می گردد.

۳. مهندسی سایت های پردازش موقت و فرآیند تفکیک در مقصد (Processing Depots)

ایستگاه های انتقال و دپوی موقت آوار (Debris Management Sites - DMS) باید در پهنه هایی با مساحت وسیع، با دسترسی مستقیم به شریان های بزرگراهی و به دور از کانون های جمعیتی و قنوات مستقر شوند. این سایت ها نباید صرفاً محل انباشت خاک تلقی گردند، بلکه باید به عنوان پالایشگاه های فرآوری پسماندهای ساختمانی عمل کنند. آوار ورودی پس از عبور از باسکول های توزین و گیت های کنترل تشعشع و آلودگی، به زون های تفکیک متوالی هدایت می شود.

در فاز نخست جداسازی مقصد، قطعات بسیار سنگین بتن و سنگ لاشه توسط لودرها و بکپوها به بخش سنگ شکن های متحرک (Mobile Crushers) ارسال می شوند؛ در حالی که آهن ربا های الکتریکی قدرتمند معلق (Overband Magnetic Separators) مستقر بر روی نوارهای نقاله، تمامی قطعات ریز و درشت فلزی را با راندمان بالا از جریان بتن خرد شده جدا می سازند. جریان باقی مانده از سرندهای ارتعاشی استوانه ای (Trommel Screens) عبور کرده تا خاک نباتی، ماسه و دانه بندی های ریز، از مصالح درشت تر تفکیک گردند. در فاز پایانی، چوب ها، پلاستیک های بسته بندی و پلی استایرن های مصرفی در بلوک های سقفی از طریق سامانه های جداسازی بادی (Air Classifiers) یا تفکیک دستی روی نوار نقاله از بدنه مصالح معدنی جدا شده و از فساد بیولوژیکی یا حریق های خود به خودی در دپو های نهایی جلوگیری به عمل می آید.

۴. ارزش گذاری اقتصادی و بازچرخانی مصالح ساختمانی بازیافتی

آوار ساختمانی شهری غنی ترین منبع مصالح ثانویه برای دوران بازسازی پس از سانحه است. بتن های خرد شده و بازیافتی (Recycled Concrete Aggregate - RCA) در صورت تفکیک عاری از گچ، چوب و آذبت، جایگزینی استاندارد برای مصالح شن و ماسه طبیعی معادن کوهستانی هستند. شهرداری تهران می تواند این سنگدانه های بازیافتی را در تولید بتن های غیرسازه ای، زیرسازی و زیراساس (Sub-base) معابر تخریب شده، احداث موج شکن ها و خاکریزهای مهار رواناب های رود دره ها، و پر کردن فرونشست های زیرسطحی مورد استفاده قرار دهد که این امر نیاز به استخراج مصالح بکر و پیمایش صدها هزار کیلومتر تردد ناوگان باربری به معادن پیرامونی را مرتفع می سازد.

از سوی دیگر، آهن آلات قراضه، مس تأسیسات الکتریکی و آلومینیوم بازیافتی حاصل از تفکیک، جریان مالی پایداری را پدید می آورند. این فلزات می توانند مستقیماً به کارخانجات ذوب آهن پیرامون پایتخت منتقل شده و درآمدهای حاصله صرف جبران هزینه های گزاف پیمانکاران آواربرداری و نوسازی زیرساخت های آسیب دیده شهری گردد. این چرخه بازیافت، فشار ناشی از تأمین مصالح جدید برای میلیون ها مترمربع بازسازی مسکونی را در سطح ملی به شدت تعدیل خواهد کرد.

۵. پروتکل های مواجهه، ایمن سازی و دفع پسماندهای خطرناک و پرخطر

بخش غیرقابل بازیافت و بحرانی آوار شامل مصالح حاوی آذبت، پسماندهای دارویی و عفونی مراکز درمانی تخریب شده، و خاک های آغشته به مشتقات هیدروکربوری است که در هر دو فاز مبدأ و مقصد به رویکردهای سخت گیرانه بیوریاکتوری و شیمیایی نیازمندند. قطعات پنبه نسوز شناسایی شده (نظیر ورق های موج دار پوشش سقف ها و لوله های سیمانی فرسوده) هرگز نباید تحت ضربات سنگ شکن قرار گیرند، بلکه باید بلافاصله با مواد چسباننده پلیمری تثبیت (Encapsulated) شده، در کیسه های نایلونی ضخیم و علامت گذاری شده بسته بندی گردند و مستقیماً به سلول های ویژه دفن پسماندهای پرخطر هدایت شوند.

در سایت های دپوی موقت، احداث حوضچه های بتنی نفوذناپذیر با لایه های محافظتی ژئوممبران برای نگهداری موقت مخازن مواد شیمیایی آسیب دیده، باتری های مستعمل اسیدی و پسماندهای الکترونیکی الزامی است تا از تراوش اسیدها

و فلزات سنگین مانند جیوه، سرب و کادمیوم به سفره‌های آبخوان‌های دشت جنوبی تهران جلوگیری شود. مهندسان شهرداری باید نظارت مداوم بر چرخه‌های آزمایشگاهی داشته باشند تا هیچ‌گونه مصالحی پیش از تأیید سلامت شیمیایی به چرخه استفاده مجدد در شهر وارد نگردد.

۶. حقوق مالکیت مصالح، صیانت از اموال شهروندان و ملاحظات قانونی

یکی از چالش‌های بنیادین تفکیک آوار در بافت‌های مسکونی پایتخت، مباحث مرتبط با حقوق خصوصی، مالکیت اشیاء گران‌بها و اسناد مالکیتی است. توده‌های آوار فرو ریخته اموال بلاصاحب نیستند، بلکه دارایی‌های باارزش ساکنان پیشین به حساب می‌آیند. در فاز تفکیک دستی در مبدأ، مأموران شهرداری باید با همراهی ضابطین قضایی و فراجا، پروتکل سخت‌گیرانه‌ای برای گردآوری، ثبت، صورت‌جلسه و پلمب اشیاء باارزش مکشوفه—اعم از گاوصندوق‌ها، طلاجات، اوراق بهادار، تجهیزات دیجیتال و آلبوم‌های هویتی—پیاده‌سازی کنند.

از حیث ضوابط شهری، شهرداری تهران با استناد به اختیارات حاصل از قوانین مدیریت بحران و ماده ۵۵ قانون شهرداری‌ها برای رفع خطر از معابر عمومی، مجاز به تفکیک و انتقال نخاله‌هاست؛ با این حال، تفکیک فلزات ساختمانی باارزش در ابعاد تناژ بالا نیازمند تدوین سازوکارهای شفاف حقوقی است تا درآمدهای حاصله از ارزش اسقاط تیرآهن‌ها و فلزات ساختمانی، پس از کسر هزینه‌های عملیات، در حسابی امانی و متمرکز جهت بازپرداخت به مالکان حقیقی آن املاک یا کسر از مطالبات عوارض نوسازی و ساخت آنان ذخیره گردد. عدم تعیین تکلیف این حقوق، ممکن است موجب بروز تعارضات اجتماعی تند میان ساکنان محلی و پیمانکاران آواربرداری شود و پیشرفت عملیات فنی را مختل سازد.

۷. نتیجه‌گیری و توصیه‌های راهبردی برای مدیریت شهری

تبدیل سیستم مدیریت آوار تهران به الگوی مهندسی پایدار مبتنی بر تفکیک، مستلزم گسست از رویه‌های سنتی و سرمایه‌گذاری هدفمند در دوران پیش از بحران است. موفقیت این فرآیند بر سه رکن اساسی تکیه دارد: نخست، تدوین پهنه‌بندی مصالح شهری با کمک سامانه‌های GIS و شناسایی بافت‌های واجد بیشترین بار آزبستی و شیمیایی در مناطق بیست‌و دو گانه؛ دوم، تجهیز شرکت‌های پیمانکار خدمات شهری و عمرانی به ادوات مکانیکی تفکیک، نظیر سرهای آهن‌ربایی بیل‌های مکانیکی و سنگ‌شکن‌های پرتابل زنجیری؛ و سوم، جانمایی قطعی و تملک اراضی

پیرامونی پایتخت جهت استقرار سایت‌های پردازش چندمنظوره با زیرساخت‌های نفوذناپذیر مهندسی. با استقرار چنین ساختاری، تفکیک آوار در مبدأ و مقصد، فرآیند دشوار بازسازی پایتخت را از یک فاجعه پرهزینه زیست‌محیطی به یک فرصت بازآفرینی پایدار کالبدی و اقتصادی مبدل خواهد ساخت.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). طرح جامع مدیریت پسماندهای ساختمانی و عمرانی ناشی از سوانح در شهر تهران (دستورالعمل تفکیک، بازیافت و دفع). نشر شهر، تهران.

۲. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۰). FEMA P-۱۰۲۵: Debris Management Plan Development — Chapter ۷: Debris Sorting, Volume Reduction, and Recycling Strategies. U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۳. **United States Environmental Protection Agency (US-EPA)**. (۲۰۱۹). Planning for Natural Disaster Debris: Guidance on Source Separation, Resource Recovery, and Hazardous Materials Identification. Office of Resource Conservation and Recovery, Washington, D.C.

۴. **Joint UNEP/OCHA Environment Unit**. (۲۰۱۸). Disaster Waste Management Guidelines: Material Sorting, Asbestos Separation, and Economic Recovery in Urban Areas. United Nations Environment Programme, Geneva.

۵. **Tam, V. W & ,Tam, C. M.** (۲۰۰۸). Diversion of Construction and Demolition Waste by Sorting and Recycling: Economics and Environmental Performance. Waste Management & Research, ۲۶(۵), ۴۴۱-۴۵۰.

۶. **Xiao, J., Li, W & ,Fan, Y.** (۲۰۱۲). An Overview of Study on Recycled Aggregate Concrete in China. (۲۰۱۱-۱۹۹۶) Construction and Building Materials, ۳۱, ۳۶۴-۳۸۳.

۷. **Asari, M., Sakai, S & ,Yoshioka, T.** (۲۰۱۳). Strategy for Separation and Treatment of Hazardous Wastes and Debris Generated by Natural Disasters. Journal of Material Cycles and Waste Management, ۱۵(۳), ۲۹۰-۲۹۹.

۸. **European Commission (EC)**. (۲۰۱۸). EU Construction and Demolition Waste Management Protocol and Guidelines: Quality Management for Recycled Materials in Post-Disaster Reconstruction. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Brussels.

فناوری‌های پیشرفته بازیافت آوار ساختمانی و مهندسی تولید مصالح ثانویه در بازسازی پس از بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین رویکرد مهندسی به بازیافت آوار در مقیاس کلان‌شهر

در پی وقوع سوانح ویرانگر نظیر زمین‌لرزه‌های با بزرگای بالا در پهنه کلان‌شهری تهران، حجم آوار ساختمانی تولیدشده از مرز ده‌ها میلیون تن فراتر خواهد رفت که دفن سنتی آن به دلایل اکولوژیکی، انسداد اراضی حاشیه‌ای و هزینه‌های گزاف ترابری غیرممکن است. هم‌زمان با بحران پاک‌سازی، فرایند بازسازی اسکان موقت و دائم با کمبود بحرانی مصالح ساختمانی استاندارد نظیر سنگدانه، شن، ماسه و سیمان مواجه خواهد شد که زنجیره تأمین ملی را با شوک تورمی و لجستیکی فلج‌کننده روبه‌رو می‌سازد. راهکار راهبردی برای پیوند میان «پاک‌سازی شهر» و «تأمین نهاده‌های بازسازی»، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین بازیافت آوار و تبدیل نخاله‌های ناهمگن به مصالح ثانویه با ارزش مهندسی بالاست. بازیافت آوار در استاندارد جهانی دیگر صرفاً خردایش مکانیکی سنگ نیست، بلکه شاخه‌ای نوین از مهندسی متالورژی و ژئوتکنیک مصالح است که با استفاده از فرآیندهای ترمومکانیکی، جداسازی هیدرودینامیکی و بهبود شیمیایی، نخاله‌ها را به سنگدانه‌های استاندارد برای بتن‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای تبدیل می‌کند.

۲. زنجیره فناوری‌های خردایش، سرنده و طبقه‌بندی مکانیکی پیشرفته

گام نخست در خطوط صنعتی بازیافت، تقلیل ابعاد قطعات عظیم بتن آرمه و لاشه‌های بنایی به دانه‌بندی‌های هدف است. در کارخانجات سیار و ثابت فرآوری، از سنگ‌شکن‌های فکی (Jaw Crushers) در مرحله اول به عنوان شکننده‌های هیدرولیکی پرقدرت برای شکستن قطعات تا ابعاد کمتر از صد میلی‌متر استفاده می‌شود؛ سپس سنگ‌شکن‌های ضربه‌ای با محور عمودی یا افقی (Impact Crushers) در مرحله ثانویه وارد عمل می‌گردند تا ضمن اصلاح فرم هندسی ذرات و مکعبی‌سازی سنگدانه‌ها، اتصال ملات‌های ضعیف چسبیده به سطح سنگدانه‌های طبیعی را بشکنند. سرنده‌های ارتعاشی چندطبقه (Multi-deck Vibrating Screens) و سرنده‌های غلتکی دوار (Trommels) با دسته‌بندی جریان مصالح به فراکسیون‌های مختلف نظیر ماسه بازیافتی صفر تا چهار میلی‌متر، شن

نخودی چهار تا ده میلی متر و شن بادی ده تا بیست میلی متر، امکان کنترل دقیق منحنی دانه بندی (Grading Curve) را منطبق با استانداردهای ملی و بین المللی مصالح بتن فراهم می سازند.

۳. فناوری های نوین جداسازی آلاینده ها و خالص سازی مصالح

یکی از بزرگ ترین موانع کیفی در بازیافت آوار بحران، وجود ناخالصی های سبک نظیر چوب، پلاستیک، گچ، پلی استایرن، قیر و ذرات غبار است که مقاومت مکانیکی مصالح بازیافتی را به شدت تضعیف می کنند. برای رفع این چالش، از کلاسیفایرهای جریان هوا (Air Classifiers / Windshifters) استفاده می شود که با تنظیم دقیق سرعت مکش یا دمش باد، ذرات سبک تر و فیلم های پلیمری را از مسیر ریزش سنگدانه ها منحرف و تخلیه می کنند. برای جداسازی مواد آلی شناور و چوب های متراکم تر، فناوری جداسازی در بستر غوطه وری مایع (Jigging and Sink-Float Separation) به کار گرفته می شود که بر مبنای اختلاف چگالی مصالح معدنی و ناخالصی ها در محیط هیدرولیکی عمل می کند. همچنین، جهت پالایش ذرات سرامیکی و آجری از لاشه بتن، سیستم های نوین مبتنی بر سنسورهای اپتیکال و طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR Sorting) با سرعت بسیار بالا نوع کانی ها را اسکن کرده و ناخالصی های گچی و آجری را با شلیک نازل های هوای فشرده به بیرون از خط انتقال پرتاب می کنند.

۴. فرآیندهای بازیافت سنگدانه بتن (RCA) و ارتقای کیفیت پیوند بین سطحی (ITZ)

سنگدانه های بازیافتی حاصل از بتن (Recycled Concrete Aggregate - RCA) در ساختار خود دارای مقداری ملات سیمانی کهنه و متخلخل متصل به سنگدانه اصلی هستند که موجب افزایش جذب آب و افت مقاومت بتن جدید در ناحیه بین سطحی خمیر و سنگدانه (Interfacial Transition Zone - ITZ) می شود. برای ارتقای این سنگدانه ها تا سطح کاربرد سازه ای، فناوری های تصفیه سطحی پیشرفته توسعه یافته اند. روش خردایش اصطکاکی و مکانیکی سایشی با ایجاد سایش میان ذرات، ملات هیدراته شده سست را به صورت پودر جدا می سازد. در رویکردهای شیمیایی و کربناتاسیون پیشرفته (Accelerated Carbonation Curing)، سنگدانه های بازیافتی در راکتورهای تحت فشار گاز دی اکسید کربن قرار می گیرند؛ گاز CO_2 با کلسیم هیدروکسید آزاد ($Ca(OH)_2$) موجود در ملات کهنه واکنش داده و آن را به کربنات کلسیم متراکم تبدیل می کند که این امر تخلخل سنگدانه را مسدود ساخته، جذب آب را تا چهل درصد کاهش داده و مقاومت فشاری بتن تولیدی با این سنگدانه ها را هم تراز با بتن های ساخته شده با مصالح بکر ارتقا می دهد.

۵. تولید مصالح پایدار و کاربردهای مهندسی در بازسازی پایتخت

مصالح ثانویه تولیدی بر پایه آوار بازیافتی در طیف وسیعی از پروژه‌های عمرانی و بازسازی کلان‌شهر تهران قابل بهره‌برداری هستند. سنگدانه‌های خردشده آجری و بنایی (Recycled Masonry Aggregate) پس از اختلاط با درصد‌های کنترل‌شده آهک و سرباره، به عنوان مصالح ژئوتکنیکی فوق‌العاده برای تثبیت خاک‌های سست، اجرای لایه‌های اساس و زیراساس راه‌ها، روسازی معابر شریانی بازگشایی‌شده، و سیستم‌های زهکشی زیرسطحی و حوضچه‌های مهار سیلاب شهری به کار می‌روند. سنگدانه‌های بتنی کربناته‌شده و ارتقایافته نیز در کارخانجات پیش‌ساخته شهرداری برای تولید قطعات بتنی اسکان اضطراری نظیر نیوجرسی‌های ترافیکی، دال‌های پیش‌ساخته بتنی، جداول معابر، بلوک‌های سبک سیمانی و پانل‌های دیواری عایق مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این، پودر فوق‌ریز بتن خردشده (Waste Concrete Powder) به دلیل برخورداری از ترکیبات سیلیکاتی و آلومیناتی فعال، قابلیت استفاده به عنوان پوزولان مصنوعی و جایگزین جزئی سیمان پرتلند را در تولید بتن‌های ژئوپلیمری و پایدار ایفا می‌کند.

۶. ملاحظات کنترل کیفیت، استانداردهای فنی و ضوابط ساختمانی

استفاده از مصالح ثانویه بازیافتی در بازسازی پایتخت باید منطبق بر استانداردها و پروتکل‌های فنی مدون باشد تا ریسک‌های سازه‌ای جدید خلق نگردد. سازمان مدیریت بحران و معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران ملزم به تطبیق تولیدات با استانداردهای بین‌المللی نظیر ASTM C ۳۳ (مشخصات سنگدانه‌های بتن)، BS EN ۱۲۶۲۰ و پیوست‌های مقررات ملی ساختمان ایران هستند. آزمون‌های آزمایشگاهی ادواری شامل ارزیابی مقاومت در برابر سایش با دستگاه لس‌آنجلس (Los Angeles Abrasion)، تست جذب آب و چگالی نسبی، آزمایش تعیین مقدار یون کلرید و سولفات محلول در آب جهت جلوگیری از خوردگی میلگردها در سازه‌های نوین، و تست‌های سلامت سنگدانه در برابر یخبندان باید به صورت سیستماتیک در خروجی کارخانجات بازیافت انجام گیرد. طبق دستورالعمل‌های معتبر مهندسی، اختلاط تا سقف سی درصد سنگدانه بازیافتی درشت با سنگدانه طبیعی برای بتن‌های سازه‌ای بدون افت مقاومت مجاز بوده و در بتن‌های غیرسازه‌ای و راهسازی، جایگزینی صددرصدی مصالح بازیافتی به عنوان یک استاندارد زیست‌محیطی و اقتصادی الزامی تلقی می‌گردد.

