سازمان برنامه و بودجه کشور

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

عنوان پروژه:

تهیه دستوالعمل آواربرداری شامل تعیین مکان‌های جمع آوری موقت، بازیافت، دپو، امحای آوار مواد خطرناک و راه‌های اصلی حمل آوار برای سکونتگاه‌های شهری

گزارش دوم:

برآورد حجم آوار ناشی از بلای طبیعی

تابستان ۱۴۰۴

پیشگفتار

بلایای طبیعی و بحران‌های انسان‌ساخت همواره از مهم‌ترین چالش‌های جوامع بشری به‌شمار می‌روند که می‌توانند پیامدهای گسترده‌ای بر زیرساخت‌های حیاتی، محیط زیست، اقتصاد و سلامت عمومی برجای گذارند. یکی از اثرات مستقیم و اجتناب‌ناپذیر این رویدادها، تولید حجم انبوهی از آوار و پسماند است که در صورت مدیریت ناصحیح، می‌تواند خود به عاملی برای تشدید بحران و بروز آسیب‌های ثانویه تبدیل شود.

سند حاضر «با عنوان مدیریت آواربرداری شامل تعیین مکان‌های جمع آوری موقت، بازیافت، دپو، امحای آوار مواد خطرناک و راه‌های اصلی حمل آوار برای سکونتگاه‌های شهری» با هدف ارائه چارچوبی جامع و نظام‌مند برای مدیریت مؤثر آوار در مراحل مختلف چرخه بحران شامل آمادگی، واکنش، بازسازی و بازیابی تهیه شده است. این دستورالعمل تلاش دارد تا با تبیین اصول بنیادین، تعریف وظایف ذی‌نفعان، معرفی روش‌های طبقه‌بندی، تفکیک، جمع‌آوری، بازیافت و دفع آوار و پسماند، بستر مناسبی برای تسهیل در فرآیندهای تصمیم‌گیری و اقدام هماهنگ میان دستگاه‌های مسئول فراهم آورد.

از آنجا که مدیریت آوار مستلزم همکاری میان‌بخشی و چندرشته‌ای است، این سند می‌کوشد تا با در نظر گرفتن ابعاد زیست‌محیطی، ایمنی، فنی، اجتماعی و اقتصادیِ موضوع، الگویی بومی‌سازی‌شده و منطبق با شرایط و توانمندی‌های ملی ارائه دهد. بهره‌گیری از این دستورالعمل می‌تواند نقش مؤثری در کاهش پیامدهای منفی آوار، ارتقاء تاب‌آوری جوامع محلی، حفظ محیط زیست و تسریع در روند بازسازی ایفا نماید.

امید است این سند، راهگشای مدیران، برنامه‌ریزان، کارشناسان و کلیه دست‌اندرکاران مدیریت بحران در راستای پاسخگویی مؤثر و پایدار به شرایط بحرانی باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- مطالعات مقدماتی و نیازسنجی ها ۱۱
۱- ۱- مقدمه ۱۱
۱- ۲- مروری بر تجارب پیشین و ادبیات موضوع ۱۲
۱-۲-۱- دستورالعمل Disaster Waste Management Guidelines – DWMG ۱۶
۱-۲-۲- دستورالعمل Public Assistance Debris Management Guide (FEMA 325) ۱۹
۱-۲-۳- دستورالعمل UNDP: Debris Management ۲۴
۱-۲-۴- دستورالعمل JICA – Disaster Waste Management Guidelines ۲۵
۱-۲-۵- راهنمای Managing Post Disaster Debris: the Japan exprerience ۲۸
۱-۲-۶- دستوالعمل Green Response: Environmental Quick Guide ۳۰
۱-۲-۶- دستوالعمل های ایران برای مدیریت آوار ۳۱
۱- ۳- جنبه های کلیدی مدیریت آوار پس از بررسی دستورالعمل های این حوزه ۳۲
۱-۴- چالش‌های اصلی در مدیریت آوار پس از بحران‌های طبیعی ۳۴
۱- ۵- ذینفعان مدیریت آوار در ایران ۳۵
۱- ۶- جمع بندی و نتیجه گیری ۳۷
۲- چارچوب پیشنهادی برای تهیه سند مدیریت آوار ۴۰
۱-۲- جمع‌بندی فصل ۴۱
۳- انواع آوار و روش های تخمین حجم آوار ۴۳
۳- ۱- مقدمه ۴۳
۳- ۲- انواع بلایای طبیعی و آوارهای ناشی از آن ها ۴۳
۳- ۳- تاثیر کاربری اراضی بر نوع آوار ۴۷
۳- ۴- روش های برآورد حجم آوار برای مدیریت بلایا ۴۸
۳-۴-۱- برآورد حجم آوار ساختمانی بر اساس استاندارد FEMA-325 ۵۰
۳-۴-۲- برآورد حجم آوار بر اساس دستورالعمل HAZUS ۵۰
۳-۴-۳- برآورد وزن آوار بر اساس مطالعه JICA ۵۶
۳-۴-۵- سایر روش های نوین برآورد حجم آوار ۵۶
۳- ۵- جمع بندی ۵۶
۴- شناسایی، طبقه بندی و تفکیک مواد خطرناک و نحوه ی مدیریت و امحای آن ۵۹
۴- ۱- مقدمه ۵۹

۴- ۲- تعریف مواد خطرناک ۵۹
۴- ۳- شناسایی مواد خطرناک ۶۱
۴-۳-۱- ارزیابی اولیه میدانی ۶۱
۴-۳-۲- نمونه‌برداری و آزمایشگاه ۶۱
۴-۳-۳- استفاده از تجهیزات و ابزارهای سنجش ۶۱
۴-۳-۴- پایش مداوم در طول عملیات ۶۲
۴-۳-۵- ثبت و گزارش‌دهی سیستماتیک ۶۲
۴- ۴- مدیریت پسماندهای خطرناک ۶۲
۴-۴-۱- شناسایی ، تفکیک و دسته بندی پسماندهای خطرناک در مدیریت آوار ۶۲
۴-۴-۲- ایزوله‌سازی و ذخیره‌سازی موقت ۶۵
۴-۴-۳- حمل و نقل ایمن ۶۵
۴-۴-۴- دفع یا بازیافت نهایی پسماندهای خطرناک ۶۶
۴-۴-۵- آموزش، ایمنی و مستندسازی ۶۶
۴- ۱- روش های امحا و دفع ایمن مواد خطرناک ۶۷
۳-۵-۱- دفن ایمن(Landfilling) ۶۷
۳-۵-۲- سوزاندن کنترل‌شده(Incineration) ۶۸
۳-۵-۳- خنثی‌سازی شیمیایی(Chemical Neutralization) ۶۸
۳-۵-۴- فناوری‌های نوین امحا ۶۸
۴- ۲- الزامات ایمنی برای کارکنان ۶۸
۴- ۳- پایش و ارزیابی اثرات زیست محیطی پس از امحای مواد خطرناک ۶۹
۴- ۴- جمع بندی ۷۰

۵- مدیریت آوار: از جمع آوری تا انتقال به محل های دئو موقت و دائم ۷۲
۵- ۱- مقدمه ۷۲
۵- ۲- گام های اساسی مدیریت آوار ۷۲
۵- ۳- اقدامات مربوط به مرحله پاسخ ۷۳
۵-۴- اقدامات مربوط به مرحله مدیریت و بازیافت آوار ۷۴
۵- ۵- ابزراها ها و روش های جمع آوری ۷۵
۵-۵-۱- ابزارها و فناوری های جمع آواری ۷۵
۵-۵-۱- روش های جمع آوری آوار ۷۶
۵- ۶- حمل و نقل ایمن و کارآمد آوار ۷۷
۶-۴-۱- انتخاب مسیرهای حمل و انتقال ۷۸
۶-۴-۲- استانداردهای ایمنی در حمل آوار ۷۸
۶-۴-۳- مدیریت ترافیک و کاهش اثرات زیست‌محیطی ۷۸

۶-۴-۴- نکات تکمیلی و توصیه‌ها ۷۸
۵- ۷- معیارهای انتخاب محل مناسب برای دپوی موقت آوار ۷۹
۵-۸- طراحی و آماده‌سازی اولیه سایت ۸۰
۵-۹- الگوی ترافیک و مدیریت جریان ورود و خروج ۸۱
۵- ۱۰- ذخیره سازی و مدیریت آوار در محل دپوی موقت ۸۲
۵-۱۱- انتقال از دپوی موقت به محل دپوی دائم ۸۳
۵- ۱۲- طراحی و مدیریت محل دپوی دائم ۸۴
۵- ۱۳- پایش و کنترل محل های دپو ۸۵
۵-۱۳-۱- ضرورت جمع‌آوری داده‌های پایه پیش از راه‌اندازی محلهای دپوی آوار ۸۵
۵-۱۳-۲- پایش محیطی و مستندسازی در طول فعالیت ۸۵
۵-۱۳-۶- مدیریت سایت و نقش‌های کلیدی ۸۶
۵-۱۳-۶- برنامه‌ریزی برای تعطیلی و مرمت نهایی سایت ۸۷
۵- ۱۴- جمع بندی ۸۷
۶- بازیافت به‌عنوان رویکردی پایدار در مدیریت آوار و پاسخ به بلایا ۹۰
۶- ۱- مقدمه ۹۰
۶- ۲- شاخص های شناسایی مواد قابل بازیافت ۹۱
۶- ۳- فناوری ها و روش های بازیافت ۹۲
۶- ۴- اصول کلیدی برای موفقیت در عملیات بازیافت آوار ۹۳
-5 -6 ملاحظات و چالشهای موجود در عملیات بازیافت آوار ۹۴
۶- ۶- توصیه‌های عملیاتی برای بازیافت آوار ۹۶
۶- ۷- جمع بندی ۹۸
۷- ابزار و ماشین آلات مورد نیاز برای عملیات آوار برداری ۱۰۰
۷- ۱- مقدمه ۱۰۰
۷-۲- دسته بندی تجهیزات و ماشین آلات بر اساس نوع کاربرد ۱۰۰
۶-۲-۱- ماشین‌آلات سنگین ۱۰۱
۶-۲-۲- تجهیزات نیمه‌سنگین و متوسط ۱۰۱
۶-۲-۳- ابزارهای سبک و قابل‌حمل ۱۰۱
۷- ۳- برآورد تعداد تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز ۱۰۳
۷- ۴- نیروی انسانی (متخصص) برای عملیات آوار برداری ۱۰۴
۷- ۵- برآورد مدت زمان لازم برای انجام عملیات آوار برداری ۱۰۵
۷- ۶- پیش موقعیت یابی و قراردادهای پیشینی ۱۰۶
۷- ۷- جمع بندی و توصیه ها ۱۰۷

پیوست الف: چک لیست های شناسایی و تفکیک پسماندهای خطرناک ۱۱۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: تصویری شماتیک از معماری فضای لازم برای دپوی موقت آوار بر اساس دستورالعمل مدیریت پسماند ناشی از سوانح ۱۹
شکل ۱-۲: فرآیند مدیریت آوار بر اساس دستورالعمل FEMA-325 ..... ۲۰
شکل ۱-۳: تصویری از نحوه ی جمعآواری آوار بر اساس دستورالعمل FEMA-325 ..... ۲۲
شکل ۱-۴: پلان تیپ ارائه شده در استاندارد FEMA-325 برای مدیریت آوار ناشی از سوانح طبیعی ۲۳
شکل ۱-۵: فرآیند مدیریت آوار بر اساس دستورالعمل JICA ۲۷
شکل ۱-۶: فرآیند مواجهه با آوار در دستورالعمل JICA ۲۸
شکل ۱-۷: حجم آوار ناشی از زلزله سونامی بزرگ شرق ژاپن (نورتن، ۲۰۱۷)..... ۲۹
شکل ۱-۸: مراحل مدیریت آوار ناشی از زلزله و سونامی بزرگ شرق ژاپن (نورتن، ۲۰۱۷)..... ۲۹
شکل ۱-۹: مدیریت پسماند در راهنمای پاسخ سبز..... ۳۱
شکل ۳-۱: تصویری از ساختمان فروریخته در سرپل ذهاب پس از زلزله ۱۳۹۶ ..... ۴۴
شکل ۳-۲: تصویری از خانه های آسیب دیده در سیل مازندران ۱۳۹۴ ..... ۴۵
شکل ۳-۳: تصویری از ساختمان فروریخته پلاسکو در تهران پس از آتش سوزی ۱۳۹۵ ..... ۴۶
شکل ۳-۴:تصویری از ساختمان های آسیب دیده از حمله اسرائیل در تهران ۱۴۰۴ ..... ۴۷
شکل ۳-۵: الگوریتم چهارمرحلهای تخمین حجم آوار ناشی از بلایای طبیعی..... ۴۹
شکل ۵-۱: فرآیند مدیریت آوار (از وقوع بلایا تا دفع نهایی آوار)..... ۷۵
شکل ۵-۲: روند جمع آوری تفکیک شده آوار در حاشیه معابر بر اساس دستورالعمل FEMA-325 ..... ۷۷
شکل ۵-۳: محل دپوی آوار با تجمع نامطلوب آوار (منبع: FEMA-325) ۸۰
شکل ۵-۴: محل دپوی آوار با تجمع کم آوار (منبع: FEMA-325) ۸۰
شکل ۵-۵: پلان تیپ ارائه شده در استاندارد FEMA-325 برای مدیریت آوار ناشی از سوانح طبیعی ۸۲

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: تعاریف پایه در حوزه مدیریت بحران و آوار ۱۳
جدول ۱-۲: مروری بر تجارب مدیریت آوار ۱۵
جدول ۱-۳: آوار مورد انتظار در سوانح طبیعی مختلف بر اساس دستورالعمل FEMA-325 ..... ۲۱
جدول ۱-۴: آوار مورد انتظار در سوانح طبیعی مختلف بر اساس دستورالعمل JICA..... ۲۶
جدول ۳-۱: انواع آوار ناشی از مخاطرات مختلف بر اساس کاربری اراضی ۴۸
جدول ۳-۲: درصد آوار تولید شده اجزای سازه ای (یا نوع اول آوار) برای سطوح خرابی مختلف و تیپ های مختلف سازه ای۵۲
جدول ۳-۳: درصد آوار تولید شده اجزای غیر سازه ای (یا نوع دوم آوار) برای سطوح خرابی مختلف و تیپ های مختلف سازه ای ۵۳
جدول ۳-۴: وزن پیشنهادی برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای تیپهای مختلف ساختمانی بر اساس دستورالعمل HAZUS ۵۵
جدول ۳-۵: مقایسه روش های برآورد حجم آوار در استانداردهای مختلف ۵۷
جدول ۴-۱: انواع خطرات ناشی از پسماندهای بلایا و تأثیرات آنها ۶۰
جدول ۴-۲: گروه بندی پسماندهای خطرناک به همراه ویژگیهای آن ها ۶۴
جدول ۵-۱: معیارهای مهم در مکان یابی محل دئوی موفت آوار ۷۹
جدول ۴-۳: نمونه های متداول پسماندهای قابل بازیافت ۹۲
جدول ۶-۱: دسته‌بندی تجهیزات آواربرداری به همراه کاربرد و ملاحظات عملیاتی..... ۱۰۲
جدول ۶-۲: ظرفیت عملیاتی و حجم قابل جابجایی تجهیزات آواربرداری ۱۰۳

فصل اول:

مطالعات مقدماتی و نیازسنجی‌ها

۱- مطالعات مقدماتی و نیازسنجی ها

۱-۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، روند رو به رشد شهرنشینی، افزایش تراکم جمعیت در سکونتگاه‌های شهری و وقوع مکرر سوانح طبیعی مانند زلزله، سیل، طوفان و رانش زمین، مدیریت بحران را به یکی از اولویت‌های اساسی برنامه‌ریزی شهری و توسعه پایدار تبدیل کرده است. در این میان، آواربرداری و مدیریت مؤثر نخاله‌ها و ضایعات ساختمانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های مراحل اولیه پس از وقوع سانحه، نقشی کلیدی در تسهیل فرآیند امدادرسانی، کاهش مخاطرات ثانویه و تسریع بازگشت به شرایط عادی ایفا می‌کند. عدم برنامه‌ریزی مناسب برای آواربرداری نه‌تنها می‌تواند عملیات امداد و نجات را با اختلال مواجه کند، بلکه اثرات منفی گسترده‌ای بر محیط‌زیست، سلامت عمومی و روند بازسازی بلندمدت به همراه خواهد داشت.

بررسی تجارب گذشته در ایران و سایر کشورهای درگیر سوانح طبیعی نشان‌دهنده خلأهای جدی در مدیریت آوار است. فقدان الگوها و دستورالعمل‌های مشخص برای تعیین مکان‌های موقت جمع‌آوری، حمل‌ونقل ایمن، بازیافت، دپوی مناسب و امحای اصولی آوار، به‌ویژه در مورد مواد خطرناک، اغلب منجر به تشدید خسارات ثانویه، آلودگی‌های زیست‌محیطی، تهدید سلامت جامعه و تأخیر در بازسازی شده است. علاوه بر این، نبود هماهنگی بین نهادهای مسئول، کمبود زیرساخت‌های لازم و ناکافی بودن دانش فنی و عملیاتی در این زمینه، پیچیدگی‌های مدیریت آوار را دوچندان کرده است. از این رو، تهیه یک دستورالعمل جامع، کاربردی و بومی‌سازی‌شده که با در نظر گرفتن ویژگی‌های جغرافیایی، جمعیتی، فرهنگی و زیرساختی سکونتگاه‌های شهری ایران تدوین شود، امری ضروری و غیرقابل‌اجتناب به نظر می‌رسد.

گزارش حاضر به‌عنوان بخش مقدماتی از پروژه "تهیه دستورالعمل آواربرداری شامل تعیین مکان‌های جمع‌آوری موقت، بازیافت، دپو، امحای آوار مواد خطرناک و راه‌های اصلی حمل آوار برای سکونتگاه‌های شهری"، با هدف بررسی وضعیت موجود، تحلیل چالش‌ها و فرصت‌ها، مرور تجارب ملی و بین‌المللی و شناسایی نیازها و اولویت‌های کلیدی تدوین شده است. این مطالعه اولیه، با ارائه چارچوبی منطقی و مبتنی بر شواهد، بستری مناسب برای تصمیم‌گیری‌های فنی، اجرایی و نهادی در مراحل بعدی پروژه فراهم می‌آورد و گامی مهم در راستای ارتقای تاب‌آوری شهری و کاهش اثرات مخرب سوانح طبیعی در ایران برمی‌دارد.

۱– ۲– مروری بر تجارب پیشین و ادبیات موضوع

بلایا[1] در اشکال گوناگونی رخ می‌دهند و به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را به دو دسته اصلی تقسیم کرد: بلایای طبیعی و بلایای انسان‌ساخت. بلایای طبیعی شامل زلزله، سیل، طوفان، سونامی، آتش‌فشان، رانش زمین و خشکسالی هستند، در حالی که بلایای انسان‌ساخت مانند جنگ، درگیری‌های داخلی، حوادث صنعتی، آتش‌سوزی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و آلودگی‌های گسترده ناشی از خطاهای فنی یا مدیریتی را در بر می‌گیرند. از منظر زمان وقوع، برخی بلایا به‌صورت ناگهانی و بدون هشدار قبلی رخ می‌دهند (مانند زلزله یا انفجارها)، در حالی که برخی دیگر تدریجی بوده و در بازه زمانی طولانی‌تری بروز می‌کنند (مانند خشکسالی یا فرونشست). در ادبیات فنی، بلایا را همچنین می‌توان بر اساس شدت تأثیر، گستره جغرافیایی، میزان تلفات انسانی، و مدت زمان اثرگذاری دسته‌بندی کرد. این دسته‌بندی‌ها به درک بهتر ماهیت خطرات و طراحی پاسخ‌های متناسب در مدیریت بحران کمک می‌کنند. بنابراین پیش از ورود به بحث نیاز است که مفاهیم پایه‌ای در حوزه مدیریت بحران و مدیریت آوار به‌درستی تبیین شوند. وجود چارچوب واژگانی روشن، به درک بهتر گزارش و انسجام محتوایی آن کمک می‌کند. در این راستا، مفاهیم برخی از واژگان کلیدی بر اساس تعاریف ارائه‌شده از سوی نهادهای بین‌المللی در جدول زیر ارائه شده است.

[1] Disasters

جدول ۱-۱: تعاریف پایه در حوزه مدیریت بحران و آوار

اصطلاح	تعریف	منبع
بلایا (Disasters)	رویدادی ناگهانی که عملکرد عادی یک جامعه را مختل کرده و پیامدهای آن فراتر از ظرفیت موجود برای پاسخ‌گویی مؤثر است. منشأ آن می‌تواند طبیعی یا انسان‌ساخت باشد.	UNISDR (2009)
بحران (Crisis)	مرحله‌ای از سانحه که در آن عملکرد نهادهای کلیدی دچار اختلال جدی شده و نیاز به مداخله فوری و هماهنگ وجود دارد.	UNDP Crisis Response Strategy, 2018
مخاطرات طبیعی (Natural Hazards)	پدیده‌هایی با منشأ طبیعی مانند زلزله، سیل، طوفان، رانش زمین و خشکسالی که می‌توانند منجر به آسیب‌های انسانی، زیست‌محیطی و اقتصادی شوند.	UNDRR (2017)
مخاطرات انسان‌ساخت (man-made hazards)	به رویدادهایی اطلاق می‌شود که منشأ آن‌ها فعالیت‌های انسانی است و می‌توانند به آسیب‌های فیزیکی، زیست‌محیطی، اقتصادی یا اجتماعی منجر شوند. این خطرات یا ناشی از قصور، اشتباه، یا طراحی معیوب هستند یا به‌طور عمدی، مثلاً در نتیجه جنگ، اقدامات خرابکارانه یا تروریسم، رخ می‌دهند.	UNDRR (2017)
آوار، نخاله (Debris)	آوار، ترکیبی از ضایعات ساختمانی و نخاله‌هایی است که معمولاً از ساختمان‌های آسیب‌دیده یا تخریب‌شده ناشی می‌شود. این جریان پسماند می‌تواند همچنین شامل مواد طبیعی مانند خاک رس، گل، درختان، شاخه‌ها و بوته‌ها نیز باشد.	FEMA (2007) – Debris Management Guide
پسماند، ضایعات (Waste)	پسماند به هر ماده، شیء یا محصولی اطلاق می‌شود که پس از پایان یافتن چرخه مصرف یا فرایند تولید، توسط تولیدکننده یا مصرف‌کننده، دور ریخته می‌شود، قصد دور ریختن آن وجود دارد، یا بر اساس قوانین و مقررات لازم است دفع شود. این مواد می‌توانند به شکل جامد، مایع یا گاز، و خطرناک یا غیرخطرناک باشند.	UNEP (2013)
مدیریت آوار (Debris Management)	فرایند برنامه‌ریزی، جمع‌آوری، تفکیک، بازیافت، انتقال، دپو و امحای آوار به‌منظور کاهش خطرات، تسریع در امدادرسانی و تسهیل بازسازی مناطق آسیب‌دیده.	UN-Habitat (2018)

با روشن‌سازی مفاهیم کلیدی و تعاریف بنیادین مرتبط، می‌توان دریافت که تمرکز این گزارش به‌طور مشخص بر موضوع مدیریت آوار **(**Debris Management**)** است. در این چارچوب، واژه «آوار» به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از پسماندهای ناشی از بحران تعریف شده و به‌طور عمده شامل نخاله‌های ساختمانی حاصل از تخریب یا آسیب‌دیدگی سازه‌ها می‌شود. بنابراین، موضوع گسترده‌تر مدیریت پسماند Waste**)**

(Managementکه انواع متنوعی از پسماندهای جامد و مایع با منشأهای مختلف را در بر می‌گیرد، در دامنه مطالعاتی این گزارش قرار ندارد.

در ادامه تبیین مفاهیم پایه‌ای و محدوده مورد تمرکز این گزارش، لازم است نقش و اهمیت مدیریت آوار در مراحل مختلف چرخه بحران، به‌ویژه در فاز واکنش اضطراری مورد توجه قرار گیرد. در بسیاری از بلایای گذشته، نحوه مدیریت آوار به‌طور مستقیم بر سرعت امدادرسانی، کیفیت بازسازی، هزینه‌های عملیاتی و حتی پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی اثرگذار بوده است. فقدان زیرساخت‌ها و برنامه‌های از پیش تدوین‌شده، می‌تواند منجر به انباشت کنترل‌نشده نخاله‌ها، اختلاط پسماندهای خطرناک و افزایش ریسک‌های ثانویه شود. در مقابل، تجارب موفق جهانی نشان می‌دهند که رویکردهای برنامه‌محور، مبتنی بر مکان‌یابی علمی، تفکیک اولیه، مشارکت جوامع محلی و استفاده از فناوری‌های مدیریت اطلاعات، نقش کلیدی در تسریع عملیات و بازگرداندن عملکرد عادی به مناطق آسیب‌دیده دارند.

برای درک بهتر ابعاد و چالش‌های مدیریت آوار، مرور تجربه کشورهای مختلف در پاسخ به بلایای بزرگ، بینشی ارزشمند در اختیار قرار می‌دهد. جدول زیر، مروری فشرده و تحلیلی از برخی از مهم‌ترین تجارب بین‌المللی و داخلی در زمینه مدیریت آوار و مکان‌یابی تخلیه ارائه می‌دهد.

جدول ۱-۲: مروری بر تجارب مدیریت آوار

کشور / رویداد	چالش‌ها و اقدامات کلیدی	نتایج و درس‌آموخته‌ها
ژاپن (زلزله و سونامی ۲۰۱۱)	تولید بیش از ۲۵ میلیون تن آوار؛ استفاده از GIS برای مکان‌یابی؛ تفکیک آوار به سه دسته؛ همکاری بین‌بخشی	موفقیت در مدیریت سریع و کم‌هزینه با تکیه بر آمادگی قبلی و ظرفیت‌سازی محلی
آمریکا (طوفان کاترینا ۲۰۰۵)	نبود برنامه یکپارچه؛ آلودگی ناشی از اختلاط پسماندها؛ تدوین دستورالعمل TDMS توسط FEMA وUSEPA	اهمیت مکان‌یابی از پیش برای تسریع عملیات و کاهش تبعات زیست‌محیطی
سری‌لانکا (سونامی ۲۰۰۴)	پراکندگی آوار؛ فقدان نهاد متولی؛ بازیافت مصالح در محل؛ تدوین راهبرد ملی با کمکUNDP	ایجاد ساختار مدیریت کارآمد با حمایت بین‌المللی، حتی در کشورهای کم‌ظرفیت
ایران (زلزله بم و کرمانشاه)	نبود نقشه تخلیه موقت؛ اختلاط پسماندهای خطرناک و عادی؛ فشار بر ناوگان حمل	نیاز به برنامه‌ریزی پیشینی، تفکیک در محل و تدوین استانداردهای ملی
اندونزی (زلزله یوگیاکارتا ۲۰۰۶)	مشارکت جوامع در جمع‌آوری و تفکیک؛ راه‌اندازی مراکز محلی با کمکNGO ها	افزایش تاب‌آوری اجتماعی و کاهش هزینه‌های دفع با استفاده از ظرفیت محلی
لبنان (انفجار بندر بیروت ۲۰۲۰)	تولید ۱.۳ میلیون تن آوار؛ طبقه‌بندی علمی؛ تدوین راهنمای فنی توسطUNEP ؛ تأمین مالی از اتحادیه اروپا	نمونه موفق مشارکت بین‌المللی، راهکارهای چندسطحی و بازیافت هدفمند

در امتداد تحلیل تجارب گذشته، بررسی نظام‌مند منابع علمی و اسناد فنی موجود می‌تواند به‌عنوان گامی اساسی در جهت تدوین چارچوب‌های کاربردی برای مدیریت آوار تلقی شود. در واقع، درک عمیق از پیشینه نظری و عملی در این حوزه، به تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان امکان می‌دهد تا از اشتباهات گذشته اجتناب کرده و راهکارهای موفق را در زمینه‌های مشابه به‌کار گیرند.

در این بخش، تمرکز بر تحلیل و طبقه‌بندی منابع موجود در حوزه مدیریت آوار است. این منابع که زیرساخت دانشی این حوزه را شکل می‌دهند، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱) دسته اول شامل اسناد و دستورالعمل‌های رسمی است که توسط نهادهای معتبر ملی و بین‌المللی تدوین شده‌اند. این استانداردها، چارچوب‌های نظام‌مند و جامعی برای مراحل مختلف مدیریت آوار، شامل برنامه‌ریزی پیش از سانحه، ارزیابی سریع حجم آوار، انتخاب مکان‌های موقت دپو، تفکیک مواد قابل بازیافت و خطرناک، حمل‌ونقل ایمن و دفع اصولی ارائه می‌دهند. به‌عنوان نمونه، دستورالعمل‌های منتشرشده توسط سازمان‌هایی مانند سازمان مدیریت بحران فدرال (FEMA[1]) و

[1] Federal Emergency management Agency

دفتر کاهش خطرات بلایای طبیعی سازمان ملل (UNDRR[1]) بر اهمیت هماهنگی بین‌بخشی، رعایت استانداردهای زیست‌محیطی برای جلوگیری از آلودگی و استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای بهینه‌سازی فرآیندها تأکید دارند. این استانداردها، به دلیل جامعیت و قابلیت تعمیم، به‌عنوان الگویی برای تدوین دستورالعمل‌های بومی‌شده در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲) دسته دوم شامل مطالعات موردی و پژوهش‌هایی است که به بررسی تجارب واقعی مدیریت آوار پس از سوانح طبیعی نظیر زلزله، سیل و طوفان در مناطق جغرافیایی خاص می‌پردازند. این مطالعات، که اغلب به شرایط منحصربه‌فرد یک سانحه مشخص اختصاص دارند، اطلاعاتی ارزشمند درباره الگوهای عملیاتی، محدودیت‌های محلی و اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی مدیریت آوار فراهم می‌کنند. برای مثال، پژوهش‌هایی که به زلزله‌ها یا سیل‌های منطقه‌ای پرداخته‌اند، تنوع در روش‌های جمع‌آوری، تفکیک و دفع آوار را نشان می‌دهند و تأثیر عوامل بومی مانند توپوگرافی، تراکم جمعیت و زیرساخت‌های موجود بر این فرآیند را برجسته می‌سازند. این تحلیل‌های تجربی، داده‌های حیاتی برای درک چالش‌های عملی و تطبیق راهکارها با نیازهای خاص هر منطقه ارائه می‌دهند.

در ادامه، با تمرکز بر این دو محور اصلی، گزیده‌ای از مهم‌ترین منابع و مطالعات معتبر در زمینه مدیریت آوار ناشی از بلایای طبیعی معرفی و تحلیل خواهد شد. این بررسی، زمینه‌ساز تدوین چارچوب‌های پیشنهادی در فصول بعدی گزارش خواهد بود.

۱-۲-۱- دستورالعمل Disaster Waste Management Guidelines – DWMG

دستورالعمل مدیریت پسماندهای ناشی از سوانح (DWMG)، تدوین‌شده توسط دفتر هماهنگی امور بشردوستانه سازمان ملل (OCHA[2]) و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP[3]) است. این دستورالعمل چارچوبی جامع برای مدیریت پسماندهای ناشی از سوانح طبیعی و انسانی ارائه می‌دهد. بر اساس این سند، برای آنکه یک نوع پسماند تهدیدی برای سلامت انسان یا محیط‌زیست محلی محسوب شود، وجود هم‌زمان سه شرط ضروری است:

[1] United Nation Office for Disaster Risk Reduction
[2] Office for Coordination of Humanotarian Affairs
[3] United Nation Environment Programme

(۱) پسماند باید خطرناک باشد (یعنی برای سلامت انسان سمی باشد) یا بالقوه یک خطر ایجاد کند؛

(۲) باید یک مسیر انتقال وجود داشته باشد که از طریق آن پسماند خطرناک بتواند.

(۳) بر یک گیرنده (برای مثال یک انسان یا منبع آب) اثر بگذارد.

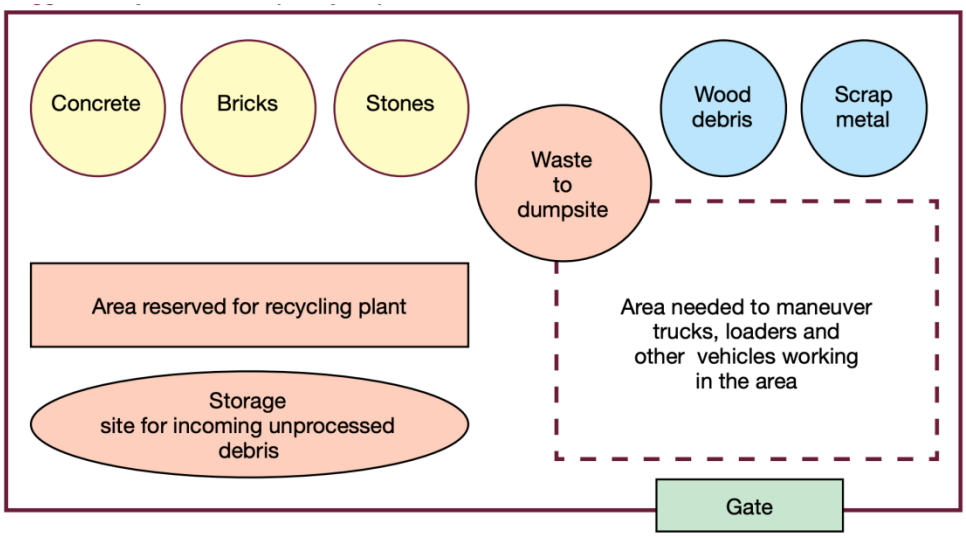
در صورتی که این سه عامل به‌طور هم‌زمان برقرار باشند، آن پسماند می‌تواند اثرات منفی ایجاد کرده و در اولویت مدیریت و کنترل قرار گیرد. ساختاری که در این دستورالعمل ارائه شده است شامل چهار فاز می‌باشد که با تقسیم‌بندی سنتی از پیشگیری تا بازسازی متمایز است.

