سازمان برنامه و بودجه کشور

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

عنوان پروژه:

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

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- کلیات ۹
۱- ۱- مقدمه ۹
۱- ۲- اهداف سند ۹
۱- ۳- محدوده کاربرد ۱۰
۱- ۴- تعاریف و واژگان کلیدی ۱۰
۱-۵- اصول و مبانی مدیریت آوار ۱۱
۱- ۶- ساختار دستورالعمل ۱۲
۲- انواع آوار و برآورد کمی حجم/وزن آوار ۱۳
۲- ۱- مقدمه ۱۳
۲- ۲- انواع بلایای طبیعی و آوارهای ناشی از آن ها ۱۳
۲-۲-۱- زلزله ۱۳
۲-۲-۲- سیلاب ۱۳
۲-۲-۳- آتش سوزی گسترده ۱۴
۲-۲-۴- طوفان گردوغبار ۱۴
۲-۲-۵- درگیری های نظامی ۱۴
۲- ۳- تاثیر کاربری اراضی بر نوع آوار ۱۵
۲- ۴- روش های برآورد حجم آوار برای مدیریت بلایا ۱۶
۲- ۵- برآورد حجم و وزن آوار ۱۷
۲-۵-۱- برآورد حجم آوار ساختمانی ۱۷
۲-۵-۲- برآورد وزن آوار ۱۸
۲-۵-۳- سایر روش های نوین برآورد حجم آوار ۲۴
۳- شناسایی آوار خطرناک و نحوه ی مدیریت و امحای آن ۲۵
۳- ۱- مقدمه ۲۵
۳- ۲- تعریف مواد خطرناک ۲۵
۳- ۳- شناسایی آوار خطرناک و پایش آن ۲۶
۳-۳-۱- ارزیابی اولیه میدانی ۲۷
۳-۳-۲- نمونه‌برداری و آزمایشگاه ۲۷

۳-۳-۳- استفاده از تجهیزات و ابزارهای سنجش ۲۷
۳-۳-۴- پایش مداوم در طول عملیات ۲۷
۳-۳-۵- ثبت و گزارش‌دهی سیستماتیک ۲۸
۳- ۴- مدیریت پسماندهای خطرناک ۲۸
۳-۴-۱- شناسایی ، تفکیک و دسته بندی پسماندهای خطرناک ۲۸
۳-۴-۲- ایزوله‌سازی و ذخیره‌سازی موقت ۳۰
۳-۴-۳- حمل و نقل ایمن ۳۰
۳-۴-۴- آموزش، ایمنی و مستندسازی ۳۱
۳- ۵- روش های امحا و دفع ایمن مواد خطرناک ۳۲
۳-۵-۱- دفن ایمن(Landfilling) ۳۲
۳-۵-۲- سوزاندن کنترل‌شده(Incineration) ۳۲
۳-۵-۳- خنثی‌سازی شیمیایی(Chemical Neutralization) ۳۲
۳-۵-۴- فناوری‌های نوین امحا ۳۲
۳- ۶- الزامات ایمنی برای کارکنان ۳۳
۳- ۷- پایش و ارزیابی اثرات زیست محیطی پس از امحای مواد خطرناک ۳۴
۴- فرآیند مدیریت آوار: از جمع آوری تا انتقال به محل های دپوی موقت و دائم ۳۵
۴- ۱- مقدمه ۳۵
۴- ۲- گام های اساسی مدیریت آوار ۳۵
۴- ۳- اقدامات مربوط به مرحله پاسخ ۳۶
۴-۴- اقدامات مربوط به مرحله مدیریت و بازیافت آوار ۳۷
۴- ۵- ابزارها و روش های جمع آوری ۳۸
۴-۵-۱- ابزارها و فناوری های جمع آواری ۳۸
۴-۵-۲- روش های جمع آوری ۳۹
۴- ۶- حمل و نقل ایمن و کارآمد آوار ۳۹
۴-۶-۱- انتخاب مسیرهای حمل و انتقال ۳۹
۴-۶-۲- استانداردهای ایمنی در حمل آوار ۴۰
۴-۶-۳- مدیریت ترافیک و کاهش اثرات زیست‌محیطی ۴۰
۴-۶-۴- نکات تکمیلی و توصیه‌ها ۴۰
۴- ۷- معیارهای مکان یابی محل دپوی موقت ۴۱
۴- ۸- طراحی محل دپوی موقت ۴۲
۴- ۹- ذخیره سازی و مدیریت آوار در محل دپوی موقت ۴۳
۴-۱۰- انتقال از دپوی موقت به محل دپوی دائم ۴۴

۴- ۱۱- طراحی و مدیریت محل دپوی دائم ۴۵
۴- ۱۲- پایش و کنترل محل های دپو ۴۶
۵- بازیافت به‌عنوان رویکردی پایدار در مدیریت آوار ۴۷
۵- ۱- مقدمه ۴۷
۵- ۲- انواع آوار قابل بازیافت ۴۷
۵- ۳- مزایا و چالش های بازیافت آوار ۴۸
۵- ۴- فناوری ها و روش های بازیافت ۴۹
۵- ۵- اصول کلیدی در موفقیت عملیات بازیافت ۵۰
۵- ۶- استانداردها، قوانین و مشوق های بازیافت ۵۱
۵- ۷- توصیه‌های عملیاتی برای بازیافت آوار ۵۱
۶- تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز برای عملیات آواربرداری ۵۳
۶- ۱- مقدمه ۵۳
۶-۲- دسته بندی تجهیزات و ماشین آلات بر اساس نوع کاربرد ۵۳
۶-۲-۱- ماشین‌آلات سنگین ۵۴
۶-۲-۲- تجهیزات نیمه‌سنگین و متوسط ۵۴
۶-۲-۳- ابزارهای سبک و قابل‌حمل ۵۴
۶- ۳- برآورد تعداد تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز ۵۶
۶- ۴- نیروی انسانی (متخصص) برای عملیات آوار برداری ۵۷
۶- ۵- برآورد مدت زمان لازم برای انجام عملیات آوار برداری ۵۸
۶- ۶- پیش موقعیت یابی و قراردادهای پیشینی ۵۹
۶- ۷- جمع بندی و توصیه ها ۶۰
پیوست الف: چک لیست های مربوط به شناسایی و تفکیک پسماندهای خطرناک ۶۳

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: الگوریتم چهارمرحله‌ای تخمین حجم آوار ناشی از بلایای طبیعی ۱۷
شکل ۴-۱: فرآیند مدیریت آوار (از وقوع بلایا تا دفع نهایی آوار) ۳۸
شکل ۴-۲: پلان پیشنهادی برای نحوه سازماندهی مسیرهای ترافیکی در سایت‌های دپوی موقت آوار ۴۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: انواع آوار قابل انتظار ناشی از مخاطرات مختلف بر اساس کاربری اراضی ۱۵
جدول ۲-۲: درصد آوار تولید شده اجزای سازه ای (یا نوع اول آوار) برای سطوح خرابی مختلف و تیپ های مختلف سازه ای ۲۰
جدول ۲-۳: درصد آوار تولید شده اجزای غیر سازه ای (یا نوع دوم آوار) برای سطوح خرابی مختلف و تیپ های مختلف سازه ای ۲۱
جدول ۲-۴: وزن پیشنهادی برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای تیپهای مختلف ساختمانی بر حسب کیلوگرم مترمربع..... ۲۳
جدول ۳-۱: انواع خطرات ناشی از پسماندهای بلایا و تأثیرات آنها ۲۶
جدول ۳-۲: گروه بندی پسماندهای خطرناک به همراه ویژگیهای آن ها ۲۹
جدول ۵-۱: مهمترین گروه های پسماندهای قابل بازیافت..... ۴۸
جدول ۶-۱: دسته‌بندی تجهیزات آواربرداری به همراه کاربرد و ملاحظات عملیاتی..... ۵۵
جدول ۶-۲: ظرفیت عملیاتی و حجم قابل جابجایی تجهیزات آواربرداری ۵۶

۱– کلیات

۱– ۱– مقدمه

حوادث و بلایای طبیعی و انسان‌ساخت در دهه‌های اخیر باعث بروز خسارات گسترده‌ای به زیرساخت‌ها، محیط‌زیست و زندگی اجتماعی و اقتصادی جوامع شده است. یکی از مهم‌ترین پیامدهای این حوادث، تولید حجم انبوهی از آوار و پسماندهای ناشی از تخریب ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و تاسیسات شهری و روستایی است که در صورت نبود مدیریت مناسب، می‌تواند فرآیند امداد، بازسازی و بازگشت جامعه به شرایط عادی را به شدت مختل کند.