۷. نتیجه‌گیری و راهبردهای سیاستی شهرداری تهران

تحقق بازیافت فناورانه آوار در تهران مستلزم گذار از برنامه‌ریزی واکنشی به ایجاد زیرساخت‌های مهندسی پیش از وقوع سانحه است. شهرداری تهران باید با تکیه بر پهنه‌بندی‌های ژئومکانیکی و آمایش سرزمین، سه کانون اصلی پردازش و بازیافت آوار مجهز به خطوط سنگ‌شکن سیار زنجیری، کلاسیفایرهای بادی و ایستگاه‌های آزمایشگاهی سیار را در حاشیه ری و آرادکوه در جنوب، پهنه‌های غربی و محورهای شرق پایتخت جانمایی و زیرسازی نماید. اتصال سامانه‌های هوشمند تحلیل آوار به بانک اطلاعات مصالح پایدار، تدوین پیش‌نویس ضوابط شهرداری برای الزام پیمانکاران بازسازی به مصرف درصدی معین از مصالح ثانویه، و اعطای مشوق‌های عوارض ساخت برای سازه‌های بهره‌مند از مصالح بازیافتی، اکوسیستم بسته‌ای پدید خواهد آورد که فاجعه تخریب کالبدی را به فرصتی بزرگ برای نوسازی تاب‌آور، کم‌کربن و خوداتکای پایتخت مبدل می‌سازد.

منابع

۱. سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۹۹). استاندارد ملی ایران شماره ۳۰۲: سنگدانه‌های بتن - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون مصالح بازیافتی. تهران.

۲. FEMA P-۱۰۲۵: Federal Emergency Management Agency (FEMA). (۲۰۲۰). Debris Management Plan Development — Advanced Crushing, Segregation, and Structural Recycling Technologies. Washington, D.C.

۳. Xiao, J., Li, W., Fan, Y & Huang, X. (۲۰۱۲). An Overview of Study on Recycled Aggregate Concrete in China. (۲۰۱۱-۱۹۹۶) Construction and Building Materials, ۳۱, ۳۶۴-۳۸۳

۴. Silva, R. V., de Brito, J & Dhir, R. K. (۲۰۱۴). Properties and Durability of Recycled Aggregates in Concrete: A State-of-the-Art Review. Materials & Design, ۵۸, ۲۹۹-۳۱۰

۵. Zhan, B. J., Poon, C. S., Liu, Q., Kou, S. C & Shi, C. (۲۰۱۴). Experimental Study on CO₂ Curing for Improvement of Recycled Aggregate Properties. Construction and Building Materials, ۶۷, ۳-۷

۶. Tam, V. W. Y., Soomro, M & Evangelista, A. C. J. (۲۰۱۸). A Review of Recycling and Reusing Methods for Construction and Demolition Waste with a

Focus on Advanced Concrete Recycling Technologies .Journal of Cleaner Production, ۱۷۲, ۱۶۹۳–۱۷۰۶

.^۷**European Committee for Standardization (CEN)** .(۲۰۱۳) .EN ۱۲۶۲۰: Aggregates for Concrete (Including Specifications for Recycled Aggregates) . Brussels, Belgium.

.^۸**American Society for Testing and Materials (ASTM)** .(۲۰۱۸) .ASTM C ۳۳/ C۳۳M-۱۸: Standard Specification for Concrete Aggregates and Recycled Material Incorporation .West Conshohocken, Pennsylvania.

استانداردها، ضوابط زیست محیطی و مهندسی لندفیل در دفع نهایی پسماندهای آوار بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و ضرورت حاکمیت زیست محیطی بر فاز پایانی مدیریت آوار در تهران

در ادبیات مهندسی بحران، موفقیت عملیات آواربرداری تنها با سرعت بازگشایی معابر شریانی یا حجم نخاله‌های جابه‌جا شده سنجیده نمی‌شود، بلکه پیامدهای درازمدت اکولوژیکی و بهداشتی آن بر سلامت سکونتگاه‌ها، شاخص اصلی کارآمدی مدیریت شهری است. در صورت وقوع زلزله‌ای مخرب در تهران، حتی پس از اعمال حداکثر تفکیک در مبدأ و بهره‌گیری از خطوط خردایش و بازیافت سنگدانه، حجم هنگفتی از فزاینده‌های غیرقابل بازیافت، پس‌ماندهای خطرناک خانگی آمیخته با خاک، رسوبات متلاشی، مصالح حاوی آزبست و خاک‌های آلوده باقی می‌ماند که نیازمند «دفع نهایی مهندسی شده» هستند. تخلیه کنترل‌نشده، شتاب‌زده و فله‌ای این پسماندها در دره‌ها، مسیل‌های البرز جنوبی (نظیر کن، دربند و وردآورد) یا اراضی فرونشستی دشت شهریار و ری، می‌تواند منجر به مسدودسازی هیدرولیکی آبراه‌ها، شکل‌گیری سیلاب‌های ثانویه گل‌آلود، فعال‌سازی کانون‌های نوین ریزگرد سمی در بادهای غالب غربی و از همه فاجعه‌بارتر، نفوذ شیرابه‌های حاوی فلزات سنگین و هیدروکربن‌ها به آبخوان‌های آسیب‌پذیر پایتخت شود. از این رو، استقرار استانداردها و ضوابط زیست محیطی دفع نهایی، تضمین‌کننده بقای اکولوژیکی شهر در دوران پسابحران است.

۲. معیارهای مکانیابی و ژئوتکنیکی لندفیل‌های نهایی پسماند بحران (Disposal Siting Criteria)

جانمایی سلول‌های دفن نهایی آوار بحران بر اساس راهنماهای آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (US-EPA) و برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) تابع ضوابط سفت و سخت هیدروژئولوژیکی، توپوگرافی و کاربری اراضی است. سایت دفن نهایی باید در مناطقی با عمق سفره آب زیرزمینی حداقل پانزده متر از تراز کف لندفیل مستقر شده و خارج از حریم گسل‌های فعال، زون‌های خطر روان‌گرایی، دشت‌های سیلابی صدساله و مخروط‌افکنه‌ها واقع گردد. شیب توپوگرافی محل نباید بیش از ده درصد باشد تا از ناپایداری شیب ترانشه‌ها و لغزش توده‌های مدفون ممانعت به عمل آید. بستر زمین‌شناسی لندفیل باید ترجیحاً دارای لایه‌های ضخیم و نفوذناپذیر رسی

طبیعی با ضریب نفوذپذیری کمتر از ده به توان منفی هفت سانتی متر بر ثانیه ($k < 10^{-7} \text{ cm/s}$) باشد. از منظر شهرسازی و شبکه معابر پایتخت، این اراضی باید حداقل پانصد متر از پهنه‌های سکونتی و منابع آب شرب، و دوپست متر از خطوط انتقال گاز و دکل‌های فشار قوی فاصله داشته باشند، اما دسترسی بلامانع به کمربندی‌ها و بزرگراه‌های اصلی بیرونی شهر مانند آزادراه تهران-قم یا آزادراه غدیر را جهت تسهیل تردد شبانه‌روزی صدها کامیون سنگین بدون تحمیل بار ترافیکی به هسته شهر تأمین کنند.

۳. مهندسی لاینینگ، ایزولاسیون و مهار نفوذ شیرابه‌های سمی (Landfill Liner Systems)

اگرچه بخش اعظم آوار ساختمانی از مواد معدنی خنثی تشکیل شده، اما بارندگی و اکسیداسیون ضایعات مدفون (نظیر گچ‌های ساختمانی که موجب آزادسازی مقادیر هنگفت سولفید هیدروژن می‌شوند، زنگ‌زدگی‌های صنعتی و فرسایش باتری‌ها و مدارات الکترونیکی)، شیرابه‌های با بار آلاینده‌گی بسیار بالا و فلزات سنگین نظیر سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک تولید می‌کند. استاندارد EPA Subtitle D و ضوابط سازمان حفاظت محیط زیست ایران، طراحی لندفیل‌های نهایی آوار سوانح را ملزم به اجرای سیستم لاینر مرکب (Composite Liner System) می‌سازد. این سامانه شامل متراکم‌سازی یک لایه رس کوبیده به ضخامت حداقل شصت سانتی متر در بستر، پوشش کامل با ورق‌های ژئوممبران پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) با حداقل ضخامت ۱/۵ میلی متر با جوشکاری اکستروژن و آزمون فشار هوا، لایه ژئوتکستایل محافظ جهت جلوگیری از سوراخ‌شدگی، و در نهایت شبکه لوله‌های کاروگیت مشبک در بستر شنی با ضخامت سی سانتی متر جهت زهکشی و هدایت ثقلی شیرابه به حوضچه‌های تبخیر و تصفیه پیشرفته است. بدون این ایزولاسیون ژئوسنتتیک، نشت حتی مقادیر جزئی شیرابه می‌تواند آبخوان‌های دشت ری را برای دهه‌ها از حیز انتفاع شرب و کشاورزی خارج سازد.

۴. پروتکل‌های مهار آزبست و انباشت پسماندهای ویژه و خطرناک (HazMat Disposal Protocols)

بافت کالبدی تهران دارای حجم عظیمی از ورق‌های سیمانی پنبه‌نسوز، لوله‌های تأسیساتی، لنت‌ها و عایق‌های حرارتی حاوی الیاف آزبست است که در اثر فروریزش خرد شده و انتشار الیاف آن‌ها در هوا شدیداً سرطان‌زا است. بر اساس استاندارد اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA) و استاندارد ملی دفع پسماندهای آزبستی، این فراکسیون‌ها تحت هیچ شرایطی نباید با پسماندهای عمومی آوار در یک ترانشه مخلوط شوند. برای پسماندهای آزبستی باید سلول‌های

دفن تک‌منظوره (Dedicated Asbestos Monofills) در درون محدوده سایت نهایی احداث گردد. مصالح حاوی آزبست باید از بدو ورود در حالت مرطوب نگهداری شده، در بسته‌بندی‌های دولایه پلی‌اتیلنی با ضخامت حداقل دویست میکرون و با برچسب‌های هشدار بین‌المللی پلمب شوند. در هنگام تخلیه در سلول، استفاده از بولدوزر بر روی کیسه‌ها ممنوع بوده و هر لایه تخلیه‌شده باید بلافاصله و در پایان همان روز کاری با لایه‌ای از خاک تثبیت‌شده یا خاک رس به ضخامت حداقل پانزده تا سی سانتی‌متر پوشانده شود تا هرگونه تصعید و معلق‌شدن الیاف در اثر باد ناممکن گردد.

۵. ضوابط متراکم‌سازی، پوشش‌های ادواری و مهار انتشار غبار و فرسایش بادی

پسماندهای ساختمانی غیرخطرزا نظیر لاشه‌های غیرقابل بازیافت آجر، ملات‌های گچی، ماسه‌های آلوده و خاکبرداری‌ها باید بر اساس ضوابط ژئوتکنیکی متراکم گردند تا از نشست‌های تفاضلی مخرب در آینده ممانعت شود. خاک و آوار ورودی باید در لایه‌هایی با ضخامت حداکثر پنجاه تا شصت سانتی‌متر توسط غلتک‌های پاچه‌بزی سنگین و بولدوزرهای سنگین وزن متراکم گردند تا به دانسیته خشک هدف (حداقل نود درصد آزمون پروکتور استاندارد) برسند. به منظور مهار گردوغبار و پخش ذرات سیلیس آزاد کریستالی، سایت باید به سامانه‌های مداوم آب‌پاشی مه‌پاش، مالچ‌پاشی زیست‌محیطی بر پایه ترکیبات پلیمری تجزیه‌پذیر، و ایستگاه‌های شست‌وشوی چرخ کامیون‌ها (Wheel Wash Stations) در خروجی مجهز باشد تا از خروج گل‌ولای و ذرات آلاینده به شبکه معابر عمومی ممانعت شود. در انتهای هر فاز کاری، اجرای لایه پوشش روزانه (Daily Cover) با خاک کوبیده به ضخامت پانزده سانتی‌متر برای جلوگیری از دسترسی جانوران موذی و آتش‌سوزی‌های سطحی الزامی است.

۶. استانداردهای بستن سایت، احیای چشم‌انداز و پایش درازمدت پس از بهره‌برداری

پس از تکمیل ظرفیت طراحی‌شده لندفیل آوار بحران، فرایند بستن نهایی (Final Capping) باید مطابق با دستورالعمل‌های کنترل نفوذ آب‌های جوی اجرا گردد. سامانه کاور نهایی متشکل از یک لایه خاک نفوذناپذیر رسی یا ژئوکامپوزیت بنتونیت، لایه زهکش زهکشی آب باران، لایه ژئوتکستایل فیلتر و لایه‌ای به ضخامت حداقل شصت سانتی‌متر از خاک نباتی حاصلخیز جهت استقرار پوشش گیاهی بومی با ریشه‌های کم‌عمق و بدون نیاز به آبیاری زیاد است. طبق ضوابط نظارتی EPA و دستورالعمل‌های بین‌المللی، دوره پایش پس از بستن (Post-Closure Monitoring) حداقل به مدت سی سال اجباری است. در این دوره، مهندسان محیط زیست و بهداشت شهرداری

باید به صورت فصلی و منظم، پیزومترها و چاهک‌های پایش آب زیرزمینی حفر شده در بالادست و پایین‌دست سایت را جهت ردیابی فلزات سنگین، ترکیبات آلی فرار (VOCs) و سولفات‌ها نمونه‌برداری و آنالیز نمایند. همچنین سنجش‌های دوره‌ای فرونشست سطحی و ردیابی خروج گازهای گوگردی و متان احتمالی باید در ایستگاه‌های ثابت ثبت گردد تا هرگونه تغییر شکل لایه‌ها و مخاطرات زیست‌محیطی پیش از تبدیل به بحرانی ثانویه مهار شود.

۷. نتیجه‌گیری و نقشه راه زیست‌محیطی شهرداری تهران در افق مدیریت بحران

توسعه استانداردهای دفع نهایی پسماندهای آوار در کلان‌شهر تهران، آزمونی سرنوشت‌ساز برای بلوغ مدیریت شهری در مواجهه با بزرگ‌ترین تهدید تاریخ پایتخت است. شهرداری تهران، به ویژه سازمان پیشگیری و مدیریت بحران و سازمان مدیریت پسماند، باید از اکنون و در شرایط پیش از بحران، نسبت به تدوین کتابچه مشخصات فنی لندفیل‌های اضطراری، تملک و تثبیت اراضی استراتژیک در مجتمع پردازش آرادکوه و پهنه‌های مستعد جنوب غرب، اخذ مجوزهای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) از سازمان حفاظت محیط زیست، و ذخیره‌سازی مصالح ژئوسنتتیک (ورق‌های ژئوممبران و ژئوتکستایل) در انبارهای لجستیکی اقدام نماید. پیاده‌سازی این چارچوب مهندسی و محیط‌زیستی تضمین خواهد کرد که بازسازی تهران به قیمت نابودی سفره‌های آب زیرزمینی، اراضی زیست‌محیطی و سلامت نسل‌های آینده تمام نشود و پایتخت پس از عبور از فاز فیزیکی سانحه، تاب‌آوری اکولوژیکی خود را به شکلی پایدار حفظ نماید.

منابع

۱. سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۹۸). ضوابط و روش‌های اجرایی مدیریت پسماندهای ساختمانی، عمرانی و پسماندهای ناشی از شرایط اضطراری و بلایای طبیعی. معاونت محیط زیست انسانی، تهران.

۲. United States Environmental Protection Agency (US-EPA). (۲۰۱۹). Planning for Natural Disaster Debris: Guidance and Environmental Standards for Final Disposal Facilities. EPA ۵۳۰-F-۱۹-۰۰۳, Office of Land and Emergency Management, Washington, D.C.

۳. Joint UNEP/OCHA Environment Unit. (۲۰۱۸). Disaster Waste Management Guidelines: Site Selection, Liner Engineering, and Environmental Remediation in Crisis-Affected Zones. United Nations Environment Programme, Geneva.

5. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(2020) .FEMA P-1020: Debris Management Plan Development — Chapter 9: Final Disposal Site Management, Environmental Compliance, and Hazardous Containment . Washington, D.C.

6. **Koerner, R. M** .(2012) .Designing with Geosynthetics (6th Edition): Geomembranes and Clay Liners for Disaster Waste Containment Facilities .Xlibris Corporation, Bloomington, Indiana.

7. **World Bank** .(2021) .Post-Disaster Debris and Solid Waste Management: Environmental Siting, Containment Standards, and Long-Term Groundwater Protection Protocols .World Bank Urban Development Series, Washington, D.C.

8. **Occupational Safety and Health Administration (OSHA)** .(2015) .Asbestos Disposal and Containment Standard for Demolition and Disaster Waste Remediation (29CFR 1926.1101) .U.S. Department of Labor, Washington, D.C.

9. **European Parliament and Council** .(2018) .Directive 94/2008/EC on Waste and Landfill Directive 31/1999/EC: Technical Criteria for the Acceptance and Containment of Construction, Demolition, and Disaster Waste in Landfills .Official Journal of the European Union, Brussels.

مهندسی پایدارسازی، مهار مخاطرات ژئوتکنیکی و بازگرداندن سایت‌های آوار به شرایط ایمن و پایدار (Site Stabilization and Restoration)

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین فلسفه بازگرداندن سایت به شرایط ایمن و پایدار در کلان‌شهر تهران

در چرخه جامع مدیریت بحران، خاتمه عملیات جست‌وجو و نجات (USAR) و حتی پاک‌سازی و حمل فیزیکی توده‌های نخاله از سطح زمین، به منزله پایان ریسک و بازگشت به وضعیت عادی نیست. عملیات خاک‌برداری و جابه‌جایی آوار سنگین با ماشین‌آلات هیدرولیکی، تعادل تنش‌های برجا را در لایه‌های خاک بر هم زده و توپوگرافی جدید و بسیار شکننده‌ای پدید می‌آورد. گودبرداری‌های ناگهانی، خاک‌برداری از پای شیروانی‌ها، برداشته شدن سربارهای ساختمانی و انهدام معابر، کانون‌های نوین ناپایداری هستند که در صورت وقوع پس‌لرزه‌های بعدی یا بارندگی‌های فصلی، فجایع ثانویه‌ای نظیر زمین‌لغزش‌های شهری، فروریزش دیواره‌های گود، رانش ترانشه‌ها و انسداد مجدد شریان‌های حیاتی را به دنبال خواهند داشت. بافت شهری تهران به دلیل ویژگی‌های توپوگرافی خاص (شیب‌های تند شمالی)، تنوع ژئوتکنیکی (رسوبات آبرفتی، ریزدانه‌های لایه‌ای و پهنه‌های مستعد فرونشست در جنوب)، و وجود هزاران رشته قنات تاریخی خشک یا آب‌دار در عمق چندمتری سطح زمین، نیازمند یک استراتژی مهندسی مدون جهت «پایدارسازی، خنثی‌سازی خطرات ژئوتکنیکی و زیست‌محیطی، و تحویل سایت در وضعیت ایمن و با قابلیت بازسازی» است.