- فاز اضطراری (Emergency phase): در فاز اول مدیریت پسماند که به مرحله اضطراری اختصاص دارد، تمرکز اصلی بر رسیدگی سریع به پسماندهایی است که مستقیماً جان انسان‌ها را تهدید کرده، مانع عملیات امداد می‌شوند یا منجر به تشدید رنج آسیب‌دیدگان می‌گردند. این مرحله در ساعات ابتدایی (۰ تا ۷۲ ساعت) پس از وقوع حادثه آغاز می‌شود و شامل شناسایی نوع و محل پسماندها از طریق منابع محلی و گزارش‌های میدانی، تخمین اولیه ترکیب و حجم پسماندها، تهیه نقشه پسماند منطقه، ارزیابی خطر از طریق تحلیل سه عنصر کلیدی (میزان خطرناک‌بودن، مسیر انتقال و وجود گیرنده آسیب‌پذیر) و در نهایت اولویت‌بندی اقدامات است. هدف این مرحله، تمرکز بر مهم‌ترین خطرات برای تسهیل امدادرسانی و جلوگیری از بروز بحران‌های ثانویه است.
- فاز بازیابی اولیه (Early Recovery Phase): در فاز دوم مدیریت پسماند که به مرحله بازیابی اولیه مربوط می‌شود، اقدامات پایه‌ای برای طراحی و اجرای یک برنامه جامع مدیریت پسماند بلایا در فاز بعدی (فاز بازسازی) انجام می‌گیرد. در این مرحله، علاوه بر ادامه ارزیابی‌ها، تمرکز بر تعیین مکان مناسب برای دپوی موقت یا بلندمدت انواع پسماند، بهینه‌سازی فرآیندهای جمع‌آوری، حمل، تفکیک، بازیافت و استفاده مجدد از پسماند است. ارزیابی‌های انجام‌شده در فاز اول در این مرحله با عمق و دقت بیشتری ادامه می‌یابند و شامل تخمین حجم و نوع پسماند، شناسایی محل‌های دپوی موقت، ارزیابی تهدیدهای بهداشتی محل‌های دفن فعلی، شناسایی زیرساخت‌های موجود مدیریت پسماند، و تحلیل ظرفیت‌ها و نیازهای محلی برای مداخله مؤثر می‌شود. از نظر عملیاتی، سایت‌های موقت برای دپوی آوار و زباله عادی ایجاد و جمع‌آوری و حمل‌ونقل پسماند آغاز می‌گردد. همچنین ضوابطی موقت برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی تهیه شده و برنامه ارتباطی با جوامع محلی برای اطلاع‌رسانی در مورد خطرات، فرصت‌های بازیافت، و طرح‌های جمع‌آوری تدوین می‌شود. در این فاز،

برنامه‌هایی خاص برای پسماندهای پزشکی و خطرناک (مانند آزبست) نیز مدنظر قرار می‌گیرند. مستندسازی یافته‌ها، مشورت با ذی‌نفعان محلی، و شناسایی استراتژی‌های خروج از وضعیت اضطراری از دیگر اقدامات کلیدی این فاز است که زمینه را برای طراحی برنامه نهایی مدیریت پسماند در فاز بازسازی فراهم می‌سازد.

- فاز بازسازی (Recovery Phase): در فاز سوم مدیریت پسماند که به مرحله بازسازی مربوط می‌شود، تمرکز اصلی بر اجرای عملی برنامه‌های مدیریت پسماند بلایا است که در فاز دوم طراحی شده‌اند. در این مرحله، علاوه بر پایش و ارزیابی مستمر وضعیت پسماند، اقدامات اجرایی گسترده‌ای در سطح منطقه آسیب‌دیده انجام می‌شود. این اقدامات شامل تدوین و اجرای یک برنامه ارتباطی مؤثر با ذی‌نفعان کلیدی به‌منظور هماهنگی اقدامات با انتظارات و نیازهای جامعه، تأمین یا تعمیر تجهیزات، ماشین‌آلات و زیرساخت‌های مورد نیاز برای مدیریت پسماند، آموزش اپراتورها و نیروهای اجرایی در صورت نیاز، و حمایت مستقیم از نهادهای محلی یا پیمانکاران فعال در حوزه مدیریت پسماند است. این فاز، نقش حیاتی در نهادینه‌سازی سیستم‌های پایدار، بهداشتی و محیط‌زیست‌محور برای مدیریت بلندمدت آوار و سایر پسماندهای ناشی از بلایا ایفا می‌کند.
- فاز Contingency Plan: فاز چهارم مدیریت پسماند، هرچند به‌صورت مستقیم بخشی از واکنش اضطراری به شمار نمی‌آید، اما نقش مهمی در ایجاد پیوند بین مراحل واکنش، بازسازی و توسعه بلندمدت ایفا می‌کند. هدف این فاز، تدوین یک برنامه جامع آمادگی برای مدیریت پسماند بلایا است که به جوامع کمک می‌کند پیشاپیش گزینه‌های مناسب مدیریت پسماند در صورت وقوع بلایا را شناسایی و برنامه‌ریزی کنند. چنین برنامه‌ای می‌تواند از طریق شناسایی گزینه‌های مقرون‌به‌صرفه و منابع موجود، به صرفه‌جویی اقتصادی، افزایش کنترل و ارتقاء کارایی اداری در شرایط بحرانی منجر شود. اجزای کلیدی این برنامه شامل فعالیت‌های پیشگیرانه مانند تعیین نهادهای مسئول، پیش‌بینی نوع و حجم پسماند، بررسی قوانین زیست‌محیطی، ارزیابی ظرفیت‌ها، انتخاب سایت‌های موقت، نیازسنجی تجهیزات، تنظیم قراردادهای پیشینی، تدوین استراتژی‌های پیشگیری، جمع‌آوری، بازیافت، مدیریت مواد خطرناک، استفاده از پسماند برای تولید انرژی، و حتی راهکارهای سوزاندن کنترل‌شده است. این برنامه، به‌عنوان یک سند مرجع، می‌تواند مبنایی برای دریافت کمک‌های فنی و مالی داخلی و بین‌المللی نیز باشد.

همچنین در این دستورالعمل، تعیین محل مناسب برای دپوی موقت آوار به‌عنوان یکی از گام‌های کلیدی در مدیریت پسماندهای ناشی از بلایا مورد تأکید قرار گرفته است. در این سند بیان شده است که انتخاب این محل دپوی موقت باید بر پایه‌ی انجام ارزیابی سریع اثرات زیست‌محیطی صورت گیرد تا از جنبه‌های محیط‌زیستی و سلامت عمومی اطمینان حاصل شود. سایت‌های دپوی موقت باید توانایی نگهداری انواع نخاله‌های ساختمانی، پسماندهای طبیعی (مانند درختان و شاخه‌ها)، و زباله‌های متداول را داشته باشند. بر اساس یک قاعده تجربی، به ازای هر یک میلیون مترمکعب آوار، حدود ۴۰۰،۰۰۰ مترمربع زمین برای پردازش مؤثر مورد نیاز است. از جمله ویژگی‌های ضروری برای این مکان‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: برخورداری از توپوگرافی و نوع خاک مناسب، فاصله ایمن از منابع آب سطحی و زیرزمینی، خارج بودن از اراضی کشاورزی، مناطق سیلابی یا تالابی، نبود موانع فیزیکی همچون خطوط انتقال نیرو یا لوله‌کشی، و محدود بودن دسترسی عمومی. در شکل زیر تصویری شماتیک از ساختار محل دپوی موقت بر اساس دستورالعمل مدیریت آوار ارائه شده است.



شکل ۱-۱: تصویری شماتیک از معماری فضای لازم برای دپوی موقت آوار بر اساس دستورالعمل مدیریت پسماند ناشی از سوانح

۱-۲-۲- دستورالعمل Public Assistance Debris Management Guide (FEMA 325)

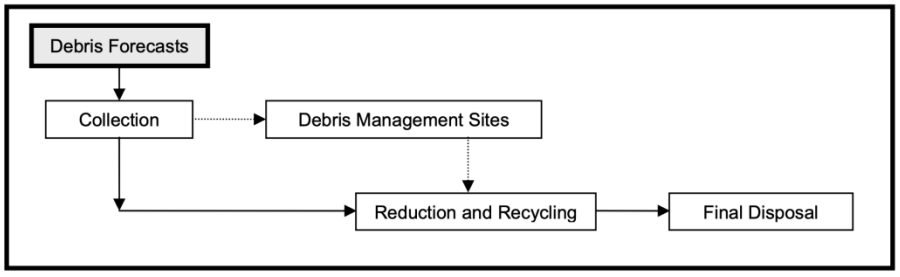
راهنمای مدیریت آوار FEMA-325 یکی از جامع‌ترین و معتبرترین اسناد در زمینه برنامه‌ریزی و اجرای عملیات مدیریت آوار در ایالات متحده به‌شمار می‌رود. این دستورالعمل که در سه بخش اصلی و ۱۶ فصل تدوین شده است، مرجع کلیدی برای نهادهای دولتی، شهرداری‌ها و سازمان‌های غیردولتی در مواجهه

با سوانح طبیعی و انسان‌ساخت محسوب می‌شود. در ادامه، ساختار و محتوای این دستورالعمل با تمرکز بر فرآیندهای عملیاتی مدیریت آوار مرور خواهد شد.

- بخش اول به معیارهای صلاحیت برای دریافت کمک‌های عمومی می‌پردازد و موضوعاتی نظیر تعریف فعالیت‌های واجد شرایط، هزینه‌های قابل قبول، الزامات زیست‌محیطی و هماهنگی با سایر نهادهای فدرال را پوشش می‌دهد.
- بخش دوم فرآیندهای اجرایی مدیریت آوار را شامل می‌شود؛ از جمله جمع‌آوری، انتقال، تفکیک، بازیافت و دفع نهایی آوار. همچنین موضوعاتی مانند انتخاب مکان‌های موقت ذخیره‌سازی، استفاده از فناوری‌های نوین و آموزش نیروهای عملیاتی نیز در این بخش مطرح شده است.
- بخش سوم به ساختار سازمانی FEMA در مدیریت آوار و نقش سایر نهادهای فدرال نظیر سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) و وزارت حمل‌ونقل می‌پردازد. همچنین فرآیندهای مأموریت‌های مشترک و همکاری‌های بین‌نهادی نیز در این بخش مورد توجه قرار گرفته‌اند.

بر اساس این دستورالعمل، عملیات پاکسازی آوار فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه است. برآوردها نشان می‌دهد که در برخی از زلزله‌های بزرگ در ایالات متحده، هزینه آواربرداری تا حدود ۲۶ درصد کل هزینه‌های بازسازی را شامل می‌شود. در ادامه جزییاتی از بخش دوم این دستورالعمل که مربوط به مدیریت فرآیند آوار است، ارائه شده است.

روند کلی مدیریت آوار بر اساس این سند در شکل زیر نمایش داده شده است. همانطور که مشخص است، اولین قدم برای مدیریت آوار، شناسایی نوع پسماند و تخمین حجم آوار می‌باشد. گام دوم، شامل جمع‌آوری آوار در محل از پیش تعیین شده و در نهایت عملیات بازیافت و دفن پسماند انجام می‌شود.



شکل ۱-۲: فرآیند مدیریت آوار بر اساس دستورالعمل FEMA-325

۱) شناسایی و برآورد حجم آوار

بر اساس این دستورالعمل نخستین گام در مدیریت آوار شناسایی نوع پسماند ناشی از بالای طبیعی مختلف می‌باشد. در جدول زیر که از این دستورالعمل استخراج شده است، نوع پسماند مورد انتظار در سوانح مختلف ارائه شده است.

جدول ۱-۳: آوار مورد انتظار در سوانح طبیعی مختلف بر اساس دستورالعمل FEMA-325

		Typical Debris Streams								
		Vegetative	Construction & Demolition (C&D)	Personal Property/ Household Items	Hazardous Waste	Household Hazardous Waste (HHW)	White Goods	Soil, Mud and Sand	Vehicles and Vessels	Putrescent
Types of Disasters	Hurricanes / Typhoons	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tsunamis	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tornadoes	X	X	X	X	X	X		X	X
	Floods	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Earthquakes		X	X		X	X	X		
	Wildfires	X		X		X	X	X		
	Ice Storms	X				X				

در این دستورالعمل برای هریک از المان‌های در معرض آسیب روشی ساده برای تخمین حجم آوار بیان شده است. به عنوان مثال، برای تخمین حجم آوار ناشی از خرابی ساختمان در زلزله رابطه زیر پیشنهاد شده است.

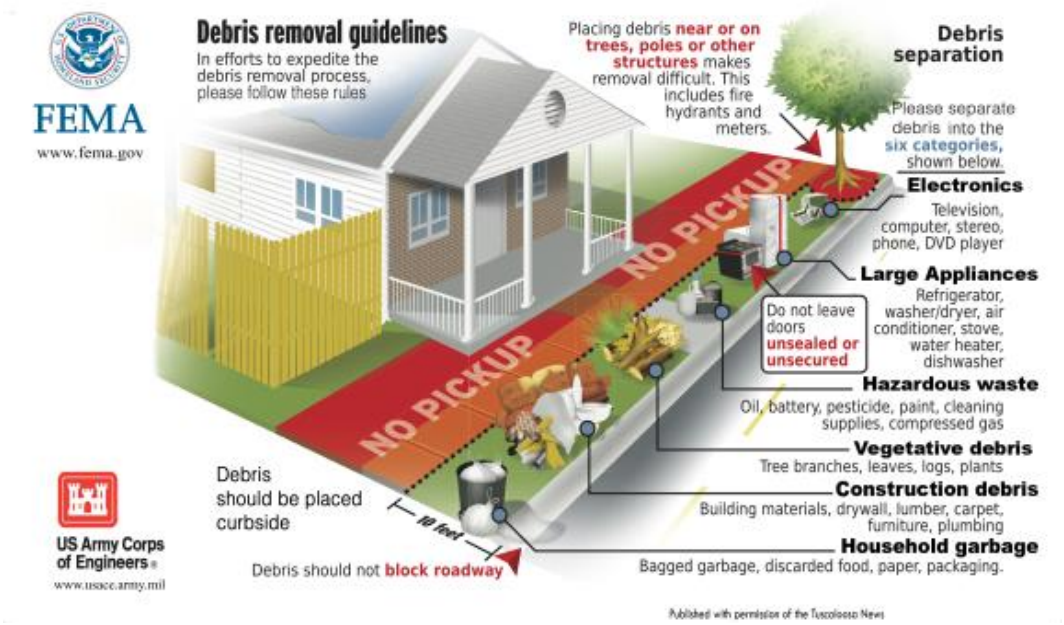
$$Deris\ volume\ (cubic\ yard) = \frac{H \times L \times W \times 0.33}{27}$$ معادله ۱-۱

در رابطه فوق، L طول ساختمان، W عرض ساختمان، H ارتفاع ساختمان است ضریب ۰/۳۳ برای فضای خالی ساختمان در نظر گرفته شده است. همچنین، ضریب ۲۷ برای تبدیل واحد از حجم فوت به حجم یارد است. البته در این دستورالعمل از روش‌های دیگری مانند تصاویر ماهواره‌ای نیز برای برآورد حجم آوار استفاده شده است.

۲) جمع آواری آوار

گام دوم مربوط به فرآیند عملیات جمع‌آوری آوار است. این بخش از دو مرحله تشکیل شده است: مرحله پاسخ[1] و مرحله بازتوانی[2].

- مرحله پاسخ معمولاً بلافاصله پس از سانحه انجام می‌شود تا مسیرهای دسترسی اضطراری پاک‌سازی شوند.
- مرحله بازتوانی با بازگشت ساکنان به مناطق آسیب‌دیده و انتقال آوار به حریم عمومی معابر آغاز می‌شود. در این مرحله، برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری آوار باید با در نظر گرفتن عواملی همچون نوع و میزان پسماند، منابع انسانی و تجهیزات موجود، اولویت‌بندی زیرساخت‌های آسیب‌دیده و همچنین محدودیت‌های تخصصی و عملیاتی انجام گیرد. در همین راستا، دو روش اصلی برای جمع‌آوری آوار توصیه شده است: نخست، جمع‌آوری از کنار خیابان (Curbside Collection)که شامل انتقال مستقیم آوار به حاشیه معابر جهت بارگیری است؛ و دوم، استفاده از مراکز جمع‌آوری (Collection Centers). در شکل زیر روند این نوع جمع-آوری بصورت شماتیک نمایش داده شده است.



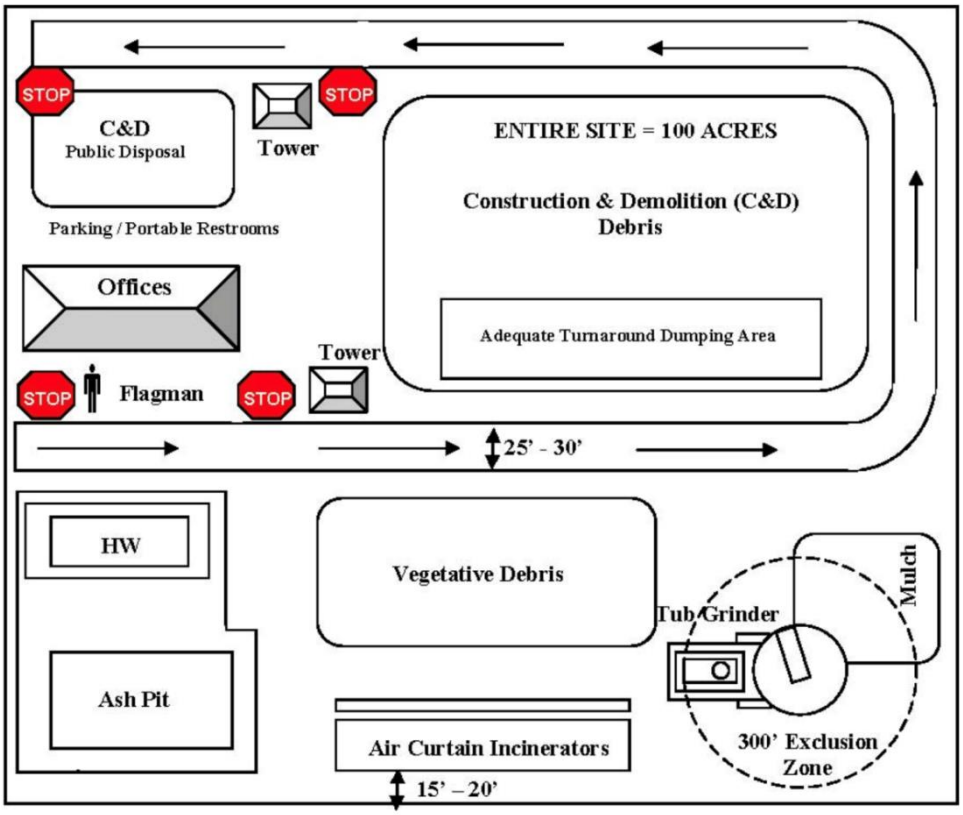
شکل ۱-۳: تصویری از نحوه ی جمعآواری آوار بر اساس دستورالعمل FEMA-325

[1] Response
[2] Recovery

۳) انتقال پسماند به محل دپوی موقت

گام سوم در مدیریت آوار، انتقال پسماند به محل‌های دپوی موقت (DMS[1]) می‌باشد. البته این گام زمانی انجام می‌شود که انتقال مستقیم آوار از محل جمع‌آوری به محل نهایی دفع امکان‌پذیر نباشد. در واقع، این مکان‌ها اغلب برای افزایش انعطاف‌پذیری عملیاتی به‌کار می‌روند، به‌ویژه زمانی که فضای محل دفن محدود باشد یا محل دفن زباله در نزدیکی منطقه برداشت آوار قرار نداشته باشد. بر اساس این دستورالعمل مدیر پروژه باید فهرستی بروز از محل‌های احتمالی ذخیره‌سازی و کاهش حجم آوار در مناطق مستعد بلایای طبیعی تهیه و نگهداری کنند. انتخاب این محل‌ها باید بر اساس معیارهایی مانند مالکیت زمین، موقعیت مکانی، ظرفیت موردنیاز (حدود ۱۰۰ هکتار برای یک میلیون یارد مکعب)، و ملاحظات زیست‌محیطی انتخاب شوند.

برای ساماندهی بهتر، این دستورالعمل یک پلان تیپ برای طراحی مکان‌های دپوی آوار ارائه کرده است که فضاهایی برای سوزاندن پسماند، دفع مواد خطرناک، و مسیرهای دسترسی را در بر می‌گیرد.



شکل ۱-۴: پلان تیپ ارائه شده در استاندارد FEMA-325 برای مدیریت آوار ناشی از سوانح طبیعی

[1] Debris Management Sites

۴) استراتژی دفع نهایی و بازیافت آوار

در گام نهایی، راهبردهای مقابله با پسماند آوار به‌منظور کاهش هزینه‌ها و اثرات زیست‌محیطی مورد توجه قرار می‌گیرند. سه رهیافت اصلی در این مرحله عبارت‌اند از:

- کاهش حجم آوار از طریق خرد کردن و فشرده‌سازی
- سوزاندن بخشی از پسماند، با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی
- بازیافت مواد قابل استفاده مجدد

۱-۲-۳- دستورالعمل UNDP: Debris Management

راهنمای مدیریت آوار (Guidance Note: Debris Management) یکی از نوزده دستورالعمل تخصصی تدوین‌شده در چارچوب ارزیابی نیازهای پس از بحران (PDNA[1]) است؛ مجموعه‌ای که توسط نهادهای بین‌المللی از جمله سازمان ملل متحد، بانک جهانی و اتحادیه اروپا طراحی شده تا کشورها را در فرآیند بازسازی و بهبود شرایط پس از بحران‌های طبیعی یا انسانی یاری کند. این راهنما به طور خاص بر مدیریت آوار و ضایعات ناشی از بلایا تمرکز دارد و نقش مهمی در فاز بازیابی و بازسازی ایفا می‌کند. در این سند میان دو مفهوم «آوار[2]» و «پسماند ناشی از بحران[3]» تمایز قائل شده است. بر اساس تعاریف ارائه‌شده در این راهنما، آوار به ترکیبی از ضایعات ساختمانی و نخاله‌هایی اطلاق می‌شود که معمولاً از ساختمان‌های آسیب‌دیده یا تخریب‌شده حاصل می‌گردند و می‌توانند شامل مواد طبیعی نظیر خاک رس، گل، درختان، شاخه‌ها و بوته‌ها نیز باشند. در حالی که پسماند ناشی از بحران دامنه وسیع‌تری دارد و به تمام پسماندهای جامد و مایع تولیدشده در پی یک بحران اشاره دارد؛ از جمله بتن، فولاد، چوب، قیر، اجزای تخریب‌شده زیرساخت‌ها، وسایل منزل، تجهیزات برقی و مخابراتی، ضایعات طبیعی، مواد شیمیایی، پسماندهای صنعتی و بهداشتی، وسایل نقلیه آسیب‌دیده، مهمات عمل‌نکرده، رنگ‌ها، آفت‌کش‌ها و سایر ترکیبات خطرناک.

در تدوین این دستورالعمل، تجربیات میدانی برنامه عمران سازمان ملل متحد (UNDP) در طراحی و اجرای پروژه‌های مدیریت آوار پس از بحران در کشورهایی چون هائیتی، اندونزی، لبنان، سرزمین‌های اشغالی فلسطین و پاکستان مورد بررسی قرار گرفته و تحلیل شده است. مطالعات موردی این کشورها، به

[1] Post Disaster Need Assessment
[2] Debris
[3] Waste managment

همراه مقالات تطبیقی، شالوده اصلی محتوای این راهنما را تشکیل می‌دهند و پایه‌ای تجربی برای ارائه توصیه‌های عملی فراهم می‌آورند.

این راهنما بر مجموعه‌ای از رویکردهای کلیدی برای مدیریت کارآمد آوار تأکید دارد که هر یک در موفقیت فرآیند بازسازی، تقویت تاب‌آوری جوامع و ایجاد انسجام اجتماعی نقش دارد. از جمله این رویکردها می‌توان به بهره‌گیری حداکثری از نیروی انسانی محلی همراه با ارتقای مهارت‌های آنان اشاره کرد؛ به‌ویژه از طریق روش‌های کاربرمحور که با ایجاد اشتغال موقت، مهارت‌آموزی و مشارکت فعال گروه‌های آسیب‌پذیر مانند آوارگان داخلی، جوانان و نیروهای پیشین درگیر در بحران، به فرآیند بهبود معنا می‌بخشند. همچنین، توانمندسازی زنان و ترویج برابری جنسیتی یکی دیگر از اولویت‌های این دستورالعمل است که با مشارکت فعال زنان در مراحل مشورت، آموزش، استخدام و تصمیم‌گیری دنبال می‌شود.

در کنار این موارد، تقویت ظرفیت‌های نهادی و اجتماعی از طریق ایجاد ارتباطات مؤثر، هماهنگی با نهادهای محلی، سازمان‌های مردم‌نهاد، تشکل‌های جامعه‌محور و بخش خصوصی، شرط اساسی برای موفقیت در اجرای طرح‌های مدیریت آوار است. راهبردهای محیط‌زیستی نیز در این سند جایگاه ویژه‌ای دارند؛ از جمله بازیافت حداکثری آوار و بهره‌برداری مجدد از ضایعات غیرخطرناک در پروژه‌های بازسازی زیرساخت‌های محلی، مانند مقاوم‌سازی دیواره رودخانه‌ها یا بازسازی دیوارهای محافظ. در نهایت، ادغام اصول کاهش خطر بلایا (DRR) در فرآیند بازسازی، یکی از رویکردهای بلندمدت این دستورالعمل است که بر پیشگیری از آسیب‌پذیری‌های آینده و ساختن جوامعی ایمن‌تر تأکید دارد.

این راهنما همراه با ابزارهایی نظیر چک‌لیست‌ها، قالب‌های برنامه‌ریزی و نمونه‌های موفق از کشورهای مختلف ارائه می‌شود تا به تصمیم‌گیران محلی و برنامه‌ریزان کمک کند راهکارهای متناسب با شرایط خاص مناطق خود را طراحی و اجرا کنند.

۱-۲-۴- دستورالعمل JICA – Disaster Waste Management Guidelines

دستورالعمل مدیریت پسماند بلایا منتشرشده توسط آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (JICA[1]) یکی از عملیاتی‌ترین اسناد در زمینه مدیریت آوار و پسماند ناشی از بلایا است که با هدف راهنمایی کشورها، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، در واکنش مؤثر به سوانح طبیعی تدوین شده است. با توجه سبقه فعالیت-های JICA در ایران مروری بر این دستورالعمل خالی از لطف نمی‌باشد.

[1] Japan International Cooperation Agency

یکی از گام‌های مهم در این سند شناسایی نوع آوار در مخاطرات مختلف می‌باشد. در این دستورالعمل نوع آوار بر اساس تجارب مشاده شده در سوانح بصورت زیر دسته‌بندی شده است.

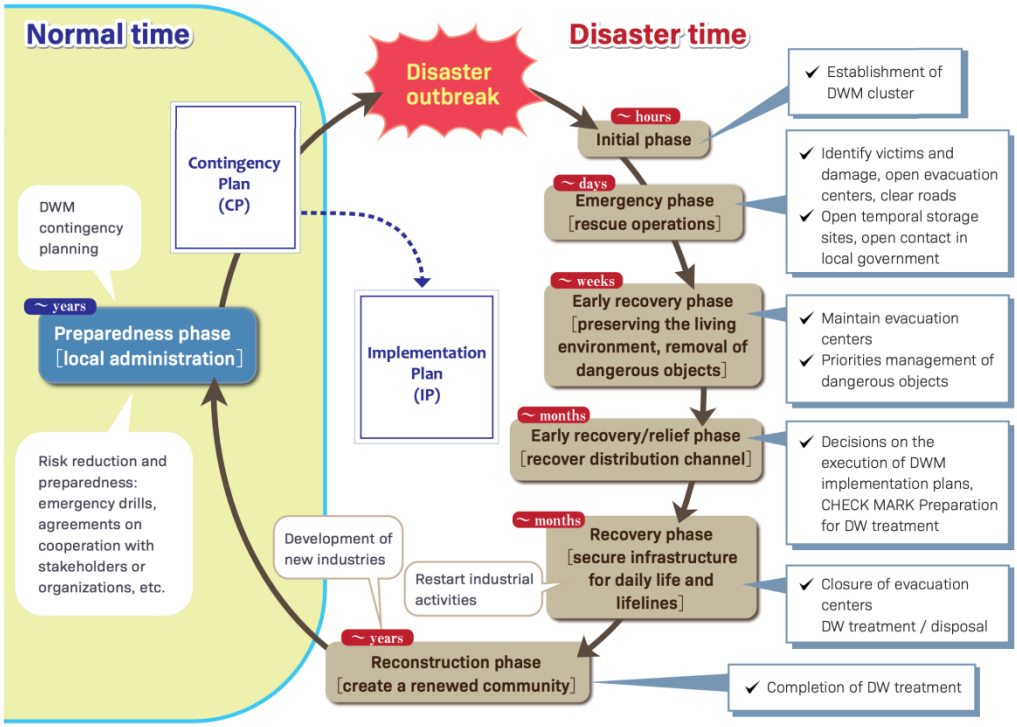
جدول ۱-۴: آوار مورد انتظار در سوانح طبیعی مختلف بر اساس دستورالعمل JICA

Category	Characteristics of DW	Image	Type of Disaster (✓✓; frequently generated, ✓; generated)			
			Earthquake	Tsunami	Flood	Cyclone
Green wastes	Vegetation such as fallen trees, glasses and timbers		✓	✓✓	✓	✓✓
Building rubble	Timber, wood chips, waste wood (such as column, beam wall-material), bulky items, cables Concrete/bricks *Asbestos should be categorized as Steel, rebar, aluminum material, etc.		✓✓	✓	✓	✓
Household materials	Food wastes, tatami mats, wastes mixed with fibers, paper, wood chips, packaging materials, household furnishing and belongings, other wastes (such as plastics, cardboard, paper)		✓✓	✓✓	✓✓	✓
Mixed wastes	Mixed wastes consisting of a small amounts of concrete, wood chips, plastics, glass, soil and sand, etc.		✓	✓✓	✓✓	✓
Electrical appliances	Televisions, washing machines, and air conditioners discharged from affected houses, which are damaged by disasters and become unusable		✓	✓✓	✓✓	✓
Automobiles	Vehicles, motorcycles, and bicycles that are damaged by disasters and cannot be used		✓	✓✓	✓✓	✓
Vessels	An unusable ship damaged by a disaster			✓✓		✓
Wastes difficult to treat properly	Dangerous goods, such as fire extinguishers, cylinders; and items which are difficult to treat at local government facilities, such as pianos and mattresses (including radiation sources for nondestructive inspection), fishing nets, gypsum boards, etc.		✓✓	✓✓	✓✓	✓
Hazardous wastes	Hydrocarbons, such as oil and fuel; paint; varnishes and solvents; pesticides and fertilizers; medical waste in debris; waste posing healthcare risks; asbestos-containing waste; PCB; infectious waste; chemical substances; toxic substances, such as chlorofluorocarbons, CCA (waste using chromium copper arsenic wood preservative), and tetrachloroethylene; pharmaceuticals; pesticides hazardous waste; solar panels and accumulators; etc.		✓✓	✓✓	✓✓	✓
Mementos, Valuables	Albums, photos, Ihai tablets, cash, passbooks, precious metals		✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Industrial wastes, Commercial wastes	Bulky wastes, hazardous wastes, food wastes, marine products and foodstuffs discharged from refrigerators, raw materials and products generated from fishery processing plants and fertilizer factories, machinery, equipment		✓✓	✓✓	✓✓	✓
Tsunami sediment	Sand and sludge sediments launched to land from the bottom of the sea as well as farmland soils by tsunami			✓✓	✓✓	
Sand and stone	Sand and stone launched to land from mountains, rivers and other areas		✓	✓	✓	✓
Household wastes	General and bulky wastes discharged from households		✓	✓	✓	✓
Wastes from evacuation centers	Waste discharged from evacuation centers, waste from relief supplies		✓	✓	✓	✓

روند مدیریت آوار در این دستورالعمل بصورت شماتیک در شکل زیر نمایش داده شده است. همانطور که مشخص است، فرآیند مدیریت آوار به‌صورت یک چرخه شامل دو دوره اصلی طراحی شده است. دوره آمادگی (Normal Time) و دوره پاسخ به بحران(Disaster Time) .

در دوره آمادگی که با مدیریت محلی انجام می‌شود، تمرکز بر تدوین برنامه اضطراری مدیریت آوار (Contingency Plan - CP)، کاهش ریسک، برگزاری مانورهای عملیاتی، و ایجاد توافقات بین‌سازمانی است. این مرحله زیرساخت‌های فکری، نهادی و عملیاتی لازم برای واکنش مؤثر در زمان بحران را فراهم می‌سازد.

در زمان وقوع سانحه، مدیریت آوار وارد فاز عملیاتی می‌شود که شامل چند مرحله است: مرحله آغازین (ساعات ابتدایی)، مرحله اضطراری (چند روز)، مرحله بازیابی اولیه (چند هفته)، مرحله امدادرسانی/بازیابی (چند ماه)، مرحله بهبود زیرساخت‌ها (چند ماه) و در نهایت مرحله بازسازی کامل (چند سال). اقدامات این مراحل شامل تشکیل خوشه مدیریت آوار، بازگشایی مراکز تخلیه، حذف اشیای خطرناک، اجرای طرح اجرایی(IP) ، دفع و بازیافت آوار، و بازسازی زیرساخت‌های اجتماعی و اقتصادی است.

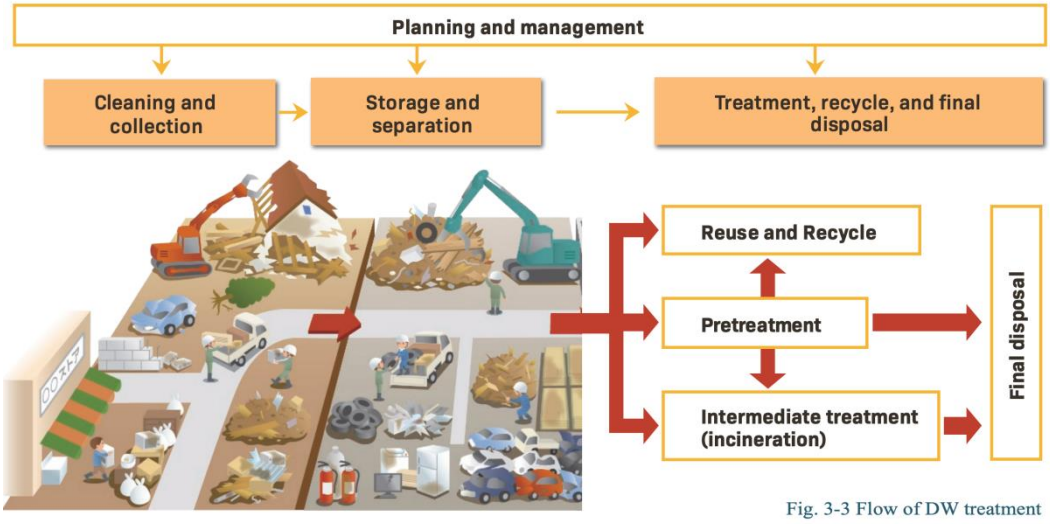


شکل ۱-۵: فرآیند مدیریت آوار بر اساس دستورالعمل JICA

در کنار فرآیند مدیریت آوار، در این سند در مورد نحوه‌ی برخورد با دفع آوار نیز بحث شده است. در این دستورالعمل سه گام کلی در مواجهه با پسماند در نظر گرفته شده است:

- پاکسازی و جمع‌آوری: نخستین مرحله شامل شناسایی، پاک‌سازی و جمع‌آوری ضایعات ناشی از تخریب ساختمان‌ها و زیرساخت‌هاست. این آوار ممکن است شامل چوب، بتن، فلز، لوازم خانگی، خودروها و مواد خطرناک باشد.