مدیریت آوار بخش جدایی‌ناپذیر چرخه مدیریت بحران و بازسازی محسوب می‌شود و شامل مجموعه اقداماتی است که به‌منظور جمع‌آوری، تفکیک، حمل، بازیافت، دفع و استفاده مجدد از مواد حاصل از تخریب انجام می‌گیرد. تجارب بین‌المللی نشان داده است که وجود یک دستورالعمل جامع و هماهنگ برای مدیریت آوار، نقش مهمی در کاهش اثرات زیست‌محیطی، بهبود ایمنی و تسریع روند بازسازی دارد.

در کشور ما نیز، با توجه به وقوع مکرر حوادثی نظیر زلزله، سیل، رانش زمین و حوادث صنعتی، ضرورت تهیه و اجرای یک دستورالعمل ملی برای مدیریت آوار بیش از پیش احساس می‌شود. این دستورالعمل با هدف ایجاد چارچوبی منسجم و کارآمد برای برنامه‌ریزی، سازماندهی، اجرا و پایش عملیات مدیریت آوار تهیه شده و می‌تواند توسط دستگاه‌های مسئول در سطوح ملی، استانی و محلی مورد استفاده قرار بگیرد.

۱– ۲– اهداف سند

این دستورالعمل با هدف ایجاد چارچوبی هماهنگ و کارآمد برای مدیریت آوار در حوادث و بلایای طبیعی و انسان‌ساخت تدوین شده و اهداف اصلی آن عبارت‌اند از:

- ارتقای هماهنگی میان دستگاه‌های مسئول و تعیین وظایف در سطوح مختلف مدیریتی؛
- حفاظت از سلامت عمومی و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آوار؛
- تسریع عملیات پاکسازی و فراهم‌سازی شرایط بازسازی و بازگشت به وضعیت عادی؛
- بهینه‌سازی منابع و توسعه رویکردهای کاهش، بازیافت و استفاده مجدد از مصالح؛
- تقویت ظرفیت‌سازی و آموزش نیروهای اجرایی و مدیران بحران؛
- انطباق با استانداردها و تجربیات موفق بین‌المللی در مدیریت آوار.

۱– ۳– محدوده کاربرد

این دستورالعمل به‌عنوان سند مرجع ملی، کلیه فعالیت‌های مرتبط با مدیریت آوار ناشی از حوادث و بلایای طبیعی نظیر زلزله، سیل، رانش زمین، طوفان و حریق‌های گسترده، همچنین حوادث انسان‌ساخت از جمله فروریزش سازه‌ها و انفجارهای صنعتی را در سطح کشور پوشش می‌دهد. این سند برای تمامی دستگاه‌ها و سازمان‌های مسئول مدیریت بحران در سطوح ملی، استانی و محلی، شامل نهادهای دولتی، شهرداری‌ها، سازمان‌های امدادی، نیروهای نظامی و انتظامی و بخش خصوصی قابل اجرا بوده و در کلیه مناطق شهری، روستایی و سکونت‌گاه‌های موقت کاربرد دارد. محدوده کاربرد این دستورالعمل تمامی مراحل چرخه مدیریت بحران شامل پاسخ اضطراری، پاکسازی، تفکیک، بازیافت و بازسازی را در بر گرفته و اقدامات پیشگیرانه و آماده‌سازی پیش از وقوع حادثه را نیز شامل می‌شود.

این دستورالعمل شامل مدیریت پسماندهای عادی شهری و صنعتی، بحران‌های زیستی و بهداشتی، حوادث ناشی از آلودگی‌های شیمیایی و هسته‌ای گسترده، و تخریب‌های کوچک‌مقیاس محلی که به‌صورت مستقل توسط نهادهای محلی مدیریت می‌شوند، نمی‌باشد.

۱– ۴– تعاریف و واژگان کلیدی

به‌منظور وحدت رویه در استفاده از مفاهیم و اصطلاحات، تعاریف کلیدی به‌کاررفته در این دستورالعمل به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- **بلایا (Disasters)** : رویدادهای طبیعی یا انسان‌ساخت که منجر به اختلال گسترده در عملکرد جامعه و ایجاد خسارات شدید به جان، مال، زیرساخت‌ها و محیط‌زیست می‌شوند و بازگرداندن شرایط عادی بدون کمک‌های ویژه دشوار است.
- **بحران(Crisis)**: وضعیتی اضطراری و غیرعادی ناشی از حوادث یا تهدیدات که موجب اختلال در نظام اجتماعی، اقتصادی یا امنیتی می‌گردد و نیازمند مدیریت فوری و هماهنگ است.
- **خطرات طبیعی (Natural Hazards)**: پدیده‌های طبیعی از جمله زلزله، سیل، رانش زمین، طوفان، آتش‌سوزی جنگل‌ها و سایر حوادث مشابه که پتانسیل ایجاد خسارت دارند.
- **خطرات انسان‌ساخت (Man-made Hazards)**: حوادثی ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند انفجارهای صنعتی، حوادث حمل‌ونقل، تخریب‌های عمدی یا غیرعمدی و آلودگی‌های شیمیایی.

- **آوار (Debris)**: بقایای مصالح و مواد ناشی از تخریب ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و تاسیسات در اثر وقوع بلایا و حوادث.
- **پسماند (Waste)**: مواد زائد ناشی از فعالیت‌های انسانی که به‌صورت روزمره یا در فرآیندهای صنعتی تولید می‌شوند و ارتباطی مستقیم با حادثه ندارند.
- **مدیریت آوار (Debris Managment)**: مجموعه اقدامات برنامه‌ریزی، جمع‌آوری، جداسازی، حمل، ذخیره‌سازی موقت، بازیافت، دفع و استفاده مجدد از آوار به‌منظور تسهیل بازسازی و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و بهداشتی.
- **محل دپوی موقت**: محل موقتی که به‌منظور جمع‌آوری، جداسازی، کاهش حجم، ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت و انجام پردازش‌های اولیه بر روی آوار و نخاله‌های حاصل از حوادث مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سایت‌ها پیش از انتقال مواد به مراکز بازیافت دائم یا محل‌های دفن نهایی به‌کار گرفته می‌شوند و نقش مهمی در تسریع عملیات مدیریت آوار دارند.
- **محل دپوی دائم**: محل‌های دائمی شامل مراکز بازیافت، دفن مهندسی‌شده یا تأسیسات پردازش نهایی که برای دفع ایمن، بلندمدت و پایدار آوار و پسماندهای باقی‌مانده پس از عملیات تفکیک و پردازش اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱– ۵– اصول و مبانی مدیریت آوار