۲. ارزیابی مهندسی مخاطرات ثانویه ژئوتکنیکی و سازه‌ای پس از تخلیه آوار

بلافاصله پس از تخلیه بدنه آوار، مهندسان ژئوتکنیک و سازه شهرداری باید فرایند ارزیابی جامع ریسک را با تکیه بر ابزارهای ژئوفیزیکی و ابزار دقیق پایش آغاز کنند. توده‌های خاک باقی‌مانده و دیواره‌های پیرامونی که در حین آواربرداری بدون سازه نگهبان رها شده‌اند، در معرض تغییرات سریع تنش برشی و کاهش مقاومت برشی ناشی از اشباع آب هستند. در تهران، وجود شبکه متراکم قنات مجهول‌ال‌مکان یکی از سهمگین‌ترین خطرات ثانویه است؛ جریان آب‌های شست‌وشو حین آواربرداری و نشت شبکه‌های لوله‌کشی آسیب‌دیده، خاک‌های پیرامون میله‌ها و کوره‌های قنات را شسته و باعث ایجاد پدیده خفند و حفرات پنهان (Sinkholes) در زیر معابر پاک‌سازی‌شده

می‌شود. همچنین، سازه‌های مجاور که در زمان زلزله تخریب نشده‌اند، بر اثر تخلیه بار و از دست رفتن تکیه‌گاه جانبی ناشی از فروریزش ساختمان همجوار، در وضعیت کرنش غیرخطی و ناپایداری بحرانی قرار می‌گیرند. از این رو، نقشه‌برداری پیوسته از جابه‌جایی‌ها توسط دوربین‌های توتال‌استیشن روباتیک، رادارهای زمینی و حسگرهای ارتعاشی، پیش‌نیاز هرگونه اعلام ایمنی سایت به شمار می‌رود.

۳. روش‌ها و فناوری‌های پایداری دیواره‌ها، ترانشه‌ها و گودهای ناپایدار (Structural Stabilization)

پایداری‌سازی ترانشه‌های خاکی و دیواره‌های عمیق رهاشده در زون‌های آواربرداری باید با تکنیک‌های ژئوتکنیکی سریع و کارآمد اجرایی شود. از جمله روش‌های استاندارد و آزموده، سیستم‌های مسلح‌سازی خاک نظیر میخ‌کوبی (Soil Nailing) همراه با بتن‌پاشی تحت فشار (شاتکریت) مسلح به الیاف فولادی است که امکان اجرای لایه‌به‌لایه هم‌زمان با تصحیح پروفیل شیب را فراهم می‌سازد. در مواردی که عمق گود زیاد بوده و احتمال ناپایداری بلوکی یا گسیختگی صفحه‌ای بالا باشد، استفاده از مهارهای کششی پیش‌تنیده (Prestressed Ground Anchors) متصل به کلاهک‌های بتنی و تسمه‌های فولادی توصیه می‌شود تا مقاومت جانبی دیواره فوراً احیا گردد. در ترانشه‌های کم‌عمق مجاور خطوط لوله و خیابان‌ها، احداث سریع دیوارهای حائل مکانیکی با استفاده از سبدهای گابیونی نفوذپذیر پرشده از سنگدانه‌های بازیافتی بتن، نه تنها یک اقدام مهندسی اقتصادی و در دسترس در شرایط بحران است، بلکه پایداری موضعی را تأمین کرده و به عنوان وزنه تعادلی در پنجه شیروانی عمل می‌کند و ریسک واژگونی توده‌های خاک را به صفر می‌رساند.

۴. پایداری سطحی، کنترل رواناب‌ها و مهار هیدرولیکی سایت

یکی از مخرب‌ترین عوامل فرسایش خاک و تخریب زیرساخت‌های پایدارشده پس از بحران، نفوذ و جریان هدایت‌نشده رواناب‌های حاصل از بارندگی‌های جوی است. آواربرداری عموماً توپوگرافی طبیعی زمین را دگرگون ساخته و آبراه‌های خرد را مسدود یا منحرف می‌سازد. برای بازگرداندن پایداری هیدرولیکی به سایت، مهندسان شهرداری باید نخست رگلاژ و شیب‌بندی ژئومورفولوژیک سطح محوطه را با شیب طولی و عرضی دو تا سه درصد به سمت کانال‌های زهکش اجرا نمایند. احداث خندق‌ها و کانال‌های موقت هدایت آب با پوشش ژئوممبران یا شاتکریت، احداث سدهای رسوب‌گیر موقت (Check Dams) با کیسه‌های شنی و کاهگل‌های مهندسی‌شده،

مانع از شست و شوی ذرات خاک و فرسایش شیاری (Rill Erosion) و خندقی می شود. علاوه بر این، در شیب های خاکی مستعد فرسایش سطحی، استقرار ژئوتکستایل های کنترل فرسایش، ژئوسل ها و شبکه های زیست تجزیه پذیر کویر هندی (Coir Geotextile) همراه با مالچ پاشی و بذریاشی چمن های بومی سریع الرشد، پوسته خاک را در برابر ضربات قطرات باران و بادهای سهمگین مقاوم ساخته و پایداری درازمدت بستر خاکی را تثبیت می نماید.

۵. ایزولاسیون و ایمن سازی زیست محیطی شریان های حیاتی و مخاطرات مدفون

سایت آواربرداری شده تنها زمانی «ایمن» تلقی می شود که تمامی بسترهای زیر سطحی از حیث نشت گاز، جریان های ولتاژ نامتعارف و آلودگی های شیمیایی کاملاً ایزوله شده باشند. تکنسین های تأسیسات شهری باید با تجهیزات آشکارساز صوتی و نشت یاب های مادون قرمز، خطوط تغذیه گاز طبیعی را در نقطه قطع سر شبکه، کور (Cap) کرده و با تزریق نیتروژن خنثی سازی نمایند تا از تجمع گاز متان در حفرات زیر زمینی و انفجارهای تأخیری ممانعت شود. کابل های فشار متوسط و ضعیف مدفون باید قطع فیزیکی شده و تابلوی قفل و علامت گذاری هشدار (Lockout/Tagout - LOTO) روی آنها نصب گردد. در صورت مشاهده لکه های نفتی، نشت اسید باتری های صنعتی یا رسوبات آغشته به سموم در کف زمین پس از جابه جایی آوار، خاک آلوده باید تا عمق رسیدن به لایه بستر پاک خاکبرداری شده و با مصالح آهکی تثبیت (Solidification/Stabilization) گردد و روی آن با یک لایه نفوذناپذیر رسی و لایه آسفالت سرد یا بتن مگر پوشانده شود تا هرگونه تماس انسانی و نشت آلودگی به منابع آب سطحی و زیر زمینی به طور کامل قطع شود.

۶. پروتکل های تحویل نهایی، ممیزی مهندسی و بازگشایی رسمی زون (Handover Protocols)

فرایند اعلام خاتمه بحران در یک سایت و صدور مجوز برای استقرار اسکان موقت یا بازسازی دائمی، نیازمند طی یک چارچوب بازرسی و ممیزی رسمی چندجانبه است. بر اساس استاندارد مدیریت ایمنی صحنه حوادث، یک کمیته ارزیابی نهایی متشکل از نماینده سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، مهندس ناظر ژئوتکنیک شهرداری منطقه، افسر ایمنی آتش نشانی و کارشناس محیط زیست باید از سایت بازدید به عمل آورند. در این ممیزی، چک لیست های تخصصی شامل آزمون تراکم خاک بستر (دانسیته بالای ۹۵ درصد پروکتور برای بسترهای باربر)، تأییدیه پایداری دیواره های گودبرداری ها، نقشه برداری مسیرهای هدایت هیدرولیکی، و برگه سبز عدم آلودگی گاز و مواد خطرناک مورد پایش قرار می گیرد. پس از تکمیل این مراحل، «گواهی ایمنی و تثبیت سایت» (Site Safety

Clearance Certificate) صادر و ثبت جی آی اس می گردد و محوطه با حصارکشی استاندارد، نصب علائم هشدار حریم خطر و روشنایی اضطراری، به طور رسمی جهت فاز احیا و اسکان دائم به پیمانکاران بازسازی یا مالکان شهری تحویل داده می شود.

۷. جمع بندی و الزامات سیاستی برای شهرداری تهران

بازگرداندن سایت به شرایط پایدار، زنجیره اتصال مدیریت اضطراری به توسعه پایدار شهری پس از شوک اولیه زلزله است. فروکاستن این فرایند حیاتی به صرف جمع آوری خاکروبه ها، ریسک فجایع زنجیره ای ناشی از زمین لغزش و گسیختگی فونداسیون سازه های نوساز را به شکل تصاعدی افزایش می دهد. شهرداری تهران باید از هم اکنون نسبت به ایجاد بانک ذخایر تجهیزات پایدارسازی سریع (نظیر دستگاه های پرتابل شاتکریت، رادهای خودحفر نیلینگ، ژئوممبران ها و پمپ های تخلیه ثقلی)، تدوین دستورالعمل ملی استانداردسازی سایت های آوار بحران و آموزش کادر فنی مناطق ۲۲ گانه اقدام نماید. این آمادگی تضمین خواهد کرد که پایتخت در دشوارترین مراحل پس از حادثه، خاکسترهای ویرانی را نه به یک منطقه پرخطر و بی دفاع، بلکه به بستری مهندسی شده، امن و آماده برای نوزایی و بازآفرینی شهری تبدیل خواهد کرد.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). دستورالعمل مهندسی پایش، پایدارسازی و ایمن سازی گودها و ترانشه های بازمانده از تخریب و سوانح شهری در پایتخت. نشر شهر، تهران.

FEMA P-۱۰۲۵. FEMA (۲۰۱۹). Federal Emergency Management Agency (FEMA). Debris Management Plan Development — Chapter ۸: Site Stabilization, Environmental Remediation, and Closeout Procedures. U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۳. United States Army Corps of Engineers (USACE). (۲۰۱۸). Disaster Debris Engineering: Slope Stabilization, Drainage Restoration, and Site Safety Clearance Manual (EM ۱۱۱۰-۲-۱۹۰۲). Department of the Army, Washington, D.C.

.^۴**Joint UNEP/OCHA Environment Unit** .(۲۰۱۸) .Disaster Waste Management Guidelines: Environmental Remediation, Site Decommissioning, and Public Safety Restoration .United Nations Environment Programme, Geneva.

.^۵**Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S & ,Boyce, G. M** .(۲۰۰۲) .Slope Stability and Stabilization Methods (۳rd Edition) .John Wiley & Sons, New York.

.^۶**National Fire Protection Association (NFPA)** .(۲۰۲۱) .NFPA ۱۶۷۰: Standard on Operations and Training for Technical Search and Rescue Incidents — Chapter on Structural Collapse and Secondary Hazard Mitigation .Quincy, Massachusetts.

.^۷**Occupational Safety and Health Administration (OSHA)** .(۲۰۲۰) . Excavations and Trenching Safety: Ground Stabilization and Hazardous Atmosphere Control (۲۹CFR ۱۹, Environmental Remediation, and Closeout Procedures .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

.^۳**United States Army Corps of Engineers (USACE)** .(۲۰۱۸) .Disaster Debris Engineering: Slope Stabilization, Drainage Restoration, and Site Safety Clearance Manual (EM ۱۱۱۰-۲-۱۹۰۲) .Department of the Army, Washington, D.C.

.^۴**Joint UNEP/OCHA Environment Unit** .(۲۰۱۸) .Disaster Waste Management Guidelines: Environmental Remediation, Site Decommissioning, and Public Safety Restoration .United Nations Environment Programme, Geneva.

.^۵**Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S & ,Boyce, G. M** .(۲۰۰۲) .Slope Stability and Stabilization Methods (۳rd Edition) .John Wiley & Sons, New York.

.^۶**National Fire Protection Association (NFPA)** .(۲۰۲۱) .NFPA ۱۶۷۰: Standard on Operations and Training for Technical Search and Rescue Incidents — Chapter on Structural Collapse and Secondary Hazard Mitigation .Quincy, Massachusetts.

.^۷**Occupational Safety and Health Administration (OSHA)** .(۲۰۲۰) . Excavations and Trenching Safety: Ground Stabilization and Hazardous Atmosphere Control (۲۹CFR ۱۹۲۶Subpart P) .U.S. Department of Labor, Washington, D.C.

.^۸**Coduto, D. P., Yeung, M. R & ,Kitch, W. A** .(۲۰۱۶) .Geotechnical Engineering: Principles and Practices (۳rd Edition) — Remedial Measures for Post-Earthquake Ground Failure .Pearson, Boston.

پروتکل‌های حقوقی، امنیتی و مهندسی صیانت از اموال شهروندان و مدیریت اسناد و اشیای قیمتی مکشوفه در عملیات آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه، ابعاد حقوقی و ضرورت ساختاری صیانت از دارایی‌های شهروندان در صحنه بحران

در جریان سوانح ساختاری بزرگ مقیاس نظیر زلزله‌های احتمالی کلان‌شهر تهران، ویرانی ساختمان‌ها تنها به معنای انباشت بتن، فولاد و آجر شکسته نیست؛ بلکه لایه‌های آوار حامل هویت، سرمایه‌های انباشته یک عمر، اسناد مالکیتی، اشیای هویتی، نقدینگی، طلا و جواهرات، و آثار عاطفی و تاریخی شهروندان آسیب‌دیده است. تجربه بحران‌های گذشته در سطح ملی و بین‌المللی اثبات کرده است که فقدان سازوکارهای شفاف، نظام‌مند و قابل ردیابی در مواجهه با اموال مردم، به سرعت اعتماد عمومی نسبت به سازمان‌های امدادی و مدیریت شهری را مضمحل ساخته و به تنش‌های اجتماعی، ممانعت بازماندگان از ورود ماشین‌آلات سنگین، نزاع‌های خیابانی و تأخیرهای مرگبار در عملیات نجات و پاک‌سازی دامن می‌زند. از دیدگاه حقوقی، مطابق با قانون مدنی جمهوری اسلامی ایران در باب مقررات لقطه، امین بودن نیروهای عمومی و اصل احترام به مالکیت مشروع اشخاص (اصل ۴۷ قانون اساسی)، کلیه نیروهای عملیاتی شهرداری تهران، آتش‌نشانی، پیمانکاران آواربرداری و نهادهای همکار در وضعیت بحران در حکم «امین قانونی» شناخته می‌شوند. هرگونه اهمال در جمع‌آوری، بسته‌بندی، ثبت، حراست و بازگرداندن این دارایی‌ها موجبات مسئولیت مدنی و کیفری را برای متولیان امر فراهم می‌آورد؛ از این رو استقرار یک زنجیره کنترل و تصدی بی‌نقص الزامی بنیادین در مهندسی پسماند بحران است.

۲. ساختار فرماندهی صحنه و تفکیک زون‌های عملیاتی از منظر حراست و امنیت اموال

مدیریت و «واحد صیانت از اموال و اشیای قیمتی» (Property Recovery Unit) با حضور مستقیم وه (ICS) است. در ساختار میدانی، ذیل نظر فرمانده عملیات آواربرداری، «واحد صیانت از اموال و اشیای قیمتی» (Property Recovery Unit) با حضور مستقیم و هم‌افزای نمایندگان حراست کل شهرداری تهران، یگان حفاظت شهرداری، فراجا (پلیس پیشگیری و پلیس آگاهی)، نماینده دادستانی تهران و معتمدین محلی یا شورایاری‌ها تشکیل می‌گردد. صحنه آوار به منظور کنترل تردد و پیشگیری از هرگونه غارت یا خروج غیرمجاز اموال به سه زون امنیتی تفکیک

می‌شود: زون قرمز (محدوده تخریب و کاربری ماشین‌آلات سنگین که ورود افراد متفرقه و حتی مالکان به دلیل خطرات ریزش اکیداً ممنوع بوده و تنها کادر آموزش دیده نجات و ناظران اموال حق تردد دارند)، زون زرد (حریم پشتیبانی و تفکیک اولیه دستی که چادرهای پایانه ثبت اموال در آن مستقر است) و زون سبز (محدوده امن اداری، اطلاع‌رسانی به خانواده‌ها و ارتباط با متقاضیان). هرگونه ورود و خروج به زون‌های قرمز و زرد تنها از طریق گیت‌های دارای سامانه احراز هویت بیومتریک، بازرسی بدنی دقیق و پایش تصویری ممتد میسر خواهد بود.

۳. پروتکل‌های میدانی کشف، جمع‌آوری و مستندسازی در محل آواربرداری (Discovery and Recovery Protocols)

فرایند مواجهه با اشیای قیمتی (شامل طلا، مسکوکات، ارز، تلفن همراه، رایانه‌های شخصی، گاو صندوق‌ها، آثار هنری، اسناد رسمی نظیر سند مالکیت، شناسنامه و مدارک پزشکی) باید طبق پروتکل «اصل دو نفره» (Two-Person Rule) اجرایی شود؛ بدین معنا که هیچ اپراتور، کارشناس یا امدادگری حق ندارد به تنهایی شیء باارزشی را از میان آوار برداشته یا ثبت نماید. کشف هرگونه دارایی بلافاصله با توقف موقت مانور مکانیکی در آن نقطه و حضور هم‌زمان یک مهندس ناظر شهرداری و یک ضابط قضایی یا مأمور پلیس همراه می‌شود. نخستین اقدام، مستندسازی بصری دست‌نخورده با دوربین‌های ثبت وقایع الصاق‌شده به البسه (Body Cams) و دوربین‌های دیجیتال متصل به سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) است. مختصات دقیق جغرافیایی نقطه کشف، عمق برداشت آوار، کد طبقه تخریب‌شده، شماره قطعه تفکیکی ملک بر اساس نقشه‌های کاداستر شهری و ساعت دقیق حادثه در فرم‌های استاندارد پنج‌برگی کشف اموال درج می‌گردد. این مستندسازی فنی، سنگ‌بنای حقوقی اثبات مالکیت در مراحل بعدی و مانع از شکل‌گیری شبهه اختلاط اموال واحدهای مسکونی همجوار در یک مجتمع آپارتمانی است.

۴. مهندسی زنجیره انتقال، بسته‌بندی امنیتی و پلمب اشیا (Chain of Custody)

اشیا و اسناد کشف‌شده بر اساس جنسیت فیزیکی و ماهیت سندی بلافاصله در کیسه‌ها و جعبه‌های پلی‌اتیلنی ضدآب، مقاوم در برابر پارگی و دارای لایه مات امنیتی (Tamper-Evident Security Bags) بسته‌بندی می‌شوند. هر بسته دارای بارکد دوبعدی یکتا، برچسب‌های الکترونیکی شناسایی با فرکانس رادیویی (RFID) و پلمب‌های امنیتی شماره‌دار یک‌بارمصرف است که هرگونه تلاش برای گشودن بسته، اثرات فیزیکی غیرقابل برگشت (Void Open) به جای می‌گذارد. مدارک هویتی کاغذی آسیب‌دیده، خیس یا سوخته طبق اصول حفاظت اسناد ملی، بدون تلاش

برای باز کردن برگه‌های به هم چسبیده، درون پوشش‌های ضداسیدی محافظ قرار می‌گیرند تا امکان مرمت و خوانش آن‌ها در مراکز آزمایشگاهی اسناد فراهم بماند. تمامی اطلاعات پلمب و مشخصات فیزیکی بسته درون تابلت‌های مقاوم میدانی ثبت و با پایگاه داده برخط ستاد مدیریت بحران منطقه همگام‌سازی می‌گردد. پس از این مرحله، هرگونه جابه‌جایی بسته میان نیروهای عملیاتی، واحد حراست و انبار امانات مستلزم امضای دیجیتال و ثبت زمان و هویت تحویل‌دهنده و تحویل‌گیرنده است؛ سازوکاری که زنجیره کنترل و تصدی (Chain of Custody) را بدون انقطاع از سطح آوار تا مخزن مرکزی تضمین می‌کند.