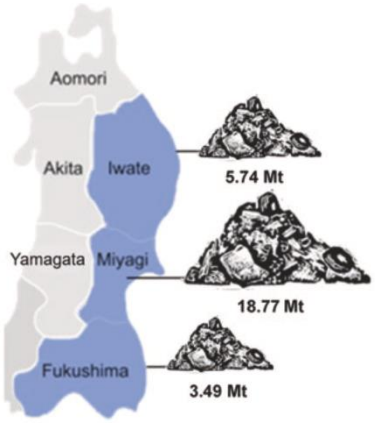
- انبار و جداسازی: در این مرحله، ضایعات جمع‌آوری‌شده به محل‌های موقت دپو انتقال یافته و بر اساس نوع مواد (قابل بازیافت، خطرناک، قابل استفاده مجدد و...) تفکیک می‌شوند.
- پردازش، بازیافت و دفع نهایی: مسیر نهایی آوار پس از جداسازی، در این مرحله آوار یا بازیافت میشوند یا سوارنده می شوند و یا دفن می‌گردند.



شکل ۱-۶: فرآیند مواجهه با آوار در دستورالعمل JICA

۱-۲-۵- راهنمای Managing Post Disaster Debris: the Japan exprerience

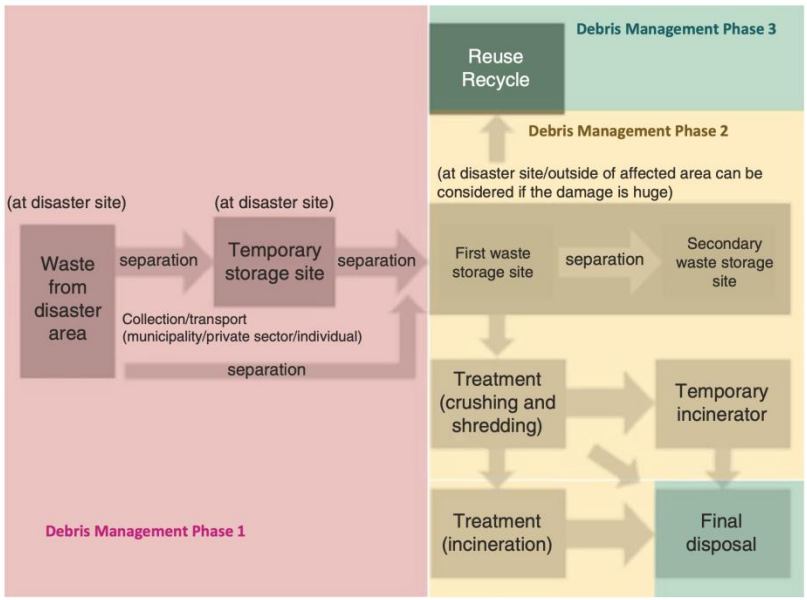
راهنمای «مدیریت آوار پس از سانحه: تجربه ژاپن» که توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد منتشر شده است، به بررسی جامع اقدامات ژاپن در مدیریت آوار پس از زلزله و سونامی بزرگ شرق این کشور در مارس ۲۰۱۱ می‌پردازد. این سند به‌عنوان یک مرجع فنی معتبر، درس‌آموخته‌های مهمی را برای کشورهایی که با خطر بلایای طبیعی مواجه هستند، ارائه می‌دهد و می‌تواند در تدوین دستورالعمل‌های ملی مدیریت آوار مورد استفاده قرار گیرد. این حادثه منجر به تولید بیش از ۲۸ میلیون تن آوار شد که معادل ۱۴ سال زباله شهری این مناطق بود. در تصویر زیر حجم آوار ناشی از این حادثه در سه استان مهم آسیب دیده نمایش داده شده است.



Prefecture	Estimated amount of debris and tsunami deposits (Million tons)	Debris Amount (Million tons)	Tsunami Deposits (Million tons)
Iwate	5.74	4.14	1.60
Miyagi	18.77	11.21	7.56
Fukushima	3.49	1.74	1.75
Total	**28.00**	**17.09**	**10.91**

شکل ۱-۷: حجم آوار ناشی از زلزله سونامی بزرگ شرق ژاپن (نورتن[1]، ۲۰۱۷)

در این گزارش، مراحل کلیدی مدیریت آوار شامل ارزیابی اولیه، جداسازی در مبدأ، انتقال به محل‌های موقت، بازیافت و دفع نهایی، به‌صورت گام‌به‌گام تشریح شده است. این فرایند در شکل زیر نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در فاز نخست، آوار در محل حادثه تفکیک اولیه شده و سپس به محل‌های دپوی از پیش تعیین‌شده انتقال می‌یابد. در این مکان، عملیات تفکیک ثانویه انجام می‌شود و بخشی از آوار با استفاده از تجهیزات مناسب خرد، فشرده یا سوزانده می‌گردد. در نهایت، بخش قابل توجهی از این آوار در مرحله سوم فرآیند، وارد چرخه بازیافت می‌شود.



شکل ۱-۸: مراحل مدیریت آوار ناشی از زلزله و سونامی بزرگ شرق ژاپن (نورتن، ۲۰۱۷)

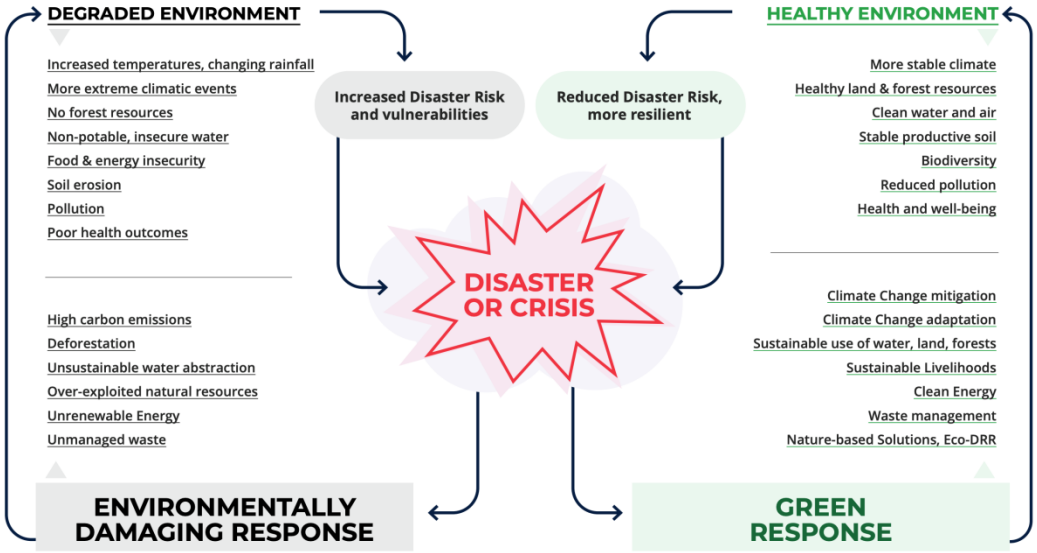
[1] Norton

از مهم‌ترین نکات مطرح‌شده در این راهنما می‌توان به تأکید بر تفکیک زباله‌ها در محل حادثه، استفاده مجدد از مصالح بازیافتی در فرآیند بازسازی و رعایت دقیق ملاحظات زیست‌محیطی اشاره کرد. همچنین، بهره‌گیری حداکثری از ظرفیت‌های محلی، جلب مشارکت بخش خصوصی، استفاده از فناوری‌های نوین و تقویت همکاری‌های بین‌المللی، از جمله راهبردهای کلیدی توصیه‌شده در اجرای عملیات پاک‌سازی آوار به‌شمار می‌روند.

۱-۲-۶- دستوالعمل Green Response: Environmental Quick Guide

راهنمای سریع پاسخ سبز: راهنمای زیست‌محیطی که در سال ۲۰۲۲ توسط فدراسیون بین‌المللی صلیب سرخ و هلال احمر (IFRC) منتشر شده است، ابزاری کاربردی برای بهبود پایداری زیست‌محیطی در عملیات‌های بشردوستانه به شمار می‌رود. این راهنما به‌ویژه برای مدیران پروژه‌ها و فعالان حوزه مدیریت بحران طراحی شده است تا بدون نیاز به تخصص عمیق زیست‌محیطی، بتوانند تأثیرات منفی زیست‌محیطی فعالیت‌های خود را کاهش داده و نتایج پایدارتری حاصل کنند. راهنما شامل توصیه‌های عملی در زمینه‌هایی چون مدیریت پسماند، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش استفاده از پلاستیک‌های یک‌بارمصرف، و طراحی سازه‌های موقت با مصالح محلی و پایدار است .همچنین، نمونه‌هایی از تجارب موفق جمعیت‌های ملی در اجرای اقدامات سبز ارائه شده است تا الهام‌بخش سایر سازمان‌ها باشد.

در تصویر زیر رویکرد این راهنما در برابر مخاطرات را نمایش می‌دهد. همانطور که مشخص است، این سند بیان می‌کند که محیط‌زیست تضعیف شده با عواملی مانند افزایش دما، منابع آبی ناسالم، جنگل‌زدایی، آلودگی، فرسایش خاک و مصرف بی‌رویه منابع، آسیب‌پذیری بیشتری دارد. همچنین، اگر واکنش به بحران‌ها بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی باشد، این چرخه تخریب تشدید می‌شود و بحران‌ها و فجایع بیشتری به دنبال دارد. در مقابل، محیط‌زیست سالم با منابع پاک، تنوع زیستی، آب و هوای پایدار و استفاده پایدار از منابع طبیعی، ریسک بلایا را کاهش داده و جوامع را تاب‌آورتر می‌کند. پاسخ سبز شامل اقداماتی مانند کاهش و سازگاری با تغییرات اقلیمی، استفاده از انرژی‌های پاک، مدیریت پسماند و راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت است. این پاسخ‌ها نه‌تنها تأثیرات منفی عملیات بشردوستانه را کاهش می‌دهند، بلکه به تقویت سلامت، معیشت و پایداری جوامع پس از بحران کمک می‌کنند.



شکل ۱-۹: مدیریت پسماند در راهنمای پاسخ سبز

۱-۲-۶- دستوالعمل های ایران برای مدیریت آوار

در ایران، تاکنون دستورالعملی مستقل و اختصاصی با عنوان مدیریت آوار مشابه با نمونه‌های مطرح شده، منتشر نشده است. با این حال، موضوع مدیریت آوار به‌صورت ضمنی و در قالب اسناد و آیین‌نامه‌های مرتبط با مدیریت بحران مورد توجه قرار گرفته است.

پس از تصویب «قانون مدیریت بحران کشور» در سال ۱۳۹۸، سازمان مدیریت بحران کشور موظف به تدوین اسناد، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی مرتبط با این قانون شد .در این راستا، پژوهشکده سوانح طبیعی مسئولیت تهیه این اسناد را بر عهده گرفت و تاکنون بیش از ۲۵ سند و دستورالعمل در حوزه‌های مختلف مدیریت بحران تدوین شده است. برخی از این اسناد که به‌طور غیرمستقیم به موضوع مدیریت آوار مرتبط هستند، عبارتند از: برنامه ملی بازسازی و بازتوانی، برنامه ملی کاهش خطر حوادث و سوانح، آیین‌نامه نحوه تأمین، نگهداری و هماهنگی تجهیزات و ماشین‌آلات در مدیریت بحران، آیین‌نامه اجرایی نگهداری، حمل، مصرف و ایمنی مواد خطرناک، آیین‌نامه سازماندهی و استفاده از ظرفیت تشکل‌های مردمی، نیروهای داوطلب و بخش خصوصی در مدیریت بحران. این اسناد به جنبه‌های مختلفی از مدیریت بحران می‌پردازند که می‌تواند شامل مدیریت آوار نیز باشد، هرچند به‌صورت مستقیم به این موضوع نپرداخته‌اند.

۱– ۳– جنبه های کلیدی مدیریت آوار پس از بررسی دستورالعمل های این حوزه

پس از بررسی دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی و ملی در حوزه مدیریت آوار، می‌توان هشت جنبه کلیدی را شناسایی کرد که به‌عنوان ارکان اساسی در سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اجرای مؤثر مدیریت آوارهای ناشی از بلایا مطرح هستند. این جنبه‌ها نه‌تنها چارچوبی منسجم برای درک ابعاد مختلف موضوع فراهم می‌آورند، بلکه مبنای تحلیل و ارزیابی عملکرد نظام‌های مدیریت بحران در شرایط اضطراری به‌شمار می‌روند.

- **برنامه‌ریزی**

برنامه‌ریزی پیشگیرانه، پایه‌ای‌ترین عنصر مدیریت آوار است که شامل پیش‌بینی حجم پسماند، تعیین مکان‌های ذخیره‌سازی موقت، طراحی زیرساخت‌های لازم برای جمع‌آوری، انتقال و پردازش آوار، و مشخص‌سازی نقش‌ها و مسئولیت‌ها در میان سازمان‌های ذی‌ربط می‌شود. هدف، ایجاد آمادگی نظام‌مند و تسهیل واکنش سریع، هماهنگ و کارآمد در هنگام بروز سوانح است.

- **ماهیت و ترکیب آوار**

نوع، ترکیب و حجم آوارها بسته به نوع بلایا (مانند زلزله، سیل یا طوفان) متفاوت است و می‌تواند شامل نخاله‌های ساختمانی، پسماندهای خطرناک، زیستی، صنعتی و خانگی باشد. شناخت دقیق این ویژگی‌ها برای انتخاب راهبردهای مدیریتی مناسب در مراحل مختلف مانند جمع‌آوری، انتقال، تفکیک، بازیافت و دفع نهایی حیاتی است.

- **گزینه‌های پردازش آوار**

روش‌های مختلفی برای پردازش آوار وجود دارد که باید متناسب با شرایط محلی، ظرفیت‌های موجود، الزامات زیست‌محیطی و نوع پسماند انتخاب شوند. از جمله این روش‌ها می‌توان به تفکیک در مبدأ، بازیافت، سوزاندن کنترل‌شده، کمپوست‌سازی و دفن بهداشتی اشاره کرد. هر روش باید بر اساس تحلیل هزینه-فایده و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برگزیده شود.

- **ملاحظات زیست‌محیطی**

آوار انباشته در مناطق شهری و روستایی می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی گسترده‌ای مانند آلودگی منابع آب و خاک، تهدید سلامت عمومی و تخریب مناظر طبیعی به همراه داشته باشد. از این‌رو، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و پیش‌بینی پیامدهای احتمالی هر تصمیم، همراه

با تدابیر کنترلی مانند پایش کیفیت محیط، انتخاب محل‌های مناسب تخلیه و مدیریت اصولی پسماند خطرناک، ضروری است.

- **ابعاد اقتصادی**

مدیریت آوار مستلزم تخصیص منابع مالی قابل‌توجهی است که شامل هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری، حمل، ذخیره‌سازی، بازیافت، و دفع نهایی می‌شود. فقدان مدیریت صحیح می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های بلندمدت شود، در حالی‌که استفاده از مصالح بازیافتی می‌تواند فرصتی برای کاهش هزینه‌های بازسازی و تقویت چرخه اقتصاد محلی فراهم آورد.

- **ملاحظات اجتماعی**

توجه به ابعاد اجتماعی مدیریت آوار، از جمله مشارکت عمومی، اطلاع‌رسانی شفاف، پاسخ‌گویی به اعتراضات مردمی و حفاظت از گروه‌های آسیب‌پذیر، نقش مهمی در پذیرش اجتماعی و موفقیت برنامه‌های اجرایی دارد. نحوه تخلیه آوار، آلودگی بصری، صدا، بو و گرد و غبار می‌تواند بر کیفیت زندگی شهروندان اثرگذار باشد، بنابراین رویکردهای حساس به زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی بسیار حائز اهمیت‌اند.

- **ابعاد سازمانی**

مدیریت آوار نیازمند ساختار سازمانی هماهنگ و چندبخشی است که شامل همکاری نهادهای دولتی، شهرداری‌ها، ارتش، سازمان‌های مردم‌نهاد، و بخش خصوصی می‌شود. تدوین سازوکارهای مشخص برای تقسیم وظایف، ایجاد تیم‌های واکنش سریع، تدوین برنامه‌های اقدام اضطراری و جلوگیری از تداخل عملکردی، شرط اصلی بهره‌وری در عملیات می‌باشد.

- **چارچوب‌های حقوقی و منابع مالی**

وجود قوانین و مقررات شفاف برای مدیریت آوار در شرایط اضطراری، از جمله تخلیه، بازیافت، دفع، حمل‌ونقل و مشارکت ذی‌نفعان، عامل کلیدی در نظم‌دهی به فرآیندهاست. این چارچوب‌ها باید همراه با نظام‌های نظارتی، الزامات زیست‌محیطی و معیارهای انتخاب مکان‌های موقت و نهایی باشد. همچنین، تأمین مالی پایدار از منابع عمومی، کمک‌های بین‌المللی، بیمه‌ها و سرمایه‌گذاری خصوصی پیش‌نیاز اجرای موفق برنامه‌هاست.

در مجموع، این هشت جنبه کلیدی، ابعاد مختلف فنی، اقتصادی، اجتماعی و حقوقی مدیریت آوار را دربر گرفته و می‌توانند به‌عنوان چارچوبی جامع برای تحلیل، طراحی و اجرای راهبردهای مدیریت آوار در سطوح محلی، ملی و بین‌المللی به‌کار گرفته شوند.

۱– ۴– چالش‌های اصلی در مدیریت آوار پس از بحران‌های طبیعی

اگرچه چارچوب‌های مفهومی و جنبه‌های کلیدی مدیریت آوار نقش مهمی در طراحی سیاست‌ها و اقدامات اجرایی دارند، اما واقعیت میدانی پس از وقوع بحران‌های طبیعی، حاکی از آن است که مدیریت مؤثر آوار با چالش‌های گسترده و چندبعدی مواجه است. این چالش‌ها ریشه در پیچیدگی‌های فنی، نهادی، زیست‌محیطی و اجتماعی دارند و در صورت عدم شناسایی و مواجهه نظام‌مند با آن‌ها، می‌توانند اثربخشی کل فرایند مدیریت آوار را تحت‌الشعاع قرار دهند. در ادامه، مهم‌ترین چالش‌ها در پنج دسته کلی ارائه می‌شوند:

۱) چالش‌های فنی و عملیاتی

- برآورد نامشخص حجم آوار: در غیاب داده‌های پیشینی و ابزارهای ارزیابی سریع، تخمین دقیق از حجم آوار دشوار است و این امر برنامه‌ریزی لجستیکی را مختل می‌کند.
- دسترسی محدود به مناطق آسیب‌دیده: انسداد مسیرها، تخریب زیرساخت‌ها و ناایمن بودن مناطق، خصوصاً در ساعات و روزهای اولیه، مانع اجرای عملیات مؤثر آواربرداری می‌شود.
- تفکیک ناکارآمد آوار: حضور ترکیبی از مواد خطرناک، بازیافتی و آلی در آوار، فرآیند جداسازی و بازیافت را پیچیده، زمان‌بر و پرهزینه می‌سازد.
- کمبود تجهیزات و ناوگان حمل: در بسیاری از کشورها، خصوصاً کشورهای در حال توسعه، نبود ماشین‌آلات سنگین، ناوگان حمل مناسب و محل‌های موقت دفع، موجب تأخیر و ناکارآمدی عملیات می‌شود.

۲) چالش‌های زیست‌محیطی

- آلودگی منابع طبیعی: نشت مواد خطرناک از آوار، مانند آزبست، باتری‌ها، سوخت‌ها و فلزات سنگین می‌تواند به آلودگی آب، خاک و هوا منجر شود.
- تخریب زیستگاه‌های حساس: مکان‌یابی نامناسب برای انباشت یا دفن آوار ممکن است باعث آسیب به اکوسیستم‌های طبیعی، زمین‌های کشاورزی یا منابع آبی شود.
- عدم ارزیابی اثرات زیست‌محیطی: در بسیاری از موارد، سرعت عملیات موجب نادیده‌گرفتن مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی می‌شود که پیامدهای بلندمدت زیانباری در پی دارد.

۳) چالش‌های مدیریتی و نهادی

- فقدان دستورالعمل‌ها و چارچوب‌های مشخص: نبود سند ملی یا محلی جامع در زمینه مدیریت آوار منجر به سردرگمی، موازی‌کاری و تداخل وظایف میان سازمان‌ها می‌شود.
- هماهنگی ضعیف نهادی: ضعف در ارتباطات بین‌سازمانی و نبود ساختار فرماندهی یکپارچه، روند تصمیم‌گیری و اجرای عملیات را مختل می‌سازد.
- تأخیر در دریافت مجوزهای قانونی: مسائلی مانند تعیین مالکیت زمین، دریافت مجوز دفن یا بهره‌برداری از مکان‌های جدید، اغلب فرآیندهای زمان‌بر و پیچیده‌ای دارند.

۴) چالش‌های اجتماعی و اقتصادی

- نارضایتی عمومی و اعتراضات اجتماعی: جانمایی نامناسب محل‌های دفع یا انباشت آوار، آلودگی صوتی و بصری، و عدم اطلاع‌رسانی شفاف می‌تواند منجر به بی‌اعتمادی و تنش اجتماعی شود.
- هزینه‌های بالا: آواربرداری یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌های واکنش به بحران است که نیازمند تخصیص منابع مالی سنگین برای تجهیزات، نیروی انسانی، حمل‌ونقل و بازیافت می‌باشد.
- عدم مشارکت مردمی: نبود آموزش کافی و عدم درگیر کردن جوامع محلی در فرآیند مدیریت پسماند، فرصت استفاده از ظرفیت‌های بومی در تفکیک، جمع‌آوری و بازیافت را از بین می‌برد.

۵) چالش‌های اطلاعاتی

- فقدان بانک اطلاعات مکانی: نبود داده‌های مکان‌محور از پیش تعیین‌شده در مورد مکان‌های تخلیه و دفن آوار، تصمیم‌گیری را در شرایط بحرانی به تأخیر می‌اندازد.
- نقص در مستندسازی عملیات: عدم ثبت دقیق اطلاعات مربوط به نوع، حجم، مبدأ و مقصد آوارها، ارزیابی و اصلاح برنامه‌ها را دشوار و در مواردی ناممکن می‌سازد.

۱– ۵– ذینفعان مدیریت آوار در ایران

مدیریت مؤثر آوارهای ناشی از بلایا نیازمند همکاری و هم‌افزایی بین‌نهادهای مختلف در سطوح ملی، استانی و محلی است. به دلیل ماهیت میان‌بخشی این موضوع، طیف گسترده‌ای از ذی‌نفعان، از نهادهای دولتی گرفته تا بخش خصوصی و سازمان‌های مردم‌نهاد، در فرآیندهای تصمیم‌سازی، برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت دخیل هستند. شناسایی و تحلیل نقش این ذی‌نفعان، گامی ضروری در جهت تدوین دستورالعملی

واقع‌بینانه، قابل‌اجرا و هماهنگ با ساختار نهادی کشور محسوب می‌شود. در ادامه، مهم‌ترین ذی‌نفعان مدیریت آوار در ایران به تفکیک نقش‌ها معرفی می‌شوند:

۱) نهادهای حاکمیتی و سیاست‌گذار

- سازمان مدیریت بحران کشور (وزارت کشور): نهاد سیاست‌گذار، هماهنگ‌کننده و ناظر بر کلیه فعالیت‌های مدیریت بحران در سطح کشور؛ مسئول تدوین برنامه‌ها، دستورالعمل‌ها و نظارت بر اجرای آن‌ها.
- سازمان برنامه و بودجه کشور: مسئول تأمین و تخصیص منابع مالی برای اجرای برنامه‌های مدیریت آوار.
- شورای عالی مدیریت بحران و کمیته‌های تخصصی ذیل آن: نقش کلیدی در تصمیم‌گیری کلان و تصویب سیاست‌های راهبردی.

۲) نهادهای اجرایی

- شهرداری‌ها و دهیاری‌ها: مجری اصلی در سطح محلی برای جمع‌آوری، تفکیک، حمل و انباشت آوار؛ مسئول ارائه خدمات پسماند شهری و مدیریت مکان‌های موقت دپو.
- وزارت راه و شهرسازی: دارای ظرفیت تخصصی برای مشارکت در ارزیابی آسیب‌های زیرساختی، بازسازی و تعیین مکان‌های مناسب تخلیه.
- وزارت کشور (استانداری‌ها و فرمانداری‌ها): حلقه اتصال بین سطوح ملی و محلی برای اجرای هماهنگ برنامه‌ها.
- وزارت نیرو: مسئول ارزیابی و بازسازی شبکه‌های آب و برق، و مشارکت در ایمن‌سازی محیطی.
- وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی: مسئول ارزیابی و مدیریت بهداشت محیط، به‌ویژه در موارد وجود پسماندهای زیستی یا خطرناک.

۳) نهادهای تخصصی و پشتیبان

- سازمان حفاظت محیط‌زیست: ناظر بر پایبندی به الزامات زیست‌محیطی در فرایندهای جمع‌آوری، پردازش و دفع آوار.
- سازمان نظام مهندسی ساختمان و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی: مشارکت در ارزیابی فنی، برآورد حجم آوار و پیشنهاد راهکارهای فنی برای تخلیه و بازیافت.

- سازمان ثبت اسناد و املاک، بنیاد مسکن، و کمیته امداد امام خمینی: مشارکت در ثبت اطلاعات خسارات، مالکیت اراضی، و حمایت از اقشار آسیب‌پذیر.

۴) بخش خصوصی و پیمانکاران

- شرکت‌های عمرانی، لجستیکی، حمل‌ونقل، بازیافت و ساخت‌وساز که در عملیات اجرایی و بهره‌برداری از تجهیزات و زیرساخت‌ها نقش دارند. استفاده از ظرفیت این بخش می‌تواند به تسریع عملیات و کاهش فشار بر منابع دولتی کمک کند.

۵) نیروهای نظامی و امدادی

- سپاه، ارتش، هلال احمر، اورژانس و آتش‌نشانی: ایفای نقش در پاکسازی اضطراری، بازگشایی مسیرها، استقرار زیرساخت‌های موقت و امدادرسانی اولیه.

۶) سازمان‌های مردم‌نهاد، شوراهای محلی و رسانه‌ها

- نقش مؤثر در اطلاع‌رسانی، آموزش عمومی، جلب مشارکت داوطلبانه، نظارت اجتماعی و کاهش تنش‌های مردمی در فرایند تخلیه آوار.

۱– ۶– جمع بندی و نتیجه گیری

مدیریت آوار یکی از مهم‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین مؤلفه‌های پاسخ به بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت در محیط‌های شهری محسوب می‌شود. بررسی تجارب بین‌المللی، مرور دستورالعمل‌های معتبر جهانی و تحلیل وضعیت موجود در ایران نشان می‌دهد که موفقیت در این حوزه، مستلزم برخورداری از رویکردی چندبعدی، میان‌رشته‌ای و برنامه‌محور است. تجارب کشورهای پیشرو مانند ژاپن، آمریکا و اندونزی حاکی از آن است که عناصر کلیدی چون آمادگی پیشینی، مکان‌یابی علمی، تفکیک در مبدأ، مشارکت جوامع محلی، رعایت ملاحظات زیست‌محیطی، و بهره‌گیری از ظرفیت‌های بین‌بخشی، پایه‌های اصلی مدیریت کارآمد آوار را تشکیل می‌دهند.

در ایران، علی‌رغم وجود برخی مطالعات و آیین‌نامه‌های پراکنده، فقدان یک دستورالعمل جامع، یکپارچه و عملیاتی که به‌طور خاص بر آوارهای ناشی از سوانح تمرکز داشته باشد، موجب سردرگمی در سطح تصمیم‌گیری و اجرا شده است. چالش‌هایی از قبیل نبود نظام پیش‌بینی دقیق حجم آوار، کمبود زیرساخت‌های دپوی موقت، عدم تفکیک پسماندهای خطرناک، ناهماهنگی نهادی و ضعف در اطلاع‌رسانی و مشارکت عمومی، از جمله موانع اصلی در مسیر اجرای موفق مدیریت آوار در شرایط بحران به شمار می‌روند.

در این گزارش، ضمن روشن‌سازی مفاهیم و چارچوب‌های مفهومی، هشت جنبه کلیدی مدیریت آوار شامل برنامه‌ریزی، ویژگی‌های آوار، گزینه‌های پردازش، ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی، نهادی و حقوقی مورد بررسی قرار گرفته و مهم‌ترین چالش‌های فنی، مدیریتی، اقتصادی، اطلاعاتی و زیست‌محیطی طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین دستورالعمل‌ها و الگوهای موفق تحلیل و تطبیق داده شده‌اند تا پایه‌ای برای بومی‌سازی و تدوین یک دستورالعمل ملی فراهم شود.

در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که تهیه یک سند راهبردی و اجرایی با رویکردی متناسب با شرایط ایران و مبتنی بر درس‌آموخته‌های بین‌المللی، می‌تواند نقش مهمی در ارتقای تاب‌آوری شهری، کاهش پیامدهای ثانویه بلایا، و تسریع بازسازی ایفا کند. این گزارش، گامی بنیادین در مسیر تدوین چنین دستورالعملی به‌شمار می‌رود.

فصل دوم:

چارچوب پیشنهادی برای تهیه سند مدیریت آوار

۲- چارچوب پیشنهادی برای تهیه سند مدیریت آوار

تدوین یک سند مدیریت آوار مستلزم برخورداری از چارچوبی جامع، شفاف و عملیاتی است که در آن تمامی مراحل، بازیگران، منابع و فرآیندهای کلیدی به‌صورت نظام‌مند مشخص شده باشند. این سند باید ضمن اتکا به تجارب بین‌المللی و مقتضیات بومی ایران، قابلیت اجرایی در سطوح محلی، منطقه‌ای و ملی داشته و در شرایط اضطراری به‌عنوان مرجع هماهنگ‌کننده عمل کند.

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده و با تکیه بر یافته‌های گزارش حاضر، سرفصل‌های کلیدی زیر به‌عنوان اجزای اصلی این دستورالعمل پیشنهاد می‌شود:

۱) مقدمه و اهداف سند

این بخش شامل بیان ضرورت، دامنه کاربرد، اهداف کلی و اصول راهنمای سند است. تبیین ارتباط این دستورالعمل با سایر اسناد فرادستی (مانند قانون مدیریت بحران، قانون پسماند، برنامه ملی بازسازی) نیز در این بخش انجام می‌شود.

۲) واژگان و تعاریف کلیدی

تدوین مجموعه‌ای از تعاریف استاندارد برای مفاهیم کلیدی مانند آوار، پسماند خطرناک، مکان دپوی موقت، تخلیه اضطراری، تفکیک در مبدأ و غیره، به منظور انسجام زبانی و مفهومی در کل سند.

۳) ساختار نهادی و تقسیم وظایف

تشریح نقش‌ها و مسئولیت‌های نهادهای مختلف در سطوح ملی، استانی و محلی شامل سازمان مدیریت بحران کشور، شهرداری‌ها، وزارتخانه‌ها، نیروهای امدادی، بخش خصوصی و نهادهای محلی. طراحی یک ماتریس وظایف و مسئولیت‌ها برای شفاف‌سازی ساختار اجرایی.

۴) مراحل مدیریت آوار

تبیین فرآیند گام‌به‌گام مدیریت آوار از پیش از وقوع بحران تا مرحله بازتوانی، شامل:

- پیش‌بینی و برنامه‌ریزی
- برآورد حجم و ترکیب آوار
- مکان‌یابی محل‌های تخلیه موقت
- تفکیک، جمع‌آوری و انتقال
- بازیافت و دفع نهایی
- بازسازی و پاک‌سازی نهایی محیط

۵) الزامات فنی و زیست‌محیطی

ارائه استانداردهای فنی برای حمل، تفکیک و دفع آوار؛ الزامات محیط‌زیستی شامل مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی(EIA) ، دستورالعمل‌های پایش کیفیت خاک، آب و هوا و راهکارهای کاهش آلودگی در مراحل مختلف عملیات.

۶) برنامه‌ریزی مکانی و مکان‌یابی سایت‌های مدیریت آوار

روش‌ها و معیارهای انتخاب محل‌های دپوی موقت و نهایی(DMS) ، از جمله ملاحظات فنی، مالکیتی، محیط‌زیستی و دسترسی؛ استفاده از GIS برای مدل‌سازی فضایی و تسهیل تصمیم‌گیری.

۷) سامانه‌های اطلاعاتی و مستندسازی

تشریح نیاز به ایجاد بانک اطلاعاتی ملی برای آوار، پایگاه داده مکان‌های تخلیه، و سامانه‌های رهگیری پسماند؛ استانداردهای گزارش‌نویسی و ثبت عملکرد برای ارزیابی و بازنگری مستمر برنامه‌ها.

۸) آموزش، اطلاع‌رسانی و مشارکت مردمی

برنامه‌ریزی برای توانمندسازی نیروهای تخصصی، آموزش عمومی و جلب مشارکت جوامع محلی؛ تهیه بسته‌های آموزشی، کمپین‌های اطلاع‌رسانی، و دستورالعمل‌های پاسخ‌گویی به شکایات مردمی.

۹) نظارت، ارزیابی و به‌روزرسانی سند

تدوین شاخص‌های عملکردی برای پایش اجرای برنامه‌ها؛ طراحی چرخه بازخورد برای اصلاح و به‌روزرسانی دوره‌ای سند بر اساس تجربیات میدانی و تغییرات محیطی.