مدیریت آوار به‌عنوان یکی از ارکان اصلی پاسخ و بازسازی پس از وقوع حوادث، نیازمند رعایت اصول و مبانی مشخصی است که اجرای صحیح آنها موجب ارتقای ایمنی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و تسریع روند بازگشت جامعه به شرایط عادی می‌گردد. مهم‌ترین اصول و مبانی این دستورالعمل عبارت‌اند از:

- **ایمنی و سلامت عمومی**: اولویت‌بخشی به حفاظت از جان انسان‌ها و رعایت اصول ایمنی و بهداشت در کلیه مراحل جمع‌آوری، حمل، تفکیک و دفع آوار.
- **هماهنگی بین دستگاهی**: ایجاد سازوکارهای هماهنگ میان تمامی نهادهای مسئول در سطح ملی، استانی و محلی به‌منظور اجرای منسجم عملیات مدیریت آوار.
- **کاهش و تفکیک در مبدأ**: تلاش برای کاهش حجم آوار و جداسازی انواع مصالح و پسماندها در محل تولید به‌منظور افزایش کارایی عملیات و بازیافت.
- **بازیافت و استفاده مجدد**: بهره‌گیری حداکثری از مصالح قابل بازیافت و استفاده مجدد در فرآیند بازسازی و کاهش نیاز به دفن پسماند.

- **حفاظت از محیط‌زیست:** رعایت الزامات زیست‌محیطی و جلوگیری از آلودگی خاک، آب و هوا در فرآیندهای جمع‌آوری، پردازش و دفع آوار.
- **آمادگی و برنامه‌ریزی پیشگیرانه:** تدوین برنامه‌های پیشگیرانه، شناسایی مکان‌های مناسب برای سایت‌های موقت و دائم و پیش‌بینی منابع و تجهیزات موردنیاز قبل از وقوع حوادث.
- **کارایی و مقرون‌به‌صرفه بودن:** به‌کارگیری روش‌ها و فناوری‌های مناسب برای کاهش هزینه‌ها و زمان عملیات مدیریت آوار.
- **مشارکت جامعه و ذی‌نفعان:** ترغیب مشارکت بخش خصوصی، سازمان‌های مردم‌نهاد و جوامع محلی در فرآیندهای تصمیم‌گیری و اجرای برنامه‌ها.

۱– ۶– ساختار دستورالعمل

این سند به‌گونه‌ای تدوین شده است که هم برای مدیران و برنامه‌ریزان و هم برای تیم‌های اجرایی و عملیاتی قابل استفاده باشد. در فصل‌های بعدی، ابتدا انواع آوار و روش‌های برآورد حجم و وزن آن تشریح شده است و سپس در مورد روش‌های شناسایی آوار خطرناک، نحوه‌ی مدیریت و امحای آن بحث شده است. در نهایت، فرآیندهای اصلی مدیریت آوار شامل برنامه‌ریزی، هماهنگی نهادی، عملیات جمع‌آوری، حمل، تفکیک، بازیافت و دفع آوار به همراه ضوابط ایمنی، ملاحظات زیست‌محیطی، دستورالعمل‌های فنی و سازوکارهای نظارت و ارزیابی عملکرد ارائه شده است. همچنین در بخش‌های پایانی، در مورد ابزار و ماشین آلات مورد نیاز برای عملیات آواربرداری بحث شده است.

کاربران می‌توانند با مراجعه به فصول مختلف، متناسب با نقش و مسئولیت خود در مدیریت آوار، از راهنماها و رویه‌های پیشنهادی بهره‌برداری کنند. ساختار این سند با هدف ایجاد رویکردی یکپارچه، هماهنگ و کارآمد در مدیریت آوار طراحی شده و امکان به‌روزرسانی و انطباق با شرایط و قوانین محلی را نیز فراهم می‌سازد.

۲- انواع آوار و برآورد کمی حجم/وزن آوار

۲-۱- مقدمه

مدیریت آوار ناشی از بلایای طبیعی، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مراحل اولیه پس از بحران محسوب می‌شود. وجود حجم عظیمی از مصالح فروریخته، بقایای ساختمانی، تجهیزات تخریب‌شده و پسماندهای مختلف، نه‌تنها فرآیند امداد و نجات و دسترسی به مناطق آسیب‌دیده را دشوار می‌سازد، بلکه می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی قابل‌توجهی به همراه داشته باشد. پراکندگی و ترکیب نامتجانس این مواد، مدیریت و ساماندهی آن‌ها را پیچیده و زمان‌بر می‌سازد. از این‌رو، ارزیابی نوع آوار و حجم و برنامه‌ریزی برای مدیریت مؤثر آن، از عناصر مهم در تسریع روند بازسازی، کاهش هزینه‌های اقتصادی و بازگرداندن شرایط ایمن و پایدار به جوامع آسیب‌دیده به شمار می‌رود.

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

نخستین گام در مدیریت آوار، شناسایی نوع و ترکیب پسماند است. نوع حادثه نقش تعیین‌کننده‌ای در ماهیت پسماندهای ایجادشده دارد و شناخت دقیق آن‌ها، مبنای برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری، جداسازی، حمل و دفع ایمن محسوب می‌شود.

۲-۲-۱- زلزله

معمولا زلزله در مقایسه با سایر مخاطرات حجم آوار بیشتری تولید می‌کند. تخریب گسترده ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها باعث می‌شود تمام مصالح ساختمانی شامل بتن، آجر، فلز، چوب و شیشه همراه با لوازم خانگی و اداری آسیب‌دیده به نخاله تبدیل شود. در بسیاری از موارد، به دلیل شکستگی لوله‌ها و مخازن، مواد خطرناک شیمیایی یا آزبست نیز در میان آوار پراکنده می‌شوند. مهم‌ترین چالش مدیریت آوار در زلزله، محصور شدن بخش عمده پسماندها در داخل سازه‌های فروریخته است. این وضعیت موجب می‌شود تفکیک و شناسایی مواد خطرناک به‌سختی امکان‌پذیر باشد. انجام این فرایند به ماشین‌آلات سنگین و تجهیزات پیشرفته نیاز دارد که در روزهای نخست بحران معمولاً به‌صورت محدود در دسترس است.

۲-۲-۲- سیلاب

در سیلاب‌ها، ترکیب آوار متفاوت بوده و علاوه بر مصالح ساختمانی آسیب‌دیده، مقادیر زیادی گل‌ولای، رسوبات، بقایای گیاهی، وسایل خانگی خراب و پسماندهای ترکیبی ایجاد می‌شود. یکی از چالش‌های اصلی

در سیل، آلودگی پسماندها به مواد شیمیایی و نفتی است که با آب مخلوط شده و پس از فروکش‌کردن سیلاب، به شکل لایه‌های ضخیم رسوبی در سطح منطقه باقی می‌مانند. این وضعیت خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک را افزایش می‌دهد و نیازمند شناسایی و جداسازی سریع مواد خطرناک پیش از حمل و دفع آوار است.

۲-۲-۳- آتش سوزی گسترده

آتش‌سوزی‌های گسترده در مناطق شهری یا صنعتی باعث تخریب کامل یا جزئی سازه‌ها شده و بقایای سوخته‌ای شامل چوب، فلز، بتن، خاکستر و مواد شیمیایی سمی بر جای می‌گذارد. فرایند احتراق ممکن است موجب آزاد شدن گازهای سمی و تشکیل خاکسترهای حاوی فلزات سنگین شود که برای سلامت انسان و محیط‌زیست خطرناک هستند. در چنین شرایطی، مدیریت آوار باید با اولویت شناسایی نقاط آلوده، جمع‌آوری جداگانه خاکسترها و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی ویژه برای نیروهای پاک‌سازی انجام شود.