۵. طراحی، لجستیک و استانداردهای انبارداری امنیتی و مخازن امانات اضطراری

شهرداری تهران موظف است در هر یک از مناطق ۲۲گانه، مخازن امنیتی امانات بحران (Secure Property Depots) را در نقاط استراتژیک، با سازه‌های پایدار و تاب‌آور در برابر زمین‌لغزش و پس‌لرزه تجهیز نماید. این اماکن باید مجهز به دیوارهای تقویت‌شده ضدسرقت، درب‌های گاوصندوقی ضدحریق و ضدانفجار، سیستم‌های اطفای حریق گازی پاک (نظیر گاز FM ۲۰۰ برای پیشگیری از تخریب اسناد کاغذی)، سامانه‌های کنترل رطوبت و دما جهت تثبیت فیزیکی اسناد، و مانیتورینگ بیست و چهار ساعته با دوربین‌های مداربسته دید در شب باشند. محوطه مخزن اموال به سه بخش اسناد رسمی و هویتی، مسکوکات و اشیای مینیاتوری گران‌بها، و تجهیزات حجیم‌تر (نظیر گاوصندوق‌های استخراج‌شده از آوار و قطعات الکترونیکی) تفکیک می‌شود. گاوصندوق‌های کشف‌شده تحت هیچ شرایطی نباید در محل سایت یا توسط نیروهای میدان گشوده شوند؛ بلکه پس از بارگیری مکانیزه و پلمب کابل‌های بدنه، به این مخازن امن منتقل شده و بازگشایی آن‌ها تنها با حکم کتبی مقام قضایی، با حضور کارشناس رسمی دادگستری و مالکان قانونی صورت می‌پذیرد.

۶. رویه‌های حقوقی احراز هویت، انحصار وراثت و استرداد نهایی به مالکان و وارثان قانونی

فاز استرداد اموال یکی از پیچیده‌ترین مراحل حقوقی و اجتماعی پس‌بحران است. شهرداری تهران با همکاری سازمان ثبت احوال، سازمان ثبت اسناد و املاک و قوه قضائیه، یک سامانه جامع نرم‌افزاری «پنجره واحد شناسایی و استرداد اموال بحران» را فعال می‌سازد. شهروندان می‌توانند با مراجعه به باجه‌های خدمات الکترونیک مستقر در کمپ‌های اسکان اضطراری یا درگاه برخط، با ارائه مدارک شناسایی، توصیف دقیق اموال مفقوده، نشانی ملک تخریب‌شده و در صورت وجود، تصاویر قبلی یا شماره سریال اقلام الکترونیکی، درخواست خود را ثبت نمایند. در مواردی که

مالک اصلی فوت شده یا مجهول‌الهویه باشد، اموال تحویل داده نشده و تا زمان صدور گواهی‌های قانونی انحصار وراثت یا احراز حصر وراثت اضطراری، تحت تولیت مستقیم دادستانی در مخزن شهرداری باقی می‌ماند. استرداد هر قلم شیء گران‌بها صرفاً در حضور قاضی کشیک بحران، با تطبیق اثر انگشت، امضای صورتمجلس دریافت و باطل‌سازی بارکد امنیتی پرونده در سامانه مرکزی تحقق می‌پذیرد. اشیا و اسناد فاقد مالک یا بلاصاحب نیز مطابق با موازین فقهی و حقوقی حاکم بر اموال بلاصاحب، پس از سپری شدن مهلت قانونی اعلان عمومی (حداقل یک تا دو سال)، با اذن دادستان کل جهت امور خیریه و بازسازی عمومی به ستادهای معین واگذار می‌گردد.

۷. نتیجه‌گیری، اخلاق حرفه‌ای و الزامات سازمانی برای کادر مدیریت شهری تهران

صیانت از اموال شهروندان در آوردگاه آواربرداری، سنگ محک اخلاق حرفه‌ای، انضباط سازمانی و مشروعیت اجتماعی شهرداری تهران است. فروپاشی کالبد شهر نباید به فروپاشی امنیت روانی و تضییع حقوق مالکیتی مردم منتهی گردد. آموزش تخصصی کدهای رفتاری به کارگران و اپراتورهای ماشین‌آلات سنگین، ممنوعیت مطلق عکس‌برداری شخصی از حریم خصوصی قربانیان، تعیین بسته‌های تشویقی و پاداش امانت‌داری برای نیروهای عملیاتی، و اعمال اشد مجازات قانونی برای تخلفات خرد و کلان، اضلاع راهبردی مدیریت پایدار این حوزه هستند. شهرداری تهران با نهادینه‌سازی این پروتکل‌ها، نه تنها بار روانی فاجعه را برای آسیب‌دیدگان تلطیف می‌سازد، بلکه مانع از تشکیل بازارهای سیاه فروش اموال مسروقه در حواشی شهر شده و استاندارد نوین و متمدنانه از خدمت‌رسانی تاب‌آور را در تاریک‌ترین ساعات بحران به نمایش می‌گذارد.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۱). دستورالعمل جامع حفاظت، ثبت و استرداد اموال، اشیا و قیمتی و اسناد هویتی شهروندان در صحنه حوادث و سوانح شهری بزرگ‌مقیاس. مصوبه ستاد مدیریت بحران کلان‌شهر تهران، تهران.

۲. قوه قضائیه جمهوری اسلامی ایران. قانون مدنی (مواد ۱۶۲ الی ۱۸۲ در باب لقطه و اموال گم‌شده) و قانون مجازات اسلامی در خصوص تعدی و تفریط در نگهداری اموال دولتی و مردمی در شرایط اضطراری. روزنامه رسمی کشور.

.٥**Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(٢٠٢١) .FEMA P-١٠٢٥: Debris Management Plan Development — Chapter ١٠: Personal Property Retrieval, Security Perimeter Control, and Historical Artifact Preservation Protocols .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

.٤**United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)** .(٢٠٢٠) .Human Rights, Property Ownership, and Legal Safeguards in Post-Disaster Debris Operations: A Policy Framework for Local Governments .United Nations, Geneva.

.٤**International Association of Chiefs of Police (IACP)** .(٢٠١٩) .Evidence and Property Management in Mass Disaster and Structural Collapse Incident Command (Standard Operating Procedures) .Alexandria, Virginia.

.٤**National Fire Protection Association (NFPA)** .(٢٠٢١) .NFPA ١٠٢٦: Standard for Incident Management Personnel Professional Qualifications — Section on Scene Security, Property Control, and Evidence Preservation .Quincy, Massachusetts.

.٥**National Institute of Justice (NIJ)** .(٢٠١٨) .Chain of Custody and Evidence Integrity in Complex Crisis Environments: Technical Guidance for First Responders and Municipal Authorities .U.S. Department of Justice, Washington, D.C.

.٤**International Committee of the Red Cross (ICRC)** .(٢٠١٧) .Management of Dead Bodies and Associated Personal Effects after Disasters: A Field Manual for First Responders (Second Edition) .ICRC / WHO / PAHO Publication, Geneva.

مسئولیت‌های حقوقی، مدنی و کیفری شهرداری تهران و پیمانکاران در عملیات آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و مبانی نظری مسئولیت حقوقی مدیریت شهری در شرایط اضطراری

عملیات آواربرداری در کلان‌شهر تهران، فضایی پرپیچ‌واخم از تداخل مقررات حقوق عمومی، مبانی مسئولیت مدنی و تکالیف کیفری را پدید می‌آورد. وقوع سانحه‌ای بزرگ مقیاس نظیر زلزله اگرچه در زمره حوادث قهری و غیرقابل پیش‌بینی (فورس‌ماژور) دسته‌بندی می‌شود، اما این مفهوم حقوقی هرگز به معنای مصونیت مطلق مقامات شهری، کارشناسان، مهندسان ناظر و پیمانکاران اجرایی در حین عملیات آواربرداری نیست. طبق قواعد بنیادین فقهی و حقوقی نظیر «قاعده لاضرر»، «قاعده اتلاف و تسبیب» و مقررات مسئولیت مدنی، اقدامات شتاب‌زده، غیراستاندارد یا همراه با تقصیر حرفه‌ای مجریان که منجر به ایراد خسارات جانی و مالی ثانویه به شهروندان، سقوط مجدد سازه‌های نیمه‌خراب، انهدام تأسیسات زیربنایی، تضییع اموال یا آلودگی‌های گسترده زیست‌محیطی گردد، واجد مسئولیت حقوقی و الزام به جبران خسارت است. کلان‌شهر تهران به دلیل ساختار پیچیده حقوقی ملکیت، وجود املاک اوقافی، مجتمع‌های ساختمانی متعدد و زیرساخت‌های متراکم شهری، نیازمند یک چارچوب تبیین‌شده است تا مرز دقیق میان تکالیف حاکمیتی امدادرسانی و خطای جبران‌ناپذیر حرفه‌ای شفاف گردد.

۲. تکالیف قانونی و مسئولیت مدنی ناشی از تقصیر اجرایی و اداری شهرداری

شهرداری تهران بر اساس بند ۱۴ ماده ۵۵ قانون شهرداری‌ها و قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)، دارای تکلیف ذاتی در مهار خطرات شهری، بازگشایی معابر و مدیریت پسماندهای سوانح است. با این حال، چنانچه عدم آمادگی قبلی، عدم به‌کارگیری تجهیزات مناسب، یا اتخاذ تصمیمات فنی نادرست از سوی مدیران و کارشناسان شهرداری (مانند آواربرداری بدون ارزیابی پایداری سازه‌های همجوار که منجر به ریزش آنها بر روی نیروهای امدادی یا مصدومان احتمالی زیر آوار شود) اثبات گردد، طبق ماده ۱۱ قانون مسئولیت مدنی، شهرداری به عنوان شخص حقوقی عمومی مسئول جبران خسارات وارده خواهد بود. مسئولیت مدنی شهرداری در صورت وقوع تقصیر اداری (Organizational Fault) یا تقصیر شخصی کارمندان در حین انجام وظیفه، می‌تواند منجر به احکام سنگین غرامت، مسئولیت ضمانی و مکلف شدن سازمان به بازسازی خسارات ثانویه گردد؛ از این رو رعایت پروتکل‌های

فنی بین‌المللی و ملی نه تنها یک الزام مهندسی، بلکه چتر حمایتی حقوقی از مدیریت شهری در برابر دعاوی آتی شهروندان است.

۳. چارچوب حقوقی مسئولیت پیمانکاران اجرایی، مهندسان ناظر و اپراتورهای ماشین‌آلات

در جریان عملیات آواربرداری بحران، پیمانکاران بخش خصوصی و شبه‌دولتی که تحت عقود پیمانکاری اضطراری با شهرداری تهران همکاری می‌کنند، مستقل از تکالیف دستگاه کارفرما، واجد مسئولیت‌های مدنی و کیفری مستقیم هستند. بر اساس اصول عمومی قراردادها و ضوابط مسئولیت ناشی از فعل غیر، پیمانکار مکلف به رعایت کامل اصول ایمنی، مقررات ملی ساختمان و استانداردهای حفاظت فنی (OSHA) در محیط کار است. چنانچه اپراتور بیل مکانیکی یا جرثقیل پیمانکار در اثر بی‌احتیاطی، عدم مهارت یا تخطی از دستورالعمل‌های مهندس ناظر، باعث آسیب به شریان‌های حیاتی (مانند انفجار لوله گاز یا قطع کابل‌های برق فشار قوی)، تخریب دیواره‌های تثبیت‌شده یا مصدومیت افراد گردد، مسئولیت کیفری ناشی از بی‌احتیاطی یا بی‌مبالاتی (موضوع مواد ۶۱۶ و ۷۱۴ قانون مجازات اسلامی) متوجه شخص خطاکار و مسئولیت مدنی پرداخت دیه و ارش متضامناً متوجه پیمانکار و کارفرما خواهد بود. مهندسان ناظر آواربرداری نیز در صورت صدور مجوز کار (Work Permit) بدون بررسی شرایط ناپایداری ژئوتکنیکی، مسئولیت انتظامی و حقوقی شریک در تقصیر را بر عهده خواهند داشت.

۴. مسئولیت‌های کیفری و زیست‌محیطی ناشی از دفع غیرقانونی و تضييع اموال

از منظر حقوق جزای عمومی و قوانین خاص زیست‌محیطی، تخلیه غیرکنترلی و غیرقانونی آوار بحران در نقاط غیرمجاز (مانند حریم رودخانه‌ها یا اراضی کشاورزی اطراف تهران) جرم محسوب شده و بر اساس ماده ۶۸۸ قانون مجازات اسلامی (تهدید علیه بهداشت عمومی) و قانون مدیریت پسماندها، جرم‌انگاری شده است. مدیران شهرداری و مدیران شرکت‌های پیمانکاری در صورت صدور دستور یا مباشرت در تخلیه نخاله‌های حاوی مواد خطرناک مانند آزیست و پسماندهای شیمیایی در محیط زیست غیرایزوله، تحت تعقیب کیفری قرار خواهند گرفت. علاوه بر این، در خصوص صیانت از اموال، اسناد و اشیای قیمتی شهروندان مدفون در آوار، هرگونه خیانت در امانت، حیف و میل، عدم ثبت در صورت‌مجلس رسمی یا برداشت بدون مجوز اموال توسط عوامل عملیاتی، علاوه بر الزام به رد مال و پرداخت خسارت، واجد جنبه کیفری مجرمانه (سرقت در شرایط بحران و خیانت در امانت) بوده و مستوجب مجازات‌های تعزیری شدید برای مرتکبان و آمران خواهد بود.

۵. راهکارهای حقوقی پوشش ریسک، قراردادهای اضطراری و انتقال مسئولیت

برای کاهش بار مسئولیت‌های حقوقی و مالی شهرداری تهران و شفاف‌سازی تکالیف در شرایط بحران، الزام به اجرای تدابیر پیش‌نگرانه حقوقی و قراردادی اجتناب‌ناپذیر است. تنظیم فرمت تپ «قراردادهای پیمانکاری شرایط اضطراری» (Emergency Procurement Contracts) پیش از وقوع حادثه با درج بندهای صریح در خصوص تقسیم مسئولیت، الزام پیمانکار به اخذ بیمه‌نامه‌های جامع مسئولیت مدنی در برابر اشخاص ثالث، بیمه ماشین‌آلات و تجهیزات (CPM)، و بیمه حوادث فردی نیروها، نخستین گام در انتقال ریسک حقوقی است. همچنین، شهرداری تهران باید با هماهنگی قوه قضائیه و دادستانی کل، ضوابط شفاف «رفع مسئولیت در شرایط اضطراری ناگزیر» (Doctrine of Emergency Necessity) را تدوین نماید تا در مواردی که تخریب کنترل‌شده یک سازه نیمه‌خراب جهت نجات جان انسان‌ها یا بازگشایی مسیر حیاتی آتش‌نشانی بدون اذن مالک صورت می‌گیرد، استثنائات قانونی مداخله اضطراری مستندسازی شده و از پیگردهای قضایی بعدی ممانعت به عمل آید.

۶. نتیجه‌گیری و الزامات سازمانی برای شهرداری تهران

مدیریت حقوقی و مدنی در آواربرداری بحران، ضامن قانون‌مندی، حفظ حقوق عامه و صیانت از نیروی انسانی و اعتباری شهرداری تهران است. شتاب و اضطرار در عملیات نجات و پاک‌سازی نباید حاکمیت قانون و مراعات حق مالکیت و ایمنی شهروندان را مخدوش سازد. آموزش جامع قوانین مسئولیت مدنی و کیفری به کارشناسان، تدوین چک‌لیست‌های مستندسازی حقوقی صحنه حادثه، ثبت دیجیتال تمامی دستورکارها و صورتجلسات عملیاتی، و استقرار تیم‌های حقوقی و قضایی در ستادهای مدیریت بحران مناطق، از ملزومات اساسی توسعه تاب‌آوری حقوقی پایتخت است. اجرای این ضوابط تضمین خواهد نمود که شهرداری تهران در عین انجام وظایف سنگین خود در سخت‌ترین شرایط فاجعه، از پیامدهای حقوقی، دعاوی خسارت و چالش‌های قضایی پس‌ابحران کاملاً مصون و سربلند باقی بماند.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). چارچوب حقوقی و مسئولیت‌های مدنی مدیریت شهری در حوادث و سوانح بزرگ‌مقیاس کلان‌شهر تهران. منشور حقوقی مدیریت بحران، تهران.

۲. **قوه قضائیه جمهوری اسلامی ایران**. قانون مجازات اسلامی (مصوب ۱۳۹۲)، قانون مسئولیت مدنی (مصوب ۱۳۳۹)، قانون شهرداری‌ها (ماده ۵۵) و قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸). روزنامه رسمی کشور.

۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۰). FEMA P-۱۰۲۵: Debris Management Plan Development — Chapter ۱۱: Legal Authority, Contractor Liability, Emergency Contracting, and Environmental Compliance. Washington, D.C.

۴. **United Nations Development Programme (UNDP)**. (۲۰۱۹). Legal and Institutional Frameworks for Post-Disaster Debris Operations and Municipal Liability. UNDP Disaster Risk Reduction Series, New York.

۵. **American Bar Association (ABA)**. (۲۰۱۸). Disaster Law and Municipal Liability: Managing Civil Claims, Emergency Contracts, and Public Safety Interventions. ABA Book Publishing, Chicago.

۶. **National Fire Protection Association (NFPA)**. (۲۰۲۱). NFPA ۱۶۰۰: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management — Section on Legal and Regulatory Compliance. Quincy, Massachusetts.

۷. **Katayama, H & Shaw, R**. (۲۰۱۷). Governance and Legal Liability in Post-Disaster Reconstruction and Debris Clearance. Springer International Publishing, Cham.

۸. **International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC)**. (۲۰۲۱). International Disaster Response Law (IDRL): Guidelines for the Domestic Facilitation and Regulation of Disaster Relief and Recovery Operations. Geneva.

مدیریت هزینه‌ها، اعتبارات اضطراری و حسابرسی مالی در عملیات آواربرداری بحران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و ابعاد اقتصاد بحران در مدیریت آوار کلان‌شهر تهران

عملیات آواربرداری در کلان‌شهر تهران پس از وقوع سوانح بزرگ مقیاس نظیر زمین‌لرزه، تنها یک چالش پیچیده مهندسی و لجستیکی نیست، بلکه یک رخداد مالی سنگین است که توان بودجه‌ای مدیریت شهری و حتی دولت مرکزی را به چالش می‌کشد. حجم بسیار بالای نخاله‌های ناشی از تخریب سازه‌ها، نیاز فوری به اجاره یا خرید صدها دستگاه ماشین‌آلات سنگین، مصرف بی‌رویه سوخت، پرداخت دستمزدهای اضطراری، تجهیز سایت‌های موقت و نهایی، و هزینه‌های مربوط به ایمنی و محیط‌زیست، جریان مالی بسیار عظیمی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن ایجاد می‌کند. عدم وجود چارچوب مدون برای مدیریت هزینه‌ها و اعتبارات اضطراری منجر به اتلاف شدید منابع، فساد مالی، تبانی در سوخت و ساعات کار ماشین‌آلات، تاخیر در پرداخت مطالبات پیمانکاران، پرونده‌های متعدد حقوقی پسابحران و در نهایت کندی شدید عملیات امداد و بازسازی می‌شود؛ از این رو، استقرار یک نظام حسابداری اضطراری، کنترل مالی برخط و تخصیص بهینه اعتبارات، رکنی حیاتی در تاب‌آوری اقتصادی کلان‌شهر تهران محسوب می‌گردد.