۲– ۱– جمع‌بندی فصل

چارچوب پیشنهادی فوق، بنیانی برای تدوین یک سند ملی یکپارچه در حوزه مدیریت آوار فراهم می‌آورد. اجرای مؤثر این دستورالعمل مستلزم همکاری میان‌بخشی، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سرمایه‌گذاری در زیرساخت و جلب مشارکت مردم است. در مراحل بعدی، می‌توان این چارچوب را به یک دستورالعمل عملیاتی گام‌به‌گام با سناریوهای نمونه، چک‌لیست‌های اجرایی و پیوست‌های فنی تبدیل کرد.

فصل سوم:

انواع آوار و روش‌ها تخمین حجم آوار

۳- انواع آوار و روش های تخمین حجم آوار

۳-۱- مقدمه

مدیریت مؤثر آوار یکی از مهم‌ترین بخش‌های فرایند پاسخ و بازسازی پس از وقوع بلایای طبیعی است. نخستین گام در این فرایند، پیش‌بینی نوع و حجم آوار است که نقش کلیدی در برنامه‌ریزی عملیات مدیریت آوار ایفا می‌کند. برآورد صحیح آوار به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا دامنه عملیات پاک‌سازی و بازیافت را مشخص کرده، منابع و تجهیزات موردنیاز برای پاسخ و بازسازی را تعیین کنند و ظرفیت مناسب برای مکان‌های ذخیره‌سازی، کاهش حجم و دفع نهایی آوار را پیش‌بینی نمایند.

برای دستیابی به این هدف، آشنایی با پیامدهای انواع مختلف بلایای طبیعی و تأثیر آن‌ها بر تولید آوار ضروری است. هر حادثه مانند زلزله، سیل، طوفان یا رانش زمین، درگیرهای مسلحانه ترکیب و حجم متفاوتی از آوار ایجاد می‌کند که شناخت این تفاوت‌ها امکان تهیه برآوردهای واقع‌بینانه‌تر را فراهم می‌سازد.

این فصل به بررسی روش‌ها و رویکردهای موجود برای پیش‌بینی و تخمین حجم آوار اختصاص دارد. ابتدا به معرفی انواع آوار ناشی از بلایای طبیعی مختلف پرداخته می‌شود و سپس مهم‌ترین مدل‌ها و ابزارهای مورد استفاده در سطح بین‌المللی از جمله دستورالعمل‌ها و تجربیات مستند، جهت تخمین حجم آوار معرفی و تحلیل خواهند شد.

۳-۲- انواع بلایای طبیعی و آوارهای ناشی از آن ها

بلایای طبیعی بسته به شدت و گستره تخریب، ترکیب‌های متفاوتی از آوار و پسماند تولید می‌کنند. برای برنامه‌ریزی مؤثر در مدیریت آوار، لازم است ویژگی‌های هر نوع مخاطره و نوع پسماندهای ناشی از آن به‌طور دقیق شناسایی شود. در این بخش، مخاطراتی اصلی شامل زلزله، سیل، طوفان، گردوغبار و درگیری‌های مسلحانه بررسی می‌شوند. این رویدادها ترکیبی متنوع از پسماندها ایجاد می‌کنند که بخشی از آن‌ها ماهیتی خطرناک دارند و در صورت نبود شناسایی، جداسازی و مدیریت مناسب، می‌توانند پیامدهای جدی و جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان و محیط‌زیست، از جمله منابع آب، خاک و هوا، برجای بگذارند.

- **زلزله:** زلزله‌ها بر اثر آزاد شدن ناگهانی انرژی در گسل‌ها رخ داده و موجب لرزش زمین، شکستگی سطحی، روانگرایی خاک، رانش زمین و گاه آتش‌سوزی‌های ثانویه می‌شوند. این پدیده تخریب گسترده‌ای در ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها ایجاد کرده و حجم زیادی از مصالح

ساختمانی، لوازم خانگی و گاهی مواد خطرناک ناشی از نشت مواد شیمیایی را به‌صورت آوار برجای می‌گذارد. در مناطق شهری متراکم، ریزش هم‌زمان ساختمان‌ها می‌تواند مسیرهای دسترسی را مسدود و عملیات جستجو و امدادرسانی را مختل کند.

از منظر مدیریت پسماند، چالش اصلی زلزله محصور شدن پسماندها در داخل سازه‌های فروریخته و دشواری تفکیک مواد خطرناک مانند آزبست از پسماندهای عادی است؛ امری که به تجهیزات سنگین نیاز دارد و در روزهای ابتدایی بحران معمولاً به‌سختی فراهم می‌شود. به‌طور کلی، زلزله در مقایسه با بلایای دیگر مانند سیل و طوفان بیشترین حجم آوار را تولید می‌کند، زیرا در اثر تخریب کامل سازه‌ها تمامی مصالح و محتویات داخلی به پسماند تبدیل می‌شوند. با توجه به این شرایط، برنامه‌ریزی جامع برای شناسایی، جداسازی، جمع‌آوری و دفع ایمن آوار زلزله از ضرورت‌های مدیریت بحران محسوب می‌شود.

شکل ۳-۱: تصویری از ساختمان فروریخته در سرپل ذهاب پس از زلزله ۱۳۹۶

- **سیلاب**: سیلاب‌ها بر اثر بارش شدید، ذوب سریع برف، شکست سد یا طوفان‌های ساحلی رخ داده و با غرقاب کردن مناطق وسیع به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها آسیب وارد می‌کنند. جریان‌های پرسرعت آب، رسوبات، خاک، سنگ و ضایعات ساختمانی را جابه‌جا کرده و در بسیاری از موارد نشت مواد شیمیایی و سوخت را نیز به ترکیب آوار اضافه می‌کند.

در مناطق سیل‌زده حجم قابل‌توجهی از پسماندهای خانگی و ترکیبی تولید می‌شود که بخشی از آن‌ها شامل مواد خطرناکی مانند شوینده‌ها، لوازم الکترونیکی و وسایل بزرگ خانگی است. تماس این مواد با آب می‌تواند باعث نشت ترکیبات سمی و آلودگی محیط شود. همچنین پس

از فروکش‌کردن سیلاب، لایه‌های ضخیم گل و لای که ممکن است با زباله‌ها و مواد شیمیایی آلوده شده باشند، در سطح مناطق باقی می‌ماند. بنابراین شناسایی دقیق و جداسازی اجزای خطرناک پیش از جمع‌آوری و دفع پسماندها برای جلوگیری از آلودگی ثانویه و تهدیدات بهداشتی ضروری است.

شکل ۳-۲: تصویری از خانه های آسیب دیده در سیل مازندران ۱۳۹۴

- **آتش سوزی‌های گسترده (جنگلی، شهری)**: آتش‌سوزی‌های گسترده در جنگل‌ها یا مناطق شهری می‌توانند باعث تخریب کامل یا جزئی ساختمان‌ها، وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها و از بین رفتن پوشش گیاهی شوند. بقایای باقی‌مانده شامل چوب و فلز سوخته، خاکستر، بقایای وسایل نقلیه و پسماندهای خطرناکی مانند آزبست و مواد شیمیایی حاصل از سوختن تجهیزات است. در این حوادث، به‌ویژه در مناطق مسکونی، صنعتی یا کشاورزی، ترکیبی از زباله‌های سوخته، نیم‌سوخته و مواد شیمیایی خطرناک در محیط باقی می‌ماند که می‌تواند به تولید خاکسترهای سمی، گازهای مضر و رسوبات حاوی فلزات سنگین منجر شود. همچنین نشت یا واکنش شیمیایی حلال‌ها، کودها، آفت‌کش‌ها و سایر مواد قابل اشتعال ممکن است سلامت ساکنان و امدادگران را تهدید کرده و موجب آلودگی خاک، هوا و منابع آب شود. بنابراین در عملیات پاک‌سازی پس از آتش‌سوزی، شناسایی دقیق باقی‌مانده‌های خطرناک و مدیریت ایمن خاکسترها و زباله‌های شیمیایی ضروری است تا از گسترش آلودگی زیست‌محیطی و تهدیدات بهداشتی جلوگیری شود.

شکل ۳-۳: تصویری از ساختمان فروریخته پلاسکو در تهران پس از آتش سوزی ۱۳۹۵

- **طوفان گرد و غبار**: طوفان‌های گرد و غبار با بادهای شدید، حجم زیادی از ذرات خاک و شن را جابه‌جا کرده و موجب کاهش دید، آسیب به ساختمان‌های سبک و تجهیزات می‌شوند. آوار این پدیده معمولاً به‌صورت لایه‌های ضخیم گرد و غبار و ماسه روی معابر، ساختمان‌ها و تجهیزات انباشته می‌شود و رسوبات قابل‌توجهی را در شبکه‌های زهکشی و کانال‌ها برجای می‌گذارد. در طوفان‌های شدیدتر، بادهای پرسرعت می‌توانند سقف‌ها را تخریب، درختان را شکسته و اشیاء سنگین را پرتاب کنند و به زیرساخت‌های شهری آسیب برسانند.

زباله‌های ناشی از طوفان برخلاف زلزله یا سیل در سطح وسیعی پراکنده و ماهیتی ترکیبی دارند که شامل مصالح ساختمانی، شاخه‌های درخت، قطعات فلزی، تجهیزات شکسته و لوازم خانگی آسیب‌دیده است. همچنین در نتیجه تخریب منازل و انبارها، مواد شیمیایی، رنگ‌ها، سوخت‌ها و آفت‌کش‌ها ممکن است در محیط پخش و با سایر زباله‌ها مخلوط شوند. این پراکندگی و اختلاط، شناسایی و تفکیک پسماندهای خطرناک را دشوار کرده و خطراتی برای سلامت عمومی، منابع آبی و محیط‌زیست ایجاد می‌کند. بنابراین، در عملیات پاک‌سازی پس از طوفان، شناسایی، جداسازی و ایمن‌سازی پسماندهای خطرناک در مراحل اولیه ضروری است تا از حوادث ثانویه و آلودگی‌های زیست‌محیطی جلوگیری شود.

- **درگیرهای نظامی (جنگ‌ها)**: درگیری‌های مسلحانه شدید، به‌ویژه با استفاده از تسلیحات سنگین مانند موشک، بمب‌های هوایی و توپخانه، موجب تخریب گسترده و ناگهانی مناطق شهری، صنعتی و زیرساختی می‌شود. آتش‌سوزی‌های ناشی از این حملات اغلب باعث سوختن کامل

ساختمان‌ها و نابودی محتویات داخلی آن‌ها می‌شود که در نتیجه، حجم آوار قابل بازیافت کاهش یافته و بخش عمده پسماندها شامل مصالح بی‌اثر مانند بتن، آجر و سنگ خواهد بود.
یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در این شرایط، وجود مهمات منفجر نشده و بقایای تسلیحات عمل‌نکرده در میان آوار است که تهدیدی جدی برای تیم‌های امدادی، پاک‌سازی و ساکنان محلی محسوب می‌شود. بنابراین، مدیریت پسماندهای ناشی از جنگ نیازمند شناسایی سریع پسماندهای خطرناک، ارزیابی دقیق میدانی و اجرای پروتکل‌های ایمنی ویژه برای ایمن‌سازی منطقه و جلوگیری از حوادث ثانویه است.

شکل ۳-۴:تصویری از ساختمان های آسیب دیده از حمله اسرائیل در تهران ۱۴۰۴

۳– ۳– تاثیر کاربری اراضی بر نوع آوار

نوع و ترکیب آوار ناشی از بلایای طبیعی علاوه بر ماهیت و شدت حادثه، به‌طور مستقیم تابعی از کاربری اراضی و توپوگرافی مناطق آسیب‌دیده است. به‌عنوان نمونه، در مناطق روستایی معمولاً حجم بیشتری از ضایعات گیاهی تولید می‌شود، در حالی که در نواحی شهری و مسکونی، مصالح ساختمانی و ضایعات حاصل از تخریب سازه‌ها سهم بیشتری از آوار را تشکیل می‌دهند. همچنین، مناطق صنعتی ممکن است شامل پسماندهای خاص و مواد خطرناک باشند که مدیریت آن‌ها نیازمند تجهیزات و روش‌های ویژه است.

شناخت دقیق کاربری اراضی به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا نه‌تنها نوع آوار را پیش‌بینی کنند، بلکه شیوه‌های مناسب جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع آن را نیز مشخص نمایند. به‌عنوان بخشی از برنامه‌ریزی، تقسیم‌بندی منطقه به بخش‌های کوچکتر (بر اساس کاربری و شرایط دسترسی) می‌تواند فرآیند پیش‌بینی و مدیریت آوار را ساده‌تر و دقیق‌تر کند. در جدول ۳-۱ مهمترین نوع آوار مخاطرات مختلف بر اساس کاربری اراضی بیان شده است.

جدول ۳-۱: انواع آوار ناشی از مخاطرات مختلف بر اساس کاربری اراضی

نوع مخاطره	شهری / مسکونی	روستایی / کشاورزی	صنعتی	مناطق باز و طبیعی
زلزله	نخاله ساختمانی (آجر، بتن، فلز)، لوازم خانگی، پسماند خطرناک خانگی	نخاله ساختمانی سبک، ضایعات چوبی و گلی	نخاله صنعتی، مواد شیمیایی و خطرناک	لغزش خاک، سنگ‌ریزه، آوار طبیعی
سیل	لوازم خانگی خراب، گل‌ولای، مصالح ساختمانی، زباله شهری	گل‌ولای، بقایای گیاهی و محصولات کشاورزی	پسماند شیمیایی، گل‌ولای آلوده، تجهیزات صنعتی آسیب‌دیده	رسوبات خاکی، گل و ماسه
آتش‌سوزی گسترده	آوار سوخته (چوب، فلز، بتن)، خاکستر، مواد خطرناک ناشی از احتراق	بقایای گیاهی و محصولات کشاورزی سوخته	پسماند صنعتی سوخته، دودزا، مواد شیمیایی سمی	خاکستر گیاهی، بقایای جنگلی
گردوغبار	رسوبات ریزگرد در سطح ساختمان‌ها و خیابان‌ها، زباله خشک سبک	گردوغبار روی محصولات کشاورزی، رسوبات خاکی	گردوغبار آلوده به مواد صنعتی	رسوبات ریزگرد در سطح زمین‌های باز
آوار جنگی	نخاله ساختمانی تخریب‌شده، آوار ناشی از انفجار، مهمات منفجر نشده، پسماند خطرناک شیمیایی	تخریب خانه‌ها و مزارع، بقایای تجهیزات و وسایل کشاورزی	تخریب تأسیسات صنعتی، مواد شیمیایی خطرناک، سوخت و بقایای نظامی	زمین‌های آلوده به مهمات، گودال‌های انفجار، آوار پراکنده

۳- ۴- روش های برآورد حجم آوار برای مدیریت بلایا

برآورد مناسب حجم آوار یکی از گام‌های اساسی در برنامه‌ریزی مدیریت آوار ناشی از بلایای طبیعی است. این برآورد نه‌تنها امکان تعیین منابع و تجهیزات موردنیاز برای جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع آوار را فراهم می‌کند، بلکه در انتخاب مکان‌های موقت دپوی آوار، طراحی مسیرهای حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی بازیافت و دفع نهایی نیز نقش کلیدی دارد.

در استانداردها و مطالعات بین‌المللی، به‌ویژه دستورالعمل‌های سازمان‌هایی مانند FEMA و پژوهش‌های شاخص در حوزه مدیریت بحران، روش‌های متعددی برای تخمین حجم آوار ارائه شده است. این روش‌ها با توجه به نوع بلایا، شرایط محیطی و کاربری اراضی متفاوت بوده و بیشتر شامل رویکردهای تجربی می‌باشند. بیشتر این روش‌ها از الگوریتمی منطقی و چهار مرحله‌ای (مطابق شکل ۳-۵) برای برآورد حجم آوار استفاده می‌کنند. در این فرآیند: در گام نخست نوع مخاطره و پارامترهای مرتبط تعریف می‌شود، در گام دوم شدت مخاطره بر اساس سناریوهای محتمل و پارامترهای فنی برآورد می‌گردد، در گام سوم سطح خرابی ساختمان‌ها در منطقه با استفاده از تحلیل‌های مناسب تعیین می‌شود و نهایتاً در گام چهارم حجم آوار ناشی از میزان تخریب محاسبه خواهد شد. این روش قابلیت استفاده در هر دو حالت پیش‌بینی قبل از وقوع حادثه و برآورد پس از وقوع حادثه را دارد.

شکل ۳-۵: الگوریتم چهارمرحله‌ای تخمین حجم آوار ناشی از بلایای طبیعی

در ادامه، چند مدل شاخص برای برآورد حجم آوار ساختمانی به عنوان مهمترین المان شهری که در استانداردها و مطالعات معرفی شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳-۴-۱- برآورد حجم آوار ساختمانی بر اساس استاندارد FEMA-325

در دستورالعمل FEMA 325 روشی تجربی و ساده برای تخمین حجم آوار ناشی از تخریب کامل ساختمان‌های مسکونی تک‌خانواری ارائه شده است. این روش عمدتاً برای برنامه‌ریزی عملیات مدیریت آوار پس از وقوع حوادثی نظیر زلزله، سیل یا طوفان کاربرد دارد. برای محاسبه حجم آوار تولیدشده از تخریب کامل یک ساختمان تک‌خانواری[1]، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Deris\ Volume(cy) = L \times W \times S \times 0.2 \times VCM$$ معادله ۳-۱

L: طول ساختمان (فوت)

W: عرض ساختمان (فوت)

S: تعداد طبقات

۰/۲: ضریب ثابت برای تبدیل حجم ساختمان به آوار

VCM: ضریب پوشش گیاهی[2] است که مقدار آن برای مناطق نوساز با پوشش گیاهی کم برابر ۱/۱، برای مناطق با باز و پوشش گیاهی متوسط ۱/۳ و برای مناطق جنگلی برابر ۱/۵ در نظر گرفته می‌شود.

برای سایر ساختمان‌ها و انبارها نیز حجم آوار با استفاده از رابطه زیر تخمین زده می‌شود:

$$Deris\ Volume(cy) = \frac{L \times W \times H \times 0.33}{27}$$ معادله ۳-۲

در این رابطه، L طول ساختمان، W عرض ساختمان، H ارتفاع ساختمان است ضریب ۰/۳۳ برای فضای خالی ساختمان در نظر گرفته شده است. همچنین، ضریب ۲۷ برای تبدیل واحد از حجم فوت به حجم یارد است.

همچنین، حجم آوار ناشی از لوازم و اثاثیه یک واحد ساختمانی دارای زیرزمین حدود ۴۵ تا ۵۰ یارد مکعب و برای ساختمان بدون زیرزمین حدود ۲۵ تا ۳۰ یارد مکعب برآورد شده است.

۳-۴-۲- برآورد حجم آوار بر اساس دستورالعمل HAZUS

برخلاف روش قبلی که بر تخمین حجم آوار متمرکز بود، در روش پیشنهادی HAZUS وزن آوار ساختمان‌ها برآورد می‌شود. در این دستورالعمل، آوار به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌گردد:

[1] Single-family home
[2] Vegetation Cover Multiplier

- آوار درشت[1]: شامل اعضای سازه‌ای اصلی مانند تیرها و ستون‌های فولادی یا بتن‌آرمه که برای حمل‌ونقل نیاز به برش یا خردکردن دارند.
- آوار ریز[2]: شامل اجزای غیرسازه‌ای مانند آجر، چوب و سایر مصالح سبک‌تر که به‌صورت قطعات کوچک‌تر جدا می‌شوند.

درصد آوار مورد انتظار برای هر یک از این دو نوع بر اساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$EDF_{S/NS}(i,k) = \sum_j [\, P_{S/NS}\,(\mathrm{j,k})\; DF_{S/NS}\,(\mathrm{i,j,k})]$$ معادله ۳-۳

در رابطه فوق تعریف هر یک از پارامترها بصورت زیر می‌باشد:

- $EDF_{N/NS}$: درصد آوار تولیدشده برای نوع آوار i در ساختمان تیپ k ، به‌دلیل خرابی اجزای سازه‌ای (S) یا غیرسازه‌ای(NS)
- $P_{S/NS}$: احتمال وقوع سطح خرابی j برای اجزای سازه‌ای یا غیرسازه‌ای ساختمان تیپ k
- $DF_{S/NS}$: درصد آوار نوع i در ساختمان تیپ k ناشی از خرابی سازه‌ای یا غیرسازه‌ای در سطح خرابی j

همان‌طور که در رابطه‌ی فوق مشاهده می‌شود، نخستین گام در محاسبه‌ی وزن آوار، تعیین وضعیت کلی اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای است. این عامل بر اساس میزان پارامترهای حرکتی زمین و روابط شکنندگی مشخص می‌گردد. پس از تخمین وضعیت سازه (سطح خرابی)، درصدی از اجزای سازه که به آوار تبدیل می‌شود تعیین می‌گردد. این مقادیر به‌صورت تجربی برای اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای در دستورالعمل HAZUS ارائه شده است. در جداول زیر، ضرایب مربوط به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای برای سطوح خرابی مختلف، تیپ‌های گوناگون سازه‌ای و انواع آوار نشان داده شده است.

[1] Large Debris
[2] Small Debris

جدول ۳-۲: درصد آوار تولید شده اجزای سازه ای (یا نوع اول آوار) برای سطوح خرابی مختلف و تیپ های مختلف سازه ای

ردیف	نوع سازه	سطح خرابی اجزای سازه‌ای			سطح خرابی اجزای غیر سازه‌ای		
		جزئی	متوسط	گسترده	تخریب کامل	جزئی	متوسط	گسترده	تخریب کامل
۱	ساختمان چوبی یک‌طبقه	۰	۵	۳۴	۱۰۰	۲	۸	۳۵	۱۰۰
۲	ساختمان چوبی چندطبقه	۰	۶	۳۳	۱۰۰	۲	۱۰	۴۰	۱۰۰
۳	قاب خمشی فولادی (ارتفاع کم)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۴	قاب خمشی فولادی (ارتفاع متوسط)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۵	قاب خمشی فولادی (ارتفاع زیاد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۶	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع کم)	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۷	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع متوسط)	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۸	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع زیاد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۹	قاب فولادی با مهاربند خارج از محور	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۱۰	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع کم)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۱	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع متوسط)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۲	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع زیاد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۳	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع کم)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۴	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع متوسط)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۵	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع زیاد)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۶	قاب بتنی خمشی (ارتفاع کم)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۷	قاب بتنی خمشی (ارتفاع متوسط)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۸	قاب بتنی خمشی (ارتفاع زیاد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۱۹	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع کم)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۰	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع متوسط)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۱	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع زیاد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۲	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع کم)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۳	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع متوسط)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۴	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع زیاد)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۵	سازه‌های بتنی با سیستم صفحه‌ای	۰	۶	۳۲	۱۰۰	۲	۱۱	۴۲	۱۰۰
۲۶	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع کم)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۷	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع متوسط)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۸	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع زیاد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۲۹	ساختمان بنایی دیوارهای باربر (ارتفاع کم)	۴	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲	۱۰	۴۰	۱۰۰
۳۰	ساختمان بنایی دیوارهای باربر (ارتفاع متوسط)	۴	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲	۱۰	۴۰	۱۰۰
۳۱	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع کم)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۳۲	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع متوسط)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۳۳	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع زیاد)	۵	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱	۷	۳۵	۱۰۰
۳۴	ساختمان بنایی غیرمسلح (ارتفاع کم)	۵	۲۵	۵۵	۱۰۰	۲	۱۲	۴۵	۱۰۰
۳۵	ساختمان بنایی غیرمسلح (ارتفاع متوسط)	۵	۲۵	۵۵	۱۰۰	۲	۱۲	۴۵	۱۰۰
۳۶	ساختمان‌های موقت و سبک	۰	۵	۳۳	۱۰۰	۲	۸	۳۵	۱۰۰

جدول ۳-۳: درصد آوار تولید شده اجزای غیر سازه ای (یا نوع دوم آوار) برای سطوح خرابی مختلف و تیپ های مختلف سازه ای

ردیف	نوع سازه	سطح خرابی اجزای سازه‌ای				سطح خرابی اجزای غیر سازه‌ای			
		جزئی	متوسط	گسترده	تخریب کامل	جزئی	متوسط	گسترده	تخریب کامل
۱	ساختمان چوبی یک‌طبقه	۰	۳	۲۷	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۲	ساختمان چوبی چندطبقه	۰	۲	۲۵	۱۰۰	۰	۱۰	۲۸	۱۰۰
۳	قاب خمشی فولادی (ارتفاع کم)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۴	قاب خمشی فولادی (ارتفاع متوسط)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۵	قاب خمشی فولادی (ارتفاع زیاد)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۶	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع کم)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۷	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع متوسط)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۸	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع زیاد)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۹	قاب فولادی با مهاربند خارج از محور	۰	۵	۳۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۰	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع کم)	۲	۱۰	۴۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۱	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع متوسط)	۲	۱۰	۴۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۲	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع زیاد)	۲	۱۰	۴۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۳	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع کم)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۴	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع متوسط)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۵	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع زیاد)	۰	۴	۳۰	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۱۶	قاب بتنی خمشی (ارتفاع کم)	۰	۵	۳۳	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۱۷	قاب بتنی خمشی (ارتفاع متوسط)	۰	۵	۳۳	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۱۸	قاب بتنی خمشی (ارتفاع زیاد)	۰	۵	۳۳	۱۰۰	۰	۸	۲۸	۱۰۰
۱۹	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع کم)	۱	۸	۳۵	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۰	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع متوسط)	۱	۸	۳۵	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۱	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع زیاد)	۱	۸	۳۵	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۲	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع کم)	۰	۴	۳۲	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۳	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع متوسط)	۰	۴	۳۲	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۴	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع زیاد)	۰	۴	۳۲	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۵	سازه‌های بتنی با سیستم صفحه‌ای	۲	۱۰	۳۵	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۲۶	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع کم)	۲	۷	۳۵	۱۰۰	۰	۹	۳۰	۱۰۰
۲۷	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع متوسط)	۲	۷	۳۵	۱۰۰	۰	۹	۳۰	۱۰۰
۲۸	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع زیاد)	۲	۷	۳۵	۱۰۰	۰	۹	۳۰	۱۰۰
۲۹	ساختمان بنایی دیوارهای باربر (ارتفاع کم)	۰	۳	۲۵	۱۰۰	۰	۱۰	۳۰	۱۰۰
۳۰	ساختمان بنایی دیوارهای باربر (ارتفاع متوسط)	۰	۳	۲۶	۱۰۰	۰	۱۰	۳۱	۱۰۰
۳۱	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع کم)	۰	۳	۳۱	۱۰۰	۰	۹	۳۰	۱۰۰
۳۲	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع متوسط)	۰	۳	۳۱	۱۰۰	۰	۹	۳۰	۱۰۰
۳۳	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع زیاد)	۰	۳	۳۱	۱۰۰	۰	۹	۳۰	۱۰۰
۳۴	ساختمان بنایی غیرمسلح (ارتفاع کم)	۰	۲	۲۵	۱۰۰	۰	۱۰	۲۹	۱۰۰
۳۵	ساختمان بنایی غیرمسلح (ارتفاع متوسط)	۰	۲	۲۵	۱۰۰	۰	۱۰	۲۹	۱۰۰
۳۶	ساختمان‌های موقت و سبک	۰	۳	۲۷	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰

رابطه فوق، درصد مورد انتظار آوار نوع i را که در اثر خرابی اجزای سازه‌ای یا غیرسازه‌ای در ساختمان تیپ k تولید می‌شود، نشان می‌دهد. برای تبدیل این درصد به وزن آوار، کافی است مساحت هر ساختمان برحسب SQ(k) مترمربع و وزن مخصوص آوار نوع i از ساختمان مشخص گردد. در نهایت، وزن کل آوار با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$DB(i) = \sum_k [\, EDF_S(\mathrm{i,k}) \times W_S(\mathrm{i,k}) \; + \; EDF_{NS}(\mathrm{i,k}) \times W_{NS}(\mathrm{i,k})] \times \mathrm{SQ(k)}$$ معادله ۳-۴

در رابطه فوق تعریف هر یک از پارامترها بصورت زیر می‌باشد:

- W: وزن آوار نوع i برای اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان نوع k
- SQ(k): مساحت کل ساختمان نوع k
- DB(i): وزن آوار نوع i بر حسب کیلوگرم مترمربع

در HAZUS، وزن پیشنهادی برای هر یک از تیپ‌های ساختمانی به‌صورت زیر ارائه شده است.

جدول ۳-۴: وزن پیشنهادی برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای تیپ‌های مختلف ساختمانی بر اساس دستورالعمل HAZUS

ردیف	نوع سازه	آجر، چوب و سایر		بتن مسلح و فولاد	
		سازه‌ای	غیر سازه‌ای	سازه‌ای	غیر سازه‌ای
۱	ساختمان چوبی یک‌طبقه	۶۵	۱۲۱	۱۵۰	۰
۲	ساختمان چوبی چندطبقه	۴۰	۸۱	۱۵۰	۱۰
۳	قاب خمشی فولادی (ارتفاع کم)	۰	۵۳	۴۴۰	۵۰
۴	قاب خمشی فولادی (ارتفاع متوسط)	۰	۵۳	۴۴۰	۵۰
۵	قاب خمشی فولادی (ارتفاع زیاد)	۰	۵۳	۴۴۰	۵۰
۶	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع کم)	۰	۵۳	۴۴۰	۵۰
۷	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع متوسط)	۰	۵۳	۴۴۰	۵۰
۸	قاب فولادی با مهاربند هم‌محور (ارتفاع زیاد)	۰	۵۳	۴۴۰	۵۰
۹	قاب فولادی با مهاربند خارج از محور	۰	۰	۶۷۰	۱۵
۱۰	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع کم)	۰	۵۳	۶۵۰	۴۰
۱۱	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع متوسط)	۰	۵۳	۶۵۰	۴۰
۱۲	قاب فولادی با دیوار برشی (ارتفاع زیاد)	۰	۵۳	۶۵۰	۴۰
۱۳	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع کم)	۲۰۰	۵۳	۴۵۰	۴۰
۱۴	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع متوسط)	۲۰۰	۵۳	۴۵۰	۴۰
۱۵	سازه‌های فولادی سبک (ارتفاع زیاد)	۲۰۰	۵۳	۴۵۰	۴۰
۱۶	قاب بتنی خمشی (ارتفاع کم)	۰	۵۳	۹۸۰	۴۰
۱۷	قاب بتنی خمشی (ارتفاع متوسط)	۰	۵۳	۹۸۰	۴۰
۱۸	قاب بتنی خمشی (ارتفاع زیاد)	۰	۵۳	۹۸۰	۴۰
۱۹	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع کم)	۰	۵۳	۱۱۲۰	۴۰
۲۰	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع متوسط)	۰	۵۳	۱۱۲۰	۴۰
۲۱	قاب بتنی با دیوار برشی (ارتفاع زیاد)	۰	۵۳	۱۱۲۰	۴۰
۲۲	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع کم)	۲۰۰	۵۳	۹۰۰	۴۰
۲۳	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع متوسط)	۲۰۰	۵۳	۹۰۰	۴۰
۲۴	سازه بتنی پیش‌ساخته (ارتفاع زیاد)	۲۰۰	۵۳	۹۰۰	۴۰
۲۵	سازه‌های بتنی با سیستم صفحه‌ای	۵۵	۵۳	۴۰۰	۱۵
۲۶	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع کم)	۰	۵۳	۱۰۰۰	۴۰
۲۷	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع متوسط)	۰	۵۳	۱۰۰۰	۴۰
۲۸	سیستم‌های بتنی پیش‌تنیده (ارتفاع زیاد)	۰	۵۳	۱۰۰۰	۴۰
۲۹	ساختمان بنایی دیوارهای باربر (ارتفاع کم)	۱۷۵	۵۳	۲۸۰	۴۰
۳۰	ساختمان بنایی دیوارهای باربر (ارتفاع متوسط)	۱۷۵	۵۳	۲۸۰	۴۰
۳۱	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع کم)	۱۷۵	۵۳	۷۸۰	۴۰
۳۲	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع متوسط)	۲۴۵	۵۳	۷۸۰	۴۰
۳۳	ساختمان بنایی قاب پیرامونی (ارتفاع زیاد)	۲۴۵	۵۳	۷۸۰	۴۰
۳۴	ساختمان بنایی غیرمسلح (ارتفاع کم)	۳۵۰	۱۰۵	۴۱۰	۴۰
۳۵	ساختمان بنایی غیرمسلح (ارتفاع متوسط)	۳۵۰	۱۰۵	۴۱۰	۴۰
۳۶	ساختمان‌های موقت و سبک	۱۰۰	۱۸۰	۲۲۰	۰

۳-۴-۳- برآورد وزن آوار بر اساس مطالعه JICA

در مطالعه جایکا (۲۰۰۰)، به‌منظور برآورد حجم آوار ناشی از زلزله از رابطه زیر استفاده شده است.

$$Debris\ (ton) = Collapse\ floor\ area(m^2) \times 0.75(\frac{ton}{m^2})$$ معادله ۳-۵

بر اساس این مدل، جایکا فرض کرده است که به‌طور متوسط، ۷۵۰ کیلوگرم مترمربع در اثر تخریب یک متر مربع از زیربنای یک ساختمان تخریب‌شده به آوار تبدیل می‌شود. این ضریب به‌عنوان یک مقدار تجربی، شامل اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان بوده و امکان تخمین سریع وزن آوار را برای برنامه‌ریزی عملیات مدیریت بحران فراهم می‌سازد.

۳-۴-۵- سایر روش های نوین برآورد حجم آوار

علاوه بر روش‌های متداول تجربی، در ادبیات فنی روش‌های نوین‌تری مانند سنجش از دور[1] نیز معرفی شده‌اند که می‌توانند در تخمین حجم آوار ناشی از بلایا مورد استفاده قرار گیرند. این روش‌ها با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و فناوری‌های مرتبط با GIS امکان برآورد سریع، گسترده و نسبتاً دقیق حجم و پراکندگی آوار را حتی در شرایط محدودیت دسترسی میدانی فراهم می‌کنند.

به‌کارگیری این فناوری‌ها، به‌ویژه در مراحل اولیه پس از وقوع حادثه، می‌تواند به تصمیم‌گیری سریع‌تر در مدیریت آوار و برنامه‌ریزی عملیات پاک‌سازی کمک کند.

۳- ۵- جمع بندی

در این فصل به موضوع برآورد حجم آوار به‌عنوان یکی از ارکان اساسی در مدیریت آوار پس از وقوع بلایای طبیعی پرداخته شد. برآورد مناسب نوع و حجم آوار تولیدی، پارامتری کلیدی برای برنامه‌ریزان و مدیران بحران است تا بتوانند منابع موردنیاز، تجهیزات عملیاتی، مکان‌های موقت ذخیره‌سازی، و راهبردهای بازیافت و دفع نهایی را به‌صورت بهینه طراحی و اجرا کنند.