۲-۲-۴- طوفان گردوغبار

در طوفان‌های گرد و غبار و بادهای شدید، آوار به‌طور گسترده در سطح منطقه پراکنده می‌شود. لایه‌های ضخیم خاک و شن بر روی معابر، ساختمان‌ها و تجهیزات ته‌نشین می‌شوند و در موارد شدید، تخریب سقف‌ها، شکستن درختان و پراکندگی قطعات فلزی و چوبی به حجم آوار اضافه می‌شود. همچنین ممکن است مواد شیمیایی ذخیره‌شده در منازل و انبارها در اثر تخریب به محیط نشت کرده و با رسوبات مخلوط شوند. این پراکندگی و آلودگی ترکیبی، شناسایی آوار خطرناک و پاک‌سازی کانال‌های زهکشی و شبکه‌های تخلیه آب را ضروری می‌سازد.

۲-۲-۵- درگیری های نظامی

درگیری‌های مسلحانه و جنگ‌ها منجر به تخریب ناگهانی و شدید مناطق شهری و صنعتی می‌شوند. آوار ناشی از انفجارها شامل نخاله‌های ساختمانی خردشده، بقایای سوخت و مواد شیمیایی خطرناک است و در بسیاری از موارد، مهمات منفجر نشده در میان آوار باقی می‌مانند. این شرایط نه‌تنها روند پاک‌سازی را پیچیده می‌کند بلکه تهدیدی جدی برای جان تیم‌های امدادی و ساکنان محلی محسوب می‌شود. در چنین حوادثی، شناسایی دقیق مناطق آلوده و حضور تیم‌های تخصصی برای خنثی‌سازی مهمات و ایمن‌سازی منطقه قبل از هرگونه عملیات جمع‌آوری و حمل آوار الزامی است.

۲- ۳- تاثیر کاربری اراضی بر نوع آوار

تعیین نوع و ترکیب آوار تابعی از کاربری اراضی مناطق آسیب‌دیده است. زیرا ماهیت و شدت حادثه به‌تنهایی اطلاعات کافی برای پیش‌بینی کامل نوع پسماندها و انتخاب روش‌های مناسب جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع آنها فراهم نمی‌کند. نقش کاربری زمین بسیار تعیین‌کننده است و می‌تواند به‌طور مستقیم بر ویژگی‌های فیزیکی، ترکیب آوار و حجم آنها تأثیر بگذارد. به همین دلیل، شناخت دقیق کاربری اراضی آسیب‌دیده، مبنایی مهم برای تدوین برنامه‌های مؤثر مدیریت آوار و تخصیص منابع لازم در عملیات پاک‌سازی و بازیابی مناطق بحران‌زده محسوب می‌شود. با توجه به این موضوع، تقسیم‌بندی مناطق آسیب‌دیده بر اساس کاربری اراضی، امکان پیش‌بینی بهتر و هدفمندتر نوع آوار را فراهم می‌کند و باعث می‌شود تا عملیات مدیریت پسماندها با بهره‌وری و ایمنی بالاتری اجرا شود. در جدول ۲-۱، نوع آوار قابل انتظار برای حوادث مختلف بر اساس کاربری اراضی ارائه شده است.

جدول ۲-۱: انواع آوار قابل انتظار 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

۲– ۴– روش های برآورد حجم آوار برای مدیریت بلایا

برآورد مناسب حجم آوار، مبنایی برای تعیین میزان منابع انسانی، تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع آوار فراهم می‌آورد. علاوه بر این، حجم برآورد شده نقش مهمی در تصمیم‌گیری درباره مکان‌های موقت ذخیره‌سازی آوار، طراحی مسیرهای بهینه حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی عملیات بازیافت و دفع نهایی دارد.

روش‌های تخمین حجم آوار بر اساس نوع مخاطره، شرایط محیطی، و کاربری اراضی متغیر بوده و عمدتاً به صورت تجربی و بر پایه داده‌های میدانی شکل گرفته‌اند. الگوریتم زیر، رویکردی منطقی برای برآورد حجم آوار می‌باشد که می‌تواند پیش و پس از وقوع حادثه به کار رود. این الگوریتم شامل مراحل زیر است:

- **تعریف نوع مخاطره و پارامترهای مرتبط**: تعیین نوع بلای طبیعی (مانند زلزله، سیل، طوفان) و مشخص کردن پارامترهای فنی و محیطی مرتبط با آن؛
- **برآورد شدت مخاطره**: ارزیابی شدت و دامنه بلایا بر اساس سناریوهای محتمل و معیارهای فنی معتبر؛
- **تعیین سطح خرابی**: تحلیل میزان و گستردگی تخریب ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در منطقه آسیب‌دیده با استفاده از داده‌های میدانی، تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های آماری؛
- **محاسبه حجم آوار**: استخراج میزان تقریبی حجم آوار بر اساس درصد خرابی، نوع سازه‌ها و ویژگی‌های منطقه.

شکل ۲-۱، روند محاسباتی برآورد حجم آوار را به‌صورت مرحله‌به‌مرحله نمایش می‌دهد.

شکل ۲-۱: الگوریتم چهارمرحله‌ای تخمین حجم آوار ناشی از بلایای طبیعی

۲– ۵– برآورد حجم و وزن آوار

در مدیریت آوار، علاوه بر برآورد حجم آوار، تعیین وزن کلی آوار نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. برآورد وزن آوار به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا نیازمندی‌های لجستیکی، از جمله ظرفیت حمل‌ونقل و تجهیزات تخلیه را دقیق‌تر پیش‌بینی کنند. به همین ترتیب، در کنار حجم، تحلیل وزن آوار امکان طراحی مناسب برای محل‌های دپوی موقت، انتخاب روش‌های حمل‌ونقل و تعیین شیوه‌های دفع و بازیافت را فراهم می‌سازد. بنابراین، برآورد دقیق هر دو پارامتر حجم و وزن آوار، جزء مراحل مهم در فرآیند مدیریت جامع پسماندهای ناشی از بلایای طبیعی محسوب می‌شود.

۲-۵-۱- برآورد حجم آوار ساختمانی

برای برآورد حجم آوار در ساختمان‌ها و انبارها، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$Deris\ Volume(m^3) = L \times W \times H \times 0.33$$ معادله ۲-۱

L: طول ساختمان بر جسب متر،

W: عرض ساختمان بر حسب متر،

H: ارتفاع ساختمان بر حسب متر است.

ضریب ۰/۳۳ برای فضای خالی ساختمان در نظر گرفته شده است. همچنین، حجم آوار ناشی از لوازم و اثاثیه یک واحد ساختمانی دارای زیرزمین حدود ۳۴ تا ۳۸ مترمکعب و برای ساختمان بدون زیرزمین حدود ۱۹ تا ۲۳ مترمکعب برآورد شده است.

این روش ساده و کاربردی یک ابزار مناسب برای تخمین حجم آوار می‌باشد و می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های اولیه مدیریت آوار مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۵-۲- برآورد وزن آوار

برای برآورد وزن آوار می‌توان از روش زیر استفاده نمود. در این روش، آوار به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌گردد:

- 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 تولید شده از هر نوع، با توجه به سطح خرابی اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان و نوع ساختمان، مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$EDF_{S/NS}(i,k) = \sum_j [\, P_{S/NS}\,(\mathrm{j,k})\; DF_{S/NS}\,(\mathrm{i,j,k})] \qquad \text{معادله ۲-۲}$$

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

- $EDF_{N/NS}$[1]: درصد آوار تولیدشده نوع i در برای سازه با اسکلت از تیپ k ناشی از خرابی اجزای سازه‌ای (S) یا غیرسازه‌ای (NS).
- $P_{S/NS}$: احتمال وقوع سطح خرابی j برای اجزای سازه‌ای یا غیرسازه‌ای ساختمان با اسکلت نوع k
- $DF_{S/NS}$: درصد آوار نوع i در سطح خرابی j برای سازه با اسکلت تیپ k

[1] Large Debris
[2] Small Debris

برای تعیین سطح خرابی در ساختمان با اسکلت‌های مختلف میتوان از منحنی‌های شکنندگی متناسب با هر تیپ سازه‌ای استفاده شود. بر اساس ضرائب پیشنهادی در جداول زیر می‌توان درصد آوار تولیدشده را برای هر نوع آوار در گونه‌های مختلف سازه‌ای و در سطوح خرابی متفاوت برآورد نمود.