۲. ساختارهای تامین مالی، ردیف‌های اعتباری اضطراری و مدل‌های تخصیص اعتبارات

مدیریت مالی بحران در شهرداری تهران نیازمند مکانیزم‌های انعطاف‌پذیر و سریع برای تامین و آزادسازی اعتبارات است. بر اساس قوانین بالادستی، از جمله قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸) و آیین‌نامه‌های مالی شهرداری‌ها، منابع مالی آواربرداری اضطراری از طریق چند کانال اصلی تامین می‌گردد: اعتبارات ماده ۱۰ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت و ماده ۱۲ قانون تشکیل سازمان مدیریت بحران کشور، بودجه سنواتی مدیریت بحران شهرداری تهران، ردیف‌های اعتباری ذخیره اضطراری شورای اسلامی شهر تهران، و تسهیلات اعتباری کوتاه‌مدت بانکی. جهت جلوگیری از وقفه در عملیات میدانی، شهرداری تهران باید الگوی «تنخواه گردان اضطراری پیش‌بینی‌شده» را در سطح مناطق ۲۲ گانه مستقر سازد تا مدیران مناطق بتوانند در ۲۴ تا ۷۲ ساعت اولیه فاجعه بدون طی

تشریفات پیچیده و زمان‌بر اداری، هزینه‌های حیاتی میدانی نظیر تامین سوخت، خدمات لجستیک فوری و دستمزد نیروهای شرکتی را پوشش دهند، مشروط بر اینکه تمام پرداخت‌ها طبق ضوابط حسابرسی اضطراری ثبت گردند.

۳. اصول پیمانکارسنجی، نرخ‌گذاری اضطراری و انعقاد قراردادهای مالی واحد (Unit-Price Contracts)

یکی از حساس‌ترین گلوگاه‌های مالی در آواربرداری بحران، نحوه تعیین قیمت خدمات ماشین‌آلات و عقد قرارداد با پیمانکاران بخش خصوصی است. در شرایط بحران، بازار مکاره قیمت‌گذاری غیرواقعی و سودجویی ایجاد می‌شود. شهرداری تهران برای جلوگیری از تورم کاذب هزینه‌ها باید بر اساس استانداردهای بین‌المللی مدیریت آوار (نظیر دستورالعمل‌های FEMA)، فهرست بهای اضطراری آواربرداری را پیش از وقوع سانحه تدوین و سالانه به‌روزرسانی نماید. الگوی قراردادی استاندارد در این شرایط، «قرارداد بر اساس قیمت واحد» (Unit-Price Contract) بر حسب تناژ یا حجم (متر مکعب) آوار جابه‌جاشده و تفکیک‌شده است، نه قرارداد بر اساس ساعت کار ماشین‌آلات (Time and Materials)؛ زیرا قراردادهای ساعتی انگیزه‌ای برای افزایش سرعت عملیات ایجاد نکرده و زمینه فساد در ثبت کارکرد دمی ماشین‌آلات را فراهم می‌سازند. استفاده از قراردادهای ساعتی تنها در ۲۴ تا ۴۸ ساعت نخست فاز نجات و برای بازگشایی مسیرهای شریانی اصلی مجاز بوده و پس از آن باید بلافاصله به الگوی حجمی و وزنی تغییر یابد.

۴. سامانه‌های کنترل مالی میدانی، نظارت بر سوخت و جلوگیری از تضییع اعتبارات

کنترل دقیق هزینه‌ها در صحنه آواربرداری مستلزم پیاده‌سازی ابزارهای هوشمند نظارتی بر زنجیره مبدا تا مقصد است. برای مهار انحرافات مالی، کلیه ماشین‌آلات سنگین (نظیر بیل مکانیکی، لودر، و کامیون‌های کمپرسی) ملزم به نصب سامانه‌های موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) و سامانه‌های شناسایی رادیویی (RFID) بر روی باک سوخت و بدنه خودرو هستند. هزینه‌های سوخت مصرفی باید بر اساس پیمایش واقعی و ساعت کارکرد موتور که از طریق داده‌های تلمتری ثبت شده پرداخت گردد، نه صورت‌جلسات سنتی کاغذی. علاوه بر این، در ورودی و خروجی سایت‌های تفکیک موقت و لندفیل‌های نهایی، نصب باسکول‌های دیجیتال هوشمند متصل به سامانه مرکزی مدیریت مالی شهرداری الزامی است. ثبت وزن خالص نخاله‌ها در مبدا و مقصد، تطبیق بارکد بارنامه الکترونیکی و ثبت اتوماتیک

صورت وضعیت مالی پیمانکاران، امکان دستکاری در آمار و درج بارگیری‌های فرضی را به صفر رسانده و شفافیت کامل مالی را تضمین می‌نماید.

۵. حسابرسی پسابحران، مستندسازی اسناد مالی و دریافت کمک‌های بلاعوض دولتی و بین‌المللی

عملیات مالی آواربرداری با تخلیه آخرین کامیون پایان نمی‌پذیرد، بلکه وارد فاز حسابرسی، تطبیق اسناد و بازیافت هزینه‌ها (Cost Recovery) می‌شود. جهت دریافت جبران هزینه‌ها از هیئت دولت، صندوق‌های ملی جبران خسارت و نهادهای بین‌المللی، شهرداری تهران موظف است تمامی اسناد هزینه‌کرد را دقیقاً بر اساس پروتکل‌های استاندارد مستندسازی کند. هر پرونده مالی باید شامل فرم ارزیابی اولیه حجم آوار، دستور کار کتبی فرمانده عملیات، صورت جلسه بارگیری و باسکول، تاییدیه مهندس ناظر میدانی، گواهی عدم تداخل با اموال شخصی و برنامه الکترونیکی باشد. عدم ارائه هر یک از این اسناد می‌تواند منجر به کسر پرداختی‌ها در حسابرسی نهایی دیوان محاسبات کشور و سازمان حسابرسی، و رد درخواست‌های جبران خسارت مالی شهرداری از بودجه‌های ملی گردد؛ بنابراین استقرار تیم‌های حسابرسی هم‌زمان (Real-time Auditing) در کنار تیم‌های مهندسی از روز اول بحران ضروری است.

۶. نتیجه‌گیری و راهکارهای ارتقای پایداری مالی شهرداری تهران در بحران‌ها

مدیریت مالی و هزینه‌یابی علمی آواربرداری، ضامن پایداری اقتصادی، ارتقای انضباط مالی و حفظ اعتماد عمومی به ساختار مدیریت شهری تهران در سخت‌ترین شرایط فاجعه است. بحران نباید به مجوزی برای دور زدن اصول شفافیت مالی و اتلاف بیت‌المال تبدیل شود. آموزش مدیران مالی مناطق، تدوین دستورالعمل‌های یکپارچه قیمت‌گذاری اضطراری، یکپارچه‌سازی سامانه‌های لجستیک و مالی با فناوری‌های دیجیتال پایش، و پیش‌بینی پوشش‌های بیمه‌ای مناسب برای هزینه‌های غیرمترقبه آواربرداری، گام‌های راهبردی شهرداری تهران برای گذر موفق از بحران‌های مالی ناشی از سوانح طبیعی است. این رویه نه تنها مانع از بروز مفاسد اقتصادی و دعاوی طویل‌المدت پیمانکاران می‌شود، بلکه سرعت و کیفیت پاک‌سازی و بازسازی پایتخت را به حداکثر ممکن خواهد رساند.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۲). دستورالعمل جامع مدیریت مالی، تامین اعتبارات و حسابرسی اضطراری در سوانح و حوادث بزرگ مقیاس کلان شهر تهران. مصوبه ستاد مدیریت بحران شهر تهران، تهران.

۲. سازمان برنامه و بودجه کشور. قانون مدیریت بحران کشور (مصوب ۱۳۹۸)، آیین نامه اجرایی مواد ۱۰ و ۱۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت و ضوابط مالی بازسازی پس از سانحه. روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران.

۳. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۲۱). FEMA Public Assistance Program and Policy Guide (PAPPG V۴) — Chapter ۷: Debris Management Financial Tracking, Unit-Price Contracting, and Cost Eligibility Criteria. U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۴. **United Nations Development Programme (UNDP)**. (۲۰۲۰). Financial Management and Cost Recovery in Post-Disaster Debris Operations: A Practical Manual for Local Authorities. UNDP Crisis Response Unit, New York.

۵. **World Bank**. (۲۰۱۹). Financial Disaster Risk Management and Post-Disaster Debris Contracting: Operational Guidelines for Municipal Governments. The World Bank Group, Washington, D.C.

۶. **National Fire Protection Association (NFPA)**. (۲۰۲۱). NFPA ۱۶۰۰: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management — Resource Management and Financial Tracking Provisions. Quincy, Massachusetts.

۷. **Phillips, B. D.** (۲۰۱۶). Disaster Recovery (۲nd ed.) — Chapter ۹: Financial Management, Emergency Contracting, and Debris Removal Economics. CRC Press, Boca Raton, FL.

۸. **European Commission / DG ECHO**. (۲۰۱۸). Disaster Waste Management Guidelines: Financial Planning, Auditing, and Procurement Standards in Humanitarian and Municipal Crises. European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations, Brussels.

مدیریت ارتباطات بحران، رسانه‌ها و مهار شایعات در حوزه عملیات آواربرداری کلان‌شهر تهران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و تبیین ابعاد روانی-رسانه‌ای عملیات آواربرداری در کلان‌شهر تهران

در جریان سوانح ساختاری بزرگ‌مقیاس و زمین‌لرزه‌های احتمالی کلان‌شهر تهران، عملیات آواربرداری تنها یک فرایند مهندسی، لجستیکی و مکانیکی نیست، بلکه میدان مواجهه مستقیم با افکار عمومی، احساسات جریحه‌دار شده جامعه و محیط پیوسته و پرشتاب رسانه‌ای است. آواربرداری به دلیل ملموس بودن، داشتن بار عاطفی شدید، حضور احتمال زنده ماندن افراد زیر آوار و احتمال کشف اجساد، توجه بی‌سابقه‌ای را از سوی رسانه‌های داخلی، بین‌المللی و به‌ویژه شبکه‌های اجتماعی جلب می‌کند. در چنین فضایی، ایجاد فقر اطلاعاتی یا وجود خلأ در اطلاع‌رسانی دقیق و سریع به سرعت با شایعات ویرانگر، اخبار جعلی، تئوری‌های توطئه و هراس عمومی پر می‌شود. انتشار اخبار نادرست درباره تعداد تلفات، کندی عمده عملیات، زنده ماندن افراد در زیربناهای زیرسطحی، یا نابرابری در امدادرسانی به مناطق مختلف تهران می‌تواند منجر به هجوم شهروندان خشمگین به صحنه آواربرداری، اختلال شدید در حرکت ماشین‌آلات سنگین، درگیری فیزیکی با اپراتورها و در نهایت فروپاشی امنیت صحنه عملیات گردد؛ از این رو، استقرار نظام جامع مدیریت ارتباطات بحران و مهار هوشمندانه شایعات، رکنی معادل با عملیات فنی نجات و پاک‌سازی محسوب می‌شود.

۲. ساختار فرماندهی ارتباطات بحران و مدل سخنگویی یکپارچه (Single Official Voice)

بر اساس اصول استاندارد سامانه فرماندهی حادثه (ICS) و پروتکل‌های مدیریت بحران شهر تهران، تمام تعاملات رسانه‌ای صحنه آواربرداری باید ذیل «واحد اطلاعات عمومی» (Public Information Officer - PIO) متمرکز و کانالیزه گردد. انتشار اطلاعات نامتناقض، غیرموازی و کارشناسی مستلزم رعایت اصل «سخنگویی یکپارچه» است؛ بدان معنا که هیچ‌یک از اپراتورهای ماشین‌آلات، مهندسان ناظر، نیروهای خدماتی یا کارشناسان میدانی مجاز به مصاحبه شخصی، ارائه آمار تخمینی، یا اظهار نظر فنی غیررسمی با خبرنگاران و شهروندان نیستند. تمامی داده‌های عملیاتی شامل میزان آوار جابه‌جاشده، تعداد افراد نجات‌یافته، پیشرفت قطعات، و خطرات محیطی باید ابتدا توسط بخش فنی عملیات صحت‌سنجی شده و سپس صرفاً از طریق سخنگوی رسمی ستاد مدیریت بحران شهر تهران به

رسانه‌ها اعلام شود. این انضباط رسانه‌ای نه به معنای سانسور، بلکه به معنای صیانت از صحت اطلاعات و جلوگیری از صدور پیام‌های متناقض است که سرچشمه اصلی شکل‌گیری شایعات در جوامع بحران‌زده به شمار می‌روند.

۳. جانمایی لجستیک رسانه‌ای، زون‌بندی خبرنگاران و مدیریت میدانی اصحاب رسانه

حضور فیزیکی بی‌ضابطه خبرنگاران، عکاسان و تصویربرداران در محدوده آواربرداری خطرات جانی جدی برای خود آنان ایجاد کرده و مانع حرکت جرثقیل‌ها و کمپرسی‌ها می‌شود. شهرداری تهران موظف است در طراحی زون‌های امنیتی صحنه حادثه، «زون اختصاصی رسانه و خبرنگاران» (Media Zone) را در حریم زرد و در نقطه‌ای با زاویه دید مناسب نسبت به عملیات، اما کاملاً مجزا از مسیر تردد ماشین‌آلات سنگین و زون خطر ریزش مجدد، تعبیه نماید. این زون باید مجهز به زیرساخت‌های ارتباطی نظیر اینترنت پرسرعت، امکانات برق‌رسانی، و سامانه‌های صوتی برای برگزاری نشست‌های خبری ادواری (هر دو تا چهار ساعت یک‌بار) باشد. مدیریت میدانی رسانه‌ها نیازمند رویکرد همکاری حداکثری در عین اعمال محدودیت‌های سخت‌گیرانه ایمنی است؛ ارائه جلیقه‌های ففسری ویژه خبرنگاران، کلاه‌های ایمنی، و اعزام گروه‌های خبری منتخب در قالب تورهای رسانه‌ای هدایت‌شده (Pool Reports) همراه با افسر ایمنی، ضمن ارضای نیاز خبری جامعه، از هرج‌ومرج در صحنه آوار جلوگیری می‌نماید.

۴. دینامیک شایعات در بحران، سامانه‌های رصد برخط و راهکارهای مهار و پادشایعه (Counter-rumor Strategies)

شایعات در فضای بحران بر پایه دو عامل اضطراب عمومی و ابهام اطلاعاتی تغذیه و تکثیر می‌شوند. برای مهار شایعات مرتبط با آواربرداری در کلان‌شهری مانند تهران، شهرداری باید مرکز پایش و رصد برخط شبکه‌های اجتماعی و رسانه‌های مجازی را به‌صورت بیست‌وچهار ساعته فعال سازد. این مرکز با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی و تحلیل داده‌های متنی، پدیدار شدن شایعات نوظهور (مانند شنیده شدن صدای ناله از زیر آوار پس از چند روز یا وجود اقلام خطرناک پنهان) را در کسر کوتاهی از زمان شناسایی می‌کند. راهکار مواجهه با شایعه، تکذیب منفعلانه نیست؛ بلکه «استراتژی پادشایعه با پاسخ واقعیت‌محور» است. سخنگوی بحران باید بلافاصله با ارائه مدارک تصویری، پخش زنده ویدئویی از نقطه مورد ادعا، و ارائه توضیحات فنی توسط مهندسان حاضر در میدان، حقیقت را بدون ابهام شفاف‌سازی کند. شفافیت، صراحت، اعتراف به محدودیت‌ها و سرعت در اطلاع‌رسانی، شریان‌های حیاتی تکثیر شایعه را به سرعت مسدود می‌سازد.

۵. اخلاق رسانه‌ای، صیانت از کرامت انسانی قربانیان و آموزش‌های روانی-اجتماعی کادر میدانی

عملیات آواربرداری با صحنه‌های دلخراش از مواجهه با اجساد قربانیان، مواجهه با خانواده‌های داغدار و ناامید، و خشم ناشی از فقدان عزیزان همراه است. یکی از مسئولیت‌های مهم کادر مدیریتی و اجرایی شهرداری تهران، رعایت مطلق کدهای اخلاق حرفه‌ای و صیانت از کرامت انسانی قربانیان و بازماندگان در برابر لنز دوربین‌هاست. پروتکل‌های عملیاتی اکیداً منع می‌کنند که از پیکرهای خارج شده از زیر آوار یا لحظات بحران روحی شدید خانواده‌ها تصاویر بدون پوشش یا غیرمحرمانه تهیه شود. همچنین نیروهای عملیاتی و اپراتورهای ماشین‌آلات باید دوره‌های کوتاه آموزش رفتار ارتباطی در شرایط فشار روانی را گذرانده باشند تا در برخورد با شهروندان بی‌تاپ یا سوالات تهاجمی خبرنگاران، با کمال متانت، همدلی و بدون بروز رفتارهای هیجانی یا تقابلی، افراد را به واحد روابط عمومی و پاسخگویی هدایت نمایند.

۶. نتیجه‌گیری و الزامات راهبردی برای شهرداری تهران

مدیریت ارتباطات و رسانه در عملیات آواربرداری، لایه مکمل مهندسی پسماند و نجات در بحران‌های کلان‌شهری است. هرگونه غفلت از مدیریت افکار عمومی، دستاوردهای عظیم فنی و تلاش‌های ایثارگران نیروهای عملیاتی را در زیر موج شایعات و تخریب‌های رسانه‌ای مدفون خواهد کرد. تدوین سند جامع ارتباطات بحران، آموزش پیش‌دستانه مدیران ارشد شهرداری برای مصاحبه‌های بحران، تجهیز سامانه‌های هوشمند پایش فضای مجازی، و ایجاد خطوط ارتباطی مستمر و شفاف با جامعه، تضمین‌کننده حفظ ثبات اجتماعی، ارتقای اعتماد عمومی به خدمات شهرداری تهران و تسهیل روند عملیات میدانی در سخت‌ترین شرایط فاجعه خواهد بود.

منابع

۱. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۴۰۱). دستورالعمل جامع ارتباطات بحران، اطلاع‌رسانی یکپارچه و پروتکل تعامل با رسانه‌ها در سوانح بزرگ مقیاس کلان‌شهر تهران. مصوبه ستاد مدیریت بحران شهر تهران، تهران.

۲. Coombs, W. T. (۲۰۱۹). Ongoing Crisis Communication: Planning, Managing, and Responding (۵th ed.) — Chapter ۷: Crisis Messaging, Rumor Control, and

Media Relations in Municipal Emergencies .SAGE Publications, Thousand Oaks, CA.