بلایای طبیعی همچون زلزله، سیل، آتش‌سوزی‌های گسترده، طوفان‌های گردوغبار، درگیرهای مسلحانه هر یک ترکیب‌های متفاوتی از آوار را به‌جا می‌گذارند که مقدار و ویژگی‌های آن به عواملی مانند شدت حادثه، کاربری اراضی، شرایط توپوگرافی و ویژگی‌های زیرساختی بستگی دارد. برای نمونه، زلزله عمدتاً منجر به تولید نخاله‌های ساختمانی و پسماندهای خطرناک می‌شود، در حالی که سیلاب بیشتر گل‌ولای،

[1] Remote Sensing

رسوبات و ضایعات شیمیایی برجای می‌گذارد. شناخت این تفاوت‌ها برای انتخاب روش مناسب برآورد حجم آوار اهمیت فراوانی دارد.

مرور دستورالعمل‌ها و مطالعات موجود نشان می‌دهد که اغلب استانداردهای بین‌المللی از الگوریتمی چهارمرحله‌ای برای برآورد حجم آوار استفاده می‌کنند:

- تعریف نوع مخاطره و پارامترهای مرتبط
- برآورد شدت مخاطره
- تعیین سطح خرابی ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها
- محاسبه حجم آوار

در این فصل مروری بر روش‌های موجود در استانداردهای FEMA 325، HAZUS و مطالعه جایکا (۲۰۰۰) در برآورد حجم آوار ارایه گردید. مهمترین شاخصه‌های هر یک از این روش‌ها در جدول زیر بیان شده است. همانطور که مشخص است، دستورالعمل HAZUS به دلیل توانایی در تفکیک حجم آوار ناشی از اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، نسبت به سایر روش‌ها جامعیت و دقت بیشتری دارد.

جدول ۳-۵: مقایسه روش های برآورد حجم آوار در استانداردهای مختلف

روش محاسبه	حجم آوار	وزن آوار	برآورد آوار به تفکیک اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای
دستورالعمل FEMA325	✓	-	-
HAZUS	-	✓	✓
مطالعه جایکا	-	✓	-

در نهایت، باید توجه داشت که برای دستیابی به برآورد دقیق‌تر حجم آوار، لازم است نوع سازه، شدت و الگوی خرابی و ترکیب مصالح به‌طور کامل مدل‌سازی شوند. همچنین بهره‌گیری هم‌زمان از مدل‌های استاندارد (مانند FEMA-325 و HAZUS) در کنار تحلیل‌های مکانی مبتنی بر سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های به‌روز کاربری اراضی، می‌تواند برآوردی واقع‌بینانه‌تر از حجم آوار ارائه داده و مدیریت آوار را در مراحل پاسخ اضطراری و بازسازی مناطق آسیب‌دیده به شکل مؤثرتری پشتیبانی نماید.

فصل چهارم:

شناسایی، طبقه‌بندی و تفکیک مواد خطرناک و نحوه‌ی مدیریت و امحای آن

۴- شناسایی، طبقه بندی و تفکیک مواد خطرناک و نحوه ی مدیریت و امحای آن

۴-۱- مقدمه

مدیریت آوار پس از وقوع بلایای طبیعی و حوادث انسان‌ساخت، یکی از مهم‌ترین مراحل در بازسازی و بازگشت سریع به شرایط عادی است. در این میان، وجود مواد خطرناک در میان آوار و پسماندهای ناشی از تخریب ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و تأسیسات صنعتی می‌تواند چالش‌های جدی برای سلامت عمومی، ایمنی نیروهای امدادی و محیط‌زیست ایجاد کند.

تجربه حوادث گذشته نشان داده است که در بسیاری از مواقع، نبود شناسایی دقیق و به‌موقع این مواد منجر به حوادث ثانویه‌ای مانند آتش‌سوزی، انفجار، نشت مواد سمی در آب و خاک، و انتشار آلودگی‌های هوابرد شده است. برای مثال، در زمین‌لرزه‌های شهری، تخریب کارخانجات، بیمارستان‌ها یا انبارهای مواد شیمیایی می‌تواند موجب آزاد شدن موادی شود که در صورت عدم مدیریت صحیح، خسارات بلندمدت و جبران‌ناپذیری بر سلامت ساکنان و منابع طبیعی بر جای می‌گذارد.

این فصل با هدف ارتقای ایمنی عمومی و حفاظت از محیط‌زیست تدوین شده و راهکارهایی برای شناسایی، ارزیابی و مدیریت مواد خطرناک در میان آوار ارائه می‌دهد. اجرای صحیح این راهکارها علاوه بر کاهش خطرات فوری، از بروز مشکلات ثانویه و هزینه‌های بلندمدت ناشی از آلودگی محیطی جلوگیری می‌کند و امکان بازیافت و استفاده مجدد از مصالح سالم را نیز فراهم می‌آورد.

۴-۲- تعریف مواد خطرناک

پسماندهای ناشی از بلایا می‌توانند تهدیدی جدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست باشند. برای آنکه یک پسماند به‌عنوان «خطرناک» شناخته شود، سه شرط باید به‌طور هم‌زمان برقرار باشد (۱) ماهیت آن ذاتاً خطرناک باشد، (۲) مسیر بالقوه‌ای برای انتقال آلودگی به یک گیرنده (مانند انسان، منابع آب یا خاک) وجود داشته باشد و (۳) گیرنده نسبت به ترکیب و ویژگی‌های آن پسماند آسیب‌پذیری نشان دهد. در صورتی که این سه عامل هم‌زمان وجود داشته باشند، اثرات منفی قابل‌توجهی بر سلامت عمومی و محیط‌زیست به‌جا خواهد ماند.

شناخت این رابطه، مبنای اصلی شناسایی و اولویت‌بندی مدیریت پسماندها در مرحله پس از وقوع بلایا محسوب می‌شود. چنین رویکردی به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا تشخیص دهند کدام نوع پسماند باید در مراحل اولیه پاک‌سازی و مدیریت شود. با این حال، در شرایط بحرانی پس از فاجعه، حتی

پسماندهایی که ذاتاً خطرناک نیستند، ممکن است به دلیل انسداد مسیرهای دسترسی و ایجاد مانع در عملیات امداد و نجات، نیاز به جابه‌جایی یا حذف فوری داشته باشند.

به‌طور کلی، شناسایی خطرات ناشی از پسماندها پیش‌نیاز کلیدی برای مدیریت صحیح آن‌هاست. بر همین اساس، در این فصل به شناسایی آوارهای خطرناک پرداخته شده و راهکارهایی عملی برای مدیریت و امحای آن‌ها ارائه می‌شود. جدول ۴-۱ نیز انواع خطرات پسماندهای ناشی از بلایا و تأثیرات آن‌ها را نشان می‌دهد و مبنایی برای انتخاب روش‌های مناسب مدیریت فراهم می‌کند که در ادامه به تفصیل در مورد آن بحث شده است.

جدول ۴-۱: انواع خطرات ناشی از پسماندهای بلایا و تأثیرات آنها

دسته خطر	نوع خطر/عامل	پیامد
شیمیایی	تماس مستقیم با روغن‌ها، اسیدها	سوختگی یا آسیب پوستی و چشمی
	مواجهه با آفت‌کش‌ها	مسمومیت‌های حاد یا مزمن
	استنشاق محصولات احتراق ناقص (دی‌اکسین، فلزات سنگین)	مشکلات تنفسی و سرطان‌زا
	الیاف آزبست	بیماری‌های ریوی (سرطان)
	بلع شیرابه آلوده (فلزات سنگین)	آلودگی آب و خطرات بهداشتی
	بوی ناشی از تجزیه مواد شیمیایی	اختلالات تنفسی و ناراحتی عمومی
بیولوژیکی	تماس با مدفوع و مایعات بدن	انتقال بیماری‌های انگلی و ویروسی
	زباله‌های پزشکی / بیمارستانی	خطرات عفونت و انتقال پاتوژن‌ها
	جوندگان (موش‌ها)	هانتاویروس، لپتوسپیروز، طاعون
	پشه‌ها	مالاریا، تب دنگی
	مگس‌ها	عفونت‌های باکتریایی
	حشرات و پرندگان جذب‌شده به زباله‌ها	گسترش بیماری و آلودگی محیط
فیزیکی	ریزش توده‌های زباله	مدفون شدن افراد یا انسداد مسیرها
	اجسام تیز در زباله‌ها	بریدگی‌ها، جراحات و خطرات بهداشتی
	مهمات منفجرنشده	خطر انفجار و تلفات انسانی
	آتش‌سوزی‌های کنترل‌نشده	گسترش حریق و تولید گازهای سمی
	تصادفات وسایل نقلیه جمع‌آوری زباله	آسیب‌های جسمی و ترافیکی
زیست محیطی	آلودگی خاک با مواد شیمیایی و میکروبی	کاهش کیفیت خاک و تهدید کشاورزی
	شیرابه آلوده‌کننده آب‌ها	تخریب منابع آب سطحی و زیرزمینی
	گاز محل دفن زباله (متان)	خطرات تنفسی و انفجار
	هجوم جوندگان و حشرات	تخریب تعادل اکوسیستم

۴- ۳- شناسایی مواد خطرناک

شناسایی و پایش مواد خطرناک موجود در آوار، بخش کلیدی در مدیریت ایمن و مؤثر پس از وقوع بلایا محسوب می‌شود. هدف از این مرحله، تشخیص سریع نوع و میزان خطرات پیش از آغاز عملیات جمع‌آوری، تفکیک و امحای آوار است تا از وقوع حوادث ثانویه و آسیب به نیروهای امدادی و محیط‌زیست جلوگیری شود.

۴-۳-۱- ارزیابی اولیه میدانی

در ساعات و روزهای اولیه پس از حادثه، تیم‌های ارزیابی با استفاده از مشاهدات مستقیم و اطلاعات محلی، نقاطی را که احتمال وجود مواد خطرناک در آنها بیشتر است (مانند کارخانجات شیمیایی، بیمارستان‌ها، نیروگاه‌ها و انبارهای صنعتی) شناسایی می‌کنند. این ارزیابی می‌تواند شامل:

- مشاهده علائم ظاهری نشت یا انتشار مواد (بوی غیرمعمول، تغییر رنگ خاک یا آب، دودهای رنگی)
- بررسی برچسب‌ها و علائم هشدار موجود روی ظروف یا مخازن
- استفاده از نقشه‌های زیرساختی و داده‌های پیشین برای تعیین محل ذخیره‌سازی مواد خطرناک

۴-۳-۲- نمونه‌برداری و آزمایشگاه

در صورتی که احتمال وجود مواد شیمیایی، بیولوژیکی یا رادیولوژیکی مطرح باشد، نمونه‌برداری دقیق از خاک، آب، هوا و آوار انجام می‌شود. این نمونه‌ها در آزمایشگاه‌های تخصصی برای تعیین نوع و غلظت مواد مورد آنالیز قرار می‌گیرند. این اقدام به مدیریت دقیق‌تر، تعیین اولویت‌های پاک‌سازی و انتخاب روش مناسب امحا کمک می‌کند.

۴-۳-۳- استفاده از تجهیزات و ابزارهای سنجش

ابزارهای قابل حمل و سریع می‌توانند به تیم‌های امدادی و پاک‌سازی در تشخیص فوری خطرات کمک کنند:

- دتکتورهای گاز و بخارات سمی (مانندVOC meters ، H2S detectors)
- دستگاه‌های تشخیص مواد رادیواکتیو (رادیومترها و دوزیمترها)
- سنسورهای بیولوژیکی برای شناسایی عوامل میکروبی و پاتوژن‌ها

- پهپادهای مجهز به حسگر برای بررسی مناطق وسیع بدون نیاز به ورود افراد به مناطق پرخطر

۴-۳-۴- پایش مداوم در طول عملیات

شناسایی مواد خطرناک محدود به مرحله آغازین نیست؛ در حین عملیات تخلیه و جابجایی آوار نیز لازم است پایش مستمر انجام گیرد تا در صورت انتشار ناگهانی گاز یا مواد سمی، اقدامات حفاظتی و اضطراری به‌موقع اجرا شود. پایش مداوم شامل استفاده از ایستگاه‌های سنجش هوا، کنترل کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، و بررسی دوره‌ای محل دپوهای موقت و دائمی است.

۴-۳-۵- ثبت و گزارش‌دهی سیستماتیک

تمامی اطلاعات مربوط به شناسایی مواد خطرناک باید در قالب گزارش‌های استاندارد ثبت شود. این اطلاعات نه‌تنها به تصمیم‌گیری سریع در بحران کمک می‌کند، بلکه برای برنامه‌ریزی بلندمدت بازسازی و بازتوانی محیطی نیز ضروری است.

۴- ۴- مدیریت پسماندهای خطرناک

مدیریت پسماندهای خطرناک شامل مجموعه‌ای از اقدامات و فرآیندهای مرتبط با شناسایی، دسته‌بندی، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، تصفیه می‌باشد. دفع این نوع پسماندها خطرناک با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی و پیشگیری از خطرات بهداشتی انجام می‌شود. در شرایط بحران، این فرآیندها به‌صورت گام‌های مشخصی سازمان‌دهی می‌شود که در ادامه به تفصیل شرح داده شده است.

۴-۴-۱- شناسایی ، تفکیک و دسته بندی پسماندهای خطرناک در مدیریت آوار

نخستین گام در مدیریت ایمن پسماندهای خطرناک، شناسایی، تفکیک و دسته‌بندی پسماندها است که باید توسط نیروهای متخصص و آموزش‌دیده انجام شود. فرایند شناسایی شامل تعیین وجود، نوع، موقعیت مکانی و میزان این پسماندها در میان آوار و سایر زباله‌های ناشی از بحران است. این فرایند باید بر پایه‌ی بررسی‌های میدانی دقیق برای شناسایی مواد مشکوک یا پرخطر، تحلیل‌های فنی همراه با بهره‌گیری از سامانه‌های GIS، استفاده از نشانه‌های هشداردهنده و داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط تیم‌های امدادی، و همچنین اطلاعات موجود در صنایع، بیمارستان‌ها و پایگاه‌های داده محلی انجام گیرد. از سوی دیگر، شاخص‌های اصلی برای شناسایی پسماندهای خطرناک شامل سمیت، قابلیت انفجار، قابلیت اشتعال، خاصیت محرک یا خورندگی، عفونت‌زایی و بیماری‌زایی، و سمیت زیستی هستند که در ارزیابی‌های اولیه باید به‌طور کامل مورد توجه قرار گیرند.

در استانداردها و چارچوب‌های بین‌المللی پسماندهای خطرناک در ۹ گروه خطر اصلی بر اساس ماهیت خطر (نظیر سمیت، قابلیت انفجار یا اشتعال) دسته‌بندی می‌شوند. در جدول ۴-۲ نمای کلی این دسته‌بندی ارائه شده است.

جدول ۴-۲: گروه بندی پسماندهای خطرناک به همراه ویژگیهای آن ها

ردیف	کلاس خطر	توضیحات	نمونه‌ها و ملاحظات ایمنی
۱	مواد منفجره	موادی که از طریق واکنش شیمیایی سریع، فشار و گرمای زیادی آزاد می‌کنند.	دینامیت، TNT، مهمات استفاده‌نشده، مین‌ها و گلوله‌ها. شناسایی و ایزوله‌سازی باید توسط تیم‌های خنثی‌سازی انجام شود.
۲	گازها	مواد گازی فشرده یا مایع‌شده با ویژگی‌های اشتعال‌پذیری یا سمیت.	گازهای قابل اشتعال(LPG) ، گازهای غیرقابل اشتعال و غیرسمی (نیتروژن(، گازهای سمی (کلر، آمونیاک). در اثر زلزله یا انفجار ممکن است کپسول‌ها نشت کنند.
۳	مایعات قابل اشتعال	مایعاتی که در دمای پایین به‌سرعت آتش می‌گیرند.	بنزین، الکل‌ها، رنگ‌ها، تینر. معمولاً در آوار منازل و کارگاه‌ها یافت می‌شوند. دوری از منابع حرارت و جرقه ضروری است.
۴	جامدات قابل اشتعال	جامداتی با اشتعال‌پذیری بالا یا واکنش‌پذیری با آب.	فسفر قرمز، مواد خودآتش‌گیر، ترکیباتی که با آب گاز قابل اشتعال تولید می‌کنند. اغلب در انبارهای صنعتی یافت می‌شوند.
۵	مواد اکسیدکننده و پراکسیدهای آلی	موادی که احتراق را تقویت کرده و بدون اکسیژن هوا موجب آتش‌سوزی می‌شوند.	نیترات‌ها، پراکسید هیدروژن، سفیدکننده‌ها. باید از سوخت و منابع حرارت دور نگه داشته شوند.
۶	مواد سمی و عفونی	مواد شیمیایی سمی و پسماندهای عفونی زیستی.	سیانیدها، آرسنیک، زباله‌های بیمارستانی، سرنگ‌های آلوده. نیازمند تجهیزات حفاظت فردی (PPE) و دفع ویژه.
۷	مواد رادیواکتیو	موادی که پرتوهای یون‌ساز منتشر می‌کنند و خطرناک هستند.	تجهیزات رادیولوژی آسیب‌دیده، منابع پزشکی و صنعتی رادیواکتیو. نیازمند تیم‌های تخصصی و دستگاه‌های تابش‌سنج.
۸	مواد خورنده	موادی که باعث تخریب شدید بافت‌های انسانی و مواد می‌شوند.	اسیدها (سولفوریک)، بازهای قوی (سود)، شوینده‌های صنعتی. نشت آنها موجب سوختگی شدید می‌شود.
۹	سایر مواد خطرناک	موادی با خطرات متفرقه که در طبقات دیگر قرار نمی‌گیرند.	باتری‌های لیتیومی، آزبست، یخ خشک، تجهیزات الکترونیکی سمی. آزبست بسیار خطرناک و سرطان‌زا است.

* برای اطلاع از جزئیات اجرایی مرتبط با شناسایی و تفکیک پسماندهای خطرناک در شرایط بحران، به چک‌لیست‌های شماره ۱ تا ۵ مندرج در پیوست «الف» مراجعه فرمایید.

۴-۴-۲- ایزوله‌سازی و ذخیره‌سازی موقت

پسماندهای شناسایی و تفکیک‌شده باید تا زمان دفع نهایی در محلی کاملاً ایمن و ایزوله نگهداری شوند. هرگونه ذخیره‌سازی نادرست می‌تواند منجر به نشت مواد خطرناک، بروز آتش‌سوزی یا انفجار، و آلودگی گسترده محیطی شود.

نکات کلیدی در ذخیره‌سازی ایمن پسماندهای خطرناک:

- ظروف نگهداری: استفاده از ظروف مقاوم در برابر مواد شیمیایی، مانند پلاستیک سخت مقاوم یا فلز ضدزنگ با پوشش محافظ ویژه.
- برچسب‌گذاری: نصب برچسب‌های واضح و درج نمادهای بین‌المللی خطر بر روی تمامی بسته‌ها برای شناسایی سریع نوع پسماند.
- محل ذخیره‌سازی: نگهداری پسماندها در مکان‌های سرپوشیده، به‌دور از تابش مستقیم آفتاب، منابع آبی و محل اسکان بازماندگان، با تهویه مناسب و سیستم جمع‌آوری شیرابه.
- جلوگیری از واکنش‌های خطرناک: عدم اختلاط پسماندهای ناسازگار (به‌ویژه ترکیبات اسیدی و بازی، مواد اکسیدکننده و قابل اشتعال).
- اقدامات اضطراری: در صورت بروز نشت یا آسیب به ظروف، باید بلافاصله محدوده قرنطینه شود، نشت با خاک خنثی‌کننده یا ماسه پوشانده شود و موضوع به تیم تخصصی مدیریت پسماند گزارش گردد.

۴-۴-۳- حمل و نقل ایمن

حمل پسماندهای خطرناک از محل ذخیره‌سازی به مراکز پردازش یا محل‌های دفع نهایی باید صرفاً توسط تیم‌های مجاز و آموزش‌دیده انجام شود. انجام این فرایند بدون رعایت استانداردهای ایمنی می‌تواند منجر به انتشار آلودگی گسترده یا بروز حوادث جدی شود. در زیر لیستی از الزامات فنی حمل ایمن بیان شده است.

- استفاده از وسایل نقلیه مجهز به پوشش ضدنشت، سیستم تهویه مناسب و برچسب‌های هشدار استاندارد
- انتخاب مسیرهای حمل با کمترین خطر و اطلاع‌رسانی به ستاد مدیریت بحران محلی پیش از حمل

- همراه داشتن کیت واکنش اضطراری شامل مواد جذب‌کننده شیمیایی، تجهیزات حفاظت فردی اضافی و علائم هشدار ایمنی
- ثبت و گزارش دقیق اطلاعات شامل مسیر، زمان حمل و نوع پسماندهای منتقل‌شده

در صورت بروز نشت یا حادثه در طول مسیر، تخلیه فوری منطقه و استقرار تیم‌های واکنش اضطراری الزامی است.

۴-۴-۴- دفع یا بازیافت نهایی پسماندهای خطرناک

در مدیریت پسماندهای خطرناک، دفع ایمن یا پردازش تخصصی این مواد یکی دیگر از گام‌های اساسی محسوب می‌شود. انتخاب روش مناسب دفع به نوع ماده، امکانات موجود و الزامات قوانین زیست‌محیطی هر منطقه بستگی دارد. در زیر، روش‌های متداول دفع پسماندهای خطرناک ارائه شده است.

- **سوزاندن در کوره‌های با دمای بالا:** معمولاً برای پسماندهای زیستی، پزشکی و برخی مواد شیمیایی کاربرد دارد.
- **تثبیت و دفن ایمن:** مناسب برای فلزات سنگین، خاک‌های آلوده و مواد همچون آزبست است.
- **بازفرآوری یا بازیافت:** برای موادی مانند باتری‌ها، روغن موتور و تجهیزات الکترونیکی در صورت وجود امکانات صنعتی امکان‌پذیر است.

در شرایط اضطراری، ایجاد محل دفن موقت با استفاده از لایه‌گذاری مهندسی مانند ژئوممبران، سیستم زهکشی و پوشش خاک، به‌طور موقت مجاز می‌باشد؛ اما لازم است این محل‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن با روش‌های دفع نهایی جایگزین شوند.

۴-۴-۵- آموزش، ایمنی و مستندسازی

مدیریت پسماندهای خطرناک در شرایط بحران تنها زمانی می‌تواند به صورت ایمن، مؤثر و پایدار اجرا شود که تمامی افراد دخیل، اعم از پرسنل اجرایی، امدادگران، پیمانکاران و داوطلبان، از دانش کافی، مهارت‌های عملی و آگاهی کامل نسبت به الزامات قانونی برخوردار باشند. فقدان آموزش یا ناآگاهی نسبت به ماهیت این پسماندها می‌تواند منجر به بروز عواقب جدی برای سلامت فردی، امنیت عمومی، محیط زیست و همچنین نقض مقررات ملی و بین‌المللی شود. در زیر لیستی از اقدامات کلیدی در مدیریت پسماندهای خطرناک در بحران بیان شده است.

- آموزش تیم‌های محلی و داوطلبان درباره شناسایی نشانه‌های پسماندهای خطرناک، اقدامات اولیه لازم و نحوه گزارش‌دهی دقیق.
- انجام کلیه مراحل شناسایی، نمونه‌برداری و جمع‌آوری پسماندها تنها با استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب.
- مستندسازی دقیق و منظم اطلاعات شامل نوع ماده، محل، زمان و مسئول مربوطه با استفاده از فرم‌های ثبت استاندارد.
- نگهداری سوابق کامل برای گزارش‌دهی به سازمان‌های نظارتی ملی و بین‌المللی.
- در مواجهه با هرگونه ابهام یا تردید، طبقه‌بندی ماده به عنوان پسماند خطرناک و ایزوله‌سازی آن تا انجام بررسی‌های تخصصی ضروری است.
- محدودسازی و ثبت دقیق ورود و خروج افراد به مناطق با سطوح خطر بالا به منظور کنترل امنیت و سلامت.
- پایش مستمر توسط تیم‌های ایمنی و بهداشت محیطی جهت شناسایی نشت‌ها یا آلودگی‌های احتمالی و گزارش فوری آن‌ها به مراجع ذی‌ربط.

این اقدامات، پایه و اساس مدیریت ایمن و مسئولانه پسماندهای خطرناک در شرایط بحرانی را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در کاهش خطرات و حفاظت از سلامت عمومی و محیط زیست ایفا می‌کنند.

۴–۱– روش های امحا و دفع ایمن مواد خطرناک

پس از شناسایی و تفکیک مواد خطرناک در میان آوار، مرحله بعدی امحا و دفع ایمن این مواد است که نقش حیاتی در جلوگیری از آلودگی‌های ثانویه و حفظ سلامت عمومی و محیط‌زیست دارد. انتخاب روش مناسب امحا باید بر اساس نوع ماده، امکانات موجود و الزامات قوانین زیست‌محیطی هر منطقه بستگی دارد. در زیر، روش‌های متداول دفع پسماندهای خطرناک ارائه شده است.

۳-۵-۱- دفن ایمن (Landfilling)

این روش برای پسماندهای جامد خطرناک که امکان بازیافت یا سوزاندن آنها وجود ندارد، مانند خاک آلوده، آزبست و برخی فلزات سنگین، به‌کار می‌رود. محل دفن باید به لایه‌های عایق ژئوممبران و سیستم جمع‌آوری شیرابه مجهز باشد تا از نشت مواد سمی به آب‌های زیرزمینی جلوگیری شود. همچنین، پایش

دوره‌ای کیفیت خاک و آب‌های اطراف محل دفن ضروری است تا از بروز آلودگی طولانی‌مدت جلوگیری گردد.

۳-۵-۲- سوزاندن کنترل‌شده (Incineration)

این روش برای پسماندهای شیمیایی و بیولوژیکی مانند مواد عفونی، زباله‌های بیمارستانی و حلال‌های آلی مناسب است. در این فرآیند، مواد در دماهای بالا سوزانده می‌شوند که موجب کاهش حجم پسماند و نابودی عوامل بیماری‌زا می‌شود. کوره‌های سوزاندن باید به سیستم‌های کنترل گازهای خروجی مانند فیلترها و اسکرابرها مجهز باشند تا از انتشار دیوکسین‌ها و فلزات سنگین به هوا جلوگیری شود.

۳-۵-۳- خنثی‌سازی شیمیایی (Chemical Neutralization)

در این روش، پسماندهای اسیدی یا قلیایی با افزودن مواد شیمیایی مناسب به ترکیبات بی‌خطر تبدیل می‌شوند. این فرآیند باعث تبدیل سریع مواد خطرناک به مواد پایدار و کم‌خطر شده و هزینه‌های حمل‌ونقل و دفن را کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال، می‌توان از آهک برای خنثی‌سازی اسیدها یا از اسیدهای ضعیف برای خنثی‌سازی قلیاها استفاده کرد.

۳-۵-۴- فناوری‌های نوین امحا

روش‌های نوین مانند پلاسما، بیورمدیاسیون و تکنیک‌های سولیدفیکاسیون/استابیلایزیشن در برخی موارد جایگزین روش‌های سنتی می‌شوند. فناوری پلاسما با استفاده از دماهای بسیار بالا مولکول‌های پسماند را تخریب کرده و پسماند ثانویه کمی تولید می‌کند. در روش بیورمدیاسیون، میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه و خنثی‌سازی آلودگی‌های نفتی و شیمیایی در خاک و آب به‌کار می‌روند. همچنین، در تکنیک سولیدفیکاسیون، مواد خطرناک با ترکیباتی مانند سیمان ترکیب و تثبیت می‌شوند تا از انتشار آلاینده‌ها قبل از دفن جلوگیری شود.

۴- ۲- الزامات ایمنی برای کارکنان

نیروهای امدادی و کارکنان درگیر در عملیات شناسایی، تفکیک، حمل و امحای مواد خطرناک در آوار با خطرات جدی شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی مواجه هستند. رعایت استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، برای حفاظت از سلامت آنها و جلوگیری از حوادث ثانویه ضروری است.

اولین اصل در ایمنی کارکنان، آموزش و آگاهی‌بخشی است. تمامی نیروهای فعال در محل حادثه باید قبل از شروع عملیات، آموزش‌های لازم در خصوص شناسایی خطرات، روش‌های ایمن‌سازی و استفاده

صحیح از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) را دریافت کنند. آموزش‌های دوره‌ای و مانورهای عملی نیز باید برای حفظ آمادگی و به‌روزرسانی مهارت‌ها برگزار شود.

تجهیزات حفاظت فردی بخش جدایی‌ناپذیر از عملیات ایمن‌سازی محسوب می‌شود. بسته به نوع خطر، کارکنان باید از لباس‌های ضدشیمیایی، ماسک‌های فیلتردار یا تنفسی، دستکش‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی، عینک‌های ایمنی، چکمه‌های ضدلغزش و کلاه‌های ایمنی استفاده کنند. همچنین، برای کار در محیط‌های دارای آلودگی رادیواکتیو، تجهیزات خاصی مانند دوزیمترهای فردی و پوشش‌های سربی ضروری است.

به‌منظور کنترل بهداشت و سلامت کارکنان، لازم است معاینات پزشکی پیش از شروع کار و بررسی‌های دوره‌ای در طول عملیات انجام گیرد. پایش سلامت شامل آزمایش‌های تنفسی، پوستی و خونی می‌شود تا اثرات احتمالی تماس با مواد سمی به‌موقع شناسایی و درمان شود.

استانداردهای کار ایمن شامل تعیین محدوده‌های خطر، محدود کردن زمان حضور در مناطق آلوده، ایجاد ایستگاه‌های ضدعفونی و شست‌وشو، و تأمین امکانات کمک‌های اولیه در محل عملیات است. همچنین، باید برنامه‌ای برای واکنش اضطراری در صورت وقوع حوادثی مانند نشت مواد سمی، آتش‌سوزی یا انفجار وجود داشته باشد.

اجرای دقیق این استانداردها و الزامات، علاوه بر حفاظت از کارکنان، موجب افزایش کارایی عملیات، کاهش خسارات ثانویه و اطمینان از تکمیل موفقیت‌آمیز فرآیند مدیریت آوار خواهد شد.

۴– ۳– پایش و ارزیابی اثرات زیست محیطی پس از امحای مواد خطرناک

پایش و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به‌منظور اطمینان از اجرای صحیح عملیات امحا و جلوگیری از پیامدهای بلندمدت زیست‌محیطی انجام می‌شود. این پایش شامل ارزیابی مستمر کیفیت خاک، آب و هوا در محل دفن یا امحای مواد خطرناک بوده و به تشخیص سریع آلودگی‌های احتمالی و اقدامات اصلاحی کمک می‌کند.

در مرحله نخست، باید شبکه‌ای از نقاط نمونه‌برداری در اطراف سایت‌های دفن یا محل‌های امحا ایجاد شود تا امکان سنجش تغییرات در غلظت آلاینده‌ها فراهم گردد. نمونه‌های خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌صورت دوره‌ای جمع‌آوری و در آزمایشگاه‌های معتبر مورد تحلیل قرار می‌گیرند. همچنین، نصب ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در اطراف محل‌های سوزاندن یا دفن، به کنترل و شناسایی انتشار گازهای سمی و ذرات معلق کمک می‌کند.

پایش زیست‌محیطی تنها به شناسایی آلودگی‌ها محدود نمی‌شود، بلکه باید نتایج آن به‌صورت منظم تحلیل و گزارش‌دهی شود تا اقدامات اصلاحی و بازتوانی محیطی برنامه‌ریزی و اجرا گردد. در مواردی که آلودگی خاک یا منابع آبی تشخیص داده شود، روش‌های پاک‌سازی زیست‌محیطی مانند شست‌وشوی خاک یا تصفیه آب‌های آلوده به‌کار گرفته می‌شود.

در نهایت، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی باید با مشارکت سازمان‌های نظارتی و ذی‌نفعان محلی انجام شود تا شفافیت و اعتماد عمومی حفظ گردد. این فرایند نه‌تنها به کاهش خطرات بلندمدت آلودگی کمک می‌کند، بلکه زمینه را برای احیای زیست‌بوم آسیب‌دیده و بازگشت ایمن و پایدار مردم به مناطق آسیب‌دیده فراهم می‌سازد.

۴– ۴– جمع بندی

در این فصل موضوع مدیریت آوار حاوی مواد خطرناک پس از وقوع بلایا، که نقشی حیاتی در حفظ سلامت عمومی، ایمنی نیروهای امدادی و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست دارد، مورد بحث قرار گرفت. این فرایند با شناسایی دقیق و طبقه‌بندی پسماندها آغاز شده و شامل اقدامات منسجمی مانند پایش میدانی، نمونه‌برداری و استفاده از تجهیزات سنجش برای تشخیص نوع و میزان خطر است. سپس با تفکیک و دسته‌بندی علمی پسماندهای خطرناک، ذخیره‌سازی موقت ایمن و حمل‌ونقل تخصصی، زمینه برای دفع یا امحای نهایی فراهم می‌شود. اجرای صحیح این مراحل نه‌تنها مانع بروز حوادث ثانویه (آتش‌سوزی، نشت مواد سمی، آلودگی آب و خاک) می‌گردد، بلکه امکان بازیافت مصالح سالم و بازسازی سریع‌تر محیط آسیب‌دیده را نیز فراهم می‌سازد. در نهایت، مستندسازی کامل و گزارش‌دهی سیستماتیک اطلاعات جمع‌آوری‌شده، ابزاری کلیدی برای تصمیم‌گیری به‌موقع و برنامه‌ریزی بلندمدت بازتوانی محیطی خواهد بود.

فصل پنجم:

مدیریت آوار از جمع‌آوری تا انتقال به محل‌های دپو موقت و دائم

۵- مدیریت آوار: از جمع آوری تا انتقال به محل های دپو موقت و دائم

۵- ۱- مقدمه

مدیریت آوار پس از وقوع بلایای طبیعی یا حوادث انسان‌ساخت، فرآیندی پیچیده و چندمرحله‌ای است که از لحظه وقوع حادثه تا پاک‌سازی کامل منطقه و ذخیره‌سازی نهایی آوار ادامه می‌یابد. مدیریت غیراصولی آوار می‌تواند باعث انسداد راه‌های امدادرسانی، گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی، افزایش خطرات بهداشتی و کندی روند بازسازی شود. در این میان، اتخاذ رویکرد مدیریت مرحله‌ای که شامل جمع‌آوری سریع، حمل ایمن، ذخیره‌سازی موقت، جداسازی و بازیافت مصالح قابل استفاده، و در نهایت انتقال به دپوهای دائمی است، نقش مهمی در کاهش خسارات ثانویه و تسریع بازگشت جامعه به شرایط عادی دارد.