جدول ۲-۲: 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 ۲-۳: 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

برای محاسبه وزن آوار، کافیست مساحت ساختمان تیپ k بر حسب متر مربع در وزن مخصوص آوار و درصد آوار تولید شده ضرب گردد.

معادله ۲-۳ $$DB(i) = \sum_k [\, EDF_S(\mathrm{i,k}) \times W_S(\mathrm{i,k}) \; + \; EDF_{NS}(\mathrm{i,k}) \times W_{NS}(\mathrm{i,k})] \times \mathrm{SQ(k)}$$

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

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

در جدول ۲-۴، وزن پیشنهادی برای هر یک از تیپ‌های ساختمانی ارائه شده است.

جدول ۲-۴: وزن پیشنهادی برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای تیپ‌های مختلف ساختمانی بر حسب کیلوگرم مترمربع

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

۲-۵-۳- سایر روش های نوین برآورد حجم آوار

علاوه بر روش‌های متداول تجربی، روش‌های نوین‌تری مانند سنجش از دور[1] نیز 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.

[1] Remote Sensing

۳- شناسایی آوار خطرناک و نحوه ی مدیریت و امحای آن

۳-۱- 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 بخش 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.

۳-۲- 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. در جدول ۳-۱ لیستی از خطرات پسماندهای ناشی از بلایا و تأثیرات آن‌ها بیان شده است.

جدول ۳-۱: انواع خطرات ناشی از پسماندهای بلایا و تأثیرات آنها

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

۳- ۳- شناسایی آوار خطرناک و پایش آن

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.

۳-۳-۱- 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

۳-۳-۲- 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.

۳-۳-۳- 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

۳-۳-۴- 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.

۳-۳-۵- 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.

۳- 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.

۳-۴-۱- شناسایی ، تفکیک و دسته بندی پسماندهای خطرناک

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 ۳-۲ نمای کلی این دسته‌بندی ارائه شده است.

جدول ۳-۲: 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.

۳-۴-۲- 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.

۳-۴-۳- 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.

۳-۴-۴- 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 برای آموزش و ظرفیت-سازی 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.

۳– ۵– 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.

۳– ۶– 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.

۳– ۷– 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- فرآیند مدیریت آوار: از جمع آوری تا انتقال به محل های دپوی موقت و دائم

۴-۱- 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.

۴-۲- 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 مدیریت آوار[1] و بازیافت آوار 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.

۴– ۳– اقدامات مربوط به مرحله پاسخ

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

در این مرحله، سازمان‌های محلی به‌طور معمول از نیروی انسانی و تجهیزات موجود خود برای پاک‌سازی آوار و بازگشایی مسیرهای حیاتی استفاده می‌کنند. در شرایطی که منابع داخلی پاسخگوی حجم گسترده آوار نباشد یا نیاز به خدمات تخصصی باشد، به‌کارگیری ظرفیت سایر دستگاه‌های اجرایی، نیروهای نظامی و انتظامی، سازمان‌های مردم‌نهاد و بخش خصوصی با هماهنگی مدیریت بحران استان یا ستاد ملی مدیریت بحران ضروری خواهد بود.

یکی از اقدامات کلیدی فاز پاسخ، شناسایی و اولویت‌بندی مسیرهای حیاتی برای پاک‌سازی فوری است. تیم‌های برنامه‌ریزی باید پیش از وقوع حادثه و بلافاصله پس از آن، نقشه‌های دقیق خیابان‌ها، ساختمان‌های مهم، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی را به‌روز کرده و وظایف مشخصی به تیم‌های امدادی اختصاص دهند. این اقدام از اتلاف منابع و دوباره‌کاری جلوگیری کرده و امکان دسترسی سریع به زیرساخت‌های ضروری مانند بیمارستان‌ها، مراکز توزیع امداد و مراکز عملیات اضطراری را فراهم می‌کند. اولویت‌بندی پاک‌سازی مسیرها در این فاز به‌ترتیب زیر انجام می‌شود:

[1] Recovery and recycling phase

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

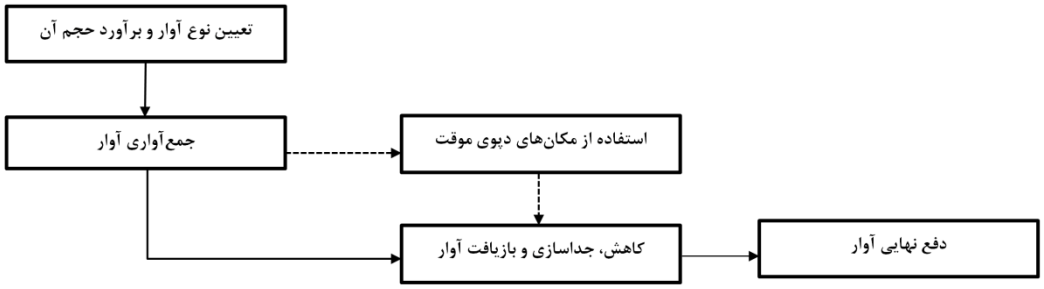
۴- ۴- اقدامات مربوط به مرحله مدیریت و بازیافت آوار

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 مناسب برای تخصیص ماشین‌آلات، نیروی انسانی، انتخاب مسیرهای حمل‌ونقل و ظرفیت‌سنجی دپوهای موقت و دائمی فراهم گردد. این برآورد شامل شناسایی مصالح قابل بازیافت، مواد خطرناک و پسماندهای غیرقابل استفاده خواهد بود.
- 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 که در نزدیکی مناطق آسیب‌دیده ایجاد می‌شوند، علاوه بر افزایش سرعت جمع‌آوری

آوار، امکان جداسازی دقیق‌تر، بازیافت کارآمدتر و کاهش تعداد دفعات حمل به دپوهای دائمی را فراهم می‌کنند. پس از تکمیل فرآیند تفکیک و کاهش حجم در این مراکز، مواد غیرقابل استفاده به محل‌های دفن دائمی منتقل می‌شوند.

این رویکرد مرحله‌ای، مدیریت آوار را سریع‌تر، ایمن‌تر و کم‌هزینه‌تر کرده و به کاهش بار ترافیکی، کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی و استفاده بهینه از منابع بازیافتی کمک می‌کند. این فرآیند مرحله‌ای در فلوچارت زیر نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱: فرآیند مدیریت آوار (از وقوع بلایا تا دفع نهایی آوار)

۴– ۵– ابزارها 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.

۴-۵-۱- 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.