.³**Federal Emergency Management Agency (FEMA)** .(2020) .FEMA Basic Guidance for Public Information Officers (PIO) in Disaster Debris and Recovery Operations (NIMS-ICS Guide) .U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

.⁴**United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)** .(2021) . Disaster Risk Communication and Social Media Management: Preventing Misinformation during Post-Disaster Operations .United Nations, Geneva.

.⁵**World Health Organization (WHO)** .(2018) .Communicating Risk in Public Health Emergencies: A Practical Field Guide for Incident Commanders and Local Authorities .WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee, Geneva.

.⁶**National Fire Protection Association (NFPA)** .(2021) .NFPA 1600: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management — Crisis Communication and Public Information Section .Quincy, Massachusetts.

.⁷**Stallings, R. A** .(2017) .Promoting Disaster Resiliency: Media, Rumor Dynamics, and Public Response in Large-Scale Structural Collapse Events . Routledge, New York.

.⁸**European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (ECHO)** . (2020)Operational Guidelines for Crisis Communication, Field Media Access, and Countering Fake News in Post-Disaster Environments .European Commission, Brussels.

پروتکل‌های ارتباطات رادیویی و مخابرات اضطراری در عملیات آواربرداری هنگام قطعی شبکه‌ها

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

قطع یا اختلال گسترده شبکه‌های تلفن همراه و اینترنت در ساعات و روزهای نخست پس از زلزله یا سانحه بزرگ مقیاس در تهران یک سناریوی کاملاً محتمل است؛ زیرا آسیب به مراکز سوئیچینگ، قطع برق سراسری، ازدحام ترافیکی شبکه، تخریب سایت‌های BTS، یا محدودیت‌های امنیتی می‌تواند سامانه‌های معمول ارتباطی را از کار بیندازد. در چنین شرایطی، آواربرداری و نجات فنی بدون «شبکه ارتباطی مستقل، تاب‌آور و قابل اداره» عملاً به مجموعه‌ای از عملیات‌های جزیره‌ای تبدیل می‌شود که هم راندمان را کاهش می‌دهد و هم احتمال مرگ ناشی از خطای هماهنگی، برخورد ماشین‌آلات، ورود به زون‌های ناایمن و تأخیر در اعلام هشدارهای حیاتی را بالا می‌برد. بنابراین مخابرات اضطراری نه یک پشتیبان لوکس، بلکه زیرساخت ایمنی عملیات است و باید همانند سوخت و ماشین‌آلات در طراحی طرح‌های آمادگی شهرداری تهران، سازمان آتش‌نشانی و پیمانکاران پیش‌بینی و تمرین شود.

هسته استاندارد جهانی برای ساماندهی ارتباطات میدانی در بحران، اصل «فرماندهی واحد و زبان مشترک» در چارچوب NIMS/ICS است؛ در این چارچوب، ارتباطات صحنه باید از طریق یک «طرح ارتباطات حادثه» یا همان Incident Radio Communications Plan سامان یابد. در صحنه آواربرداری، یک مسئول ارتباطات (که در بسیاری از ساختارهای ICS زیرمجموعه بخش لجستیک و واحد Communications Unit قرار می‌گیرد) باید از نخستین ساعت استقرار فرماندهی حادثه، شبکه‌های رادیویی را طراحی، کانال‌ها را تخصیص، علائم فراخوان (Call Signs) را تثبیت و قواعد مکالمه را ابلاغ کند. تفاوت این رویکرد با شیوه‌های رایج غیرسیستمی در این است که هر تیم نجات، هر ماشین‌آلات، هر ایستگاه ایمنی و هر گیت ورودی/خروجی با شناسه مشخص و کانال مشخص کار می‌کند و هیچ پیام حیاتی در ازدحام مکالمات عمومی گم نمی‌شود. در تهران، به دلیل‌آنس، پلیس، شرکت گاز، برق، آب و فاضلابانی، اورژانس، پلیس، شرکت گاز، برق، آب و فاضلاب، پیمانکاران و نیروهای داوطلب، اگر معماری کانال‌ها و قواعد مکالمه از پیش تدوین نشده باشد، پدیده «تداخل سازمانی» و «اشباع کانال» به سرعت رخ می‌دهد و دقیقاً در همان لحظه‌ای که باید هشدار ریزش ثانویه یا نشت گاز اعلام شود، شبکه گرفتار مکالمات بی‌اهمیت می‌گردد.

در طراحی شبکه اضطراری، اصل اول، چندلایه بودن و عدم اتکا به یک فناوری واحد است. لایه پایه معمولاً ارتباط رادیویی VHF/UHF بین تیم‌های صحنه، اپراتورهای ماشین‌آلات و فرماندهی میدانی است؛ زیرا این ارتباط به زیرساخت اپراتور تلفن همراه وابسته نیست و با تکرارکننده‌های ثابت یا سیار (Repeater) می‌تواند پوشش قابل قبول ایجاد کند. در محیط شهری متراکم تهران، سایه‌اندازی ساختمان‌ها، تونل‌ها، زیرگذرها و کارگاه‌های گودبرداری می‌تواند برد مستقیم را به شدت کاهش دهد؛ از این رو استفاده از تکرارکننده سیار روی خودروی فرماندهی یا نصب موقت روی نقاط مرتفع امن، یک الزام عملیاتی است. لایه دوم باید ارتباط سازمانی گسترده‌تر باشد؛ نظیر شبکه‌های رادیویی دیجیتال ترانک‌شده (در صورت وجود و دسترسی قانونی) یا لینک‌های رادیویی نقطه‌به‌نقطه بین ستاد منطقه و ستاد مرکزی. لایه سوم، ارتباط داده برای تبادل فایل‌های حیاتی، نقشه‌ها و گزارش‌های تصویری است که در صورت قطع اینترنت عمومی می‌تواند با شبکه‌های مش (Mesh) محلی، وای‌فای نقطه‌به‌نقطه، یا پایانه‌های ماهواره‌ای قابل حمل برقرار شود. در نهایت لایه پشتیبان باید روش‌های کم‌فناوری اما مطمئن را هم پوشش دهد: پیام‌رسان انسانی، تخته اعلان در پست فرماندهی، و علائم صوتی/نوری استاندارد برای هشدار فوری تخلیه؛ زیرا در بدترین حالت ممکن است حتی رادیو نیز به دلیل تداخل، کمبود باتری یا آسیب سخت‌افزاری موقتاً ناکارآمد شود.

قواعد مکالمه رادیویی در بحران باید کوتاه، استاندارد، قابل آموزش و مقاوم در برابر فشار روانی باشد. استفاده از زبان واضح (Plain Language) و پرهیز از کدهای مبهم و اصطلاحات محلی، مطابق توصیه‌های NIMS/ICS، در عملیات چندسازمانی حیاتی است. پیام‌های رادیویی باید به شکل ساختاریافته ارسال شوند: معرفی فرستنده و گیرنده با علائم فراخوان، بیان موضوع، بیان موقعیت دقیق، درخواست اقدام مشخص و تأیید دریافت. در آواربرداری، سه نوع پیام از نظر اولویت باید همیشه حق تقدم داشته باشند: پیام‌های ایمنی فوری (نظیر «تخلیه فوری به دلیل خطر ریزش»، «تشخیص گاز قابل انفجار»، «کابل برق زنده»، پیام‌های هماهنگی حرکت ماشین‌آلات و ترافیک سایت (جلوگیری از برخورد و گیرکردن)، و پیام‌های پزشکی/نجات (درخواست تیم فنی، تجهیزات برش، یا آمبولانس). یک اشتباه رایج، استفاده از یک کانال مشترک برای همه این پیام‌هاست که موجب قفل شدن کانال می‌شود. پروتکل حرفه‌ای آن است که حداقل یک کانال ایمنی/فرماندهی برای پیام‌های حیاتی، یک کانال عملیات عمومی، و یک کانال لجستیک/تدارکات تعریف شود؛ به نحوی که مکالمات تدارکاتی (سوخت، غذا، جابه‌جایی) روی کانال ایمنی انجام

نشود. کنترل زمان مکالمه، الزام به «تأیید دریافت» و ثبت پیام‌های کلیدی توسط اپراتور پست فرماندهی، بخشی از نظم ارتباطی است که هم ایمنی را بالا می‌برد و هم بعداً در ارزیابی عملکرد و پاسخگویی حقوقی نقش دارد.

در سناریوی قطعی طولانی مدت برق و شبکه، مدیریت انرژی و تداوم کارکرد تجهیزات مخابراتی به اندازه خود شبکه مهم می‌شود. شهرداری تهران باید در طرح آمادگی آواربرداری، برای هر نقطه فرماندهی و هر سایت اصلی تفکیک/انتقال آوار، بسته انرژی اضطراری تعریف کند: ژنراتور قابل حمل، UPS برای تجهیزات رادیویی ثابت، پاوربانک‌های صنعتی، پنل خورشیدی تاشو برای شارژ پایه، و سهمیه سوخت کنترل شده برای تکرارکننده‌های سیار. باتری‌های رادیویی باید بر اساس الگوی شیفت کاری مدیریت شوند؛ رادیوهایی که دائماً روشن و در حالت ارسال زیاد هستند باتری را سریع‌تر مصرف می‌کنند، بنابراین سیاست «خاموشی کنترل شده» برای تیم‌هایی که موقتاً درگیر کار حساس نیستند و همچنین مدیریت توان ارسال (High/Low Power) در بردهای کوتاه می‌تواند ماندگاری شبکه را افزایش دهد. نگهداری پیشگیرانه، داشتن رادیوهای یدکی و آنتن‌های جایگزین، و تعیین نقطه تعمیرات سریع در واحد لجستیک نیز از الزامات تداوم ارتباط است.

یکی از چالش‌های تهران، حضور پیمانکاران متعدد با تجهیزات مخابراتی ناهمگون و گاه بدون مجوزهای فرکانسی است. از منظر حکمرانی ارتباطات، تمام ارتباطات عملیاتی باید تحت قواعد سازمانی و مجوزهای قانونی کشور و با هماهنگی نهادهای متولی طیف فرکانسی انجام شود. در سطح عملیاتی، راهکار استاندارد برای حل ناهمگونی، «یکپارچه‌سازی از طریق درگاه» است؛ یعنی ایجاد ایستگاه‌های رابط (Gateway) یا حداقل تخصیص رادیوهای مشترک به سرگروه‌ها تا پیمانکاران بتوانند با شبکه اصلی ارتباط بگیرند. همچنین، آموزش سریع و اجباری «کلاس ده دقیقه‌ای رادیو» در بدو ورود نیروهای جدید به صحنه، از بروز خطاهای رایج جلوگیری می‌کند؛ خطاهایی نظیر اشغال کانال، ارسال پیام‌های طولانی، یا استفاده نادرست از دکمه اضطراری. از سوی دیگر، امنیت اطلاعات در بحران اهمیت مضاعف دارد؛ انتشار ناخواسته اطلاعات حساس مانند مکان انبار اموال مکشوفه، مسیر انتقال نقدینگی یا نقاط ضعف امنیتی می‌تواند مخاطرات ثانویه ایجاد کند. به همین دلیل، اصل حداقل‌گرایی اطلاعاتی در مکالمات رادیویی باید رعایت شود و اطلاعات حساس تنها از طریق کانال‌های امن‌تر یا پیام‌های حضوری منتقل گردد، در حالی که پیام‌های ایمنی و عملیاتی ضروری همچنان باید سریع و شفاف مخابره شوند.

در نهایت، کیفیت پروتکل‌های مخابرات اضطراری نه در متن دستورالعمل، بلکه در «تمرین» و «یکپارچگی عملی» سنجیده می‌شود. شهرداری تهران باید حداقل سالانه مانور مشترک ارتباطات بحران با سناریوی قطع کامل شبکه‌های عمومی برگزار کند، به گونه‌ای که ارتباط بین ستاد مرکزی، ستاد منطقه، فرماندهی میدان، سایت‌های دپوی موقت و ناوگان حمل آوار تنها با رادیو و لینک‌های مستقل برقرار شود و نقاط کور پوشش و گلوگاه‌های ترافیک پیام‌ها شناسایی و اصلاح گردد. درس اصلی تجربه‌های بین‌المللی این است که در بحران‌های واقعی، فناوری‌های پیشرفته بدون فرماندهی ارتباطات، دستور زبان مشترک، نظم کانالی و مدیریت انرژی، به سرعت ناکارآمد می‌شوند؛ اما یک شبکه رادیویی ساده، اگر درست طراحی و تمرین شده باشد، می‌تواند ستون فقرات ایمنی و کارآمدی آواربرداری تهران را در روزهای سخت حفظ کند.

منابع

۱. **FEMA (۲۰۱۹).** National Incident Management System (NIMS), ۳rd Edition. U.S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency.
۲. **FEMA (۲۰۱۸, updated).** Incident Command System (ICS) Forms Booklet (including ICS-۲۰۵ Incident Radio Communications Plan). Federal Emergency Management Agency.
۳. **U.S. Department of Homeland Security (۲۰۱۹).** National Emergency Communications Plan (NECP). DHS Office of Emergency Communications / CISA.
۴. **APCO International (۲۰۱۹).** APCO Project ۲۵ (P۲۵) Standards Overview and Best Practices for Public Safety Communications. APCO International (public safety communications guidance).
۵. **International Telecommunication Union (ITU) (۲۰۱۸).** Emergency Telecommunications: Best Practices and Guidelines. ITU, Geneva.
۶. **OCHA / Emergency Telecommunications Cluster (ETC) (۲۰۲۱).** Emergency Telecommunications Cluster: Guidance, Preparedness and Response Standards. United Nations OCHA.

٧. **NFPA (٢٠٢٢).** NFPA ١٢٢٥: Standard for Emergency Services Communications. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
٨. **ISO (٢٠١٨).** ISO ٢٢٣٢٠:٢٠١٨ — Security and resilience — Emergency management — Guidelines for incident management. International Organization for Standardization.
٩. **INSARAG (٢٠٢٠).** INSARAG Guidelines (٢٠٢٠) — Coordination and communications elements in USAR operations. United Nations, INSARAG Secretariat.

تحلیل و آسیب‌شناسی تجارب عملیات آواربرداری در زلزله‌های بزرگ ایران (بم، سرپل ذهاب و سوانح شهری) و استخراج استلزام‌های کاربردی برای کلان‌شهر تهران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و چرایی واکاوی تجارب ملی در مدیریت آوار

تحلیل سوانح گذشته در گستره جغرافیایی ایران نشان می‌دهد که عملیات آواربرداری همواره یکی از پیچیده‌ترین، پرهزینه‌ترین و بحران‌سازترین مراحل مدیریت پس از بحران بوده است. زمین‌لرزه‌های ویرانگر سه دهه اخیر، به‌ویژه بم (۱۳۸۲) و سرپل ذهاب (۱۳۹۶)، و همچنین سوانح ساختاری متراکم نظیر حادثه پلاسکو (۱۳۹۵) و متروپل آبادان (۱۴۰۱)، زنجیره‌ای از درس‌آموخته‌های پرهزینه را در اختیار نظام مهندسی و مدیریت شهری قرار داده‌اند. کلان‌شهر تهران به دلیل ساختار فیزیکی ویژه، وجود بیش از چهار هزار هکتار بافت فرسوده، نفوذناپذیری جریان‌های ارتباطی، وجود زیرساخت‌های زیرسطحی پیچیده (شبکه‌های گاز، برق و مترو) و تراکم بالای جمعیت، در صورت بروز زلزله‌ای بزرگ با ابعادی از آوار مواجه خواهد شد که هیچ‌یک از سوانح گذشته کشور به تنهایی توان بازنمایی کامل آن را ندارند؛ با این حال، عدم واکاوی دقیق آسیب‌شناختی و نادیده گرفتن چالش‌های عملیاتی رخ داده در بم و سرپل ذهاب، منجر به تکرار خطاهای راهبردی، تلفات ثانویه و اتلاف منابع در پایتخت خواهد شد.

۲. آسیب‌شناسی عملیات آواربرداری در زلزله بم (۱۳۸۲): درس‌آموخته‌های عدم انضباط عملیاتی و فقدان مدیریت پسماند

زلزله بم به عنوان الگویی از تخریب کامل ساختارهای خشتی، آجری و بناهای با مصالح بنایی، چالش‌های بی‌سابقه‌ای را در حوزه آواربرداری آشکار ساخت. در روزهای نخست پس از سانحه، فقدان سامانه فرماندهی یکپارچه حادثه و عدم تفکیک فاز زنده‌یابی (Search and Rescue) از فاز آواربرداری سنگین، منجر به ورود زودهنگام و بی‌ضابطه ماشین‌آلات سنگین نظیر لودرها و بولدوزرها به زون‌های تخریب شد. این اقدام ناآگاهانه در مواردی باعث انسداد فضاهای خالی احتمالی (Void Spaces)، خفگی بازماندگان محبوس، و تخریب بقایای ساختاری قابل پایدارسازی گردید. چالش بزرگ دیگر در بم، تخلیه و دپوی نامناسب آوار بود؛ حجم عظیم آوار به‌صورت ناگهانی و بدون برنامه‌ریزی قبلی در معابر اصلی، زمین‌های بایر حاشیه شهر و حتی بستر رودخانه‌ها دپو شد که این امر علاوه

بر انسداد شریان‌های امداد رسانی، مشکلات زیست‌محیطی متعدد، ایجاد گردوغبار شدید حاوی ذرات سیلیس و آلاینده‌ها، و اختلال در بازسازی بلندمدت شهر را به همراه داشت. همچنین، عدم استقرار سیستم ثبت و استرداد اموال مکشوفه شهروندان در جریان آواربرداری بم، موجب بروز دعاوی حقوقی گسترده و نارضایتی شدید اجتماعی شد که نشان‌دهنده اهمیت صیانت از اموال در کنار تخلیه فیزیکی آوار است.

۳. آسیب‌شناسی عملیات آواربرداری در زلزله سرپل ذهاب (۱۳۹۶): چالش‌های سازه‌های مدرن، ناوگان ماشینی و تفکیک در مبدأ

زمین‌لرزه سرپل ذهاب ابعاد جدیدی از مدیریت آوار در سازه‌های مدرن‌تر (بتنی و فولادی) را به نمایش گذاشت. بر خلاف بم، آوار در سرپل ذهاب عمدتاً حاصل فروپاشی اسکلت‌های بتنی، دیوارهای برشی، تیرها و سقف‌های مجوف بود که ماهیت خردایش و تخلیه آن‌ها با مصالح بنایی کاملاً متفاوت است. یکی از اصلی‌ترین نقاط ضعف در سرپل ذهاب، عدم تجهیز ناوگان آواربرداری به ابزارهای تخصصی برش سنگین (نظیر قیچی‌های هیدرولیکی، کاترهای بتن و فک‌های خردکننده) بود که موجب شد اپراتورها به روش‌های ضربه‌ای غیرمعیار متوسل شوند؛ روش‌هایی که لرزش‌های شدیدی به قطعات مجاور وارد کرده و ریسک ریزش ثانویه را به شدت افزایش داد. از سوی دیگر، نبود سایت‌های جانمایی‌شده و استاندارد برای دپوی موقت و نهایی، منجر به ایجاد زباله‌دان‌های عظیم و کنترل‌نشده آوار در اطراف شهر سرپل ذهاب گردید. در این سانحه، عدم تفکیک آوار در مبدأ باعث مخلوط شدن پسماند ساختمانی با پسمادهای خانگی، مخاطرات بیولوژیکی و مواد خطرناک (HazMat) شد که ارزش اقتصادی بازیافت مصالح ثانویه را به صفر نزدیک ساخت و هزینه‌های حمل‌ونقل و دفن نهایی را به صورت فزاینده‌ای افزایش داد.