عملیات مدیریت آوار باید با ارزیابی سریع حجم و نوع آوار آغاز شود تا بتوان برنامه‌ریزی دقیقی برای لجستیک، تخصیص ماشین‌آلات و انتخاب محل‌های مناسب دپو انجام داد. همچنین، جداسازی مواد خطرناک در مراحل اولیه، اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا از انتشار آلودگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی و هزینه‌های بالای امحای ثانویه جلوگیری می‌کند.

مدیریت مرحله‌ای آوار نه‌تنها موجب افزایش کارایی و صرفه‌جویی در منابع می‌شود، بلکه از طریق اجرای اصولی مانند بازیافت مصالح، دفن بهداشتی پسماندها و پایش مداوم، امکان حفاظت از محیط‌زیست و سلامت عمومی را نیز فراهم می‌آورد. این رویکرد با ایجاد هماهنگی میان نهادهای اجرایی، امدادی و زیست‌محیطی، چارچوبی شفاف و قابل‌کنترل برای مدیریت کل چرخه آوار از تخریب تا بازسازی ارائه می‌دهد.

۵- ۲- گام های اساسی مدیریت آوار

فرآیند مدیریت و جمع‌آوری آوار معمولاً به دو مرحله اساسی تقسیم می‌شود.

- مرحله نخست، مرحله پاسخ[1] است که همزمان با وقوع حادثه و بلافاصله پس از آن انجام می‌شود و هدف اصلی آن بازگشایی سریع مسیرهای دسترسی اضطراری برای اجرای عملیات امداد و نجات است. در این مرحله، اولویت اصلی سرعت عمل و ایمن‌سازی محیط برای تیم‌های نجات و کمک‌رسانی است.

[1] Response Phase

- مرحله دوم، مرحله بازیافت و مدیریت آوار[1] است که معمولاً پس از اتمام عملیات امدادی و بازگشت تدریجی ساکنان به مناطق آسیب‌دیده آغاز می‌شود. این مرحله شامل جمع‌آوری، جداسازی، بازیافت و دفع اصولی پسماندها است و فرآیندی زمان‌بر محسوب می‌شود که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، تجهیزات مناسب و هماهنگی میان دستگاه‌های مختلف اجرایی است.

این فصل به تشریح روش‌ها، راهبردها و الزامات اجرایی برای انجام مؤثر هر دو مرحله پرداخته و چارچوبی برای مدیریت بهینه آوار و پسماند در حوادث طبیعی ارائه می‌دهد.

۵– ۳– اقدامات مربوط به مرحله پاسخ

فاز پاسخ نخستین مرحله در مدیریت آوار پس از وقوع بلایای طبیعی است و هدف اصلی آن اجرای اقدامات فوری برای تسهیل عملیات جستجو و نجات، ایجاد دسترسی اضطراری به مراکز حیاتی و پیشگیری از بروز خطرات ثانویه همچون مسدود شدن مسیرهای تخلیه است. این مرحله معمولاً ظرف چند روز ابتدایی پس از حادثه اجرا می‌شود و نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت مراحل بعدی مدیریت آوار دارد.

در این فاز، سازمان‌های محلی به‌طور معمول از نیروی انسانی و تجهیزات موجود خود برای پاک‌سازی آوار استفاده می‌کنند. در مواقعی که منابع داخلی برای پاسخگویی به حجم گسترده آوار کافی نباشد یا به خدمات تخصصی نیاز باشد، استفاده از ظرفیت سایر دستگاه‌های اجرایی، نیروهای نظامی و انتظامی، سازمان‌های مردم‌نهاد، و همچنین بخش خصوصی با هماهنگی مدیریت بحران استان یا ستاد ملی مدیریت بحران، برای پشتیبانی و تکمیل عملیات جمع‌آوری آوار ضروری است.

یکی از اقدامات کلیدی در این مرحله، شناسایی و اولویت‌بندی مسیرهای حیاتی برای پاک‌سازی است. تیم‌های برنامه‌ریزی باید پیش از وقوع حادثه و بلافاصله پس از آن، نقشه‌های دقیقی از خیابان‌ها، ساختمان‌های مهم، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی تهیه کنند و وظایف مشخصی به تیم‌های امدادی اختصاص دهند تا از اتلاف منابع و دوباره‌کاری جلوگیری شود. همچنین، ایجاد مسیرهای ایمن برای دسترسی به زیرساخت‌های حیاتی مانند بیمارستان‌ها، مراکز توزیع امداد، و مراکز عملیات اضطراری به‌عنوان پیش‌نیاز سایر فعالیت‌های امدادی ضروری است. در این مرحله، اولویت‌بندی پاک‌سازی مسیرها به‌صورت زیر انجام می‌شود:

۱) مسیرهای سرویس‌های اضطراری (آتش‌نشانی، پلیس و آمبولانس)

[1] Recovery and recycling phase

۲) مسیرهای دسترسی به بیمارستان‌ها، مراکز درمانی و واحدهای مراقبت ویژه
۳) جاده‌ها و خیابان‌های اصلی و شریانی
۴) مسیرهای منتهی به مراکز مدیریت آوار و مراکز عملیات اضطراری
۵) مسیرهای تأمین مراکز توزیع کمک‌های اضطراری و اقلام حیاتی
۶) مسیرهای دسترسی به ساختمان‌های دولتی مهم
۷) مسیرهای دسترسی به برج‌ها و زیرساخت‌های مخابراتی و ارتباطی
۸) مسیرهای دسترسی به تأسیسات خدماتی شامل آب، فاضلاب و سایر شبکه‌های حیاتی
۹) مسیرهای منتهی به پناهگاه‌ها و مراکز اسکان موقت آسیب‌دیدگان

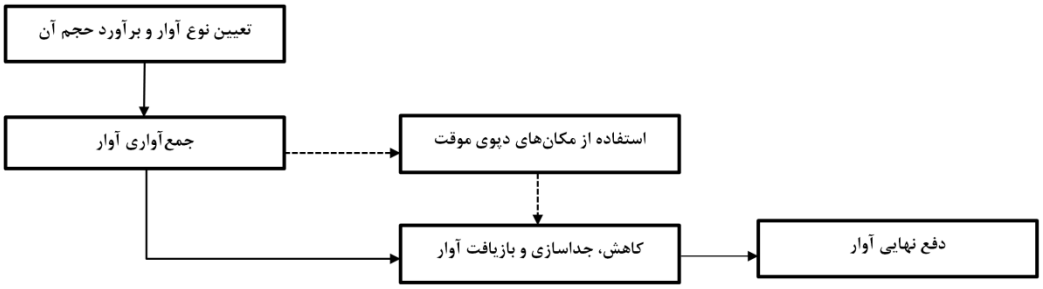
اجرای دقیق و سریع این اقدامات موجب می‌شود که زنجیره امداد و نجات بدون وقفه انجام شود و پس از بازگشایی مسیرهای اصلی، عملیات وارد مرحله بعدی یعنی مدیریت و بازیافت آوار شود که فرآیندی زمان‌بر و برنامه‌ریزی‌شده است.

۵– ۴– اقدامات مربوط به مرحله مدیریت و بازیافت آوار

فاز بازیافت و مدیریت آوار پس از تکمیل عملیات پاسخ آغاز می‌شود و تمرکز اصلی آن بر جمع‌آوری آوار باقی‌مانده، بازیافت، کاهش حجم، و دفع نهایی آن است. روند کلی مدیریت آوار در این مربخش شامل مراحل اصلی زیر است:

- در گام نخست، نوع و حجم آوار برآورد می‌شود تا امکان برنامه‌ریزی دقیق برای جمع‌آوری و انتقال آن فراهم گردد.
- پس از این مرحله، عملیات جمع‌آوری آوار آغاز شده و این فرآیند در دو گام مشخص انجام می‌شود: (۱) کاهش، جداسازی و بازیافت آوار با هدف استفاده مجدد از مصالح و کاهش حجم نهایی پسماند؛ (۲) دفع نهایی آوار برای موادی که قابلیت بازیافت یا استفاده مجدد ندارند. در شرایطی که حجم آوار بسیار زیاد باشد، به‌منظور تسریع در روند پاکسازی و بهینه‌سازی فرآیند حمل‌ونقل، از مکان‌های دپوی موقت به‌عنوان یک مسیر جانبی و مکمل استفاده می‌شود. این مکان‌ها علاوه بر افزایش سرعت جمع‌آوری، امکان تفکیک و بازیافت بهتر مواد را فراهم کرده و به مدیریت کارآمدتر آوار کمک می‌کنند.

برای درک بهتر این فرآیند، فلوچارت زیر مراحل اصلی مدیریت آوار نشان می‌دهد:



شکل ۵-۱: فرآیند مدیریت آوار (از وقوع بلایا تا دفع نهایی آوار)

۵– ۵– ابزراها ها و روش های جمع آوری

جمع‌آوری آوار یکی از مراحل کلیدی در مدیریت پس از بلایا است که تأثیر مستقیمی بر سرعت بازسازی، کاهش خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی، و بهینه‌سازی فرآیند بازیافت و دفع نهایی دارد. انتخاب روش‌ها و فناوری‌های مناسب برای جمع‌آوری آوار به عواملی همچون حجم و نوع آوار، شرایط جغرافیایی و زیرساختی منطقه آسیب‌دیده، دسترسی به تجهیزات و ماشین‌آلات، و الزامات ایمنی بستگی دارد. این فرآیند معمولاً ترکیبی از ابزارها و تجهیزات مختلف و روش‌های متنوع جمع‌آوری را شامل می‌شود.

۵-۵-۱- ابزارها و فناوری های جمع آواری

- **روش‌های دستی و نیمه‌مکانیزه:** در مناطقی که امکان دسترسی ماشین‌آلات سنگین محدود است یا آوار در معابر باریک و بافت‌های متراکم شهری انباشته شده، استفاده از روش‌های دستی و ابزارهای سبک مانند بیل، کلنگ، و فرغون مؤثر خواهد بود. این روش برای جداسازی دستی مصالح قابل بازیافت و جمع‌آوری آوار سبک مناسب است اما سرعت عملیات پایین‌تری دارد و نیازمند نیروی انسانی بیشتر است.
- **روش‌های مکانیزه:** برای مناطق وسیع و حجم‌های بالای آوار، استفاده از تجهیزات سنگین مانند لودر، بیل مکانیکی، بولدوزر، کامیون‌های حمل پسماند، جرثقیل و ماشین‌های فشرده‌ساز ضروری است. این روش سرعت جمع‌آوری را به‌طور چشمگیری افزایش داده و امکان جابجایی حجم زیادی از آوار را در مدت کوتاه فراهم می‌کند.
- **فناوری‌های نوین:** پیشرفت‌های اخیر در مدیریت بحران و بازیافت آوار شامل استفاده از پهپادها برای پایش هوایی و نقشه‌برداری سریع مناطق تخریب‌شده، سیستم‌های GIS و مدل‌سازی سه‌بعدی برای برآورد حجم آوار و بهینه‌سازی لجستیک، و تجهیزات مکانیزه پیشرفته مانند ربات‌های جستجو و بازوهای مکانیکی هوشمند برای دسترسی به مناطق

خطرناک یا غیرقابل دسترس است. ترکیب این فناوری‌ها با روش‌های مکانیزه و دستی، مدیریت آوار را سریع‌تر، ایمن‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر می‌سازد.

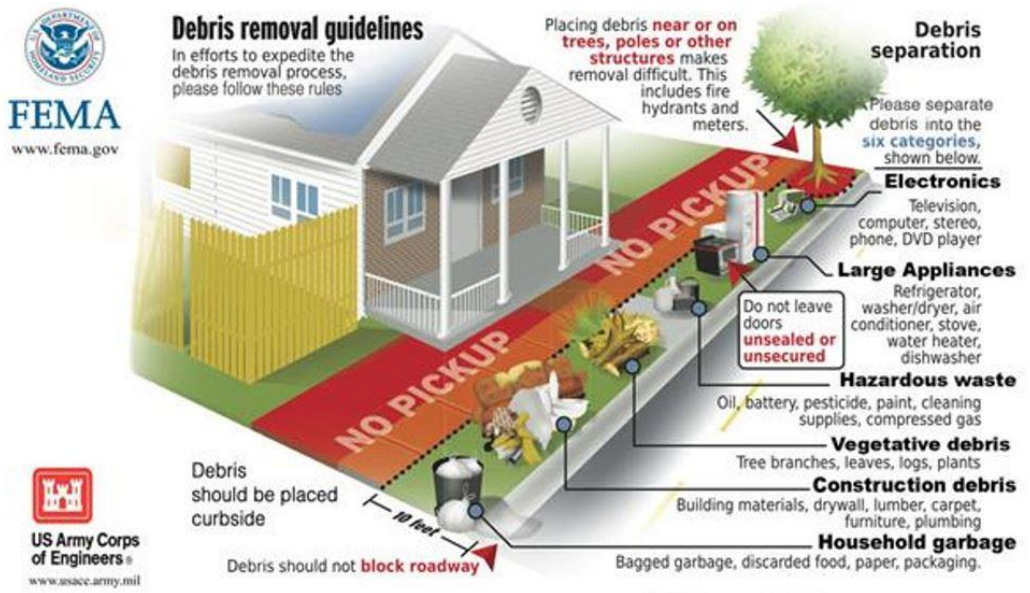
۵-۵-۱- روش های جمع آوری آوار

برنامه‌ریزی مناسب برای جمع‌آوری آوار پس از وقوع حادثه نقش مهمی در سرعت‌بخشی به فرایند بازگشت جامعه به شرایط عادی دارد. بسته به نوع و میزان آوار و شرایط منطقه، روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری به‌کار می‌رود که در ادامه معرفی می‌شوند:

۱) جمع‌آوری از حاشیه معابر (Curbside Collection)

در این روش، ساکنان آوار و پسماندهای ناشی از حادثه را در حاشیه خیابان‌ها یا در معابر عمومی مقابل منازل و اماکن قرار می‌دهند و دستگاه‌های مسئول اقدام به جمع‌آوری می‌کنند. این روش مشابه سیستم معمول جمع‌آوری زباله شهری است و به دو شیوه اجرا می‌شود:

- **جمع‌آوری آوار مختلط**: در این حالت تمام انواع آوار بدون تفکیک در محل مشخصی انباشته می‌شود. گرچه این روش برای مردم آسان‌تر است، اما فرآیند بازیافت و کاهش حجم آوار را دشوارتر کرده و هزینه‌های عملیاتی را افزایش می‌دهد.
- **جمع‌آوری آوار تفکیک‌شده**: در این روش ساکنان موظف به جداسازی انواع آوار (مانند مصالح ساختمانی، فلزات، زباله‌های خطرناک و لوازم خانگی سنگین) و قرار دادن آن‌ها در دسته‌های جداگانه هستند. این روش نیازمند استفاده از کامیون‌های اختصاصی برای هر نوع آوار است، اما به دلیل جداسازی اولیه، فرآیند بازیافت سریع‌تر و با ارزش اقتصادی بالاتری انجام می‌شود.



شکل ۵-۲: روند جمع آوری تفکیک شده آوار در حاشیه معابر بر اساس دستورالعمل FEMA-325

۲) مراکز جمع‌آوری (Collection Centers)

در مناطقی که به دلیل شرایط جغرافیایی و پراکندگی جمعیت امکان اجرای روش حاشیه معابر وجود ندارد، می‌توان مراکز موقت جمع‌آوری آوار ایجاد کرد. در این روش، ساکنان آوار خود را به مراکز موقت منتقل کرده و در محل‌های مشخص قرار می‌دهند. برای افزایش بهره‌وری، معمولاً تفکیک انواع آوار در این مراکز انجام می‌شود.

بر اساس توضیحات فوق، مکان‌یابی و طراحی مکان‌های دپوی آوار[1]، یکی از ارکان اصلی برنامه‌ریزی مدیریت بحران در شهرها محسوب می‌شود. محل‌هایی که به عنوان مکان موقت مدیریت آوار شناخته می‌شوند، نقش واسط بین محل جمع‌آوری آوار و مراکز دفع یا بازیافت دائم را ایفا می‌کنند. این مکان‌ها برای ذخیره‌سازی موقت، جداسازی، کاهش حجم و پردازش اولیه نخاله‌ها به‌کار می‌روند و موجب تسهیل عملیات، کاهش زمان جمع‌آوری و افزایش انعطاف‌پذیری در مواجهه با محدودیت منابع و ظرفیت حمل‌ونقل می‌شوند.

۵– ۶– حمل و نقل ایمن و کارآمد آوار

حمل ایمن آوار سرعت پاک‌سازی مناطق آسیب‌دیده را افزایش می‌دهد و از ایجاد ترافیک‌های سنگین جلوگیری می‌کند. در ادامه لیستی از اقدامات مربوط به این مرحله بیان شده است.

[1] Debris Management Sites

۶-۴-۱- انتخاب مسیرهای حمل و انتقال

- مسیرهای حمل باید از پیش شناسایی و ارزیابی شوند. این مسیرها باید کوتاه‌ترین و کم‌خطرترین مسیرهای ممکن باشند.
- مسیرهای انتخاب شده باید توان عبور ماشین‌آلات سنگین و تریلرهای حمل آوار را داشته باشند.
- از مسیرهایی که احتمال ایجاد ترافیک سنگین یا تداخل با عملیات اضطراری وجود دارد، باید اجتناب شود.
- در صورت نیاز، مسیرهای ویژه برای حمل آوار ایجاد شود تا عملیات حمل و نقل روان و سریع انجام شود.

۶-۴-۲- استانداردهای ایمنی در حمل آوار

- استفاده از تجهیزات ایمنی برای رانندگان و کارکنان مانند کلاه ایمنی، دستکش، لباس شبرنگ و ماسک گردوغبار.
- بارگیری صحیح آوار و استفاده از پوشش مناسب (مثل پارچه‌های ضدگردوغبار) جهت جلوگیری از پراکندگی ذرات در حین حمل.
- رعایت حداکثر ظرفیت بار مجاز در هر وسیله نقلیه.
- نظارت مستمر بر وضعیت فنی خودروها، شامل ترمزها، سیستم تعلیق و تایرها.

۶-۴-۳- مدیریت ترافیک و کاهش اثرات زیست‌محیطی

- هماهنگی با مراجع ترافیکی برای کنترل تردد و اولویت‌دهی به وسایل حمل آوار در مسیرهای کلیدی.
- برنامه‌ریزی زمان‌بندی حمل آوار به گونه‌ای که در ساعات اوج ترافیک کمتر انجام شود.
- استفاده از خودروهای به‌روز و کم‌آلاینده برای کاهش انتشار گازهای مضر.
- نصب فیلترهای گردوغبار و تجهیزات کاهش صدا بر روی ماشین‌آلات حمل و نقل.

۶-۴-۴- نکات تکمیلی و توصیه‌ها

- آموزش مستمر رانندگان و عوامل حمل و نقل درباره نکات ایمنی و نحوه بارگیری و تخلیه آوار.
- استفاده از سیستم‌های ردیابی و نظارت لحظه‌ای برای کنترل مسیر و سرعت وسایل نقلیه.
- طراحی و اجرای برنامه‌های واکنش سریع در صورت بروز حادثه در طول مسیر حمل.

۵– ۷– معیارهای انتخاب محل مناسب برای دپوی موقت آوار

انتخاب موقعیت مکانی مناسب برای دپوی موقت آوار یکی از تصمیمات راهبردی در مدیریت آوار پس از وقوع بلایا است. مکان‌یابی صحیح نه‌تنها در افزایش سرعت جمع‌آوری و تفکیک آوار مؤثر است، بلکه در کاهش هزینه‌ها، پیشگیری از مشکلات حقوقی، و کنترل اثرات منفی زیست‌محیطی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. در **Error! Reference source not found.** معیارهایی برای انتخاب محل دپوی موقت پیشنهاد شده است.

جدول ۵-۱: معیارهای مهم در مکان یابی محل دئوی موقت آوار

معیار	توضیحات
ماکیت	مالکیت زمین نخستین و مهم‌ترین ملاحظه در انتخاب مکان دپوی موقت است. در اولویت اول، استفاده از زمین‌های عمومی و دولتی مانند اراضی بلااستفاده شهرداری، زمین‌های ورزشی، پارک‌ها یا املاک تحت تملک سایر نهادهای دولتی توصیه می‌شود، زیرا این رویکرد از بروز مشکلات حقوقی و مالی در مراحل بعدی جلوگیری می‌کند. در صورت اجبار به استفاده از اراضی خصوصی، لازم است قراردادهای اجاره به‌صورت شفاف و جامع تنظیم شود و جزئیاتی مانند مدت بهره‌برداری، تعهدات زیست‌محیطی، شرایط مرمت و آزادسازی محل پس از اتمام عملیات در آن لحاظ گردد. همچنین، هماهنگی و توافق بین‌نهادی برای استفاده از اراضی متعلق به نهادهای همکار می‌تواند به افزایش انعطاف‌پذیری فرایند کمک کند.
ظرفیت	ابعاد و ظرفیت دپوی موقت باید بر اساس برآورد حجم آوار و مدت زمان بهره‌برداری تعیین گردد. سایت انتخابی باید فضای کافی برای تخلیه، جداسازی، پردازش، ذخیره‌سازی موقت، تردد ایمن کامیون‌ها و استقرار ماشین‌آلات سنگین داشته باشد. در دستورالعمل‌های FEMAوUSACE، پیشنهاد شده است مه برای پردازش یک میلیون یارد مکعب آوار به حدود ۱۰۰ هکتار زمین نیاز است که بخشی از آن برای فضاهای جانبی شامل گودال‌های سوزاندن، مناطق دفع پسماندهای خطرناک، نواحی بافر، تأسیسات پشتیبان و مسیرهای تردد اختصاص داده می‌شود.
موقعیت مکانی	انتخاب موقعیت مناسب نقش تعیین‌کننده‌ای در کارایی عملیات مدیریت آوار دارد. سایت باید دسترسی آسان به مسیرهای اصلی حمل‌ونقل داشته باشد تا تخلیه و انتقال سریع آوار به محل دپوی موقت و سپس به سایت نهایی دفع تسهیل گردد. علاوه بر این، باید از ایجاد ترافیک سنگین و مزاحمت برای مناطق مسکونی، مدارس، مراکز درمانی و تجاری اجتناب شود. مکان‌یابی نباید در نزدیکی مناطق حساس زیست‌محیطی یا ارزشمند تاریخی نظیر تالاب‌ها، زیستگاه‌های حیات‌وحش، منابع آب شرب یا محوطه‌های میراث فرهنگی صورت گیرد، زیرا این موضوع نه‌تنها از منظر حفاظت محیط‌زیست اهمیت دارد بلکه در اخذ مجوزهای لازم و پذیرش اجتماعی نیز مؤثر است.

۵– ۸– طراحی و آماده‌سازی اولیه سایت

طراحی محل دپو باید بر اساس داده‌های پایه، محدودیت‌های توپوگرافی، نوع خاک، و شرایط کاربری زمین انجام شود. طراحی مناسب، امکان تفکیک مناطق مختلف عملیاتی مانند محل تخلیه، کاهش، بازیافت، انبار موقت پسماندها، محل سوخت، تجهیزات، برج‌های نظارتی و مسیرهای عبور و مرور را فراهم می‌کند. طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که عملیات به‌صورت خطی و روان انجام گیرد، از تجمع غیرضروری نخاله جلوگیری شود، و الزامات زیست‌محیطی از جمله مدیریت روان‌آب‌ها رعایت شود. آماده‌سازی بستر سایت و خاک‌برداری با هدف بازسازی نهایی نیز باید در همان مراحل ابتدایی پیش‌بینی گردد. در تصاویر زیر نمونه-های از تجمیع مطلوب و نامطلوب آوار در مکان‌های دپوی موقت نمایش داده شده است.

شکل ۵-۳: محل دپوی آوار با تجمع نامطلوب آوار (منبع: FEMA-325)

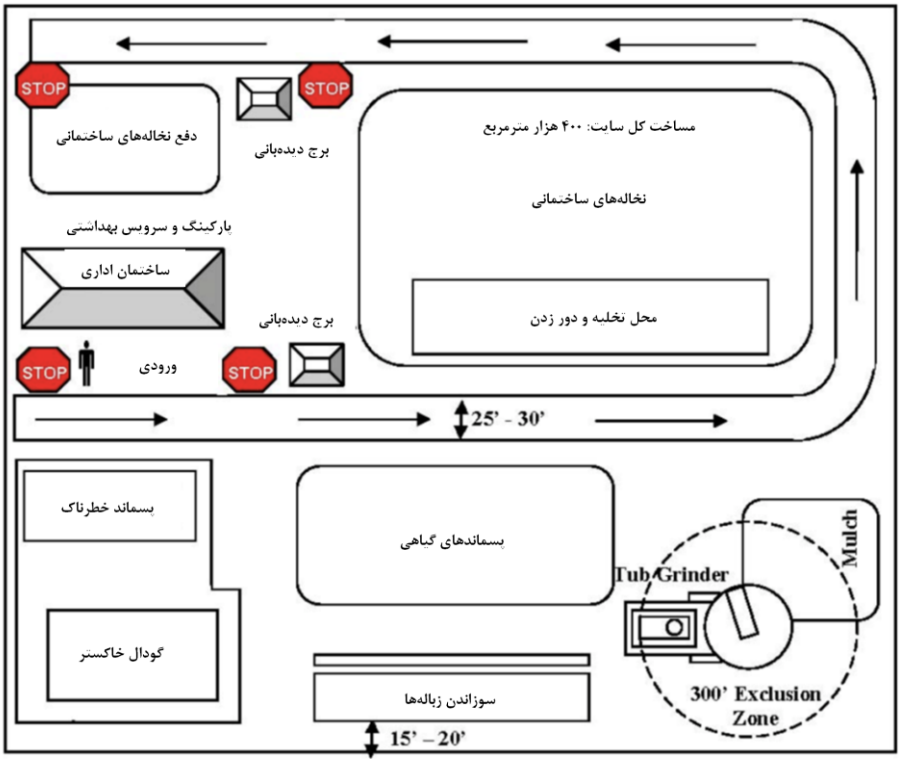
شکل ۵-۴: محل دپوی آوار با تجمع کم آوار (منبع: FEMA-325)

۵– ۹– الگوی ترافیک و مدیریت جریان ورود و خروج

طراحی الگوهای ترافیکی داخلی در محل دپوی موقت آوار نقش کلیدی در افزایش ایمنی، بهره‌وری و کاهش تداخل فعالیت‌های عملیاتی دارد. به‌منظور دستیابی به یک جریان حمل‌ونقل منظم و کارآمد، رعایت اصول زیر ضروری است:

- **تفکیک مسیرهای ورود و خروج**: باید مسیرهای مجزا و مشخصی برای ورود کامیون‌های حامل آوار و خروج کامیون‌های تخلیه‌شده در نظر گرفته شود تا از ایجاد ترافیک و تصادفات احتمالی جلوگیری گردد.
- **تعیین نقاط کنترل ورود و خروج**: در ورودی و خروجی سایت باید پست‌های کنترل مستقر شوند که توسط ناظران آموزش‌دیده اداره می‌شوند. این ناظران وظیفه ثبت اطلاعات کلیدی شامل شماره کامیون، وزن بار، نوع مصالح، و زمان ورود و خروج را بر عهده دارند.
- **کنترل و هدایت ترافیک داخلی**: برای جلوگیری از اختلال در روند عملیات و افزایش ایمنی، استفاده از پرسنل پرچم‌دار (Flaggers) یا سیستم‌های علائم و تابلوهای هدایت ترافیک در داخل سایت توصیه می‌شود.
- **طراحی خطوط و مسیرهای ایمن**: مسیرهای داخلی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که امکان مانور ایمن کامیون‌ها و ماشین‌آلات سنگین فراهم شده و نقاط برخورد احتمالی به حداقل برسد.

در **Error! Reference source not found.** پلان پیشنهادی برای نحوه سازماندهی مسیرهای ترافیکی در سایت‌های دپوی موقت آوار بر اساس دستورالعمل FEMA-325 ارائه شده است که می‌تواند به‌عنوان الگوی طراحی مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۵-۵: پلان تیپ ارائه شده در استاندارد FEMA-325 برای مدیریت آوار ناشی از سوانح طبیعی

۵– ۱۰– ذخیره سازی و مدیریت آوار در محل دپوی موقت

پس از جمع‌آوری و انتقال آوار به محل‌های دپوی موقت، مدیریت صحیح این محل‌ها نقش کلیدی در تضمین ایمنی، بهداشت محیط و تسهیل مراحل بعدی پردازش و دفع آوار دارد. ذخیره‌سازی مؤثر آوار مستلزم رعایت اصول تفکیک، دسته‌بندی و کنترل دقیق عوامل زیست‌محیطی است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

- **تفکیک و دسته‌بندی آوار:** آوارهای موجود باید بر اساس نوع و ماهیتشان تفکیک شوند تا امکان بازیافت، بازاستفاده یا دفع ایمن فراهم شود. دسته‌بندی معمول شامل مواد قابل بازیافت (فلزات، شیشه، پلاستیک، چوب)، مواد آلی و زیست‌پذیر، پسماندهای خطرناک (مواد شیمیایی، آسفالت، قیر، مواد نفتی) و پسماندهای غیرقابل بازیافت و دفنی است. ایجاد بخش‌های مجزا در محل دپو برای هر گروه، از آلودگی متقابل جلوگیری کرده و مدیریت بهینه را امکان‌پذیر می‌سازد.
- **کنترل نشت گردوغبار و آلودگی ثانویه:** برای کاهش گردوغبار و آلودگی‌های ناشی از ذخیره آوار، باید تدابیر کنترلی مانند استفاده از پوشش‌های پلاستیکی، آب‌پاشی منظم و نصب

بادشکن‌ها اجرا شود. همچنین، کنترل و مدیریت شیرابه‌های ناشی از آوار با استفاده از سیستم‌های زهکشی و جمع‌آوری مناسب ضروری است. پایش مداوم کیفیت هوا و آب اطراف محل دپو به منظور شناسایی و پیشگیری از آلودگی‌های ثانویه، از دیگر اقدامات مهم در این مرحله است.

- **نگهداری موارد قابل بازیفت و خطرناک:** نگهداری مواد قابل بازیافت در شرایطی که از آسیب دیدن و آلودگی جلوگیری شود اهمیت بالایی دارد تا امکان بازیافت و فروش مجدد آنها فراهم گردد. همچنین، پسماندهای خطرناک باید در محوطه‌های ایزوله با امکانات ویژه نگهداری شوند تا از نشت و آلودگی محیطی جلوگیری شود. تامین تجهیزات ایمنی و آموزش پرسنل جهت مدیریت این مواد و مقابله با خطرات احتمالی از نکات ضروری در این بخش به شمار می‌آید.
- **مدیریت ایمنی و بهداشت در محل دپوی موقت:** تامین امکانات بهداشتی و رعایت نکات ایمنی برای کارکنان و بازدیدکنندگان محل دپو، برقراری محدودیت دسترسی و نگهبانی جهت جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز و سرقت مواد با ارزش، و آموزش مستمر پرسنل در زمینه اصول ایمنی و اقدامات اضطراری، از جمله ضروریات مدیریت ایمنی و بهداشت در محل دپو است. این اقدامات به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک کرده و زمینه‌ساز تسهیل عملیات پاک‌سازی و بازتوانی نواحی آسیب‌دیده می‌شوند.

۵– ۱۱– انتقال از دپوی موقت به محل دپوی دائم

انتقال آوار از محل‌های دپوی موقت به دپوهای دائمی، یکی از مراحل حیاتی در مدیریت جامع آوار است که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، هماهنگی مؤثر و رعایت استانداردهای ایمنی و زیست‌محیطی است. زمان‌بندی انتقال باید به گونه‌ای تنظیم شود که ظرفیت دپوهای موقت تخلیه و آماده بهره‌برداری مجدد شود و از انباشت بیش از حد آوار جلوگیری گردد. معیارهای انتقال شامل برآورد حجم آوار موجود، وضعیت آماده‌سازی دپوهای دائمی و شرایط جوی و ایمنی می‌باشد.

قبل از انتقال، فرآیند کاهش حجم آوار با استفاده از روش‌های مکانیکی، شیمیایی یا حرارتی به منظور تسهیل حمل و کاهش هزینه‌ها اجرا می‌شود. این فرآیندها می‌توانند شامل خردکردن، فشرده‌سازی یا جداسازی مواد غیرضروری باشند که تاثیر مستقیم بر کارایی و اقتصادی بودن عملیات دارد.

مدیریت لجستیک حمل و نقل در این مرحله باید به گونه‌ای طراحی شود که انتقال ایمن، سریع و با حداقل خطرات زیست‌محیطی انجام گیرد. انتخاب مسیرهای مناسب، هماهنگی با مراجع ذی‌ربط برای مدیریت ترافیک و استفاده از تجهیزات استاندارد حمل و نقل از اصول کلیدی این بخش است. همچنین، نظارت مستمر بر عملکرد حمل و نقل و انجام اقدامات اصلاحی در صورت بروز مشکلات، تضمین‌کننده موفقیت این مرحله خواهد بود.

۵- ۱۲- طراحی و مدیریت محل دپوی دائم

طراحی و مدیریت محل‌های دپوی دائمی آوار، مرحله نهایی در زنجیره مدیریت آوار پس از حوادث و سوانح است که هدف آن حفظ ایمنی محیط زیست، کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و فراهم‌کردن شرایط پایدار برای انبارش بلندمدت آوار می‌باشد. انتخاب محل دپوهای دائمی باید بر اساس معیارهای فنی، زیست‌محیطی، حقوقی و اجتماعی صورت گیرد تا ضمن حفظ سلامت عمومی، استانداردهای بین‌المللی و ملی رعایت شود.

در طراحی این محل‌ها، زیرساخت‌های کلیدی مانند لایه‌های عایق زمین، سیستم‌های زهکشی پیشرفته برای جمع‌آوری و کنترل شیرابه، و سازه‌های محافظ در برابر نفوذ آلاینده‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند. استفاده از تکنولوژی‌های نوین در ساخت و مدیریت محل‌های دپو باعث افزایش کارایی و کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی می‌شود. علاوه بر این، باید تدابیری برای کنترل گردوغبار، جلوگیری از انتشار بو و محدودسازی دسترسی غیرمجاز اتخاذ گردد.

مدیریت محل‌های دپوی دائمی شامل برنامه‌ریزی برای پایش و کنترل بلندمدت کیفیت خاک، آب و هوا، و همچنین اجرای برنامه‌های نظارت زیست‌محیطی مستمر است. اقدامات بازتوانی و احیای محیطی پس از پر شدن محل دپو، از اهمیت بالایی برخوردار است تا با بازگرداندن کاربری‌های مناسب به زمین، اثرات منفی ناشی از انباشت آوار کاهش یابد و به توسعه پایدار منطقه کمک شود.

در نهایت، گزارش‌دهی دقیق و مستندسازی تمامی مراحل طراحی، ساخت، بهره‌برداری و پایش محل‌های دپوی دائمی، ابزار مهمی برای تضمین شفافیت، پاسخگویی و ارتقای کیفیت مدیریت آوار به شمار می‌رود.

۵- ۱۳- پایش و کنترل محل های دپو

راه‌اندازی و مدیریت صحیح سایت‌های موقت و دائم دپوی آوار، بخش مهمی از استراتژی کلان مدیریت آوار پس از وقوع بلایا به شمار می‌رود. این فرآیند نیازمند مجموعه‌ای از اقدامات برنامه‌ریزی‌شده و هماهنگ است که از مرحله جمع‌آوری داده‌های پایه و اخذ مجوزهای قانونی آغاز شده و تا طراحی دقیق سایت، مدیریت عملیاتی، کنترل ترافیک، پایش زیست‌محیطی و در نهایت تعطیلی و بازگرداندن زمین به وضعیت اولیه ادامه می‌یابد. همچنین، مکان‌یابی سایت‌های دائم دفن و بازیافت، بخشی ضروری از این چرخه محسوب می‌شود که می‌تواند کارایی مدیریت آوار را در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. در این بخش، مهم‌ترین گام‌ها و الزامات طراحی، راه‌اندازی و مدیریت این سایت‌ها به‌صورت یکپارچه تشریح می‌شود.

۵-۱۳-۱- ضرورت جمع‌آوری داده‌های پایه پیش از راه‌اندازی محل‌های دپوی آوار

پیش از آغاز هرگونه عملیات اجرایی در محل‌های دپوی موقت آوار، انجام یک مطالعه پایه و مستندسازی وضعیت اولیه زمین از جنبه‌های فیزیکی، زیست‌محیطی و مالکیتی، اقدامی ضروری و غیرقابل‌چشم‌پوشی است. این فرایند شامل ثبت و تحلیل دقیق شرایط موجود از طریق عکس‌برداری و فیلم‌برداری زمینی یا هوایی، گردآوری اطلاعات مربوط به سیستم‌های آبیاری، حصارکشی‌ها، مسیرهای دسترسی، پوشش گیاهی و ویژگی‌های توپوگرافی منطقه می‌باشد. داده‌های حاصل، مبنای ارزیابی خسارات احتمالی ناشی از بهره‌برداری و رسیدگی به دعاوی حقوقی مرتبط با مالکیت زمین در آینده خواهند بود.

علاوه بر این، انجام نمونه‌برداری‌های مهندسی و زیست‌محیطی از خاک و منابع آب زیرزمینی و اجرای آزمون‌های پیش‌نیاز جهت ثبت دقیق شرایط اولیه آلودگی و کیفیت محیط‌زیست محل ضروری است. این اطلاعات، امکان مقایسه و ارزیابی وضعیت زمین پس از اتمام عملیات و برنامه‌ریزی اقدامات اصلاحی در صورت بروز آلودگی را فراهم می‌کند. همکاری و هماهنگی با نهادهای محلی، شهرداری‌ها و سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست در تدوین معیارها و استانداردهای این مرحله، تضمین‌کننده صحت داده‌ها و تسهیل‌کننده اخذ مجوزهای لازم خواهد بود.

۵-۱۳-۲- پایش محیطی و مستندسازی در طول فعالیت

با آغاز فعالیت‌های اجرایی در محل‌های دپوی آوار، جمع‌آوری مستمر و سیستماتیک داده‌های جدید به‌منظور پایش زیست‌محیطی و اطمینان از کیفیت عملکرد عملیاتی امری حیاتی است. این پایش شامل به‌روزرسانی مداوم نقشه‌های سایت، تعیین دقیق محل‌های ذخیره‌سازی پسماندهای خطرناک، ثبت و کنترل

نشت‌های احتمالی سوخت و سیالات هیدرولیکی، وضعیت چاه‌های خنک‌کننده، انتشار گردوغبار و مدیریت پسماندهای ویژه نظیر پسماندهای خطرناک خانگی می‌باشد.

همچنین، هرگونه تغییر در محدوده‌های عملیاتی یا اصلاح در روش‌های پردازش، تفکیک و کاهش آوار باید به‌طور دقیق مستند شود. این داده‌ها، علاوه بر بهبود مدیریت و ایمنی عملیات، مبنایی کلیدی برای برنامه‌ریزی تعطیلی اصولی سایت و بازگرداندن آن به شرایط اولیه بدون ایجاد ریسک‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شوند.

۵-۱۳-۳- اخذ مجوزهای قانونی و زیست‌محیطی

احداث و بهره‌برداری از محل‌های دپوی موقت آوار مستلزم دریافت مجموعه‌ای از مجوزهای قانونی و زیست‌محیطی است که نوع و تعداد آن‌ها بسته به موقعیت جغرافیایی، شرایط زمین و ماهیت عملیات متفاوت خواهد بود. این مجوزها ممکن است شامل موارد زیر باشند:

- مجوزهای مربوط به پردازش و بازیافت آوار
- مجوزهای کنترل کیفیت هوا و آب
- تغییر کاربری زمین و اخذ مجوزهای مرتبط از مراجع ذی‌صلاح
- مجوز کمیسیون‌های منطقه‌ای (به‌ویژه در مناطق حساس مانند نواحی ساحلی)
- مجوزهای ذخیره‌سازی و مدیریت پسماندهای خطرناک و مواد سوختی
- مجوزهای ایمنی و آتش‌نشانی

تجربه کشورهایی مانند ایالات متحده نشان می‌دهد که بسیاری از این مجوزها باید پیش از وقوع بحران، در وضعیت آماده‌به‌کار اخذ شده یا فرایند دریافت آن‌ها به‌طور دقیق برنامه‌ریزی گردد. این رویکرد از تأخیرهای عملیاتی در زمان بحران جلوگیری کرده و امکان شروع سریع و قانونی عملیات مدیریت آوار را فراهم می‌سازد.

۵-۱۳-۶- مدیریت سایت و نقش‌های کلیدی

مدیریت کارآمد و ساختارمند سایت دپوی موقت آوار (DMS) یکی از عوامل حیاتی در موفقیت عملیات پاک‌سازی و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی محسوب می‌شود. برای دستیابی به این هدف، تعیین نقش‌ها و مسئولیت‌های کلیدی در محل ضروری است:

- **مدیر سایت:** مسئولیت اصلی هدایت و نظارت بر کلیه فعالیت‌های روزانه، هماهنگی با پیمانکاران و دستگاه‌های اجرایی، اطمینان از رعایت الزامات ایمنی و زیست‌محیطی، ثبت گزارش‌های پیشرفت و به‌روزرسانی نقشه‌های عملیاتی سایت را بر عهده دارد.
- **ناظران آوار:** این افراد در نقاط ورود و خروج مستقر می‌شوند تا ظرفیت و مشخصات کامیون‌ها را کنترل کرده، وجود زباله‌های خطرناک یا مواد ممنوعه را شناسایی کنند و گزارش‌های دقیق از وضعیت بار و تردد تهیه نمایند.
- **پرسنل ایمنی:** حضور مستمر نیروهای ایمنی در محل برای پایش رعایت مقررات ایمنی، واکنش سریع به حوادث احتمالی و آموزش کارکنان ضروری است.

به‌کارگیری این ساختار مدیریتی نه‌تنها موجب بهبود بهره‌وری عملیات می‌شود، بلکه خطر بروز حوادث، آلودگی‌های محیطی و مشکلات حقوقی را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

۵-۱۳-۶- برنامه‌ریزی برای تعطیلی و مرمت نهایی سایت

پس از پایان عملیات، محل باید به وضعیت اولیه خود بازگردانده شود. این فرآیند شامل پاک‌سازی کامل سایت از تجهیزات، نخاله‌های باقی‌مانده، خاکریزها و سازه‌های موقتی، و همچنین انجام آزمایش‌های محیطی برای تأیید سلامت خاک و منابع آب است. نمونه‌برداری‌ها باید مطابق با نقاط اولیه انجام شود تا مقایسه و تحلیل ممکن باشد. در صورتی که نتایج نشان‌دهنده آلودگی باشند، اقدامات اصلاحی انجام می‌گیرد. قرارداد اجاره باید شامل بندهایی در خصوص مرمت نهایی و رفع تعهدات آتی باشد.

۵- ۱۴- جمع بندی

در این فصل به موضوع معیارها و روش‌های بهینه‌سازی عملیات جمع‌آوری و مکان‌یابی محل‌های دپوی آوار پرداخته شد. ابتدا اهمیت مدیریت صحیح آوار و پسماندهای ناشی از بلایای طبیعی به‌عنوان بخش مهمی از چرخه مدیریت بحران و بازسازی تشریح شد و فرآیند آن در دو مرحله اصلی پاسخ اضطراری و مدیریت و بازیافت آوار تبیین گردید.

در ادامه، اقدامات کلیدی برای اجرای مرحله پاسخ شامل پاک‌سازی سریع مسیرهای حیاتی، استفاده از ظرفیت دستگاه‌های محلی و ملی، و اولویت‌بندی دسترسی به زیرساخت‌های حیاتی مورد بررسی قرار گرفت. سپس مرحله مدیریت و بازیافت آوار تشریح شد که شامل برآورد حجم و نوع آوار، جداسازی، بازیافت، دفع

نهایی و استفاده از مکان‌های دپوی موقت برای تسریع عملیات و افزایش کارایی فرآیند است. همچنین روش‌های مختلف جمع‌آوری آوار مانند جمع‌آوری حاشیه معابر و ایجاد مراکز جمع‌آوری معرفی شد.

بخش مهم دیگری از فصل به معیارهای انتخاب محل مناسب برای دپوی موقت آوار اختصاص یافت که شامل ملاحظات مالکیت زمین، ظرفیت و ابعاد موردنیاز، و موقعیت مکانی بهینه با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و اجتماعی بود.

در پایان، گام‌های برنامه‌ریزی و مدیریت جامع سایت‌های موقت و دائم پردازش آوار شامل جمع‌آوری داده‌های پایه، پایش زیست‌محیطی، اخذ مجوزهای قانونی، طراحی و آماده‌سازی سایت، و مدیریت جریان ترافیکی به‌طور مفصل توضیح داده شد. مجموعه مطالب این فصل چارچوبی عملی و راهبردی برای مدیریت کارآمد آوار و پسماندهای ناشی از بلایا فراهم می‌آورد و می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی بهینه در شرایط بحران باشد.

فصل ششم:

بازیافت به عنوان رویکردی پایدار در مدیریت آوار و پاسخ به بلایا

۶- بازیافت به‌عنوان رویکردی پایدار در مدیریت آوار و پاسخ به بلایا

۶-۱- مقدمه

بازیافت، به عنوان یکی از ارکان کلیدی مدیریت پایدار پسماندهای ناشی از بحران‌های طبیعی و انسانی، نقش چندبعدی و راهبردی در فرآیندهای پاسخ و بازسازی ایفا می‌کند. در بسیاری از بحران‌ها مانند زلزله، سیل، طوفان، سونامی یا جنگ‌ها، حجم وسیعی از نخاله‌های ساختمانی، تجهیزات، وسایل خانگی، بقایای زیرساختی و حتی ضایعات خاک و گل در مدت زمان بسیار کوتاهی تولید می‌شود. عدم مدیریت صحیح این حجم عظیم پسماند می‌تواند منجر به اشغال فضاهای عمومی، انسداد مسیرهای امدادی، تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی، تهدید سلامت عمومی و افزایش هزینه‌های بلندمدت گردد.

بر اساس دستورالعمل‌های بین‌المللی مانند FEMA-325 و راهنمای مدیریت آوار سازمان ملل متحد (JEU, 2011)، رویکرد بازیافت‌محور در مدیریت بحران، به جای دفع صرف، نه‌تنها به کاهش حجم پسماندهای دفنی کمک می‌کند، بلکه منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی متعددی نیز به همراه دارد. در این راستا، برخی از مهم‌ترین مزایا و ضرورت‌های بازیافت به شرح زیر است:

- **کاهش فشار بر مراکز دفن زباله و زیرساخت‌های محدود مناطق بحران‌زده:** در بسیاری از مناطق آسیب‌دیده، ظرفیت سایت‌های دفن زباله محدود یا ناکارآمد است. بازیافت می‌تواند بار تحمیل‌شده بر این سایت‌ها را کاهش داده و عمر مفید آن‌ها را افزایش دهد.
- **استفاده مجدد از منابع و کاهش نیاز به مواد اولیه نو:** آوارهای ساختمانی، فلزات، چوب و حتی برخی خاک‌ها، در صورت فرآوری صحیح، قابلیت تبدیل به مواد اولیه برای پروژه‌های بازسازی یا تولید محصولات جدید را دارند. این چرخه مصرف مجدد، بهره‌وری منابع را افزایش می‌دهد.
- **صرفه‌جویی اقتصادی برای نهادهای محلی و ملی:** در بسیاری موارد، فرآیند بازیافت و فروش محصولات حاصل می‌تواند بخشی از هزینه‌های جمع‌آوری، تفکیک و دفع پسماند را جبران نماید. به‌ویژه در مناطقی که حمل پسماند به مراکز دفن هزینه‌بر است، بازیافت گزینه‌ای اقتصادی‌تر محسوب می‌شود.
- **ایجاد فرصت‌های شغلی محلی در مرحله بهبودی:** فرآیندهای تفکیک، فرآوری، حمل، ذخیره و فروش محصولات بازیافتی می‌تواند موجب اشتغال‌زایی در جوامع آسیب‌دیده شود. این فرصت‌ها نه‌تنها به توانمندسازی اقتصادی مناطق کمک می‌کند، بلکه نقش مهمی در فرآیند بازسازی ایفا می‌نماید.

- **ارتقاء ایمنی محیطی و کاهش اثرات ثانویه بلایا:** انباشت طولانی‌مدت پسماندهای قابل بازیافت در معابر، حاشیه جاده‌ها یا کنار اردوگاه‌ها، ممکن است در اثر بارندگی یا باد باعث انتشار مواد خطرناک یا جذب حشرات و جوندگان شود. تفکیک و بازیافت سریع می‌تواند از بروز این تهدیدات زیست‌محیطی و بهداشتی جلوگیری کند.
- **تطابق با اصول توسعه پایدار و کاهش اثرات کربنی:** کاهش دفن زباله، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای مانند متان، و کاهش نیاز به استخراج و تولید مواد اولیه نو، همه در کاهش اثرات زیست‌محیطی بحران و انطباق با اهداف توسعه پایدار مؤثر هستند.

در نتیجه، بازیافت نه‌تنها یک گزینه فنی بلکه یک راهبرد کلان در مدیریت آوار و بازسازی پس از بحران محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت این موضوع، تدوین شاخص‌های شناسایی، طراحی نظام‌های پشتیبان و آماده‌سازی بازار برای جذب محصولات بازیافتی باید به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیری از برنامه‌های آمادگی و پاسخ به بحران در سطوح ملی و محلی در نظر گرفته شود که در ادامه به آن پرداخته شده است.

۶– ۲– شاخص های شناسایی مواد قابل بازیافت

شاخص‌های شناسایی پسماندهای قابل بازیافت را می‌توان در سه دسته‌ی اصلی فنی، اقتصادی و نهادی طبقه‌بندی کرد. در بُعد فنی، ماهیت و ترکیب ماده (مانند فلز، بتن، چوب یا مصالح ساختمانی)، سلامت ساختاری و قابلیت جداسازی فیزیکی، عدم آلودگی با مواد شیمیایی یا خطرناک، و امکان استفاده از فرآیندهای ساده بازیافت (مانند خرد کردن، الک و تراشه‌سازی) مورد توجه قرار می‌گیرد. در بُعد اقتصادی و بازار، وجود تقاضای محلی یا منطقه‌ای برای محصولات بازیافتی، حضور خریداران واقعی و امکان عقد قراردادهای پیش‌فروش، توان رقابت با هزینه دفن زباله و همچنین حجم کافی مواد برای توجیه سرمایه‌گذاری اهمیت دارد. در بُعد اجرایی و نهادی، دسترسی به تجهیزات و فناوری‌های بازیافت در محل یا نزدیکی آن، وجود پیمانکاران دارای مجوز و آموزش‌دیده، ظرفیت مناسب برای ذخیره‌سازی، حمل، نظارت و گزارش‌دهی، و همچنین حمایت نهادی از سوی شهرداری‌ها یا فرمانداری‌ها به‌عنوان عوامل کلیدی در موفقیت عملیات بازیافت مطرح هستند.

به‌منظور شفاف‌سازی بیشتر، جدول ۴-۳ نمونه‌ای از پسماندهای متداول قابل بازیافت، شرایط لازم برای بازیافت و کاربردهای نهایی هر ماده را ارائه می‌دهد.

جدول ۶-۱: نمونه های متداول پسماندهای قابل بازیافت

نوع ماده	شرایط قابل بازیافت بودن	کاربرد نهایی
فلزات آهنی و غیرآهنی	در صورت جداسازی و عدم سوختگی شدید، فاقد آلودگی	ذوب مجدد، ساخت مجدد تجهیزات یا اسکلت فلزی
بتن، آسفالت، مصالح بنایی	قابل خردشدن و فاقد آلودگی شیمیایی یا روغنی	زیرسازی جاده، پرکننده ترانشه، خاکریز
خاک و گل	مشروط به پایش آلودگی (فلزات سنگین، آفت‌کش، فاضلاب)	کاربرد کشاورزی، پوشش نهایی دفن زباله، اصلاح خاک
چوب سالم	در صورت خشک بودن، عدم رشد قارچ و آلودگی	تولید سوخت زیستی، تراشه، MDF بازیافتی
وسایل برقی و الکترونیکی	تفکیک‌پذیر، بدون آسیب حرارتی شدید، دارای بردها و قطعات سالم	بازیافت فلزات گران‌بها، بازسازی جزئی

۶– ۳– فناوری ها و روش های بازیافت

بازیافت آوار و پسماندهای ساختمانی در مدیریت بحران نیازمند فناوری‌ها و روش‌های تخصصی است تا مواد مختلف به‌طور مؤثر جداسازی، پردازش و به چرخه مصرف بازگردانده شوند. این فرآیند به‌طور کلی شامل سه مرحله اصلی جداسازی و تفکیک اولیه، پردازش، و بازتولید و استفاده مجدد است.

- **جداسازی و تفکیک اولیه:** این مرحله نخستین گام در بازیافت آوار محسوب می‌شود و شامل جداسازی مواد مختلف از یکدیگر برای جلوگیری از آلودگی متقاطع و افزایش کارایی مراحل بعدی است. تفکیک می‌تواند به‌صورت دستی توسط نیروی انسانی انجام شود یا با بهره‌گیری از فناوری‌های مکانیکی مانند نوار نقاله، سرندهای لرزشی، دستگاه‌های مغناطیسی و سیستم‌های جداساز هوایی صورت گیرد. همچنین ایجاد ایستگاه‌های تفکیک در محل آواربرداری (تفکیک در مبدأ) نقش مهمی در کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و افزایش راندمان بازیافت ایفا می‌کند.
- **فناوری‌های پردازش:** پس از تفکیک، مواد جداسازی‌شده وارد مرحله پردازش می‌شوند تا به شکل مناسبی برای بازیافت یا استفاده مجدد تبدیل گردند. فناوری‌های پردازش شامل خردکردن و آسیاب مصالح سنگی و بتنی برای تولید دانه‌بندی‌های مختلف، غربال‌گری و طبقه‌بندی ذرات، استفاده از پردازش حرارتی برای کاهش حجم یا بازیافت فلزات، و

به‌کارگیری روش‌های شیمیایی برای جداسازی مواد خاص مانند فلزات سنگین است. این فناوری‌ها با توجه به نوع پسماند و هدف نهایی انتخاب و ترکیب می‌شوند.

- **بازتولید و استفاده مجدد:** در این مرحله مواد پردازش‌شده به محصولات جدید یا مصالح قابل استفاده تبدیل می‌شوند. به‌عنوان نمونه، نخاله‌های خردشده می‌توانند به شن و ماسه بازیافتی، بلوک‌های بتنی یا آسفالت بازیافتی تبدیل شوند. فلزات استخراج‌شده مانند آهن، فولاد، آلومینیوم و مس نیز پس از ذوب مجدد در صنایع فلزی استفاده می‌شوند. چوب و پلاستیک بازیافتی قابلیت تبدیل به تخته‌های فشرده، سوخت جایگزین یا مواد خام برای صنایع پلاستیک را دارند. علاوه بر این، فناوری‌های نوین نظیر بازیافت سرد آسفالت، فناوری‌های نانویی و استفاده از افزودنی‌های شیمیایی به بهبود کیفیت محصولات بازیافتی و افزایش ارزش اقتصادی فرآیند کمک می‌کنند.

۶- ۴- اصول کلیدی برای موفقیت در عملیات بازیافت آوار

برای موفقیت عملیات بازیافت، چند اصل اساسی زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

۱) **تحلیل بازار هدف و امکان فروش مواد بازیافتی پیش از آغاز فرایند بازیافت:**

پیش از هرگونه سرمایه‌گذاری در عملیات بازیافت، تحلیل بازار هدف گامی حیاتی محسوب می‌شود. شناسایی صنایعی که قابلیت استفاده از مواد بازیافتی را دارند، بررسی ظرفیت جذب بازار، ارزیابی قیمت‌های رقابتی و امکان انعقاد قراردادهای پیش‌فروش از مهم‌ترین اقداماتی است که باید پیش از شروع فرآوری مواد انجام شود. نبود بازار مشخص می‌تواند منجر به انباشت پسماندهای پردازش‌شده و تحمیل هزینه‌های مضاعف ذخیره‌سازی یا دفع ثانویه گردد.

۲) **ارزیابی فنی مواد از نظر قابلیت تفکیک، آلودگی و ارزش فرآوری:**

ارزیابی فنی اولیه برای تعیین قابلیت بازیافت شامل بررسی ترکیب فیزیکی، ساختار ماده، سطح آسیب و میزان آلودگی است. موادی که ساختار سالم‌تری دارند و به‌راحتی از سایر پسماندها قابل تفکیک هستند، اولویت بالاتری برای بازیافت خواهند داشت. همچنین شناسایی موادی که پس از فرآوری ارزش افزوده بیشتری ایجاد می‌کنند، به تخصیص بهینه منابع محدود در شرایط بحران کمک کرده و بازدهی کل عملیات را افزایش می‌دهد.

۳) **پایش ریسک زیست‌محیطی ناشی از آلودگی‌های شیمیایی، زیستی و فیزیکی:**

یکی از پیش‌نیازهای اساسی در مدیریت پسماندهای بازیافتی، ارزیابی و پایش مستمر خطرات بالقوه ناشی از آلودگی‌های شیمیایی (مانند آزبست یا روغن موتور)، زیستی (مانند فضولات حیوانی یا لاشه‌ها) و فیزیکی (مانند اجسام نوک‌تیز یا مواد برنده) است. در صورت عدم شناسایی و کنترل مناسب این تهدیدات، سلامت کارگران، محیط زیست و مصرف‌کنندگان نهایی محصولات بازیافتی به خطر خواهد افتاد.

۴) **در نظر گرفتن هزینه و زمان بازیافت در مقایسه با دفن بهداشتی:**

تصمیم‌گیری درباره بازیافت باید مبتنی بر تحلیل دقیق هزینه-فایده باشد. در شرایط بحرانی که منابع محدود است، ممکن است بازیافت برخی مواد از نظر اقتصادی یا زمانی توجیه‌پذیر نباشد. هزینه‌های تفکیک، حمل، فرآوری و فروش باید با هزینه‌های حمل مستقیم و دفن بهداشتی مقایسه شود تا گزینه‌ای انتخاب گردد که هم از نظر زیست‌محیطی مؤثر و هم از نظر اقتصادی به‌صرفه باشد.

۵) **رعایت استانداردهای زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشت شغلی:**

اجرای عملیات بازیافت بدون پایبندی به مقررات زیست‌محیطی و اصول ایمنی می‌تواند منجر به صدمات جبران‌ناپذیر به انسان و محیط زیست شود. استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، آموزش نیروها، مدیریت مواد خطرناک و پیشگیری از نشت آلاینده‌ها باید در همه مراحل رعایت گردد. علاوه بر این، کسب مجوزهای قانونی از نهادهای ذی‌ربط برای انجام عملیات بازیافت در محل‌های اضطراری یا موقت از الزامات قانونی و اخلاقی در چارچوب مدیریت بحران به شمار می‌آید.

۶- ۵- ملاحظات و چالش‌های موجود در عملیات بازیافت آوار

اجرای فرآیند بازیافت در شرایط اضطراری پس از وقوع بحران مستلزم توجه دقیق به مجموعه‌ای از ملاحظات فنی، زیست‌محیطی، نهادی و ایمنی است. نادیده‌گرفتن این ملاحظات می‌تواند به ناکارآمدی عملیات، افزایش هزینه‌ها، آسیب به محیط زیست و حتی تهدید سلامت عمومی منجر شود. این چالش‌ها به‌ویژه در محیط‌های ناهمگون و بی‌ثبات پس از بحران، که تنوع و سطح آلودگی پسماندها بالاست، نمود بیشتری پیدا می‌کنند.

یکی از نخستین چالش‌ها، آلودگی پسماندهای بالقوه قابل بازیافت با موادی نظیر آزبست، مشتقات نفتی، فاضلاب شهری یا صنعتی، حلال‌های شیمیایی، آفت‌کش‌ها یا فلزات سنگین است. وجود این آلودگی‌ها

در ضایعات ساختمانی، خاک یا وسایل تخریب‌شده، فرآیند بازیافت را به‌شدت پیچیده و پرریسک می‌کند. در چنین شرایطی، تفکیک فیزیکی به‌تنهایی کفایت نمی‌کند و نیاز به انجام آزمایش‌ها، پایش‌های تخصصی و طبقه‌بندی دقیق مواد توسط کارشناسان محیط زیست و بهداشت حرفه‌ای وجود دارد. به‌کارگیری مواد آلوده در فرآورده‌های ثانویه می‌تواند منجر به ایجاد زنجیره‌های آلودگی در محیط و تولید محصولات غیرقابل‌استفاده شود.

از سوی دیگر، جلوگیری از ورود مواد خطرناک به جریان بازیافت، یک الزام کلیدی در مدیریت پسماندهای بحران‌زده است. برای تحقق این امر، لازم است ساختارهای مشخصی برای جداسازی اولیه، ایجاد ایستگاه‌های کنترلی در محل‌های تفکیک و تدوین دستورالعمل‌های عملیاتی برای نیروهای اجرایی پیش‌بینی شود. نبود دستورالعمل‌های شفاف یا آموزش کافی می‌تواند موجب اختلاط پسماندهای خطرناک با زباله‌های عادی و کاهش کیفیت محصولات بازیافتی شود.

ارزیابی کیفی و نمونه‌برداری علمی از پسماندها، به‌ویژه در مواردی که ماهیت مواد ناشناخته یا مشکوک است، از دیگر چالش‌های مهم محسوب می‌شود. این ارزیابی‌ها باید مطابق روش‌های استاندارد، توسط کارشناسان واجد صلاحیت و بر اساس چک‌لیست‌های مرجع بین‌المللی انجام شود تا قابلیت بازیافت یا نیاز به دفع ویژه هر دسته از مواد مشخص گردد. این امر به‌ویژه برای خاک‌های آلوده، مصالح ساختمانی مشکوک به آزبست و ضایعات الکترونیکی اهمیت حیاتی دارد.

علاوه بر این، فرآیند بازیافت بدون تحلیل دقیق کاربرد نهایی محصولات بازیافتی، می‌تواند منجر به تولید پسماندهای ثانویه غیرقابل‌مصرف و پرهزینه شود. در چنین شرایطی ممکن است منابع قابل‌توجهی صرف بازیافت موادی شود که در نهایت فاقد بازار مصرف باشند. ازاین‌رو، تحلیل بازار هدف، تعیین مشخصات فنی محصول نهایی و هماهنگی با نهادهای مصرف‌کننده از پیش‌نیازهای اساسی عملیات بازیافت هستند.

نظارت مؤثر بر عملکرد پیمانکاران بازیافت نیز اهمیت بالایی دارد. فعالیت پیمانکاران باید در چارچوب قراردادهای مشخص شامل الزامات فنی، زیست‌محیطی و ایمنی انجام شده و کلیه اقدامات آنان به‌طور مستمر توسط نهادهای ناظر (مانند شهرداری، سازمان مدیریت بحران یا سازمان حفاظت محیط زیست) مورد بازرسی، ثبت و گزارش‌دهی قرار گیرد. بی‌توجهی به این موضوع می‌تواند منجر به تخلفات زیست‌محیطی، رهاسازی غیرمجاز پسماند یا سوزاندن غیرقانونی ضایعات شود.

در نهایت، مدیریت موفق بازیافت در شرایط بحران صرفاً به جمع‌آوری مواد محدود نمی‌شود، بلکه مستلزم رویکردی سیستمی به زنجیره بازیافت از مبدأ تا مقصد، همراه با زیرساخت‌های کنترلی، نظارتی و

سازوکارهای تصمیم‌سازی تخصصی است. ایجاد ظرفیت‌های محلی برای مدیریت اجرایی و نظارتی این چرخه، پیش‌شرط اساسی موفقیت برنامه‌های بازیافت در مرحله پسابحران محسوب می‌شود.

۶– ۶– توصیه‌های عملیاتی برای بازیافت آوار

اجرای مؤثر عملیات بازیافت در شرایط بحرانی مستلزم طراحی مجموعه‌ای از اقدامات پیشگیرانه، سازوکارهای عملیاتی میدانی، ظرفیت‌سازی نهادی و نظارت دقیق است. بر اساس توصیه‌های نهادهای بین‌المللی، توجه به مؤلفه‌های زیر برای ایجاد یک سیستم منسجم بازیافت در شرایط بحران ضروری است:

الف) برنامه‌ریزی پیشگیرانه برای بازیافت

پایه‌گذاری فرآیند بازیافت در دوره پیش از وقوع بحران یکی از اجزای کلیدی مدیریت آوار محسوب می‌شود. این مرحله شامل اقدامات زیر است:

- شناسایی و اولویت‌بندی مواد قابل بازیافت متناسب با انواع بلایای طبیعی یا درگیری‌های نظامی محتمل در منطقه؛
- تحلیل بازار هدف و انجام مطالعات امکان‌سنجی فروش محصولات بازیافتی به‌منظور جلوگیری از تولید پسماندهای ثانویه غیرقابل مصرف؛
- ارزیابی و شناسایی پیمانکاران محلی یا منطقه‌ای با ظرفیت‌های تخصصی در حوزه پردازش پسماند و بازیافت؛
- تجهیز زیرساخت‌های عملیاتی از جمله ایجاد و آماده‌سازی مکان‌های موقت ذخیره آوار و تعیین کاربری‌های مجاز برای آنها؛
- انعقاد توافق‌نامه‌های رسمی با نهادهای مسئول (شهرداری، سازمان حفاظت محیط زیست، هلال‌احمر، وزارت کشور، دفاتر مدیریت بحران) جهت تسهیل در صدور مجوز، دسترسی به منابع و تأمین پشتیبانی لجستیکی و قانونی.

ب) نقش کلیدی مکان‌های دپوی موقت در تسهیل بازیافت

سایت‌های موقت دپوی آوار باید به‌عنوان بستر اصلی عملیات میدانی برای پیش‌تفکیک، پردازش، ذخیره‌سازی موقت و توزیع مواد بازیافتی عمل کنند. فعالیت‌های ضروری در این سایت‌ها عبارتند از:

- تفکیک اولیه مواد بر اساس نوع (فلزات، بتن، چوب، خاک، نخاله مخلوط، زباله‌های عفونی یا خطرناک)؛

- بازرسی‌های زیست‌محیطی و حذف آلودگی‌ها با استفاده از دستورالعمل‌های ارزیابی و تجهیزات پایش سریع؛
- فرآوری فیزیکی در محل شامل خردایش، الک، فشرده‌سازی و دانه‌بندی به‌منظور آماده‌سازی برای حمل به بازار یا واحدهای بازیافت صنعتی؛
- بسته‌بندی، برچسب‌گذاری و بارگیری اصولی برای انتقال ایمن و کارآمد به مقاصد نهایی بازیافت یا فروش.

ج) قراردادهای شفاف و الزام‌آور با پیمانکاران بازیافت

انعقاد قراردادهای دقیق و الزام‌آور با پیمانکاران حوزه تفکیک و بازیافت برای پیشگیری از تخلفات، عدم انطباق و سهل‌انگاری ضروری است. این قراردادها باید شامل:

- الزامات فنی و کیفی مربوط به نوع، کمیت و روش پردازش پسماند؛
- تعهد به رعایت کامل ضوابط ایمنی، بهداشت شغلی و مقررات زیست‌محیطی در سطوح محلی، ملی و بین‌المللی؛
- نحوه گزارش‌دهی، ثبت عملیات و انجام بازرسی‌های میدانی؛
- جزئیات مالی، نحوه پرداخت و ساختار مشوق‌های مرتبط با عملکرد کیفی و کمی موفق.

د) آموزش و ظرفیت‌سازی تیم‌های تفکیک و بازیافت

آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی محلی و تیم‌های عملیاتی باید بخش جدایی‌ناپذیر برنامه بازیافت باشد. توصیه می‌شود:

- تدوین و توزیع بروشورها، پوسترهای آموزشی و دستورالعمل‌های ساده‌شده برای استفاده نیروهای اجرایی؛
- برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت آموزشی پیش از آغاز عملیات یا همزمان با استقرارDMS ؛
- جذب و آموزش داوطلبان و نیروهای بومی برای پشتیبانی از فعالیت‌های تفکیک، بارگیری و نگهداری؛
- آموزش تخصصی تیم‌های بازرسی و کنترل کیفیت همراه با تجهیز آنها به ابزارهای پایش و سیستم‌های ثبت اطلاعات.

۶- ۷- جمع بندی

در این فصل به اهمیت و ضرورت بازیافت به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی مدیریت آوار و پاسخ به بلایا پرداخته شده است. ابتدا نقش بازیافت در کاهش حجم پسماندهای ناشی از بحران‌ها و تأثیر آن بر حفظ محیط‌زیست، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و دفع مواد زائد، و همچنین بازیابی منابع باارزش مورد بررسی قرار گرفته است. سپس به شاخص‌ها و فناوری‌های نوین بازیافت اشاره شده که می‌توانند در بهبود فرایند جداسازی، پردازش و استفاده مجدد از مواد حاصل از تخریب و آواربرداری نقش مؤثری ایفا کنند.

در ادامه، چالش‌های اصلی مدیریت بازیافت، از جمله کمبود زیرساخت‌های مناسب، نبود هماهنگی بین نهادهای مسئول، ضعف در برنامه‌ریزی‌های پیشگیرانه و فقدان بازار مصرف پایدار برای محصولات بازیافتی مطرح شده است. برای مقابله با این چالش‌ها، مجموعه‌ای از راهکارها ارائه گردیده که شامل شناسایی و آماده‌سازی پیمانکاران متخصص، تجهیز و راه‌اندازی زیرساخت‌های موقت بازیافت، تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهای اجرایی، آموزش نیروی انسانی، و ایجاد مشوق‌های اقتصادی برای افزایش مصرف محصولات بازیافتی می‌شود.

به‌کارگیری این مجموعه راهکارها می‌تواند به مدیریت بهینه عملیات بازیافت کمک کرده و ضمن کاهش پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از بلایا، زمینه بازسازی پایدار و کارآمد مناطق آسیب‌دیده را فراهم آورد. در نتیجه، توجه به بازیافت و طراحی راهبردهای جامع در این حوزه، نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری شهری و تسریع فرایند بازتوانی پس از بحران‌ها ایفا می‌کند.

فصل هفتم:

ابزار و ماشین آلات مورد نیاز برای عملیات آوار برداری

۷- ابزار و ماشین آلات مورد نیاز برای عملیات آوار برداری

۷- ۱- مقدمه

برآورد مناسب تجهیزات مورد نیاز برای عملیات آواربرداری، نقش تعیین‌کننده‌ای در سرعت، ایمنی، و اثربخشی مداخله دارد. این فرآیند باید با در نظر گرفتن عواملی همچون حجم، نوع و پراکندگی آوار، وضعیت دسترسی، ظرفیت‌های لجستیکی، و توان نیروی انسانی، به‌گونه‌ای طراحی شود که اجرای عملیات در کوتاه-ترین زمان و با حداکثر ایمنی صورت گیرد.

عملیات آواربرداری، به‌ویژه در ساعات اولیه پس از وقوع بحران، نیازمند به‌کارگیری ترکیبی از ماشین آلات سنگین، نیمه‌سنگین و ابزارهای سبک است که بتوانند در شرایط متغیر و گاه بسیار دشوار محیط حادثه، عملکرد مؤثری داشته باشند. نوع حادثه (مانند زلزله، سیل، رانش زمین یا انفجار)، موقعیت جغرافیایی، تراکم شهری و ویژگی‌های کالبدی منطقه، همگی بر انتخاب نوع تجهیزات و نحوه استقرار و بهره برداری از آن‌ها اثرگذارند.

از این‌رو، این فصل با هدف شناسایی و دسته‌بندی ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز برای عملیات آواربرداری، بررسی ویژگی‌های فنی هر دسته، تبیین الزامات بهره‌برداری ایمن، و ارائه چارچوبی برای برنامه ریزی و استقرار آن‌ها تدوین شده است. همچنین، به ملاحظات اجرایی، الزامات لجستیکی، و ظرفیت‌سازی برای بهره‌برداری بهینه از منابع موجود نیز پرداخته خواهد شد.

۷- ۲- دسته بندی تجهیزات و ماشین آلات بر اساس نوع کاربرد

در عملیات آواربرداری، **دسته‌بندی مناسب و کاربردی تجهیزات**، پایه‌ای برای تخصیص بهینه منابع، تصمیم‌گیری سریع، و مدیریت مؤثر عملیات می‌باشد. تجهیزات مورد استفاده در عملیات آواربرداری، بسته به نوع عملکرد، درجه تخصص، قابلیت مانور، و سطح ایمنی مورد نیاز، به گروه‌های مختلفی تقسیم می شوند. این دسته‌بندی کمک می‌کند تا متناسب با هر فاز عملیاتی، از برداشت آوار تا خردکردن، بارگیری و انتقال، تجهیزات مناسب، در زمان و مکان درست مورد استفاده قرار گیرند.

شناخت صحیح این دسته‌ها، علاوه‌بر بهینه‌سازی استفاده از منابع، امکان برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر در شرایط متغیر بحرانی، آموزش هدفمند نیروهای عملیاتی، و تسریع در واکنش اضطراری را نیز فراهم می‌کند. به‌طور کلی، تجهیزات آواربرداری را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد:

۶-۲-۱- ماشین‌آلات سنگین

ماشین‌آلاتی مانند بیل مکانیکی، لودر، بولدوزر، جرثقیل، و کامیون کمپرسی در این گروه قرار دارند. این تجهیزات عمدتاً برای جابجایی احجام بزرگ آوار، تخریب سازه‌های ناپایدار، و بازگشایی مسیرهای اصلی به‌کار گرفته می‌شوند و به نیروی انسانی متخصص و فضای عملیاتی نسبتاً باز نیاز دارند. در مراحل میانی تا پایانی عملیات، ماشین‌آلات سنگین نقش محوری در افزایش سرعت و حجم برداشت دارند.

۶-۲-۲- تجهیزات نیمه‌سنگین و متوسط

این گروه شامل تجهیزاتی است که ترکیبی از قدرت و قابلیت مانور بالا را ارائه می‌دهند، مانند مینی لودر (بابکت)، لیفتراک، پیکور و دستگاه‌های مکنده غبار یا برش بتن. این تجهیزات برای محیط‌های نیمه محدود، مناطق متراکم شهری، یا عملیات‌هایی با دقت بالا بسیار مفید هستند.

۶-۲-۳- ابزارهای سبک و قابل‌حمل

در فازهای اولیه جست‌وجو و نجات، یا در فضاهایی با دسترسی بسیار محدود، ابزارهای سبک نقش اصلی را ایفا می‌کنند. اره‌های موتوری، کمپرسورهای دستی، دیلم، طناب نجات، ابزارهای برش و تجهیزات تشخیص حیات در این گروه قرار می‌گیرند. این ابزارها معمولاً توسط تیم‌های امداد و نجات، داوطلبان یا نیروهای واکنش سریع مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در جدول ۷-۱، دسته‌بندی تجهیزات مورد استفاده در عملیات آواربرداری به‌همراه کاربرد اصلی، ملاحظات عملیاتی و توضیحات تکمیلی ارائه شده است، که می‌تواند به عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی تجهیزاتی و تصمیم‌گیری میدانی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در جدول ۷-۲، حجم قابل جابجایی و ظرفیت عملیاتی تعدادی از تجهیزات کلیدی مورد استفاده در عملیات آواربرداری ارائه شده است، تا در برآورد توان اجرایی و برنامه‌ریزی عملیاتی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۷-۱: دسته‌بندی تجهیزات آواربرداری به همراه کاربرد و ملاحظات عملیاتی

دسته‌بندی تجهیزات	نوع ماشین‌آلات	کاربرد اصلی	ملاحظات عملیاتی	توضیحات تکمیلی
تجهیزات سنگین	بولدوزر، بیل مکانیکی، لودر، جرثقیل، گریدر، دریل واگن، بیل بکهو	جمع‌آوری، بارگیری، تخریب ساختارهای ناپایدار	نیازمند اپراتور مجاز، پایش مصرف سوخت	مناسب برای تخریب ساختمان‌های بزرگ، بازگشایی مسیرهای اصلی، و بارگیری احجام زیاد آوار. لودر چرخ‌زنجیری برای زمین‌های ناهموار، بیل مکانیکی برای حفاری و بارگیری انتخاب می‌شود. جرثقیل برای بلند کردن قطعات بزرگ سازه‌ای ضروری است.
تجهیزات حمل و نقل	کامیون کمپرسی، تریلر، تانکر آب، خودروهای چندمنظوره امدادی	حمل آوار، مواد خطرناک یا قابل بازیافت	باید دارای GPS، تهویه، پوشش ضد نشت باشد	کامیون کمپرسی برای انتقال سریع آوار به سایت‌های دفع، تریلر برای حمل ماشین‌آلات یا قطعات حجیم، تانکر آب برای مهار گردوغبار یا پشتیبانی خدمات بهداشتی. مجهز بودن به سیستم مکان‌یابی و ارتباطی الزامی است.
تجهیزات ویژه	خردکن آوار، بالابر، سیستم غربالگری، مکنده صنعتی، دستگاه برش بتن، چکش هیدرولیکی	بازیافت در محل، تخلیه زیرسطحی	بسته به نوع آوار، نیاز به آموزش دارد	شامل دستگاه‌های تخصصی مانند خردکن بتن برای کاهش حجم آوار، مکنده صنعتی برای جمع‌آوری مواد پودری یا آلاینده، سیستم غربالگری برای جداسازی مصالح قابل بازیافت. نیازمند اپراتور آموزش‌دیده و نگهداری دقیق هستند.
تجهیزات پشتیبان	ژنراتور، نورافکن سیار، تانکر سوخت، مخازن موقت، کانکس سیار فرماندهی	پشتیبانی لجستیکی، عملیات شبانه	تأمین انرژی اضطراری و خدمات پشتیبان	در مواقع قطعی برق یا عملیات شبانه حیاتی اند. نورافکن سیار برای روشن‌سازی مناطق وسیع، ژنراتور برای تأمین برق اضطراری، تانکر سوخت جهت پشتیبانی تجهیزات سنگین. باید در هر پایگاه عملیات پیش‌بینی شود.
تجهیزات دستی/سبک	فرغون، بیل، اره دستی، کپسول آتش نشانی، نردبان، طناب نجات، دستگاه هشدار حیات	عملیات دقتی، جمع‌آوری دستی یا در فضای محدود	در توزیع مشارکتی جوامع مؤثر است	برای عملیات موضعی یا کار در فضاهای بسته مانند زیرزمین‌ها یا بافت‌های فرسوده مناسب هستند. می‌توان به ابزارهای امداد و نجات، نردبان، انبر، طناب نجات، دستگاه‌های هشداردهنده و وسایل حفاظت فردی نیز اشاره کرد.

جدول ۷-۲: ظرفیت عملیاتی و حجم قابل جابجایی تجهیزات آواربرداری

نوع تجهیزات	ظرفیت عملیاتی تقریبی (در روز)	حجم قابل جابجایی (مترمکعب/روز)	توضیحات فنی
لودر چرخ لاستیکی	۸۰ تا ۱۵۰ سرویس کامیون	۳۰۰ تا ۶۰۰	کاربرد عمومی در بارگیری و انتقال آوار در معابر باز؛ متناسب با سطح زمین و نوع مصالح
بیل مکانیکی	۵۰ تا ۱۰۰ سرویس کامیون	۲۵۰ تا ۵۰۰	قابل استفاده برای حفاری، جمع‌آوری آوارهای سنگین و قطعات بتنی
بولدوزر	۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمربع زمین	بسته به ضخامت آوار	مؤثر در پاک‌سازی مسیرهای اصلی، صاف‌سازی زمین و جابجایی لایه‌های ضخیم
کامیون کمپرسی	۸ تا ۱۲ سرویس در روز	۸۰ تا ۱۵۰	مناسب برای انتقال آوار به محل دفن یا بازیافت؛ وابسته به حجم اتاق بار
دستگاه خردکن آوار	۱۰۰ تا ۳۰۰ تن مصالح	-	برای کاهش حجم آوار در محل و استفاده مجدد از مصالح خردشده در زیرسازی
نقاله انتقال آوار	۱۰۰ تا ۵۰۰ مترمکعب آوار	-	قابل استفاده در مراکز موقت پردازش آوار جهت انتقال مصالح به خط تفکیک
جرثقیل متحرک	تا ۲۰ بار جابجایی	بسته به تناژ سازه	ضروری در بلند کردن اجسام سنگین یا قطعات سازه‌ای در مناطق متراکم
تانکر آب‌پاش	۵۰ تا ۱۰۰ هزار لیتر	-	پاشش آب برای کنترل گردوغبار و کاهش آلایندگی محیطی در محل آوار
بالابر سیار	۲۰ تا ۴۰ عملیات	بسته به ظرفیت بالابر	موردنیاز در سایت‌هایی با محدودیت دسترسی یا کار در ارتفاع
ماشین فشرده ساز آوار	۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ مترمربع سطح	-	جهت متراکم‌سازی آوار در محل دفن یا سایت‌های ذخیره‌سازی موقت
مینی‌لودر (بابکت)	۳۰ تا ۶۰ سرویس موضعی	۱۰۰ تا ۲۰۰	مناسب برای کار در فضاهای محدود و بافت‌های متراکم شهری
چکش هیدرولیکی	۵۰ تا ۱۰۰ مترمکعب تخریب موضعی	بسته به سختی مصالح	تجهیزات تخریب موضعی برای بتن یا آوارهای مقاوم

۷– ۳– برآورد تعداد تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز

برآورد دقیق تعداد ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز برای عملیات آواربرداری از اهمیت بالایی برخوردار است تا برنامه‌ریزی منابع بهینه و موثر انجام شود. در این راستا، تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز بر اساس

ظرفیت کاری و حجم آوار قابل جابجایی محاسبه می‌شود. در ادامه، روابطی برای تخمین ظرفیت روزانه ماشین‌آلات و تعداد مورد نیاز ارائه شده است. با استفاده از این روابط، مدیران و برنامه‌ریزان قادر خواهند بود با توجه به شرایط خاص هر عملیات، تعداد دقیق ماشین‌آلات مورد نیاز را تخمین زده و منابع خود را بهینه تخصیص دهند.

- **ظرفیت روزانه هر ماشین (بار خروجی)**

معادله ۷-۱

$$Q = R \times H \times E$$

در رابطه فوق تعریف هر یک از پارامترها بصورت زیر می‌باشد:

Q: ظرفیت روزانه (متر مکعب)

R: نرخ بارگیری در ساعت

H: تعداد ساعات کاری روزانه

E: ضریب بهره‌وری واقعی (بین ۰/۶ تا ۰/۸)

- **تعداد ماشین آلات مورد نیاز**

معادله ۷-۲

$$N = \frac{DV \times F}{Q \times D}$$

N: تعداد تجهیزات مورد نیاز

DV: حجم کل آوار (متر مکعب)

F: ضریب سختی آوار (برای بتن معمولاً ۱/۲ ، چوب ۰/۸)

D: تعداد روزهای برنامه‌ریزی شده برای عملیات

۷– ۴– نیروی انسانی (متخصص) برای عملیات آوار برداری

در عملیات آواربرداری، هماهنگی دقیق و موثر میان ماشین‌آلات و نیروی انسانی از عوامل اساسی برای افزایش کارایی و حفظ ایمنی محسوب می‌شود. هر نوع تجهیزات، از بیل مکانیکی و لودر گرفته تا بولدوزر، کامیون کمپرسی و دستگاه‌های تخصصی، نیازمند تیمی متشکل از رانندگان ماهر، تعمیرکاران، مسئولان ایمنی، کارشناسان زیست‌محیطی و اپراتورهای ثبت و پایش اطلاعات است. برای مثال، یک بولدوزر متوسط معمولاً به یک راننده اصلی، یک کمک برای پشتیبانی ایمنی و در مواردی یک تعمیرکار اختصاصی نیاز دارد. علاوه بر این، در شرایط مختلف و بسته به نوع آوار، تیم‌های پشتیبانی چند نفره مسئول هماهنگی عملیات، بررسی مسیرها و ثبت داده‌ها هستند.

همزمان با تناسب تعداد نیروها با ماشین‌آلات، تخصص و مهارت نیروی انسانی اهمیت ویژه‌ای دارد. نیروهای عملیاتی باید پیش از شروع بحران آموزش دیده و با نحوه استفاده از تجهیزات، اصول ایمنی و فرآیندهای کاری آشنا شوند. این آموزش‌ها موجب افزایش آمادگی، کاهش خطرات و بهبود کیفیت عملکرد در شرایط اضطراری می‌شود.

برای حفظ بهره‌وری و جلوگیری از خستگی، برنامه‌ریزی شیفت‌های کاری مناسب اهمیت دارد. با توجه به شرایط، استفاده از شیفت‌های ۳ گانه ۸ ساعته یا ۲ شیفت ۱۲ ساعته می‌تواند به حفظ سلامت کارکنان و افزایش کارایی کمک کند.

از نظر نسبت نیروی انسانی به تجهیزات، توصیه می‌شود هر دستگاه آواربردار حداقل توسط یک راننده و یک تا دو نفر نیروی پشتیبان همراهی شود. این نسبت در شرایط دشوارتر و محیط‌های پرخطر، مانند مناطق شهری متراکم، باید افزایش یافته و دقیق‌تر مدیریت شود تا عملیات به صورت روان و ایمن پیش برود.

۷– ۵– برآورد مدت زمان لازم برای انجام عملیات آوار برداری

تخمین مناسب مدت زمان مورد نیاز برای عملیات آواربرداری، یکی از پارامترهای مهم در برنامه‌ریزی منابع، تخصیص نیروی انسانی و انتخاب ناوگان ماشین‌آلات است. این زمان به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها در زیر بیان شده است.

- حجم آوار
- نرخ پاکسازی روزانه هر تجهیز
- تعداد تجهیزات فعال
- میزان دسترسی به محل عملیات، که به عنوان ضریب کاهشی در نظر گرفته می‌شود و تحت تأثیر عواملی مانند انسداد مسیر، شیب زیاد یا محدودیت فضای کاری قرار می‌گیرد
- ضریب کارایی عملیاتی که برای لحاظ کردن وقفه‌هایی نظیر سوخت‌گیری، تعمیرات و سایر عوامل غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد

بر اساس فاکتورهای فوق مدت زمیان مورد نیاز برای عملیات آواربرداری را میتوان بصورت زیر برآورد نمود.

$$Time\ Required(day) = \frac{DV}{Q \times N \times OE \times AC}$$ معادله ۷-۳

در رابطه فوق تعریف هر یک از پارامترها بصورت زیر می‌باشد:

N: تعداد تجهیزات مورد نیاز

DV: حجم کل آوار (متر مکعب)

Q: ظرفیت پاکسازی روزانه هر تجهیز (متر مکعب)

OE: ضریب کارایی (بین ۰/۶ تا ۰/۸، معمولاً ۰/۸ در شرایط عادی)

AC: ضریب دسترسی (بین ۰/۵ تا ۱، بستگی به نوع معبر دارد)

۷– ۶– پیش موقعیت یابی و قراردادهای پیشینی

یکی از عوامل حیاتی در موفقیت عملیات آواربرداری، دسترسی سریع و سازمان‌یافته به ماشین‌آلات و تجهیزات در ساعات اولیه بحران است. هرگونه تأخیر در تأمین این تجهیزات می‌تواند به افزایش خسارات ثانویه، کاهش اثربخشی امداد و حتی تهدید جان بازماندگان منجر شود. بر این اساس، تدوین یک راهبرد جامع برای ذخیره‌سازی و پیش‌موقعیت‌یابی تجهیزات، در کنار تنظیم قراردادهای پیشینی با تأمین‌کنندگان، امری اجتناب‌ناپذیر است.

- **ایجاد بانک تجهیزات و پیش‌موقعیت‌یابی**: لازم است در مناطق با خطرپذیری بالا (نظیر نواحی زلزله‌خیز، مناطق مستعد سیلاب یا بافت‌های فرسوده شهری) بانک‌های ذخیره تجهیزات و ماشین‌آلات ایجاد شود. این بانک‌ها می‌توانند شامل تجهیزات سنگین، نیمه‌سنگین و ابزارهای سبک مورد نیاز در ساعات اولیه بحران باشند. تجهیزات مذکور باید در انبارها، پایگاه‌های عملیاتی یا ایستگاه‌های پشتیبانی ذخیره شده و موقعیت‌یابی آن‌ها از پیش تعیین گردد.
  پیش‌موقعیت‌یابی به معنای استقرار تجهیزات حیاتی در نزدیک‌ترین نقاط به مناطق پرریسک است، به گونه‌ای که انتقال آن‌ها به محل حادثه در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام شود.
- **قراردادهای پیشینی با بخش خصوصی**: با توجه به اینکه تمامی تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز در زمان بحران معمولاً در اختیار نهادهای دولتی یا امدادی نیست، انعقاد قراردادهای همکاری از پیش تعیین‌شده با شرکت‌های خصوصی، پیمانکاران محلی و مالکان ماشین‌آلات سنگین می تواند نقش مؤثری در جبران این کمبود ایفا کند.
  این قراردادها باید شامل موارد همچون نوع و تعداد تجهیزات تعهدشده برای تأمین، مدت زمان پاسخ‌گویی پس از اعلام نیاز، شرایط نگهداری، بیمه، راننده، سوخت و پشتیبانی، و نرخ کرایه و شرایط مالی شفاف و از پیش تعیین‌شده باشد. وجود چنین توافق‌نامه‌هایی موجب می

شود تا در لحظه بحران، بدون نیاز به مذاکرات زمان‌بر، بتوان از ظرفیت‌های بخش خصوصی بهره گرفت.

- **مدیریت دسترسی در ساعات اولیه:** دسترسی فوری به تجهیزات، به‌ویژه در ساعات اولیه بحران، عامل تعیین‌کننده در آغاز سریع عملیات امداد و نجات و جلوگیری از انباشت آوار در مسیرهای حیاتی است. بنابراین، سامانه‌ای متمرکز و لحظه‌ای برای مدیریت موجودی تجهیزات، رهگیری موقعیت و تعیین وضعیت آماده‌باش آن‌ها باید توسعه یابد. **این سامانه همچنین** شفافیت و سرعت تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی را افزایش دهد.

۷– ۷– جمع بندی و توصیه ها

عملیات آواربرداری، به‌عنوان یکی از مراحل مهم در مدیریت بحران، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، هماهنگی منابع و استفاده مؤثر از تجهیزات و ماشین‌آلات است. تجربیات میدانی و مطالعات تخصصی نشان می‌دهند که کارایی و اثربخشی عملیات به میزان زیادی به نحوه انتخاب، نگهداری، به‌کارگیری و مدیریت تجهیزات وابسته است.

به‌روزرسانی مداوم تجهیزات، چه از نظر فنی و چه از نظر ایمنی، از جمله اقدامات ضروری برای تضمین آمادگی عملیاتی در شرایط بحرانی است. استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های پایش لحظه‌ای، دوربین‌های دید در شب، تجهیزات هوشمند مکانیکی، سامانه‌های خودکار تشخیص مانع، و سیستم‌های موقعیت‌یاب پیشرفته (GPS) می‌تواند ضمن ارتقاء ایمنی، موجب افزایش بهره‌وری و کاهش خطای انسانی در عملیات شود.

همچنین، اولویت‌بندی نیازهای تجهیزاتی بر اساس تحلیل ریسک منطقه‌ای اقدامی کلیدی برای تخصیص بهینه منابع محسوب می‌شود. این رویکرد کمک می‌کند تا نقاط پرریسک شناسایی شده و تجهیزات لازم متناسب با ویژگی‌های آن مناطق (نظیر بافت شهری متراکم، مناطق کوهستانی یا صنعتی) تأمین و پیش‌موقعیت‌یابی شوند.

در کنار آن، آموزش مستمر و هدفمند نیروهای اپراتور و تیم‌های پشتیبان اهمیت زیادی دارد. این آموزش‌ها باید نه تنها شامل کار با تجهیزات متداول، بلکه شامل سناریوهای عملیاتی، مدیریت شرایط بحرانی، اصول ایمنی پیشرفته و نگهداری ماشین‌آلات نیز باشد. تمرین‌های دوره‌ای و مانورهای شبیه‌سازی بحران به درک بهتر وظایف، هماهنگی تیمی و تصمیم‌گیری سریع در شرایط واقعی کمک می‌کند.

در نهایت، توصیه می‌شود که:

- سازوکار منظمی برای پایش عملکرد تجهیزات و بازنگری دوره‌ای در کفایت ناوگان موجود ایجاد شود.
- مستندسازی عملیات، استخراج درس‌آموخته‌ها و بازخوردگیری از تیم‌های میدانی به‌عنوان یک فرآیند یادگیرنده در دستور کار قرار گیرد.
- همکاری میان‌بخشی بین نهادهای دولتی، شهرداری‌ها، نیروهای امدادی و بخش خصوصی تقویت شده و چارچوب‌های قانونی برای مشارکت آن‌ها از پیش تعریف شود.
- ذخایر راهبردی تجهیزات و ماشین‌آلات به صورت منطقه‌ای سازماندهی و با سامانه‌های مدیریت بحران یکپارچه‌سازی شوند.

با اتخاذ رویکردی جامع، فناورمحور و انسان‌محور در مدیریت تجهیزات آواربرداری، می‌توان ظرفیت پاسخگویی به بحران‌ها را به‌طور معناداری افزایش داده و از بروز اختلالات ثانویه جلوگیری کرد.

پیوست‌ها

پیوست الف: چک لیست های شناسایی و تفکیک پسماندهای خطرناک

چک‌لیست ۱: شناسایی پسماندهای خطرناک پس از زلزله

ردیف	مورد ارزیابی	شرح / نشانه‌ها	اقدام توصیه‌شده
۱	آوار حاوی مواد مشکوک (مانند آزبست، جیوه)	سقف‌ها، دیوارهای داخلی یا عایق های قدیمی	شناسایی سازه‌های قدیمی، نمونه‌برداری و ثبت محل خطر
۲	تجهیزات شکسته‌شده صنعتی یا پزشکی	دستگاه‌های آزمایشگاهی، منابع رادیواکتیو، مخازن گاز	گزارش فوری به تیم‌های ایمنی ویژه و ایزوله‌سازی منطقه
۳	مواد ریخته‌شده در کارگاه‌ها، مغازه‌ها یا انبارها	رنگ‌ها، تینر، شوینده‌های صنعتی، باتری‌ها	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و تفکیک با برچسب پسماند خطرناک
۴	مدفوع انسانی یا حیوانی در بین آوار	نشانه شیوع بیماری در نقاط بدون سرویس بهداشتی	آهک‌پاشی، قرنطینه محدود و اطلاع‌رسانی به تیم بهداشت محیط
۵	وسایل برقی له‌شده یا سوخته	پتانسیل آلودگی فلزی و شیمیایی	جمع‌آوری در ظروف مجزا، بدون فشرده سازی یا شکستن

چک‌لیست ۲: شناسایی پسماندهای خطرناک پس از سیل

ردیف	مورد ارزیابی	هاشرح / نشانه	شده‌اقدام توصیه
۱	ظروف نشت‌کرده یا شناور حاوی مواد ناشناس	حضور بطری‌ها، گالن‌ها یا مخازن بدون برچسب	جمع‌آوری احتیاطی، نمونه‌برداری و ایزوله‌سازی در محل موقت
۲	لجن، گل یا رسوبات غیرطبیعی با بوی شیمیایی	بوی نفت، رنگ، مواد شوینده یا پسماند صنعتی	بررسی ترکیب لجن قبل از انتقال؛ نیاز به آزمایش نمونه
۳	لوازم خانگی آب‌خورده (یخچال، اجاق، لباس‌شویی)	احتمال نشت روغن، گاز، مایعات تمیزکننده	برچسب‌گذاری و تفکیک از زباله عمومی
۴	آفت‌کش‌ها، سموم یا مواد شوینده بیرون‌ریخته‌شده از منازل، انبارها یا مزارع	ظروف خالی، متورم یا شکسته‌شده در آب یا در حاشیه ساختمان‌ها	ثبت محل، تخلیه کنترل‌شده، و بسته‌بندی مجزا با هشدار خطرناک
۵	زباله‌خانگی مخلوط با لجن، فاضلاب یا مدفوع	آلودگی میکروبی و زیستی	انتقال به محل تفکیک ثانویه با رعایت استانداردهای بهداشتی

چک‌لیست ۳: اجرایی شناسایی پسماندهای خطرناک پس از آتش‌سوزی

ردیف	مورد ارزیابی	شرح / نشانه‌ها	اقدام توصیه‌شده
۱	خاکسترها و مواد سوخته‌شده با رنگ غیرطبیعی (خاکستری تیره، سبز، آبی یا زرد)	احتمال وجود فلزات سنگین، باتری یا مواد شیمیایی	نمونه‌برداری و ارسال برای آزمایش در آزمایشگاه محیط‌زیست
۲	بقایای تجهیزات الکترونیکی و سیم‌کشی سوخته	احتمال وجود فلزات سنگین مانند سرب، جیوه و کادمیوم	جمع‌آوری با احتیاط، بسته‌بندی ایمن و انتقال به محل نگهداری موقت زباله‌های خطرناک
۳	ظروف پلاستیکی، فلزی یا شیشه‌ای ذوب شده یا شکسته‌شده دارای باقیمانده	احتمال باقی‌ماندن مواد قابل اشتعال، سمی یا خورنده	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب و برچسب‌گذاری جهت جداسازی فوری
۴	بوی تند شیمیایی در محل آتش‌سوزی	نشانه نشت یا احتراق ناقص مواد شیمیایی یا سوخت	تهویه منطقه، پرهیز از تماس مستقیم، استفاده از دستگاه‌های سنجش گاز
۵	پسماندهای کشاورزی یا صنعتی نیم سوخته (مثلاً بقایای کود، آفت‌کش یا روغن‌های صنعتی)	آلودگی بالقوه خاک و هوا	شناسایی منبع، تفکیک در محل و بسته بندی با رعایت الزامات ایمنی شیمیایی
۶	مواد سوخته‌شده با اثرات زیست‌محیطی خاص (نشت به آب یا خاک)	خطر انتشار آلودگی ثانویه	اطلاع‌رسانی فوری به کارشناسان محیط زیست و آب و فاضلاب برای اقدامات مهارکننده
۷	پسماندهای قابل انفجار یا واکنش‌زا (مانند کپسول گاز، حلال‌ها)	خطر انفجار ثانویه یا ترکیب شیمیایی	دورسازی از منطقه، ایزوله‌سازی محیط و ارجاع به تیم خنثی‌سازی تخصصی

چک‌لیست ۴: شناسایی پسماندهای خطرناک پس از طوفان

ردیف	مورد ارزیابی	هاشرح / نشانه	شده‌اقدام توصیه
۱	مواد تخریب‌شده سقف یا دیوار حاوی آزبست یا مواد مشابه	تکه‌های فایبرسمنت، لایه‌های عایق، بام های قدیمی	نمونه‌برداری، ایزوله‌سازی و ارجاع به تیم تخصصی
۲	درختان یا تیرهای برق شکسته با کابل‌های پاره	خطر برق‌گرفتگی و آلودگی فلزی یا حرارتی	گزارش فوری به شبکه برق؛ عدم جابه‌جایی تا ایمن‌سازی
۳	مخازن گاز، کپسول یا مواد شیمیایی جابه‌جا شده در طوفان	پیدا شدن در فضاهای باز، خودروها یا اطراف خانه‌ها	ثبت موقعیت و تخلیه ایمن توسط تیم تخصصی مواد خطرناک
۴	آلودگی‌های ناشی از نشت مخازن سوخت	لکه‌های روغنی، بوی تند هیدروکربنی	ایجاد سد خاکی موقت و نمونه‌برداری از خاک و آب مجاور
۵	تجهیزات خورده‌شده یا مخدوش الکترونیکی	احتمال نشت فلزات سنگین	جداسازی کامل و انتقال به بخش مدیریت زباله‌های الکترونیکی

چک‌لیست ۵: اجرایی شناسایی پسماندهای خطرناک پس از درگیری‌های نظامی

ردیف	مورد ارزیابی	شرح / نشانه‌ها	اقدام توصیه‌شده
۱	مهمات منفجر نشده یا مین‌های زمینی	بقایای خمپاره، گلوله، راکت یا مین قابل مشاهده یا نیمه‌مدفون	ایزوله‌سازی فوری محل، اطلاع به تیم خنثی‌سازی مواد منفجره، عدم جابجایی تا پاک‌سازی کامل
۲	تجهیزات نظامی آسیب‌دیده یا رهاشده	خودروهای نظامی سوخته، تجهیزات زرهی، بقایای سلاح‌های سنگین	مستندسازی محل، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، ارجاع به تیم تخصصی تسلیحات و ایمنی میدان نبرد
۳	آلودگی‌های شیمیایی یا فسفری	بوی تند، دود سفید/زرد، مایعات ناشناخته در اطراف سایت‌های بمباران شده	تهویه محیط، عدم تماس مستقیم، ثبت محل، استفاده از تجهیزات تشخیص آلودگی شیمیایی
۴	تأسیسات صنعتی یا نظامی آسیب دیده	انبارهای سوخت، کارگاه‌های تولیدی، پادگان‌ها	ارزیابی ترکیب آوار، تفکیک مواد خطرناک، ارسال نمونه برای آزمایشگاه تخصصی
۵	مواد قابل اشتعال یا انفجار	مخازن، کپسول‌های گاز، بشکه‌های سوخت یا مواد شیمیایی	ایمن‌سازی شعاع اطراف، حمل با احتیاط بالا، ثبت برچسب خطر انفجار
۶	خاک و نخاله آلوده به بقایای سوخت یا مواد شیمیایی	لکه‌های روغنی، تغییر رنگ خاک، نشت مایعات ناشناخته از آوار	نمونه‌برداری از خاک، جداسازی و دفع بر اساس دستورالعمل پسماندهای آلوده
۷	زباله‌های ترکیبی اردوگاه‌های آوارگان	پسماندهای پزشکی، دارویی، باتری، ظروف شوینده یا ضدعفونی‌کننده	تفکیک اولیه در محل اردوگاه، استقرار مخازن تفکیکی و آموزش به ساکنان

فهرست منابع

فهرست منابع

UNISDR. (2009). Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

IFRC. (2014). IFRC Disaster Management Glossary. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.

UNDP. (2018). Crisis Response Strategy 2018–2021. United Nations Development Programme.

UNDRR. (2017). Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

FEMA. (2007). Debris Management Guide (FEMA-325). Federal Emergency Management Agency.

UN-Habitat. (2018). Managing Debris in the Aftermath of Natural Disasters: A Planning Guide for Local Authorities.

Norton, T. R. (2018). Lessons learned in disaster debris management of the 2011 great East Japan earthquake and tsunami. The 2011 Japan Earthquake and Tsunami: Reconstruction and Restoration: Insights and Assessment after 5 Years, 67-88.

UNEP – "Guidelines for National Waste Management Strategies: Moving from Challenges to Opportunities" (2013)