۴-۵-۲- روش های جمع آوری

جمع‌آوری آوار می‌تواند بر اساس شرایط منطقه و امکانات موجود، به دو روش اصلی زیر انجام شود:

- **جمع‌آوری در حاشیه معابر:** در این روش، ساکنان آوار و پسماندهای ناشی از حادثه را در حاشیه خیابان‌ها یا معابر عمومی قرار داده و دستگاه‌های مسئول اقدام به جمع‌آوری می‌کنند. این شیوه می‌تواند به‌صورت مختلط یا تفکیک‌شده اجرا شود، اما توصیه می‌شود از روش تفکیک‌شده استفاده شود. در روش تفکیک‌شده، ساکنان موظف‌اند انواع آوار (مانند مصالح ساختمانی، فلزات، پسماندهای خطرناک و لوازم خانگی سنگین) را به‌صورت جداگانه قرار دهند تا فرآیند بازیافت و استفاده مجدد از مصالح تسهیل شده و ارزش اقتصادی آوار افزایش یابد.
- **جمع آواری در مراکز:** در مناطقی که شرایط جغرافیایی یا پراکندگی جمعیت اجرای روش حاشیه معابر را دشوار می‌سازد، مراکز موقت جمع‌آوری آوار ایجاد می‌شود. ساکنان آوار خود را به این مراکز منتقل کرده و در محل‌های مشخص قرار می‌دهند. معمولاً تفکیک انواع آوار در همین مراکز انجام می‌شود که موجب افزایش بهره‌وری و کاهش زمان عملیات می‌گردد.

۴- 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.

۴-۶-۱- 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.

۴-۶-۲- 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.

۴-۶-۳- 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.

۴-۶-۴- 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.

۴- ۷- معیارهای مکان یابی محل دپوی موقت

محل دپوی موقت آوار نقطه‌ای استراتژیک برای ذخیره‌سازی موقت آوارهای ناشی از سوانح تا زمان انتقال به محل‌های پردازش یا دپوی دائمی. طراحی و انتخاب مناسب این مکان نقش مهمی در کاهش خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی، تسهیل بازیافت و سرعت‌بخشی به عملیات پاک‌سازی دارد. در ادامه لیستی از معیارهای مکان‌یابی محل دپوی موقت بیان شده است.

- **مالکیت:** 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 و ابعاد زمین:** ابعاد و ظرفیت دپوی موقت باید بر اساس برآورد حجم آوار و مدت زمان بهره‌برداری تعیین گردد. محل انتخابی باید فضای کافی برای تخلیه و جداسازی انواع آوار، پردازش و ذخیره‌سازی موقت و تردد ایمن کامیون‌ها و استقرار ماشین‌آلات سنگین داشته باشد. پیشنهاد می شود برای پردازش حدود یک میلیون یارد مکعب آوار (معادل تقریباً ۷۶۴،۶۰۰ متر مکعب حجم آوار) حدود ۲۵۴،۸۶۷ متر مربع زمین (با فرض ارتفاع انبارش سه متر) در نظر گرفته شود.
- **موقعیت مکانی و دسترسی:** سایت دپوی موقت باید دسترسی آسان و مناسبی به مسیرهای اصلی حمل‌ونقل داشته باشد تا عملیات تخلیه و انتقال آوار به صورت سریع و با کمترین هزینه انجام شود؛ همچنین، باید از ایجاد ترافیک سنگین و مزاحمت برای مناطق مسکونی، مدارس، مراکز درمانی و تجاری جلوگیری شود. مکان‌یابی دپو نباید در نزدیکی مناطق حساس زیست‌محیطی مانند تالاب‌ها، زیستگاه‌های حیات‌وحش و منابع آب شرب یا محوطه‌های تاریخی و میراث فرهنگی قرار گیرد، زیرا این موضوع علاوه بر حفاظت از محیط‌زیست، روند اخذ مجوزهای لازم و پذیرش اجتماعی را تسهیل می‌کند. علاوه بر این،

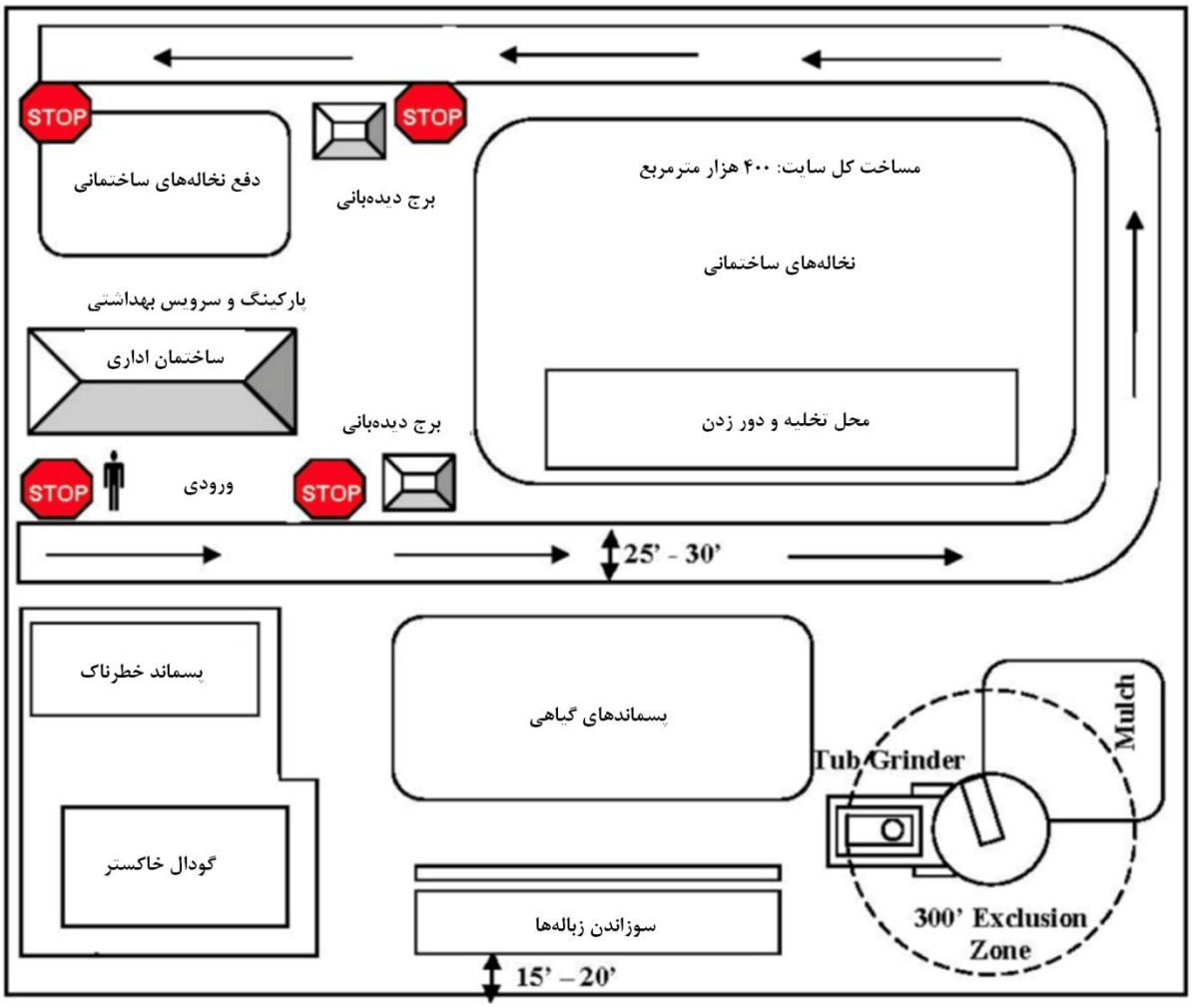
زمین انتخاب شده باید از نظر پایداری و مقاومت مناسب باشد و در معرض خطراتی نظیر سیلاب، زمین‌لغزش یا نشست خاک قرار نداشته باشد.