۴. تحلیل سوانح ساختاری متراکم (پلاسکو و متروپل): پیچیدگی‌های آواربرداری در بافت‌های فشرده و ایمنی صحنه

تجارب حاصل از آواربرداری در حادثه پلاسکو تهران و متروپل آبادان، الگویی ملموس از چالش‌های آواربرداری در معابر کم‌عرض و بافت‌های فشرده شهری را در اختیار شهرداری تهران قرار می‌دهد. در حادثه پلاسکو، تداخل گره‌های ترافیکی، حضور جمیعت تماشاچی، فشار سنگین رسانه‌ای و وجود تیرآوندها و مقاطع فولادی مدفون و درهم‌پنجه‌زده، نشان داد که آواربرداری شهری نیازمند مهندسی معکوس و برشکاری دقیق است و نه صرفاً جابه‌جایی خاک و سنگ. عدم وجود نقشه‌های دقیق ساختمانی و تاسیسات زیرسطحی، سرعت عملیات را کند کرده و خطرات

نشت گاز و برق گرفتگی را بالا برد. همچنین در متروپل آبادان، پایداری ناایمن بخش های باقی مانده سازه، ریسک بالایی برای پرسنل آواربردار ایجاد کرد که لزوم استفاده از ابزارهای پایش تصویری و سنسورهای پایش جابه جایی سازه (Total Station) را در حین عملیات به اثبات رساند. این دو حادثه نشان دادند که در کلان شهرها، آواربرداری بدون تثبیت مهندسی، زون بندی سخت گیرانه، و ارزیابی مستمر ریسک، می تواند به فاجعه ای دوچندان تبدیل شود.

۵. استخراج الزامات راهبردی و عملیاتی برای مدیریت آوار در کلان شهر تهران

با تحلیل و سنتز دروس حاصل از سوانح گذشته کشور، مجموعه اقداماتی حیاتی برای شهرداری تهران و سازمان های همکار جهت مواجهه با بحران احتمالی پایتخت استخراج می گردد:

- **تثبیت مرزبندی زمانی میان نجات و آواربرداری:** ورود ماشین آلات سنگین آواربرداری باید منحصراً پس از اتمام فاز ارزیابی و زنده یابی توسط تیم های specialized USAR و صدور مجوز رسمی از سوی فرمانده عملیات صورت گیرد تا از آسیب به بازماندگان احتمالی جلوگیری شود.
- **جانمایی و آماده سازی پیش دستانه سایت های دپوی موقت و نهایی:** شهرداری تهران باید بر اساس مطالعات ژئوتکنیکی و زیست محیطی، زمین های مناسب در پهنه های شمال، جنوب، شرق و غرب تهران را شناسایی، ایزوله و ثبت قانونی نماید تا از دپوی کورکورانه و آشفته گی محیط زیستی پس از بحران جلوگیری شود.
- **نوسازی و تجهیز ناوگان با ماشین آلات اختصاصی:** ناوگان آواربرداری شهرداری و پیمانکاران طرف قرارداد باید علاوه بر کمپرسی و لودر، به جرثقیل های سنگین، قیچی های هیدرولیکی تخریب، سنگ شکن های سیار و سامانه های مهار گردوغبار (مه پاش) مجهز شوند.
- **تدوین پروتکل صیانت از اموال و اسناد:** بر اساس تجربه بم، باید یگان های ویژه ای متشکل از ضابطین قضایی و نیروهای انتظامی در سایت های آواربرداری و دپوی موقت برای ثبت، بسته بندی و کدگذاری اموال قیمتی، اسناد و اشیاء شخصی شهروندان مستقر گردند.

- **تدوین استاندارد تفکیک و بازیافت در مبدأ و مقصد:** برنامه‌ریزی برای بازیافت مصالح ثانویه (بتن، آجر و فولاد) و استفاده مجدد از آن‌ها در زیرسازی معابر و بازسازی پس از بحران، جهت کاهش هزینه‌های حمل، صرفه‌جویی در مصالح جدید و کاهش اثرات زیست‌محیطی.
- **ایجاد سامانه یکپارچه اطلاعات مکان‌محور (GIS):** ثبت اطلاعات دقیق سازه‌ها، شریان‌های حیاتی زیرسطحی، و مسیرهای جایگزین حمل‌آوار در سامانه GIS شهرداری تهران جهت هدایت هوشمند ماشین‌آلات در زمان قطعی شبکه‌های عمومی.

۶. نتیجه‌گیری

مرور سوانح گذشته نشان می‌دهد که مدیریت آواربرداری در ایران تا کنون عمدتاً رویکردی منفعلانه، واکنش‌محور و مبتنی بر آزمون و خطا داشته است. تبدیل آواربرداری از یک جابه‌جایی هیجانی خاک به یک «فرایند مهندسی، قانونی، زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی‌شده» تنها زمانی محقق می‌شود که درس‌آموخته‌های سوانح بم، سرپل‌ذهاب، پلاسکو و متروپل در قالب دستورالعمل‌های الزام‌آور عملیاتی برای شهرداری تهران نهادینه گردند. اجرای این الزامات، کلان‌شهر تهران را قادر خواهد ساخت تا در صورت وقوع فاجعه، تاب‌آوری عملیاتی خود را حفظ کرده، تلفات انسانی ثانویه را به صفر رسانده و بستری ایمن و منضبط را برای بازسازی شهری فراهم سازد.

منابع

۱. **سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۹۸).** طرح جامع مدیریت آوار و پسماند ناشی از سوانح بزرگ مقیاس در کلان‌شهر تهران. منشورات سازمان پیشگیری و مدیریت بحران، تهران.
۲. **مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۷).** گزارش آسیب‌شناسی روند امداد، نجات و آواربرداری در زلزله سرپل‌ذهاب استان کرمانشاه. دفتر مطالعات زیربنایی، شماره مسلسل ۱۵۸۴۰، تهران.
۳. **پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (۱۳۸۳).** گزارش تفصیلی فاجعه زلزله بم: ارزیابی عملیات آواربرداری، امداد و بازسازی. منشورات پژوهشگاه، تهران.

۴. سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور (۱۳۹۶). تحلیل مهندسی تخریب سازه‌ها و آسیب‌شناسی مدیریت آوار در سانحه ساختمان پلاسکو. گزارش ملی حادثه پلاسکو، تهران.

۵. **Ghafari-Aslani, M.** (۲۰۰۴). Lessons from the Bam Earthquake of ۲۶ December ۲۰۰۳: Debris Management, Emergency Response, and Structural Performance. *Earthquake Spectra*, Vol. ۲۰, No. S.۱

۶. **UNEP & OCHA.** (۲۰۱۸) Disaster Waste Management Guidelines: Case Studies and Lessons Learned from Middle East Earthquakes. United Nations Environment Programme, Geneva.

۷. **FEMA.** (۲۰۱۹) Public Assistance Debris Management Guide (FEMA PAMPG Vol. ۴) — Post-Disaster Debris Operations Lessons. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

۸. **Jafari, M. K & Hosseini, M.** (۲۰۱۸). Debris Management Challenges in Dense Urban Areas: Insights from Sarpol-e Zahab and Plasco Disasters. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, ۲۰(۳).

تحلیل جامع مهندسی و مدیریتی سانحه ساختمان پلاسکو و استخراج درس آموخته‌های اجرایی در عملیات آواربرداری کلان‌شهر تهران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و ابعاد ساختاری-عملیاتی سانحه ساختمان پلاسکو

فروپاشی ساختمان تجاری پلاسکو در ۳۰ دی‌ماه ۱۳۹۵ یکی از نقاط عطف تاریخ مدیریت بحران شهری در ایران به شمار می‌رود. ساختمانی با اسکلت فولادی، شانزده طبقه روی زمین و یک طبقه زیرزمین، با سیستم سازه‌ای لوله‌ای (Tube System)، تیرهای مشبک لانه زنبوری و بدون محافظت موثر در برابر حریق که پس از چند ساعت سوختن کنترل نشده، دچار فروریزش پیشرونده موضعی و سپس کُلی به سمت درون عرصه خود (Pancake Collapse) شد. این رخداد، کوهی از مقاطع سنگین فولادی تاب‌خورده، صفحات فلزی فشرده، بتن خردشده، پسماندهای منسوجات و توده‌های حرارتی پنهان را در مساحتی حدود هزار و چهارصد مترمربع و به ارتفاع تقریبی بیست متر پدید آورد. اهمیت واکاوی حادثه پلاسکو برای شهرداری تهران از آن جهت است که برای نخستین بار، دستگاه اجرایی شهر با چالش آواربرداری فوق‌سنگین در قلب یک گره متراکم ترافیکی و تاریخی، در مجاورت سفارتخانه‌ها، سازه‌های بااهمیت، معابر کم‌عرض و در شرایط مداخله هم‌زمان آتش‌سوزی‌های نهفته، آوار مدفون و مطالبات شدید عاطفی و اجتماعی جامعه برای کشف پیکرهای آتش‌نشانان فداکار مواجه شد. بررسی این رخداد نشان داد که آواربرداری ساختمانی در کلان‌شهر تهران نیازمند ادغام دانش مهندسی سازه، لجستیک سنگین مکانیکی، بهداشت محیط و انضباط فرماندهی حادثه است.

۲. پویایی عملیات آواربرداری: برشکاری حرارتی، جابه‌جایی فولاد و پدیده آتش‌سوزی‌های نهفته زیرسطحی

یکی از منحصربه‌فردترین چالش‌های عملیات آواربرداری پلاسکو، وجود توده‌های حرارتی شدید در لایه‌های زیرین آوار بود. با توجه به وجود انبارها و کارگاه‌های مملاری-عملیاتی سانحه ساختمان پلاسکو

فروپاشی ساختمان تجاری پلاسکو در ۳۰ دی‌ماه ۱۳۹۵ یکی از نقاط عطف تاریخ مدیریت بحران شهری در ایران به شمار می‌رود. ساختمانی با اسکلت فولادی، شانزده طبقه روی زمین و یک طبقه زیرزمین، با سیستم سازه‌ای لوله‌ای

(Tube System)، تیرهای مشبک لانه زنبوری و بدون محافظت موثر در برابر حریق که پس از چند ساعت سوختن کنترل نشده، دچار فروریزش پیشرونده موضعی و سپس کُلی به سمت درون عرصه خود (Pancake Collapse) شد. این رخداد، کوهی از مقاطع سنگین فولادی تاب خورده، صفحات فلزی فشرده، بتن خرد شده، پسماندهای منسوجات و توده های حرارتی پنهان را در مساحتی حدود هزار و چهارصد مترمربع و به ارتفاع تقریبی بیست متر پدید آورد. اهمیت واکاوی حادثه پلاسکو برای شهرداری تهران از آن جهت است که برای نخستین بار، دستگاه اجرایی شهر با چالش آواربرداری فوق سنگین در قلب یک گره متراکم ترافیکی و تاریخی، در مجاورت سفارتخانه ها، سازه های با اهمیت، معابر کم عرض و در شرایط مداخله هم زمان آتش سوزی های نهفته، آوار مدفون و مطالبات شدید عاطفی و اجتماعی جامعه برای کشف پیکرهای آتش نشانان فداکار مواجه شد. بررسی این رخداد نشان داد که آواربرداری ساختمانی در کلان شهر تهران نیازمند ادغام دانش مهندسی سازه، لجستیک سنگین مکانیکی، بهداشت محیط و انضباط فرماندهی حادثه است.

۲. پویایی عملیات آواربرداری: برشکاری حرارتی، جابه جایی فولاد و پدیده آتش سوزی های نهفته زیرسطحی

یکی از منحصربه فردترین چالش های عملیات آواربرداری پلاسکو، وجود توده های حرارتی شدید در لایه های زیرین آوار بود. با توجه به وجود انبارها و کارگاه های مملای تن، بوم های بلند هیدرولیکی، بیل های مکانیکی با چکش هیدرولیکی و صدها دستگاه کامیون کمپرسی، فضای هندسی خیابان جمهوری را به مرز اشباع رساند. یکی از درس های کلیدی پلاسکو برای حوزه حمل و نقل و عمران شهرداری، ضرورت تعیین مسیرهای اضطراری تردد (Green Corridors) از ساعات نخست بود. تردد صدها کامیون جهت انتقال نزدیک به بیست هزار تن آوار فولادی، بتنی و خاکی مستلزم خط سیر امن، سریع و بدون ترافیک شهری بود. در پلاسکو، تخلیه سریع و منظم این حجم از نخاله های پیچیده به مقصد سایت تعیین شده شهرداری در منطقه هرنندی و بوستان ولایت برای پایش دقیق تر و سپس تفکیک نهایی، نشان داد که شهرداری تهران نیازمند داشتن ناوگان واکنش سریع، کارت های تردد دیجیتال ویژه بحران برای رانندگان مجاز، و پروتکل مانیتورینگ آنلاین مکانی (AVL) بر روی ناوگان حمل نخاله است تا از انحراف کامیون ها و تخلیه غیرقانونی آن ها در معابر یا رودرهای شهری ممانعت به عمل آید.

۴. صیانت از اموال، اسناد تجاری و نظارت انتظامی-قضایی در پلاسکو

ساختمان پلاسکو به عنوان قطب توزیع پوشاک کشور، حاوی مقادیر عظیمی مسکوکات، وجه نقد، چک‌ها، سفته‌ها، اسناد ثبتی، گاو صندوق‌های دفاتر تجاری و پوشاک قابل استفاده بود. در ابتدای عملیات، پراکندگی اسناد و گاو صندوق‌ها در زیر خروارها بتن و فلز، چالش بزرگی در زمینه جلوگیری از سرقت، ورود افراد متفرقه و بی‌اعتمادی مالکان ایجاد کرد. تجربه پلاسکو نشان داد که فرایند آواربرداری باید به صورت سیستمی تحت نظارت مثلث «فرماندهی عملیات شهرداری، مراجع انتظامی (پلیس آگاهی و یگان امداد) و مقام قضایی دادستانی» انجام شود. ایجاد ایستگاه موقت تحویل و ثبت گاو صندوق‌ها، شماره‌گذاری با پلاک‌های غیرقابل دستکاری، ثبت سریال اسناد، و استقرار در محل محصور و مجهز به دوربین‌های مدار بسته، از جمله تجارب ارزشمندی بود که نشان داد چگونه در بطن یک عملیات سنگین مکانیکی باید از حقوق مالکانه شهروندان حفاظت شود. این روند صیانت، هزینه‌های بازسازی اجتماعی پس از فاجعه را به حداقل رساند و مانع از شکل‌گیری پرونده‌های حقوقی مبهم و بی‌پاسخ در محاکم دادگستری علیه مدیریت شهری گردید.

۵. استخراج درس‌آموخته‌های اجرایی برای ارتقای ساختار مدیریت آوار شهرداری تهران

تحلیل عمیق سانحه پلاسکو مجموعه‌ای از درس‌آموخته‌های راهبردی و ساختاری را پیش روی مهندسان، مدیران و کارشناسان شهرداری تهران قرار می‌دهد تا در سناریوهای بحرانی مشابه، آمادگی سازمان‌یافته‌ای داشته باشند:

نخست، الزام تشکیل تیم‌های مهندسی معکوس و ایمنی سازه در بدو حادثه است. در پلاسکو مشخص شد که فرمانده میدان نمی‌تواند تنها بر اساس دید تجربی آتش‌نشانی تصمیم بگیرد؛ حضور مهندسان محاسب سازه و متخصصان ژئوتکنیک برای رصد مداوم نشست خاک اطراف، کنترل سازه‌های همجوار (مانند ساختمان‌های شمالی و پاساژ کویتی‌ها) و ارزیابی نیروهای پنهان درون قطعات فلزی تاب‌خورده حیاتی است. شهرداری باید بانک داده‌ای از متخصصان داوطلب عضو سازمان نظام مهندسی با آموزش‌های ویژه آواربرداری فراهم آورد تا هم‌زمان با عملیات، محاسبات ایستایی صحنه را به لحظه انجام دهند.

دوم، تدوین چک‌لیست و استقرار سنسورهای پایش تغییر مکان (Structural Monitoring) است. در جریان آواربرداری پلاسکو، بخش‌هایی از دیوارهای برجامانده و دیوارهای جانبی ساختمان‌های مجاور پیوسته در معرض

خطر سقوط بر اثر ارتعاش ماشین آلات قرار داشتند. استفاده از ابزارهای اپتیکی نظیر توتال استیشن‌های لیزری خودکار جهت رصد جابه‌جایی‌های میلی‌متری سازه‌های همجوار در طول عملیات آواربرداری، ضامن حفظ جان امدادگران و پرسنل عمرانی است و باید به عنوان الزام استاندارد در تجهیزات ستادهای بحران مناطق بیست‌و دو گانه گنجانده شود.

سوم، لزوم ساماندهی بهداشت حرفه‌ای و پروتکل‌های PPE اختصاصی در آواربرداری متراکم است. ذرات میکرونی آزبست ناشی از پوشش‌های ضدحریق و عایق‌های حرارتی قدیمی ساختمان، گازهای سمی فرار و گردوغبار شدید در پلاسکو نشان داد که پرسنل شهرداری و اپراتورهای ماشین‌آلات سنگین نباید بدون ماسک‌های تنفسی فیلتردار کربن‌اکتیو، عینک‌های ایمنی درزبند، دستکش‌های ضخیم ضدبرش حرارتی و کفش‌های مجهز به کف فولادی ضدسوراخ‌شدگی وارد زون قرمز شوند. نظارت بر سلامت روانی و جسمانی این کادر، معاینات ادواری ریوی و تغذیه هیدراته مناسب در طول شبانه‌روز از الزامات مبرم حوزه پشتیبانی منابع انسانی شهرداری است.

چهارم، ایجاد ساختار یکپارچه مدیریت اطلاعات مکانی و نقشه‌های ساختمانی است. فقدان نقشه‌های تأسیساتی دقیق و به‌روز از خطوط گاز، آب و برق زیر پای ساختمان پلاسکو و دسترسی‌های زیرزمینی (موتورخانه‌ها)، عملیات حفر تونل‌های دسترسی دستی از ساختمان‌های همجوار را با خطر بالقوه انفجار یا برخورد با کابل‌های فشارقوی مواجه کرد. شهرداری تهران باید دسترسی برخط مهندسان بحران به لایه‌های GIS زیرساخت‌های شهری، نقشه‌های وضع موجود (As-Built) ساختمان‌های بلندمرتبه، و محل شیرهای قطع گاز و کلیدهای اصلی برق را قبل از وقوع هرگونه حادثه ساختاری تضمین نماید.

