فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۳۲ ، بهار ۹۴

بررسی مراحل و راهکارهای مدیریت پسماندهای تخریب و ساخت در بلایای طبیعی

نیما حیدر زاده[1]*

n.heidarzadeh@khu.ac.ir

علیرضا رمضانی‌خوجین[2]

چکیده

در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ بلایا سبب مرگ ۱/۲ میلیون نفر و خسارتی معادل ۱/۷ تریلیون دلار در سطح جهان گردیده‌اند. بلایا می‌توانند با توجه به شدت و ماهیت‌شان حجم زیادی از آوارها و پسماندها را ایجاد کنند. برای هر خانه و ساختمان تخریب شده، مقدار پسماند تولیدی می‌تواند از ۳۰ تا ۱۱۳ تن به ازای هر خانوار متغیر باشد. این حجم عظیم پسماندها، مدیریت پسماندهای جامد را مختل کرده و همچنین بر واکنش‌های اضطراری، بهداشت و سلامت عمومی و عملیات امدادرسانی پس از حادثه اثر می‌گذارند. بنابراین مدیریت پسماندها و بویژه پسماندهای ساختمانی در هنگام بلایا که حجم عمده‌ای را شامل می‌شوند، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. اقدامات مدیریت پسماند بلایا شامل سه مرحله عمده ۱) مرحله اضطرار، ۲) مرحله احیای مقدماتی، و ۳) مرحله احیای نهایی می‌باشند. در این مقاله در مورد گزینه‌های فنی مدیریت پسماندهای بلایا از جمله نحوه تخمین مقدار پسماندهای تخریب و ساخت، برنامه‌ریزی و نیازهای مدیریت در شرایط اضطرار، ذخیره‌سازی موقت در ایستگاه انتقال، نحوه استفاده مجدد و بازیافت، دفع و اولویت‌بندی اقدامات بحث گردیده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بسیاری از پسماندهای تخریب و ساخت نظیر آجر، بلوک، بتن، آسفالت، قطعات گچی پیش‌ساخته، کاشی، و ورقه‌های آهنی، در کاربردهای مختلفی از جمله خاک پوششی پسماندها در محل دفن، پرکننده بتن و زیراساس جاده‌ها، فونداسیون بناها، تولید سیمان، بهبود زه‌کشی خاک کشاورزی، و افزودنی کودهای شیمیایی و کمپوست قابل استفاده می‌باشند.

کلمات کلیدی: مدیریت پسماندهای تخریب و ساخت، بلایای طبیعی، بازیافت و استفاده مجدد.

۱- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خوارزمی، تهران*(مسئول مکاتبات).

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

مقدمه

حوادث در اشکال مختلف رخ می‌دهند؛ به صورت طبیعی یا انسان‌ساخت که می‌توانند کوتاه‌مدت از جمله سیل، سونامی، طوفان و آتش‌فشان و یا بلندمدت مانند جنگ داخلی و خشک‌سالی باشند و هر یک می‌توانند درجات و انواع مختلفی از تاثیرات فیزیکی و اجتماعی را به وجود بیاورند (۱).

بلایای طبیعی رویدادی غیرمعمول می‌باشند که ظرفیت منطقه تحت تاثیر برای پاسخ به آن، از قبیل ارایه خدمات به افراد، حفظ شرایط اجتماعی، ثبات سیاسی و اقتصادی را به چالش می‌کشد. با توجه به ماهیت و شدت بلایا حجم بسیار زیادی از تلفات و خرابی‌ها به وجود می‌آید؛ نظیر سونامی هند در سال ۲۰۰۴ و یا حوادثی که در سال ۱۹۹۹ در آمریکا باعث به وجود آمدن حجم زیاد پسماند در حدود ۵-۱۵ برابر تولید سالانه پسماندهای این مناطق بوده است (۱). به گزارش UNISDR[1] در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ بلایای طبیعی سبب مرگ ۱/۲ میلیون نفر و خسارتی معادل ۱/۷ تریلیون دلار در سطح جهان گردیده‌اند (۲). همچنین در دهه گذشته، بیش از ۲۰۰ میلیون نفر از زیان‌های اقتصادی و یا صدمات بدنی مربوط به پدیده‌های طبیعی دچار آسیب شده‌اند که هفت برابر بیشتر از مردم متحمل جنگ و درگیری‌های محلی است.

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که آسیا و استرالیا مناطق حساس به بلایای طبیعی در جهان هستند و معمولا با طیف وسیعی از تهدیدات طبیعی مانند سیل، زلزله، طوفان و غیره رو به رو می‌شوند. از ده بلایای طبیعی بسیار شدید در سال ۲۰۰۴، پنج مورد آن در آسیا و استرالیا رخ داده و باعث ایجاد خسارت ۵۵ میلیارد دلاری شده است. بنابراین تلفات ناشی از حوادث طبیعی کاملا در آسیا و استرالیا قابل توجه بوده و اثرات مخربی دارد (۳ و ۴). پسماندهای بلایا باعث تاثیر بر واکنش‌های اضطراری و عملیات بهبود و بازسازی می‌شود چراکه ممکن است سبب بسته شدن راه‌ها و کاهش سرعت امدادرسانی شود (۱).

در بلایای طبیعی، پسماندهای آلی و مکان‌هایی که آب در آنها جمع می‌شود، می‌توانند زمینه‌ای برای رشد ناقل‌های بیماری باشد. این عوامل باعث ایجاد بیماری‌های مسری می‌شوند و معمولا بعد از حادثه و به خصوص زمانی که تعداد زیادی از مردم آواره وجود داشته باشند، رخ می‌دهند. با این حال در مجموع خطر شیوع نسبتا کم و پایین ارزیابی گردیده است (۵ و ۶).

تجزیه و تحلیل نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از استراتژی‌های مهم در توجه به توسعه طرح مدیریت شامل؛ تخمین دقیق حجم، وزن و نوع آوار زلزله، تقویت ساختارها و طراحی مناسب ساختمان‌های در دست ساخت، استفاده از تجارب دیگر کشورهای مستعد زلزله، بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای ساختمانی و شناسایی محل‌های موقت انبار خرابی‌ها، نقش مهمی در کاهش آسیب حوادث دارد.

مدیریت ضعیف در پاکسازی منطقه در دراز مدت می‌تواند منجر به آهستگی فرآیند بهبود و افزایش هزینه‌ها شود. همچنین قرار گرفتن طولانی مدت در معرض پسماندها برای سلامت عمومی و محیط‌زیست مخاطره‌آمیز می‌باشد (۶). درحالی‌که اگر مدیریت به صورت موثر صورت بگیرد، پسماندها می‌توانند یک منبع ارزشمند در بازیابی و بازسازی خرابی‌ها بوده و اثر مثبت بر بهبود مسایل اجتماعی و اقتصادی داشته باشند. افزایش شهرنشینی و وابستگی به شبکه‌های پیچیده زیرساخت‌ها باعث افزایش آسیب‌پذیری جامعه به حوادث شده است. بنابراین برنامه‌ریزی خوب و هماهنگ برای پاسخ به رویدادهای جامعه برای به حداقل رساندن اختلالات ضروری می‌باشد (۱).

این مقاله جنبه‌های کلیدی از مدیریت پسماندهای بلایای طبیعی را مورد تجزیه و تحلیل می‌دهد که عبارتند از: برنامه‌ریزی، سازماندهی، اولویت‌بندی و چک‌لیست‌ها اقدامات،

۱- United Nations. International Strategy for Disaster Reduction

شناخت پسماندها؛ شامل ترکیب پسماند، مقادیر آن و مراحل مدیریت آن، نحوه بازیافت و استفاده مجدد پسماندهای بلایای طبیعی.

روش بررسی

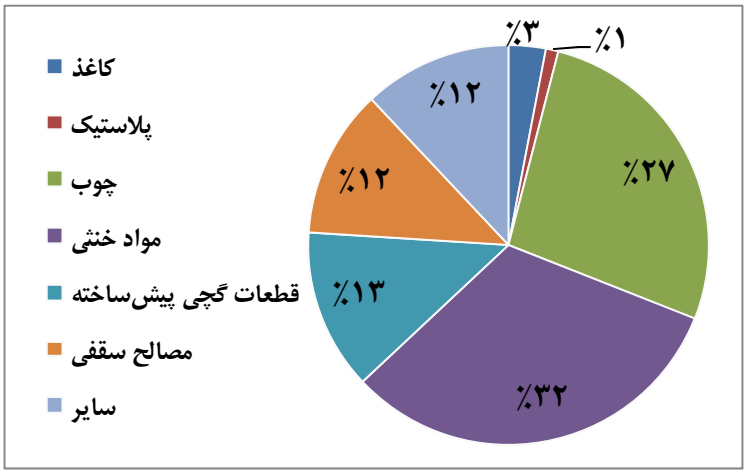
روش تحقیق در این مطالعه از نوع تحقیقات بنیادی نظری می‌باشد که در این نوع تحقیق داده‌های اولیه به روش کتابخانه‌ای گردآوری می‌شوند. از سوی دیگر با توجه به ماهیت موضوع و جنبه استفاده از آن به منظور رفع نیازمندی های بشر و بهبود و بهینه‌سازی ابزارها روش‌ها در جهت توسعه رفاه و آسایش و ارتقای سطح زندگی انسان، می‌توان آن را یک نوع تحقیق کاربردی نیز به حساب آورد. در این مطالعه سعی شده است با تکیه بر مطالعاتی که در نقاط مختلف دنیا انجام شده است، نقشه راه مناسبی جهت مدیریت پسماندهای تخریب و ساخت در بلایای طبیعی ترسیم شود.

یافته‌ها

۱-۱- مقدار و ترکیب پسماندهای حاصل از بلایای طبیعی

۲-۱-۱- ترکیب پسماندها

با توجه به نوع بلایای طبیعی و محیط ساخته شده (ساحلی، داخلی/ شهری، روستایی)، انواع مختلفی از پسماندها تولید می‌شود که مراحل مدیریتی آنها (از جمله قابلیت بازیافت، سطح خطرات، جمع‌آوری و پردازش مورد نیاز و غیره) را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. ترکیب متوسط پسماند حوادث در کشورهای توسعه یافته در شکل زیر نشان داده شده است. در کشورهای در حال توسعه درصد مواد بی‌اثر یا خنثی می‌تواند تا ۹۰٪ از پسماندهای ساختمانی برسد (۷).



شکل ۱- درصد تقریبی مواد تشکیل دهنده پسماندهای عمرانی و ساختمانی در مناطق شهری (۴)

انواع پسماندهای ایجاد شده در حوادث را می‌توان به ترتیب زیر برشمرد (۱ و ۸):

۱. خرابی ها
- ساختمان‌های آسیب دیده و زیرساخت‌ها (جاده‌ها، شبکه لوله و غیره)
- وسایل نقلیه و مخزن (قایق های آسیب دیده، اتومبیل، ماشین ها، دوچرخه و غیره)
- کالاهای الکترونیکی (قطعات حاصل از شبکه برق و تلفن، مانند سیم، تجهیزات الکتریکی، ترانسفورماتورها و همه تجهیزات مربوطه)
- ضایعات گیاهی،خاک، شن و رسوب
- کالاها و لوازم خانگی

۲. صنایع و مواد خطرناک
- مواد حاوی فلزات سنگین مثل جیوه و سرب

- هیدروکربن ها مانند روغن، سوخت، روان‌کننده‌ها و غیره.
- رنگ‌ها و حلال‌ها
- آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی

۳. پسماندهای مراقبت پزشکی

۴. پسماندهای عفونی بالقوه

- مدفوع رها شده در محیط که به علت عدم وجود توالت‌های صحرایی می‌باشد.
- پسماندهای روزانه تولید شده توسط خانواده‌های جوامع تحت تاثیری که تا زمانی استقرار مجدد سیستم مدیریت پسماند های عادی، تحت مراقبت می‌باشند.
- پسماندهای روزانه تولید شده در اردوگاه‌های پناهندگان

۵. پسماندهای تجاری و صنعتی

- ضایعات حاصل از فعالیت‌های تجاری از قبیل کارگاه‌ها، مغازه‌ها، مراکز تجاری و غیره.

۶. پسماندهای ایجاد شده به علت جنگ

- مهمات منفجر نشده
- فسفر و دیگر آلودگی‌های سلاح‌ها

علاوه بر پسماندهای ایجاد شده در زمان حادثه، مقداری از پسماندها نیز به صورت غیر مستقیم بعد از حادثه ایجاد می‌شوند، که شامل مقادیر بسیار زیاد پسماندهای مراقبت‌های بهداشتی و پزشکی، مواد غذایی فاسد شده به علت قطعی برق و بسته‌بندی مواد غذایی کمک‌های اضطراری می باشند. مدیریت پسماندهای شهری نیز هنگام برنامه‌ریزی برای پسماندهای حوادث باید در نظر گرفته شوند، و اگرنه پسماندهای شهری با پسماندهای به وجود آمده در طی حادثه با هم مخلوط شده و باعث ایجاد مخاطرات بهداشتی-محیط‌زیستی و همچنین باعث سخت شدن جداسازی پسماندها از یکدیگر می‌شود.

جدول (۱) ماتریس ساده برای برای شناسایی دسته‌های پسماند مورد انتظار از بلایای مختلف را ارایه نموده است.

جدول ۱- انواع پسماندهای قابل تولید در حوادث طبیعی مختلف (۱)

نوع حادثه	پسماندهای معمول								
	مواد فسادپذیر	وسایل نقلیه و مخازن	خاک، شن و ماسه	لوازم حجیم خانگی	پسماندهای خانگی خطرناک	پسماندهای خطرناک	مستغلات شخصی و اقلام خانگی	پسماند تخریب و ساخت	ضایعات گیاهی
تندباد /طوفان	x	x	x	x	x	x	x	x	x
سونامی	x	x	x	x	x	x	x	x	x
گردباد	x	x		x	x	x	x	x	x
سیل	x	x	x	x	x	x	x	x	x
زلزله			x	x	x		x	x	
آتش سوزی			x	x	x		x		x
کولاک یخ					x				x

برخی نیز معتقدند نه تنها به انواع پسماندها بلکه به ماهیت و محل آن‌ها و اینکه چگونه در گزینه های مدیریتی تاثیر می‌گذارند، دارای اهمیت است. برای نمونه USEPA توضیح می‌دهد که چگونه موج طوفان و گردباد می‌تواند پسماندهای صنعتی را به مناطق دور از منبع آنها انتقال دهد و باعث پیچیدگی پاکسازی و تفکیک آنها شود (۱ و ۹).

۲-۱-۲- مقدار پسماندهای تولیدی

همانند ترکیب پسماند و ماهیت آنها، میزان پسماند بر اساس نوع حادثه و محیط ساخته شده، تحت تاثیر قرار می‌گیرد. جدول (۲) مقدار پسماندهای گزارش شده در حوادث بزرگ‌مقیاس در ۱۵ سال اخیر را نشان می‌دهد. در این جدول مقدار پسماندها بصورت حجمی و جرمی گزارش شده است.

جدول ۲- مقادیر گزارش شده مقدار پسماند ها در حوادث گذشته (۱)

سال	حادثه	مقادیر پسماند تولید شده
۲۰۱۰	زلزله هایتی	تقریبا ۲۳-۶۰ میلیون تن
۲۰۰۹	زلزله آکویلا، ایتالیا	تقریبا ۱/۵-۳ میلیون تن
۲۰۰۸	زلزله سیچوان، چین	۲۰ میلیون تن
۲۰۰۵	تند باد کاترینا، آمریکا	۷۶ میلیون متر مکعب
۲۰۰۴	تند باد فرانسه و جئانه، فلوریدا، آمریکا	۳ میلیون متر مکعب
۲۰۰۴	سونامی اقیانوس هند	۱۰ میلیون متر مکعب (فقط اندونزی)
۲۰۰۴	تند باد چارلی، آمریکا	۲ میلیون متر مکعب
۱۹۹۹	زلزله مرمرا، ترکیه	۱۳ میلیون تن
۱۹۹۵	زلزله بزرگ هانشین-آواجی، کوبه ژاپن	۱۵ میلیون تن

اکثر مطالعات انجام شده بر پایه ژاپن می‌باشند. هیراما و همکارانش حجم خرابی‌ها به وزن هر خانه و یا در سطح هر واحد را تخمین زدند که بر اساس این تخمین‌ها می‌توان میزان خرابی‌ها را نیز تخمین زد. مقادیر پسماند تولیدی بین ۳۰ تا ۱۱۳ تن به ازای هر خانه برای انواع خانه‌ها و ساختمان‌ها و سطوح آسیب دیده متغیر است.

پسماندهای ساختمانی در هر نوع حادثه‌ای ایجاد می‌شوند و معمولا درصد زیادی از کل پسماندها را ایجاد می کنند. در یک حادثه چهار مرحله وجود دارد که در آن پسماند های ساخت و تخریب تولید می شوند (۷):

۱. وقوع حادثه: پسماندهای تولید شده توسط ساختمان‌ها و زیرساخت‌های تخریب شده توسط خود حادثه.
۲. جستجو و نجات: تخریب بخشی از ساختمان‌ها به منظور بهبود دسترسی و ایمنی برای پاسخ‌های اضطراری.
۳. انهدام و عملیات انفجار: تخریب ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها برای تسهیل بازسازی.
۴. ساخت و سازهای موقت و یا دایمی پناهگاه ها: تولید پسماندها در طی ساخت این پناهگاه‌ها.

بطور کلی برای محاسبه تخمینی میزان پسماندهای ساخت و تخریب که بخش عمده پسماندهای حاصل از بلایای طبیعی را به خود اختصاص می‌دهند، می‌توان به روش زیر عمل نمود (۱۰):

۱- تخمین مقدار پسماندهای ساختمانی (Construction)

$$CW = (NC + OC) * V * D \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:

CW = مقدار پسماندهای ساختمانی (تن)

NC = مساحت بنای جدید (متر مربع)

OC = مساحت بنای افزوده شده یا اضافی (مترمربع)

V = حجم پسماند ساختمانی تولیدشده به ازای هر ۱۰۰ مترمربع مساحت، و

D = دانسیته پسماند تولیدی (تن بر مترمکعب)

۲- تخمین مقدار پسماندهای تخریب (Demolition)

رابطه (۲) $DW = ND * ANF * AS * V * D$

که در آن:

DW = مقدار پسماندهای تخریب (تن)

ND = تعداد بناهای تخریب شده (تعداد)

ANF = متوسط تعداد طبقات در هر ساختمان تخریب شده (تعداد)

AS = مساحت بنای تخریب شده (متر مربع)

V = حجم پسماند تخریب تولیدشده به ازای هر ۱۰۰ مترمربع مساحت ساختمان تخریب شده، و

D = دانسیته پسماند تولیدی (تن بر مترمکعب)

در روابط بالا مهم‌ترین عاملی که در تعیین میزان پسماندها موثر بوده و در کشورهای مختلف و یا نواحی مختلف از یک کشور می‌تواند متغیر باشد، مقدار V است. این متغیر باید برای هر ناحیه/کشور بطور مجزا و از طریق مطالعات میدانی یا تجارب گذشته مورد بررسی و تدقیق قرار گیرد.

۳- مراحل برنامه‌ریزی و مدیریت پسماندها پس از وقوع حادثه

در میان کشورهای توسعه‌یافته، اولین بار، برنامه‌ریزی برای خرابی‌ها، آوارها و پسماندهای حوادث بر اساس تجارب قبلی رویدادهای اتفاق افتاده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا در دستور کار قرار گرفت. علاوه بر برنامه در سال ۲۰۰۳، USEPA[۱] ابزار اطلاعات مبتنی بر وب را راه‌اندازی کرد که به برنامه‌ریزی کمک می‌کند. در این پایگاه، اطلاعات فنی در مورد حمل و نقل ایمن پسماندها، گزینه‌های دفع و تسهیلات قوانین و مقررات محیط‌زیستی و غیره آمده است (۱ و ۹).

در کشورهای در حال توسعه آسیب‌پذیر، در سال ۲۰۰۵ چارچوب هیوگو برای کاهش خطر بلایا ارایه گردید. برنامه‌ریزی برای احیای پس از سوانح، از جمله مدیریت پسماندهای بلایای طبیعی، بخشی از استراتژی کاهش خطر بلایای طبیعی است. با این حال ضعف نیروی متخصص در کشورهای در حال توسعه عامل محدود کننده‌ای برای دستیابی به هدف کاهش خطر بلایا به شمار می‌رود. در نتیجه مدیریت پسماندها بلایا در کشورهای در حال توسعه به ندرت وجود دارد. در بسیاری از موارد (پیش از وقوع حوادث) برنامه‌ریزی مدیریت پسماندهای حادثه وجود ندارد، که نشانگر این می‌باشد که مدیریت پسماندهای حادثه در اولویت پایین‌تری قرار دارد (۱).

در هر حال انجام برنامه مدیریت پسماندها در حوادث مزایای متعددی به همراه دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از (۷):

- تسهیل بخشی عملیات امداد و نجات
- کاهش خطرات محیط‌زیستی
- پرهیز از دفن غیرلزوم پسماندها و کاهش ظرفیت مکان‌های دفن
- فراهم آوردن مواد و مصالح برای بازسازی و احیای منطقه
- درآمدزایی از طریق بازیافت و استفاده مجدد از پسماندها
- استفاده از مشارکت مردمی در بازسازی و بازیافت پسماندها
- کاهش هزینه‌های غیرضرور حمل مجدد پسماندها

در ادامه مراحل برنامه‌ریزی و مدیریت پسماندها پس از وقوع حادثه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- فازهای چهارگانه مدیریت پسماندها در شرایط بحران

به هنگام وقوع حادثه و پس از آن مراحلی وجود دارد که از نظر اهمیت و شیوه مدیریت پسماند دارای ویژگی‌های متفاوتی خواهند بود. بر اساس دستورالعمل UNEP[۲] این مراحل به صورت زیر قابل تفکیک می‌باشند (۱۱):

- ✓ فاز ۱: مرحله اضطرار که دربرگیرنده اقدامات حیاتی پس از وقوع حادثه است. در برگیرنده موضوعاتی از

۱- United States Environmental Protection Agency

۲- United Nation Environmental Planning

مدیریت پسماندها است که در نجات دادن مردم و عملیات امدادی فوری موثر است. این مرحله بطور کلی چند ساعت پس از رویداد حادثه شروع می‌شود و بین چند روز تا دو هفته طول می‌کشد (۸). در طی این مرحله، امکان کمی برای بازیافت وجود دارد (۱).

- ✓ فاز ۲: مرحله بازیابی مقدماتی. در این مرحله، مدیریت پسماند همگام با اقدامات احیا و بازیابی شرایط بحران، اقدامات متناسب را در دستور کار قرار می‌دهد از جمله: تعیین محل دفع انواع پسماندها، مسیرهای مناسب برای جمع‌آوری پسماندها، اقدامات مربوط به بازیافت، استفاده مجدد و حمل پسماندها.
- ✓ فاز ۳: مرحله بازیابی نهایی (بازسازی). در این مرحله اجرای اقدامات مدیریت پسماند فاز ۲ به همراه پایش و ارزیابی این اقدامات در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر آن مدیریت بقایای پسماندهای تولید شده و استفاده مجدد از آن‌ها برای ساخت و ساز در دستور کار قرار دارد.
- ✓ فاز ۴: برنامه‌ریزی دوره احتیاط؛ که عمدتا اقدامات پیشگیرانه پیش از وقوع حادثه و همچنین اقدامات مربوط به تکرار حادثه در زمان بازیابی منطقه (نظیر پس لرزه‌ها) را شامل می‌شود.

شایان ذکر است فازها مجزا از هم نیستند و مدت زمان هر مرحله برای حوادث مختلف، متفاوت است. با توجه به فازهای چهارگانه فوق، اقدامات مورد نیاز در سه فاز اول که مربوط به شرایط وقوع حادثه و پس از آن می‌باشد، ذیلا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱-۱- اقدامات فاز ۱: مرحله اضطرار

الف- اقدامات فوری (۷۲-۰ ساعته): این مرحله شامل رتبه‌بندی خطر و اولویت‌بندی اقداماتی است که در برگیرنده شناخت پسماندها در منطقه (از نظر کمی و کیفی) و به بیان دیگر درک صحیح موقعیت و اقدامات لازم برای مدیریت آنها است. مهم‌ترین وظایفی که در این مقطع قابل انجام می‌باشند، عبارتند از(۱۱):

- تعیین محدوده پسماندها: گردآوری اطلاعات مربوط به محدوده جغرافیایی تولید پسماندها.
- تعیین مشخصات پسماندها: آنالیز بصری پسماندها (از طریق بازدید) و تعیین ترکیب تقریبی آن‌ها.
- تهیه نقشه پسماندها: استفاده از اطلاعات فوق برای تهیه نقشه قابل بروز رسانی پراکنش پسماندها (ترجیحا در محیط GIS).
- ارزیابی پسماندها: پسماندها کجا هستند؟ و آیا برای مردم/محیط خطرزا می‌باشند؟ و وضعیت در معرض قرارگیری آنها چگونه است؟ (با استفاده از اطلاعات مراحل قبل).
- اولویت‌بندی اقدامات از نظر: در دسترس بودن و کافی بودن مکان‌های دفن، پاکسازی خیابان‌های اصلی، تجهیزات موجود و قابل استفاده، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی تحت تاثیر حادثه، و نظایر آن.

جدول ذیل اولویت‌های کلی مدیریت پسماندها پس از وقوع حادثه را نشان می‌دهد.

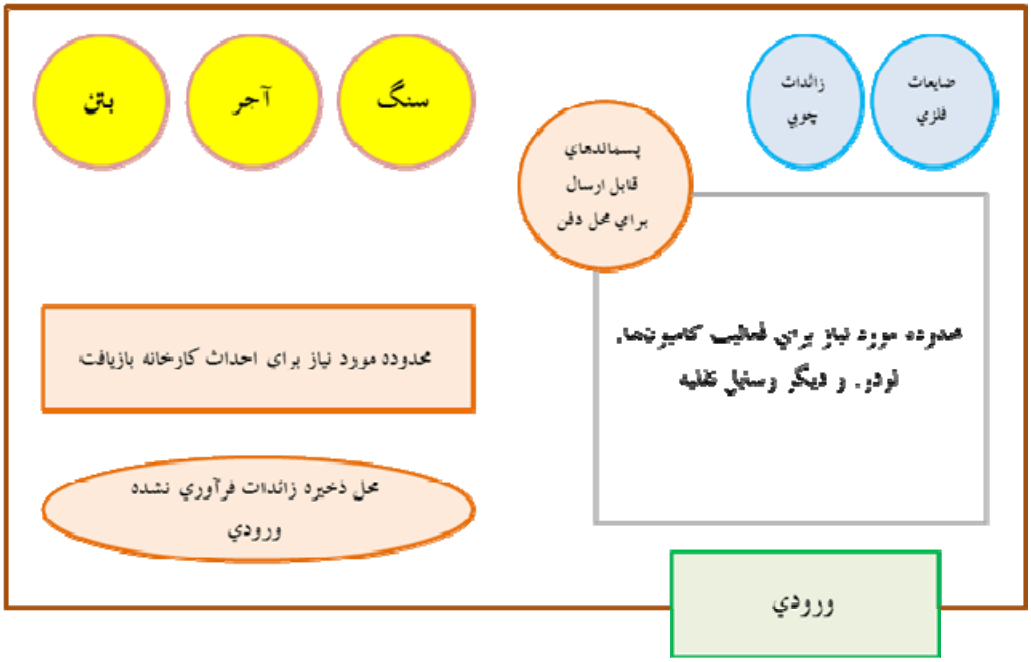
جدول ۳- اولویت‌های کلی مدیریت پسماندها پس از وقوع حادثه (۷)

شماره اولویت	موضوع
اولویت ۱	انتقال پسماندهای ساختمانی در مسیر عملیات جستجو و نجات، فوریت‌های پزشکی و اضطراری
اولویت ۲	انتقال پسماندهای ساختمانهای تخریب‌شده‌ای که سبب تهدید فوری ایمنی مردم می‌گردند نظیر سازه‌های ناپایدار واقع در مناطق مسکونی
اولویت ۳	انتقال پسماندهای ساختمانی دپو شده بدون نظارت که معمولا همراه با سایر پسماندها تلنبار می‌گردند
اولویت ۴	انتقال پسماندهای ساختمانهای تخریب‌شده مکانهای عمومی و خصوصی با هدف بازسازی این مکان‌ها

ب- اقدامات پس از ۷۲ ساعت: اقدامات کوتاه مدت

پس از گردآوری اطلاعات لازم در مرحله قبل (الف)، اقدامات کوتاه‌مدت (چند روزه) مطابق ذیل باید انجام شود (۱۱):

- جمع‌آوری و انتقال پسماندهای خانگی اطراف مراکز تجمع جمعیت در نواحی حادثه‌زده: با توجه به برآوردهای کلی میزان تولید و توانایی لجستیکی مسئولین محلی در انتقال پسماندها.
- مدیریت پسماندها در کمپ‌های اسکان موقت/دایم.
- تعیین مالکیت پسماندها به منظور جلوگیری از منازعات آتی.
- جانمایی محل دپوی موقت پسماندها برای مدیریت آتی آن‌ها (نمونه‌ای از جانمایی در شکل زیر آمده است)
- تکمیل چک‌لیست رنگ‌بندی شده اقدامات و اولویت‌بندی‌ها با موضوعاتی از قبیل: ارزیابی ضرورت‌های مدیریت پسماند در فاز اضطرار، و رتبه‌بندی خطر پسماندها. (نمونه چک‌لیست‌ها در مرجع (۱۱) آمده است)



شکل ۲- نمونه‌ای از جانمایی محل دپوی موقت پسماندها (۶)

۳-۱-۲- اقدامات فاز ۲: مرحله بازیابی مقدماتی

در این مرحله اقدامات اجرایی شکل گسترده‌تری به خود گرفته و از نظر ابعاد و مراحل مدیریتی پسماندها، شمول بیشتری را خواهند داشت. البته تکمیل ارزیابی‌های اولیه نیز جزیی از این مرحله به شمار می‌آید. مرحله بازیابی و بهبود، در واقع مرحله‌ای است که در آن اکثریت پسماندهای تولید شده توسط حادثه مدیریت می‌شود. در بحران‌های گذشته این فاز تا سال‌ها به طول می‌انجامید. فاز بهبودی می تواند تحت تاثیر تعدادی از عوامل خارج از کنترل مدیریت پسماند از جمله تحقیقات پلیس/ پزشکی قانونی باشد که باعث محدود شدن دسترسی مردم و پیمانکاران جمع آوری پسماند می‌شود و کارها آهسته صورت می‌گیرد. عمده اقدامات این مرحله عبارتند از (۱۱):

- ✓ ارزیابی: ارزیابی دقیق‌تر پسماندها از نظر میزان تولید، پراکنش، پسماند و غیره، مکان‌های پردازش و دفع موقت پسماندها در میان مدت، تاسیسات مورد نیاز مدیریت پسماندها در نزدیکی محل حادثه، و نظایر آن
- ✓ عملیات: ایجاد محل‌های ذخیره موقت، راه‌اندازی سیستم جمع‌آوری و حمل انواع پسماندها، تهیه دستورالعمل‌های اولیه برای مسئولین محلی.
- ✓ برنامه‌ریزی: برقراری ارتباط با جوامع متاثر از حادثه به‌منظور اطلاع‌رسانی در مورد خطرات، بازیافت و استفاده مجدد، و طرح‌های جمع‌آوری؛ تهیه طرح مدیریت پسماندهای پزشکی، تدوین استراتژی خاتمه مدیریت پسماند در انتهای عملیات.
- ✓ گزارش‌دهی: برقراری ارتباط با نهادی محلی و ملی/بین‌المللی ذیربط، تنظیم نتایج، آمار و ارقام، توصیه‌ها و اقدامات کاهش اثرات.

۳-۱-۳- اقدامات فاز ۳: مرحله بازیابی نهایی (بازسازی)

یک فرایند بسیار طولانی تر و سخت می باشد و به عنوان آخرین مرحله از مدیریت می باشد. مدت زمان فاز بازسازی می‌تواند تا ۱۰ سال طول بکشد (۱). برنامه‌های اقدام در این فاز عبارتند از(۱۱):

- o تهیه و اجرای برنامه برقراری ارتباط با ذینفعان: به منظور اطمینان از اجرای صحیح برنامه‌ها و نیازهای مردم.
- o جایگزینی و تعمیر: برای واحدهای بازیافت، تجهیزات، و ماشین‌آلات.
- o آموزش اپراتورهای تجهیزات.
- o مشاوره فنی: به مسئولین اجرایی و نهادهای دیگر.
- o برنامه و استراتژی خاتمه برنامه.

۴-۱- استفاده مجدد، بازیافت و دفع پسماندها

بسیاری از اجزای پسماندهای بلایای طبیعی را می‌توان بازیافت نمود. مواد و مصالح بازیافت شده را می‌توان در تعدادی از برنامه‌های کاربردی بعد از بلایای طبیعی از جمله خاک پوششی محل دفن، سنگدانه‌ها برای بتن و مواد گیاهی برای تولید کمپوست بکار برد. در جدول (۴) نمونه‌هایی از نحوه استفاده مجدد و بازیافت از پسماندهای ساختمانی ارایه گردیده است

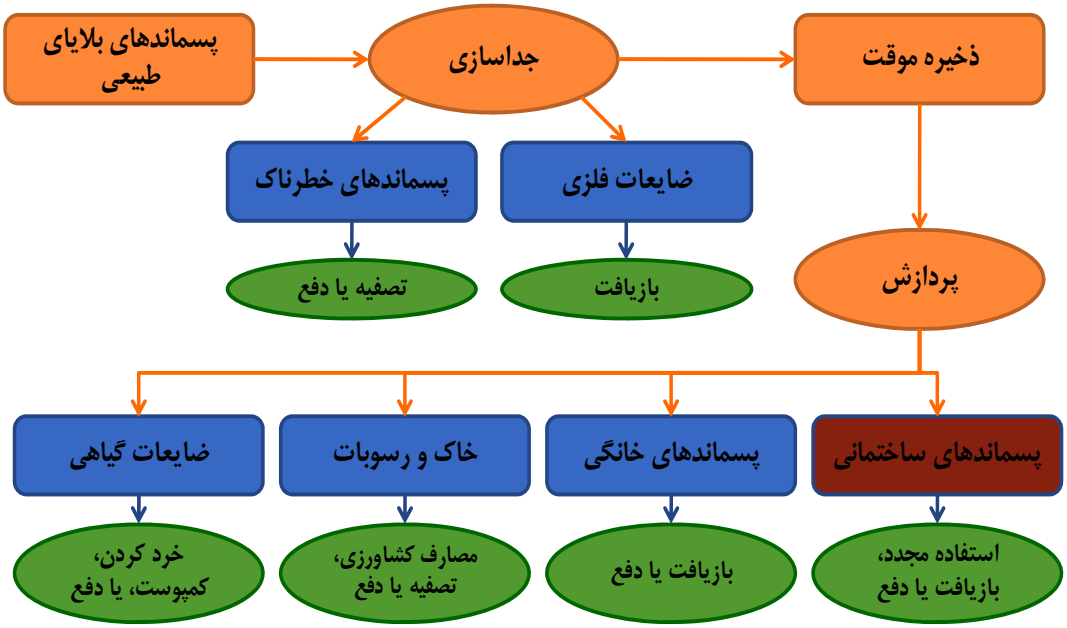
جدول۴- نمونه‌هایی از نحوه استفاده مجدد و بازیافت از پسماندهای ساختمانی (۷)

نوع پسماند	استفاده مجدد	بازیافت
آجر/بلوک	قابل استفاده در ساخت بناها یا فروش، پس از پاکسازی (در صورت داشتن کیفیت قابل قبول). وجود ملات و یا چسب‌ها ممکن است در عملیات پاکسازی خلل ایجاد نمایند.	بسته به نوع آجر متفاوت است. آجرها پس از خرد کردن قابل استفاده به عنوان پرکننده بتن و زیراساس جاده‌ها می‌باشند.
بتن	بتن تخریب شده قابل استفاده مجدد نیست.	بتن خرد شده را می‌توان به عنوان پرکننده بتن و زیراساس جاده‌ها و فونداسیون بناها استفاده نمود.
آسفالت	آسفالت بدون پردازش قابل استفاده مجدد نیست.	در کشورهای توسعه یافته آسفالت برای پوشش جاده‌های معمولی با استفاده از فن‌آوری‌های نوین بازیافت می‌گردد.
پلاستربورد (قطعات پیش‌ساخته)	قابل استفاده مجدد نیست.	۹۰ درصد وزنی این ضایعات را گچ تشکیل می‌دهد که پس از بازیابی قابل استفاده در تولید سیمان، بهبود خاک کشاورزی، و افزودنی کودهای شیمیایی و کمپوست، می‌باشد.
نوع پسماند	استفاده مجدد	بازیافت
کاشی	فقط در شرایط خاص و عدم تخریب قابل استفاده مجدد است.	کاشی‌های خرد شده قابلیت استفاده به عنوان مواد پرکننده را دارند
ورقه‌های آهنی	فقط در شرایط خاص و عدم پوسیدگی قابل استفاده مجدد است.	ارسال این ضایعات به کارخانجات ذوب آهن درآمد زیادی در برخواهد داشت.
پسماندهای خطرناک	این ضایعات به فوریت و در مبدا باید از سایر پسماندها جداسازی و دفع شوند: پسماندهای پزشکی، کودها و سموم کشاورزی، ضایعات نفتی، آزبست و ...	بازیافت به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. صرفا گروه تعلیم‌دیده و مجرب امکان بازیافت برخی از این پسماندها را خواهند داشت.

همچنین دفع پسماند به موقع و با برنامه‌ریزی بلند مدت می‌تواند سبب حفاظت از سلامت و ایمنی گردد (۳). به هر صورت هدف از استفاده مجدد، بازیافت و دفع پسماندها را می‌توان بطور خلاصه بصورت زیر بیان نمود:

- ✓ استفاده مجدد: استفاده مستقیم یا فروش مصالح ساختمانی قابل استفاده.
- ✓ بازیافت: استفاده از فن‌آوری‌های محلی موجود برای تبدیل پسماندها به شکل قابل استفاده دیگر .(با هدف صرفه‌جویی در منابع و درآمدزایی)
- ✓ دفع: دفن زمینی پسماندهای غیر قابل بازیافت/استفاده مجدد در محل‌های مناسب و از پیش تعیین شده (به عنوان آخرین گزینه)

در شکل (۳) ارتباط مراحل مدیریتی فوق در خصوص مدیریت پسماندهای بلایای طبیعی ارایه گردیده است.



شکل ۳- فلوچارت ساده بازیافت، استفاده مجدد و دفع پسماندهای بلایای طبیعی (۴)

همان‌گونه که در شکل فوق ملاحظه می‌گردد یکی از مهم‌ترین مراحل، پردازش پسماندها است و همان‌گونه که پیشتر بیان گردید، مهم‌ترین پسماندهای حادثه نیز پسماندهای ساختمانی (تخریب و ساخت) می‌باشند. از این‌رو در ادامه نحوه پردازش این‌گونه پسماندها مورد بررسی بیشتر قرار خواهد گرفت.

۴-۲- پردازش و دسته‌بندی پسماندهای ساخت و تخریب

مهم ترین اقدامات پردازش و دسته‌بندی پسماندهای ساخت و تخریب عبارتند از جداسازی، غربال اولیه و خردکردن. فرآیندهای متداول برای اینگونه عملیات ذیلا مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴-۳-۲- جداسازی دستی

پیش از اجرای عملیات دسته‌بندی پسماندهای ساختمانی باید اجزای غیرقابل بازیافت نظیر اثاثیه منزل، پلاستیک، الوار و غیره از پسماندها جدا گردد. این عمل معمولا به روش دستی انجام می‌گیرد. در روش دستی، با استفاده از نیروی انسانی مواد غیرقابل بازیافت از کل پسماندها جدا می‌گردند و بتن و آجرها برای پردازش بعدی باقی خواهند ماند. استفاده از نوار نقاله بدین منظور مرسوم است.

۴-۳-۳- جداسازی مکانیکی و غربال اولیه

پس از آماده‌سازی پسماندهای ساختمانی، این پسماندها وارد تجهیزات جداسازی مکانیکی می‌گردند. جداسازی مکانیکی مقدماتی که به دو روش قابل اجرا است: ایجاد یک واحد پردازش ثابت، استفاده از تجهیزات قابل‌حمل. واحد غربال اولیه نیز می‌تواند قابل حمل باشد، در شرایطی که حجم زیادی از پسماندها نیاز به پردازش داشته باشند، برای جداسازی خاک ریزدانه از مصالح درشت (قبل از خرد کردن) از این‌گونه واحدها می‌توان بهره گرفت (شکل (۴)).

شکل ۴- نمونه‌ای از غربال اولیه قابل حمل مورد استفاده در پاکستان (۷)

۴-۳-۴- خردکردن پسماندها (سنگ‌شکن)

هدف از این عملیات خرد کردن بتن، آجر، گرانیت، گچ، بلوک، شیشه و آسفالت است. دو نوع عمده سنگ‌شکن‌های متداول عبارتند از (۴):

۱. سنگ‌شکن قابل‌حمل محلی (ظرفیت ۴۰۰-۴۵ تن در روز). سنگ‌شکن کوچک قابل‌حمل بوسیله خودروهای ۴*۴ معمول بوده و معمولا مجهز به کنترل از راه دور می‌باشد. خروجی این دستگاه‌ها قابل استفاده برای بتن کم‌مقاومت یا زیراساس جاده‌ها نمی‌باشد و صرفا به عنوان اصلاح راه‌های فرعی یا پرکننده‌های عمومی قابل استفاده‌اند (شکل (۵)). اما سنگ‌شکن متوسط قابل حمل معمولا بطور مستقیم به نوار نقاله مجهزند و در آن سایزبندی خروجی‌ها میسر می‌باشد. در این سنگ‌شکن‌ها ممکن است استفاده از مگنت برای جداسازی فلزات آهنی ضرورت یابد.

۲. واحدهای سنگ‌شکن بزرگ‌مقیاس ثابت (ظرفیت حدود ۵۰۰ تن در روز و بیشتر): این سنگ‌شکن معمولا در شرایطی که بیش از ۱ میلیون تن نخاله ساختمانی وجود داشته باشد، استفاده می‌گردد. در این واحدها، سیستم غربال خروجی‌ها نیز تعبیه شده است و بطور کلی در حجم زیاد پسماندها، به صرفه‌تر می‌باشند.

شکل ۵- نمونه‌ای از خردکن کوچک قابل حمل مورد استفاده در پاکستان (زلزله سال ۲۰۰۵) (۷)

بحث و نتیجه گیری

با توجه به مطالب یاد شده و توجه بـه ایـن نکتـه کـه ایـران کشـوری در زمـره کشـورهای دارای خطـر بـالای آسیب‌پذیری از بلایای طبیعی بویژه زلزله قرار دارد، و همچنین با توجه به تجارب تلخی که در گذشته در بخش‌هـای مختلـف کشـور در همـین زمینـه شـاهد آن بـوده‌ایـم (از جملـه زمین‌لرزه‌های بم، منجیل، ورزقان و غیره)، نیاز به آمـاده‌سـازی پیش از وقوع حادثه در همه زمینه‌ها احساس می‌شود. یکـی از مهم‌ترین این موارد، مدیریت پسـماندها پـس از وقـوع حادثـه است و آنچنان‌کـه بیـان گردیـد ضـرورت تـدوین چـارچوب و دستورالعملی مبتنی بر اصول ذکر شده در ایـن مقالـه بـیش از پیش احساس می‌شود. از جملـه اقـدامات زیرسـاختی مهـم در این زمینه افزایش توان لجستیکی شهرها و مناطقی اسـت کـه دارای پتانسیل بیشـتری بـرای در معـرض قرارگـرفتن بلایـای طبیعی می‌باشند. همچنین تـدوین برنامـه اقـدام اضـطراری و سایر فازهای پس از آن که حاوی وظایف هـر یـک از نهادهـای منطقـه‌ای و محلـی در شـرایط وقـوع حادثـه و همچنـین چک‌لیست‌های اقـدامات و نحـوه مـدیریت آن باشـد، ضـروری است. علاوه بر آن، باید به این نکته نیز توجه شود کـه آوارهـا علیرغم خسارات انکارناپذیر و بعضا جبران‌ناپذیری که بر منطقه حادثه دیده وارد می‌آورند، خود به عنوان فرصتی برای بازسازی و استفاده در عملیات عمرانی تلقی می‌گردنـد. بنـابراین از ایـن نظر نیز توجه به زیرساخت‌های موجود و تقویت شهرداری‌هـا و دهیاری‌های کشور ضروری می‌نماید.

منابع

۱. Brown, C., Milke, M., Seville, E., ۲۰۱۱. Disaster waste management: A Review Article, Waste Management, Vol.۳۱, PP.۱۰۸۵–۱۰۹۸.

۲. See information in: http://reliefweb.int/map/world/world-disaster-impacts-۲۰۰۰-۲۰۱۲

۳. Rafee, N., Karbassi, A.R., Nouri, J., Safari, E., and Mehrdadi, M., ۲۰۰۸. Strategic Management of Municipal Debris aftermath of an earthquake, Int. J. Environ. Res, Vol.۲(۲), pp.۲۰۵-۲۱٤

٤. Lauritzen, E.K. ۱۹۹۸. Emergency construction waste management, Safety Science, Vol.۳۰, pp.٤٥-٥۳.

٥. Watson, J.T., Gayer, M,.Maire, A., ۲۰۰۷. Epidemics after Natural Disasters. Emerging Infectious Diseases, vol.۱۳, No.۱.

٦. Jonathan Rouse, Bob Reed, ۲۰۱۱. Solid Waste Management in Emergencies, Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies, WHO by WEDC, Switzerland. , see information in: www.who.int/water_sanitation_health .

۷. Joseph Ashmore, Maoya Bassiouni, Martin Bjerregard, ۲۰۰٤. Planning Centralised Building Waste Management Programmes in Response to Large Disasters. SPHERE Handbook , Shelter and S ettlement Standard ٦, Guidance note ٥.

۸. Srinivas H., ۲۰۱۱. Disaster Waste Management Guidelines, an Introduction, Kwansei Gakuin University, Japan, see information

۹. From Disaster to Recovery: Waste Management Planning and Response, United States Environmental Protection Agency, see information in: http://www.epa.gov/sciencematters/september۲۰۱۱/wastemanagement.htm

۱۰. B. Kourmpanis, A. Papadopoulos, K. Moustakas, M. Stylianou, K.J. Haralambous, M. Loizidou, ۲۰۰۸. Preliminary study for the management of construction and demolition waste, Waste Management & Research,

Vol.۲٦, pp.۲٦۷–۲۷٥.
۱۱. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Emergency Preparedness Section, ۲۰۱۱. Disaster Waste Management Guidelines, UNEP/OCHA Environment Unit, Switzerland.

Steps and measures of construction and demolition waste management in natural disasters

Nima Heidarzadeh[۳] *

Alireza Ramezani Khoojin[۴]

Abstract

Disasters have caused ۱,۲ million fatalities and ۱,۷ trillion damages (USD) in the world during ۲۰۰۰-۲۰۱۲. Depending on the nature and severity, disasters can generate large volumes of debris and waste. Values of between ۳۰ and ۱۱۳ t/household can be used to estimate the amount of debris of a damaged house and building. The waste can overwhelm existing solid waste management facilities and also impact on other emergency response and recovery activities. Thus, management of construction and demolition (C&D) wastes is one of the most important action should be done. Disaster waste management actions include three major phases as follow:

۱) Emergency phase, ۲) preliminary recovery phase, and ۳) final recovery phase. In this article, technical options of disaster waste management have been studied such as: estimation methods of C&D waste amounts, planning and management need in emergency, temporary storage in transfer stations, disposal, reuse and recycling of the wastes, prioritization of actions. Studies show that many types of C&D waste, such as bricks, blocks, concrete, asphalt, plasterboard, tiles, and iron sheets, can be recycled or reused for different application including: landfill waste cover, concrete aggregate, building and road base material, production of cement, soil drainage improvement, ingredient/additive in the production of fertilizer and compost.

Keywords: Construction and Demolition (C&D) Waste Management, Natural Disasters, Recycling and Reuse.

.

۱- Assistant Professor of Civil Engineering Group, Department of Technical and Engineering, University of Kharazmi, Tehran, Iran.(Corresponding Author)

٤- Msc Student of Remote Sensing and GIS, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.