۴– ۸– طراحی محل دپوی موقت

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. به‌منظور دستیابی به یک جریان حمل‌ونقل منظم و کارآمد در محل دپوی موقت آوار 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 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 شکل ۴-۲ پلان پیشنهادی برای نحوه سازماندهی مسیرهای ترافیکی در سایت‌های دپوی موقت آوار ارائه شده است که می‌تواند به‌عنوان الگوی طراحی مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۴-۲: پلان پیشنهادی برای نحوه سازماندهی مسیرهای ترافیکی در سایت‌های دپوی موقت آوار

۴– ۹– 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 بازیافت 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.

۴– ۱۰– 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.

۴- ۱۱- 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.

۴- ۱۲- پایش و کنترل محل های دپو

پیش از آغاز هرگونه عملیات اجرایی در محل‌های دپوی آوار، اقدامات زیر به منظور پایش و کنترل فعالیت‌ها انجام می‌شود:

- **مطالعات پایه و مستندسازی در آغاز فعالیت‌ها:** انجام مطالعات پایه و مستندسازی دقیق شرایط زمین از نظر فیزیکی، زیست‌محیطی و مالکیتی ضروری است. این فرآیند شامل ثبت وضعیت توپوگرافی، پوشش گیاهی، منابع آب و نمونه‌برداری‌های مهندسی و زیست‌محیطی است تا مبنایی برای ارزیابی اثرات احتمالی و برنامه‌ریزی اقدامات اصلاحی فراهم گردد.
- **پایش و مستندسازی در حین فعالیت‌ها:** در طول فعالیت سایت، پایش مستمر محیطی شامل کنترل کیفیت هوا و آب، مدیریت نشت‌ها، کنترل انتشار گردوغبار و نظارت بر ذخیره‌سازی مواد خطرناک انجام می‌گیرد تا سلامت محیط و ایمنی عملیات تضمین شود. همچنین مستندسازی تغییرات عملیاتی و اصلاح روش‌ها به بهبود مدیریت کمک می‌کند.
- **اخذ مجوزهای قانونی و زیست محیطی:** دریافت مجوزهای قانونی و زیست‌محیطی پیش از شروع عملیات، از جمله مجوزهای کنترل کیفیت هوا و آب، ذخیره‌سازی پسماندهای خطرناک و تغییر کاربری زمین، امری حیاتی است که از بروز تأخیرهای عملیاتی جلوگیری می‌کند.
- **مدیریت سایت و نقش‌های کلیدی:** مدیریت سایت باید ساختارمند بوده و نقش‌های کلیدی مانند مدیر سایت، ناظران آوار و پرسنل ایمنی با وظایف مشخص تعیین شوند تا هماهنگی، نظارت و پاسخگویی به حوادث به بهترین نحو انجام شود.
- **برنامه‌ریزی برای تعطیلی و پایان فعالیت‌ها:** پس از پایان عملیات، برنامه‌ای مدون برای تعطیلی و بازسازی سایت شامل پاک‌سازی تجهیزات و نخاله‌ها، انجام آزمایش‌های محیطی و اجرای اقدامات اصلاحی در صورت آلودگی ضروری است تا زمین به وضعیت اولیه یا قابل استفاده مجدد بازگردد و تعهدات زیست‌محیطی رعایت شود.

.

۵- بازیافت به‌عنوان رویکردی پایدار در مدیریت آوار

۵-۱- مقدمه

بازیافت به‌عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت پایدار آوار در بحران‌های طبیعی و انسانی (مانند زلزله، سیل، طوفان یا جنگ) نقش کلیدی در کاهش خسارات ثانویه و تسریع بازسازی ایفا می‌کند. در چنین شرایطی حجم عظیمی از نخاله‌های ساختمانی، فلزات، چوب و سایر پسماندها در مدت کوتاهی تولید می‌شود که در صورت مدیریت نامناسب، می‌تواند موجب اشغال فضاهای عمومی، انسداد مسیرهای امدادی، آلودگی زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌های مدیریت بحران شود.

رویکرد بازیافت‌محور در مدیریت آوار، به جای دفن صرف پسماند، امکان کاهش حجم دفنی، استفاده مجدد از منابع، صرفه‌جویی اقتصادی، ایجاد فرصت‌های شغلی محلی و ارتقای ایمنی محیطی را فراهم می‌کند و به بهبود پایداری بازسازی پس از بحران کمک می‌نماید. علاوه بر این، بازیافت موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش نیاز به استخراج مواد اولیه جدید شده و با اصول توسعه پایدار و کاهش اثرات کربنی همسو است. بنابراین، بازیافت صرفاً یک اقدام فنی نیست بلکه بخشی ضروری از برنامه‌های ملی و محلی مدیریت بحران محسوب می‌شود که نیازمند طراحی نظام‌های پشتیبان، شاخص‌های شناسایی و بازارهای جذب محصولات بازیافتی است.

۵-۲- انواع آوار 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.

در جدول ۵-۱ مهم‌ترین گروه‌های آوار قابل بازیافت بیان شده‌اند.

جدول ۵-۱: مهمترین گروه های 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

۵- ۳- مزایا و چالش های بازیافت آوار

بازیافت آوار به‌عنوان بخشی از مدیریت پایدار پسماندهای ناشی از بحران‌ها، دارای مزایای قابل‌توجهی است اما اجرای آن با چالش‌های عملیاتی و ساختاری نیز همراه می‌باشد.

از مهمترین مزایای بازیافت میتوان به موارد زیر اشاره نمود.

- **کاهش فشار بر مراکز دفن زباله:** بازیافت باعث کاهش حجم پسماند دفنی و افزایش عمر مراکز دفن می‌شود.
- **بهره‌وری منابع:** با فرآوری آوار و استفاده مجدد از مصالح، نیاز به مواد اولیه جدید کمتر شده و منابع حفظ می‌شوند.
- **صرفه‌جویی اقتصادی:** فروش مواد بازیافتی می‌تواند بخشی از هزینه‌های مدیریت آوار را جبران کرده و گزینه‌ای مقرون‌به‌صرفه باشد.
- **ایجاد اشتغال محلی:** فعالیت‌های مرتبط با بازیافت فرصت‌های شغلی برای جوامع آسیب‌دیده فراهم می‌کند.
- **ارتقای ایمنی و بهداشت محیطی:** بازیافت سریع از انباشت پسماند، انتشار آلودگی و تهدیدات بهداشتی جلوگیری می‌کند.

- **کاهش اثرات زیست‌محیطی و کربنی:** با کاهش دفن زباله و نیاز به تولید مواد نو، انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش یافته و اهداف توسعه پایدار محقق می‌شود.

از چالش‌های بازیافت نیز می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

- **کمبود تجهیزات و فناوری:** نبود دستگاه‌های پیشرفته برای تفکیک و فرآوری می‌تواند سرعت و کیفیت بازیافت را کاهش دهد.
- **اختلاط و آلودگی مواد:** آوارهای مختلط و وجود پسماندهای خطرناک مانند مواد شیمیایی یا آزبست فرایند بازیافت را پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر می‌کند.
- **نیاز به زیرساخت‌های حمایتی:** برای موفقیت بازیافت، نیاز به مراکز جمع‌آوری، خطوط پردازش و بازارهای جذب محصولات بازیافتی وجود دارد که ممکن است در مناطق بحران‌زده در دسترس نباشد.
- **هزینه‌های اولیه بالا:** سرمایه‌گذاری در تجهیزات و آموزش نیروی انسانی ممکن است در کوتاه‌مدت پرهزینه به نظر برسد.
- **موانع قانونی و مدیریتی:** عدم وجود مقررات شفاف یا هماهنگی بین نهادهای مسئول می‌تواند مانع اجرای مؤثر برنامه‌های بازیافت شود.

۵– ۴– 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.

۵– ۵– اصول کلیدی در موفقیت عملیات بازیافت

برای اثربخشی عملیات بازیافت در مدیریت آوار، رعایت چند اصل اساسی ضروری است:

- **تحلیل بازار و تقاضا:** پیش از آغاز بازیافت باید بازار مصرف مواد بازیافتی شناسایی و ظرفیت فروش آن بررسی شود تا از انباشت مجدد پسماندهای فرآوری‌شده جلوگیری گردد.
- **ارزیابی فنی مواد:** بررسی ترکیب، میزان آلودگی و ارزش افزوده مواد کمک می‌کند تا منابع محدود به موادی اختصاص یابد که قابلیت بازیافت و سودآوری بالاتری دارند.
- **مدیریت ریسک‌های زیست‌محیطی:** شناسایی و کنترل آلودگی‌های شیمیایی، زیستی و فیزیکی برای حفظ سلامت کارگران، محیط زیست و مصرف‌کنندگان نهایی الزامی است.
- **تحلیل اقتصادی و زمانی:** هزینه و زمان بازیافت باید با دفن بهداشتی مقایسه شود تا گزینه‌ای انتخاب گردد که از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی بهینه باشد.
- **رعایت استانداردها و ایمنی:** پایبندی به مقررات زیست‌محیطی، ایمنی کار و دریافت مجوزهای قانونی برای پیشگیری از خسارات انسانی و زیست‌محیطی ضروری است.

۵– ۶– استانداردها، قوانین و مشوق های بازیافت

توسعه و موفقیت برنامه‌های بازیافت آوار در مدیریت بحران نیازمند چارچوبی مشخص از استانداردها، قوانین و سیاست‌های حمایتی است. این چارچوب تضمین می‌کند که فرآیندهای جمع‌آوری، تفکیک، حمل‌ونقل و فرآوری مواد بازیافتی به‌صورت ایمن، پایدار و اقتصادی انجام شود.

در سطح استانداردها، دستورالعمل‌های فنی برای شناسایی، جداسازی و پردازش مواد بازیافتی تدوین می‌شوند تا کیفیت محصولات نهایی تضمین شده و خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی کاهش یابد. این استانداردها شامل روش‌های ایمنی در برخورد با مواد خطرناک، دستورالعمل‌های کاهش آلودگی، و معیارهای کیفی برای استفاده مجدد از مصالح بازیافتی در ساخت‌وساز هستند.

در حوزه قوانین و مقررات، دولت‌ها باید ضوابط روشنی برای مدیریت آوار، صدور مجوزهای لازم برای بازیافت‌کنندگان و کنترل‌های زیست‌محیطی تعیین کنند. قوانینی مانند الزام تفکیک پسماند در مبدا، محدودیت‌های دفن مواد قابل بازیافت، و استانداردهای حمل و دفع پسماندهای خطرناک، نقش مهمی در هدایت فعالیت‌های بازیافتی ایفا می‌کنند.

برای تقویت انگیزه‌ها، مشوق‌های اقتصادی و حمایتی همچون معافیت‌های مالیاتی، یارانه برای احداث مراکز بازیافت، تسهیلات بانکی کم‌بهره، و تضمین خرید محصولات بازیافتی می‌تواند سرمایه‌گذاری در این بخش را افزایش دهد. همچنین سیاست‌هایی نظیر اعمال هزینه‌های اضافی برای دفن پسماند و ارائه تخفیف به پروژه‌های بازسازی که از مصالح بازیافتی استفاده می‌کنند، موجب رونق چرخه بازیافت خواهد شد.

به‌طور کلی، وجود استانداردهای فنی شفاف، قوانین الزام‌آور و مشوق‌های اقتصادی، سه رکن اساسی در شکل‌گیری نظام بازیافت مؤثر و پایدار در مدیریت آوار پس از بحران‌ها محسوب می‌شود.

۵– ۷– توصیه‌های عملیاتی برای بازیافت آوار

اجرای مؤثر بازیافت در شرایط بحران نیازمند برنامه‌ریزی پیشگیرانه، سازمان‌دهی میدانی، قراردادهای شفاف و ظرفیت‌سازی نیروی انسانی است.

در مرحله پیش از بحران باید مواد قابل بازیافت شناسایی، بازار فروش ارزیابی، پیمانکاران متخصص انتخاب، مکان‌های ذخیره موقت آماده و توافق‌نامه‌های قانونی برای پشتیبانی لجستیکی و مجوزها منعقد شود.

مکان‌های دپوی موقت نقش محوری در فرآیند بازیافت دارند و باید امکان تفکیک اولیه، حذف آلودگی‌ها، پردازش فیزیکی و بسته‌بندی ایمن برای انتقال به واحدهای بازیافت را فراهم کنند.

برای اطمینان از کیفیت عملیات، قراردادهای الزام‌آور با پیمانکاران شامل تعهدات فنی، الزامات ایمنی و زیست‌محیطی، سازوکارهای گزارش‌دهی و مشوق‌های عملکردی ضروری است.

همچنین، آموزش و توانمندسازی تیم‌های محلی از طریق دستورالعمل‌های ساده، دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت، جذب داوطلبان و آموزش تخصصی تیم‌های بازرسی، به افزایش بهره‌وری و ایمنی عملیات کمک می‌کند.

۶- تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز برای عملیات آواربرداری

۶-۱- 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 کوتاه‌ترین زمان و با حداکثر ایمنی صورت گیرد.

عملیات آواربرداری، به‌ویژه در ساعات اولیه پس از وقوع بحران، نیازمند به‌کارگیری ترکیبی از ماشین‌آلات 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 بهره‌برداری 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 برنامه‌ریزی و استقرار آن‌ها تدوین شده است. همچنین، به ملاحظات اجرایی، الزامات لجستیکی، و ظرفیت‌سازی برای بهره‌برداری بهینه از منابع موجود نیز پرداخته خواهد شد.

۶-۲- 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 می‌شوند. 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 مینی‌لودر (بابکت)، لیفتراک، پیکور و دستگاه‌های مکنده غبار یا برش بتن. این تجهیزات برای محیط‌های نیمه‌محدود، 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 ۶-۱، 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 ۶-۲، 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 ۶-۱: 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 حیاتی‌اند. 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 آتش‌نشانی، 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 ۶-۲: ظرفیت عملیاتی و حجم قابل جابجایی تجهیزات آواربرداری

نوع تجهیزات	ظرفیت عملیاتی تقریبی (در روز)	حجم قابل جابجایی (مترمکعب/روز)	توضیحات فنی
لودر چرخ‌لاستیکی	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 فشرده‌ساز 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

۶– 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 ۶-۱

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

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 ۶-۲

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

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

۶– 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.

۶– 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.

معادله ۶-۳
$$Time\ Required(day) = \frac{DV}{Q \times N \times OE \times AC}$$

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)

۶– 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 می‌تواند 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

می‌شود 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.

۶– 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 مربوط به 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	شرح / نشانه‌ها	اقدام توصیه‌شده
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	زباله خانگی 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 ذوب‌شده 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 نیم‌سوخته (مثلاً بقایای کود، آفت‌کش یا روغن‌های صنعتی)	آلودگی بالقوه خاک و هوا	شناسایی منبع، تفکیک در محل و بسته‌بندی 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 محیط‌زیست 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	شرح / نشانه‌ها	اقدام توصیه‌شده
۱	مواد تخریب‌شده سقف یا دیوار حاوی آزبست یا مواد مشابه	تکه‌های فایبرسمنت، لایه‌های عایق، بام‌های 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 بمباران‌شده	تهویه محیط، عدم تماس مستقیم، ثبت محل، استفاده از تجهیزات تشخیص آلودگی شیمیایی
۴	تأسیسات صنعتی یا نظامی آسیب‌دیده	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