۶. نتیجه‌گیری

حادثه ساختمان پلاسکو نمایانگر تغییر پارادایم در مدیریت بحران‌های ساختاری از نگاه سنتی «اطفای حریق و خاک‌برداری سریع» به سمت «مهندسی پیچیده آوار، لجستیک یکپارچه و فرماندهی مبتنی بر دانش» است. عملیات نه‌روژه آواربرداری پلاسکو نشان داد که هر ثانیه تصمیم‌گیری در چنین محیط‌هایی هزینه‌های گزاف مادی و جانی دارد و کوچک‌ترین ناهماهنگی میان بخش‌های آتش‌نشانی، شرکت‌های پیمانکاری شهرداری، راهور و مراجع انتظامی، پیشرفت کار را متوقف می‌سازد. نهادینه‌سازی درس‌آموخته‌های فنی و اجرایی پلاسکو در نظام‌نامه عملیاتی شهرداری تهران، تدوین آیین‌نامه‌های مداخله در سازه‌های در حال ریزش، نوسازی مداوم ابزارهای برشکاری و مهار حرارتی،

و ارتقای فرهنگ هماهنگی بین‌بخشی، اصلی‌ترین تضمین برای صیانت از جان شهروندان و پرسنل خدوم شهرداری در حوادث ناگزیر پیش روی کلان‌شهر تهران خواهد بود.

منابع

۱. هیئت ویژه گزارش ملی بررسی حادثه ساختمان پلاسکو (۱۳۹۶). گزارش ملی حادثه ساختمان پلاسکو (در قالب گزارش‌های تفصیلی گروه‌های تخصصی مهندسی آتش، سازه، مدیریت بحران و حقوق). ریاست جمهوری اسلامی ایران، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران.

۲. سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران (۱۳۹۵). گزارش فنی بررسی ابعاد مهندسی فروریزش، پایداری سازه‌های مجاور و آواربرداری حادثه ساختمان پلاسکو. سازمان نظام مهندسی، تهران.

۳. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۶). بررسی کارشناسی حادثه ساختمان پلاسکو: چالش‌های فرابخشی مدیریت بحران، ایمنی شهری و اصلاحات قانونی لازم در وظایف شهرداری‌ها. گزارش پژوهشی شماره ۱۵۳۹۴، تهران.

۴. FEMA (۲۰۲۰). Structural Collapse Debris Operations: Techniques for Heavy Steel and Concrete Structures (USAR Field Operations Guide - Subpart Steel Rescue). Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

۵. NFPA (۲۰۲۱). NFPA ۱۶۷۰: Standard on Operations and Training for Technical Search and Rescue Incidents — Chapter ۶: Structural Collapse (Heavy Steel Framing and Multi-Story Demolition). National Fire Protection Association, Quincy, MA.

۶. Mousavi, S. R & Motamedi, M. (۲۰۱۸). Progressive Collapse Analysis of Multi-Story Steel Frame Buildings Exposed to Local Fire: Lessons from the Plasco Building Disaster. Fire Technology, ۵۴(۴), ۱۰۱۱-۱۰۳۵.

۷. Asgarian, B & Ghafory-Aslani, M. (۲۰۱۷). Technical Investigation of Plasco Building Collapse: Structural Response, Blast vs. Thermal Degradation, and Field Debris Operations. Journal of Structural Engineering, ASCE, (۱۱) ۱۴۳.

INSARAG (2020) INSARAG Guidelines, Volume II: Preparedness and Response — Manual C: Heavy Urban Search, Thermal Cutting and Steel Clearance Protocols. United Nations OCHA, Geneva.

تحلیل تطبیقی تجارب بین‌المللی موفق در مدیریت آوار بلایای بزرگ و رهنمودهای کاربردی برای کلان‌شهر تهران

ویژه کارشناسان، مهندسان و مدیران شهرداری تهران

۱. مقدمه و ضرورت بهره‌گیری از الگوهای جهانی مدیریت آوار

مدیریت پسماند و نخاله‌های ناشی از سوانح طبیعی بزرگ‌مقیاس (Disaster Debris Management) در ادبیات نوین تاب‌آوری شهری، یکی از ارکان اصلی بازیابی کالبدی، اقتصادی و زیست‌محیطی جوامع به شمار می‌رود. حجم آوار ناشی از زمین‌لرزه‌های مخرب، طوفان‌های سهمگین یا سونامی‌های اقیانوسی غالباً به چندین برابر کل زباله تولیدی سالانه یک کلان‌شهر می‌رسد و مدیریت سنتی دفع پسماند در مواجهه با چنین پدیده‌ای به سرعت فلج می‌شود. کلان‌شهر تهران با چالش‌های ساختاری متعددی نظیر تراکم بالای جمعیتی، معابر نفوذناپذیر، قرارگیری بر گسل‌های فعال لرزه‌ای و تمرکز زیرساخت‌های ملی مواجهه است؛ وضعیتی که ایجاب می‌کند مدیران شهری به جای تکیه بر روش‌های آزمون و خطا در بحران‌های احتمالی، الگوهای استاندارد بین‌المللی و تجارب سوانح گذشته جهان را مورد واکاوی قرار داده و بومی‌سازی نمایند. مرور تجارب بین‌المللی اثبات می‌کند که موفقیت در مدیریت آوار منحصراً وابسته به لجستیک ماشین‌آلات سنگین نیست، بلکه حاصل تلفیق نظام‌مند مهندسی مواد، تفکیک در مبدأ، اقتصاد چرخشی، ایمنی زیست‌محیطی و ساختار حقوقی کارآمد است.

۲. بازیافت حداکثری و اقتصاد چرخشی در زلزله ۱۹۹۵ کوبه (ژاپن)

زلزله بزرگ هانشین-آواجی (کوبه) در ژانویه ۱۹۹۵ نقطه‌ای بنیادین در تغییر نگرش جهانی نسبت به مدیریت آوار شهری بود. این سانحه با تخریب بیش از صد هزار ساختمان مسکونی و تجاری، بیش از پانزده میلیون تن نخاله و بتن فروریخته بر جای گذاشت. پاسخ سنتی شهرداری‌ها در آن برهه، انتقال توده‌ای آوار به لندفیل‌های ساحلی یا خلیج اوزاکا بود، اما محدودیت شدید اراضی در ژاپن و ملاحظات زیست‌محیطی موجب شد تا راهبردی انقلابی مبتنی بر «بازیافت حداکثری» اتخاذ گردد. در کوبه، شهرداری سیستم تفکیک سه‌مرحله‌ای را مستقر کرد؛ در فاز نخست در محل ریزش، فلزات ساختمانی، خطوط لوله و چوب‌های سازه‌ای جدا شدند. در فاز دوم، در سایت‌های تجمع موقت (Temporary Staging Sites)، سنگ‌شکن‌های متحرک بزرگ‌مقیاس مستقر شدند تا بتن‌های تخریب‌شده را

به سنگدانه‌های بازیافتی با دانه‌بندی کنترل‌شده خرد کنند. این سنگدانه‌ها با اعمال آزمایش‌های ژئوتکنیکی دقیق، مستقیماً به عنوان مصالح زیرسازی جاده‌ها، تثبیت خاک‌های روان‌گرا و احیای بستر اسکله‌ها مورد استفاده قرار گرفتند، به طوری که نرخ بازیافت بتن در کوبه به رقم کم‌سابقه بالای نود درصد رسید. از درس‌های بنیادین کوبه برای شهرداری تهران، تدوین مشخصات فنی بازیافت مصالح قبل از بحران و الزامی ساختن مصرف مصالح بازیافتی در پروژه‌های بهسازی و بازسازی پس از سانحه است تا هم بار مالی انتقال نخاله کاهش یابد و هم سایت‌های دفع نهایی تهران به سرعت اشباع نشوند.

۳. مدیریت چندمنظوره و فناوری‌های پیشرفته در فاجعه ۲۰۱۱ توهو کو (سونامی و زلزله شرق ژاپن)

فاجعه چندگانه شرق ژاپن در سال ۲۰۱۱ با تولید بیش از بیست میلیون تن آوار ترکیبی (مخلوطی از رسوبات دریایی، گل‌ولای آلوده، سازه‌های بتنی، چوب و پسماندهای پرخطر ناشی از غرقاب شدن خودروها و انبارها) پیچیده‌ترین چالش مدیریت پسماند قرن بیست‌ویکم را رقم زد. وزارت محیط‌زیست ژاپن با همکاری شهرداری‌ها مدلی نوآورانه مبتنی بر «تفکیک در نوزده رده مجزا» و «بسته‌های متحرک پردازش» اجرا کرد. در این فاجعه، سنسورهای پایش تشعشع رادیواکتیو، دستگاه‌های جداسازی مغناطیسی برای بازیافت آهن و ماشین‌آلات غربالگری پیشرفته جهت جداسازی رسوبات نمکی از چوب‌های سالم به کار گرفته شدند. یک درس عملیاتی ژاپن در این سانحه برای شهرداری تهران، ایده «سیستم مدیریت آوار مشترک بین‌شهری» (Kouiki-shori) بود؛ در این سازوکار، از آنجا که ظرفیت بازیافت و کوره‌های زباله‌سوز استان‌های زلزله‌زده میایگی و ایواته پاسخگوی حجم عظیم آوار نبود، با تضمین‌های فنی و زیست‌محیطی دقیق، نخاله‌های پیش‌پردازش‌شده از طریق شبکه ریلی و دریایی به شهرداری‌های دیگر ژاپن (از جمله توکیو) ارسال و در آنجا سوزانده یا بازیافت شدند. این رویکرد نشان می‌دهد شهرداری تهران نباید ظرفیت مدیریت آوار را صرفاً در مرزهای کالبدی مناطق ۲۲ گانه ببیند، بلکه باید تفاهم‌نامه‌های بین‌استانی الزام‌آور با استان‌های همجوار (مانند البرز، سمنان، قزوین و مرکزی) منعقد کند تا در شرایط اشباع پایتخت، زنجیره لجستیک انتقال و پردازش فعال گردد.

۴. مدل فرماندهی، قراردادهای پیش‌بحران و نظارت شفاف فدرال در طوفان کاترینا (۲۰۰۵) - ایالات متحده

طوفان کاترینا در سال ۲۰۰۵ بیش از هفتاد میلیون مترمکعب نخاله و آوار در ایالت‌های لوئیزیانا و می‌سی‌سی‌پی به جا گذاشت که بیش از دو برابر حجم نخاله‌های حاصل از حمله به برج‌های تجارت جهانی در نیویورک بود. مدیریت این آوار عظیم توسط آژانس فدرال مدیریت بحران (FEMA) و سپاه مهندسی ارتش آمریکا (USACE) درس‌های سازمانی و حقوقی بی‌شماری برای مدیران شهری به همراه داشت. یکی از بزرگ‌ترین تجارب کاترینا، ناکارآمدی و فساد ناشی از قراردادهای «هزینه به علاوه کارمزد» در شرایط اضطرار و گذار به قراردادهای «قیمت واحد بر اساس تن یا یارد مکعب» با پیمانکاران پیش‌صلاحیت‌دار بود. فیما سازوکار قراردادهای پیش‌پیمان (Pre-event Contracts) را توسعه داد که بر مبنای آن، شهرداری‌ها قبل از وقوع هر بحرانی، نرخ‌های توافق‌شده و ظرفیت تجهیزاتی پیمانکاران را تعیین می‌کنند تا در روز بحران، پدیده احتکار ماشین‌آلات و افزایش سرسام‌آور قیمت خدمات رخ ندهد. درس برجسته دیگر، استقرار سامانه نظارتی و رهگیری خودکار (Automated Debris Management Systems - ADMS) مبتنی بر بارکد، جی‌پی‌اس و کارت‌های توزین دیجیتال بر روی هر کامیون بود تا از ثبت سفرهای صوری و اضافه بار جلوگیری شود. برای شهرداری تهران، پیاده‌سازی سازوکار قراردادهای از پیش‌امضا شده با انجمن‌های شرکت‌های ساختمانی و مکانیزه‌سازی زنجیره توزین در مراکز تخلیه، کلید صیانت از بودجه‌های عمومی در آواربرداری است.

۵. پروتکل‌های بهداشت حرفه‌ای و غربالگری مواد خطرناک (HazMat) در سانحه مرکز تجارت جهانی (۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱)

فروریزش برج‌های دوقلوی منهتن در نیویورک با یک میلیون و هفتصد هزار تن آوار بتنی و اسکلت فلزی، درس‌آموخته‌های بالینی و سم‌شناسی کم‌نظیری در حوزه بهداشت کارگران آواربردار و پایش هوای محیطی ارائه کرد. در این حادثه، مقادیر معتابه‌ای از فیبرهای پنبه نسوز (آزبست)، سیلیس بلوری، فلزات سنگین (نظیر سرب و جیوه)، دی‌اکسین‌ها و ذرات معلق کمتر از دو و نیم میکرون در هوا آزاد شدند که فقدان تجهیزات حفاظت فردی استاندارد در روزهای ابتدایی، منجر به بیماری‌های مزمن ریوی و سرطان در میان صدها امدادگر و اپراتور ماشین‌آلات گردید. سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) با ورود به فاز پالایش، پروتکل آب‌پاشی مداوم به منظور

جلوگیری از انتشار ذرات معلق، غربالگری متوالی کامیون‌ها به هنگام خروج از سایت از طریق حوضچه‌های شستشوی چرخ، و آزمایشگاه‌های سیار آنالیز سریع گازها را مستقر ساخت. درس کلیدی این تجربه برای شهرداری تهران— به‌ویژه با توجه به کاربرد گسترده آژبست در ساختمان‌های دهه‌های گذشته و وجود انبارهای رنگ و مواد شیمیایی در بافت تجاری و صنعتی پایتخت—طراحی برنامه ایمنی و بهداشت محیط اختصاصی سایت آوار (Site Health and Safety Plan) و الزام همه کارگران و مهندسان به استفاده از ماسک‌های فیلتردار کربن‌اکتیو و عینک‌های محافظ درزبند از دقایق نخست عملیات است.

۶. مدیریت آوار با رویکرد اجتماع‌محور و اشتغال‌زایی در بحران‌های کشورهای در حال توسعه (زلزله ۲۰۱۰ هائیتی)

زمین‌لرزه پورتو‌پرنس هائیتی با تولید بیش از ده میلیون مترمکعب آوار در کشوری با زیرساخت‌های ضعیف نهادی، بستری برای آزمایش برنامه‌های برنامه عمران ملل متحد (UNDP) و سازمان بین‌المللی کار (ILO) شد. در هائیتی، به دلیل عدم دسترسی به ناوگان سنگین بولدوزر و جرثقیل در روزهای نخست و شیب تند تپه‌های مسکونی، راهبرد «کار در برابر دستمزد» (Cash for Work) پیاده شد. هزاران نفر از بازماندگان بیکار و جوامع محلی با ابزارهای دستی ساده نظیر کلنگ، پتک و فرغون در قالب گروه‌های خودیار سازماندهی شدند تا معابر اصلی را بازگشایی و خشت‌ها و آجرهای سالم را تفکیک و تمیز کنند. این آواربرداری دستی نه تنها راه‌های دسترسی محلی را سریع‌تر از انتظار باز کرد، بلکه با تزریق مستقیم منابع مالی نقدی به خانواده‌های آسیب‌دیده، از گسترش فقر مطلق جلوگیری کرده و به مردم حس مالکیت و مشارکت در احیای محله خود بخشید. این تجربه برای شهرداری تهران و مناطق دارای بافت‌های پلکانی و کوچه‌های باریک بن‌بست (مانند پهنه‌های کوهپایه‌ای تجریش، دربند و برخی محلات منطقه یک و بافت‌های فشرده مناطق ده و هفده) کاربردی است؛ در این معابر که امکان چرخش لودرهای زنجیری وجود ندارد، تشکیل «تیپ‌های آواربرداری محلی» با استفاده از ظرفیت نیروهای داوطلب دوام (داوطلبان واکنش اضطراری محله) با تجهیزات دستی و سبک می‌تواند کارآمدتر از رویکردهای تمام‌مکانیزه عمل نماید.

۷. نتیجه‌گیری و راهبردهای بومی‌سازی تجارب بین‌المللی در مدیریت آوار کلان‌شهر تهران

ترکیب هوشمندانه آموزه‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که هیچ راه‌حل تک‌بعدی برای مدیریت آوار وجود ندارد، بلکه یکپارچگی میان ابعاد مهندسی، حقوقی، زیست‌محیطی و مردمی تضمین‌کننده موفقیت است. برای کلان‌شهر تهران،

مدل آرمانی مدیریت آوار باید تلفیقی از «استانداردسازی بازیافت و اقتصاد چرخشی ژاپن»، «نظام فرماندهی، قراردادها و پایش الکترونیکی فیما»، «پروتکل‌های سخت‌گیرانه بهداشت حرفه‌ای و مهارت‌آزمایی منهن»، و «ظرفیت‌سازی نیروهای اجتماع‌محور برای بافت‌های نفوذناپذیر هائیتی» باشد. تحقق این الگو مستلزم آن است که شهرداری تهران از رویکرد صرفاً واکنش‌محور فاصله گرفته و با تهیه طرح جامع مدیریت آوار مبتنی بر استانداردهای جهانی، جانمایی سایت‌های تفکیک چندمنظوره، نوسازی ناوگان هیدرولیکی، و برگزاری تمرین‌ها و مانورهای تخصصی برای مهندسان و شرکت‌های طرف قرارداد، پایتخت را برای تاب‌آوری در برابر یکی از مهیب‌ترین پیامدهای فیزیکی زمین‌لرزه احتمالی مجهز سازد.

منابع

۱. **UNEP & OCHA**. (۲۰۱۸) *Disaster Waste Management Guidelines (Rev. ۲) — Technical Analysis of International Case Studies from Japan, Haiti, and the Americas*. United Nations Environment Programme / Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Geneva.

۲. **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**. (۲۰۱۹). *Public Assistance Program and Policy Guide (FEMA PAPPG FP ۱۰۴-۰۰۹-۲) — Debris Removal and Contracting Guidelines*. U.S. Department of Homeland Security, Washington, D.C.

۳. **Ministry of the Environment of Japan (MOEJ)**. (۲۰۱۴). *Disaster Waste Management Plan and Lessons from the Great East Japan Earthquake ۲۰۱۱*. Government of Japan, Tokyo.

۴. **U.S. Army Corps of Engineers (USACE)**. (۲۰۰۷). *Debris Management Lessons Learned: Hurricane Katrina Field Operations and ADMS Monitoring*. USACE Emergency Operations Directorate, Washington, D.C.

۵. **Brown, C., Milke, M & Seville, E**. (۲۰۱۱). *Disaster Waste Management: A Review Article*. *Waste Management*, ۳۱(۶), ۱۰۸۵-۱۰۹۸

۶. **U.S. Environmental Protection Agency (EPA)**. (۲۰۰۳). *EPA's Response to the World Trade Center Collapse: Challenges, Mitigations, and Environmental Health Lessons (EPA Office of Inspector General Report ۲۰۰۳-P-۰۰۰۱۲)*. Washington, D.C.

^Sakai, S., Urano, S & ,Takatsuki, H.(2000).Waste Management and Recycling Following the 1995Great Hanshin-Awaji Earthquake in Kobe .Journal of Material Cycles and Waste Management, 2(1), 1-11

^United Nations Development Programme (UNDP) .(2003) .Debris Management in Haiti: Generating Livelihoods and Clearing Access through Cash-for-Work Programmes .UNDP Crisis Prevention and Recovery Report, New York.

^National Fire Protection Association (NFPA) .(2001) .NFPA 1600: Standard on Continuity, Emergency, and Crisis Management .National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts