

کاربرد GIS در مدیریت آواربرداری پس از بحرانها و سوانح

(کاربرد موردی برآورد میزان آوار زلزله در منطقه ۶)

دکتر علی عسگری

عضو هیات علمی گروه مدیریت بحران، دانشگاه یورک، تورنتو، کانادا

دکتر علی گلی

عضو هیات علمی دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز

مهندس فاطمه السادات افصح حسینی

دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

چکیده:

سوانح طبیعی و غیر طبیعی به ساختمانها و عوارض موجود در محیط آسیب رسانده و آنها را تبدیل به مواد غیر قابل استفاده و یا آوار می نماید . بازسازی و بازگرداندن جوامع آسیب دیده به حالت عادی نیازمند پاکسازی مناطق آسیب دیده از آوارهای مختلف است که به نوبه خود فعالیتی پیچیده، حساس و چند بعدی می باشد . تعیین میزان آوارهای ایجاد شده در مکانها و مناطق مختلف آسیب دیده و نحوه توزیع آنها در فضای منظور تخصیص منابع انسانی و ماشین آلات برای تخلیه، شناسایی مسیرهای مناسب تخلیه آوارها و همچنین مکان یابی محل های انباشت آوارها از جمله فعالیتهایی است که در این راستا باید انجام شوند. ماهیت مکانی اغلب این فعالیتها بویژه در سوانح بزرگ زمینه مناسی برای کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می باشد . این مقاله برخی جنبه های کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در این زمینه را با استفاده از کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در برآورد مقدار آوارهای تولید شده در اثریک زلزله احتمالی در منطقه ۶ تهران تشریح می نماید .

کلید واژه ها :

زلزله، مدیریت بحران، مدیریت آوار برداری، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، تهران

مقدمه

مطالعات اندکی پیرامون تعیین و برآورد میزان آوارهای ایجاد شده در اثر سوانح طبیعی وارز جمله زلزله در جهان صورت گرفته است. اطلاعات و تجربیات موجود به خوبی نشان می دهند که جمع آوری آوارها و تخلیه آنها از مناطق آسیب دیده بخش بسیار مهم و در عین حال حساس، هزینه بر زمان بر مرحله آماده سازی برای شروع عملیات بازسازی پس از بحرانها می باشد. در برخی موارد برداشت و تخلیه کامل آوارهای پس از سوانح بزرگ سالها بطول می انجامد. سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می توانند کمک زیادی به برنامه ریزان و تصمیم گیران در این زمینه بنمایند تا مدیریت آواربرداری با سرعت و هزینه پایین تر و همچنین پیامدهای زیست محیطی کمتری به انجام برسد. این سیستمهای توافق می توانند مرا در برآورد حجم و وزن و ترکیب آوارهای ایجاد شده در اثر سوانح بزرگ طبیعی مانند سیل و طوفان و زلزله و غیر طبیعی مانند انفجارات و تصادفات، نحوه توزیع آنها در محدوده مورد نظر، تعداد وسایل و امکانات مورد نیاز برای آواربرداری، شناسایی مکانهای مناسب برای تخلیه موقع دائمی آوارها، تعیین مسیرهای حمل و نقل وسایل آواربرداری و مانند آنها کمک نمایند.

با توجه به اینکه از یک طرف ایجاد بانکهای اطلاعات مربوط به سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در حال گسترش می باشند و مدلها برآورد خسارات ناشی از انواع مختلف سوانح طی سالهای اخیر توسعه قابل توجهی داشته اند اکنون با استفاده از این بانکها و نتایج این مدلها می توان محاسبات و تحلیل های مربوط به مدیریت و برنامه ریزی آواربرداری را در مقیاسهای گسترده انجام داد و فرآیند مدیریت بحران بخصوص پس از سوانح را آسان تر و کامل تر نمود.

هدف این مقاله تشریح سوابق و جزئیات چگونگی کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آواربرداری پس از سوانح به این هدف ادامه این مقاله به صورت زیر تنظیم شده است: قسمت دوم به تشریح جایگاه مدیریت آواربرداری در مدیریت بحران می پردازد، بخش سوم مسائل و روشهای مورد استفاده در مدیریت آواربرداری پس از سوانح را تشریح می کند، بخش چهارم کاربردهای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آواربرداری را توضیح می دهد، بخش پنجم به تشریح نمونه ای از کاربرد این روشهای در منطقه شش تهران می پردازد، بالاخره قسمت ششم به جمع بندی و نتیجه گیری این مقاله اختصاص داده شده است.

مدیریت آواربرداری پس از بحرانها و سوانح

منبع اصلی آوارهای پس از بحرانهای مانند زلزله ساختمانهای ویران شده هستند. آوارهای هم شامل محتويات ساختمانها و هم عناصر سازه ای و غیر سازه ای می باشند. ساختمانها ممکن است کاملا تخریب نشوند ولی به دلیل اینکه هزینه تعمیرات آنها ممکن است بسیار بالاتر از توسازی آنها باشد کاملا تخریب می شوند. حتی ساختمانهای هم که بطور کامل تخریب نمی شوند می توانند منشاء ایجاد آوار و نخاله باشند. اگر خسارات وارد به ساختمانها کم باشد آنگاه حجم بیشتر آوارها و نخاله ها مربوط به اشیاء درون ساختمانها و عناصر غیر سازه ای است.

- بطور کلی آوارهای ناشی از سوانح را می توان به سه دسته اصلی تقسیم نمود:
- آوارهایی که به طور مستقیم به وسیله سانحه به وجود می آیند مانند: قلوه سنگها، رسوبات و غیره .
- آوارهای ناشی از مواد به کار رفته در ساختمانها .
- آوارهایی که به وسیله الگوهای غیر طبیعی زندگی ایجاد می شوند، مانند: مصرف روز افزون شیشه های آب و قوطیهای کنسرو (جدول شماره ۱) [۸].

انواع اصلی آوارهای ناشی از سوانح						
هزارهای و خاله های	آوارهایی که به وسیله سانحه به وجود می آیند	رسوبات	ساختهای انسانی	ساختهای مصنوعی	ساختهای طبیعی	ساختهای انسانی
زلزله	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱
برخان	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱
زلزله	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱
گرداب	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱
سلسل	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱
کلسی سیل	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱

جدول شماره ۱: انواع اصلی آوارهای ناشی از سوانح

به منظور تسهیل در برنامه ریزی و مدیریت آوارهای ناشی از سوانح بزرگ دسته بندی و گروه بندی آنها از اهمیت زیادی برخوردار است . ملاکها و معیارهای متعددی برای این کار وجود دارند، به عنوان مثال برخی از این متغیرها عبارتند از:

- میزان آواری که تولید می شود .
- نوع منطقه ای که حادثه در آن رخداده است، به عنوان مثال: شهری، روستایی، ساحلی و غیره .
- نوع کاربری غالب زمین در محل وقوع سانحه مانند: کشاورزی، مسکونی، صنعتی .
- نوع ضایعات موجود در منطقه خطر مانند: مواد خطرناک و یا غیر خطرناک، خاص .
- نوع زیر ساختهای موجود در منطقه آسیب دیده [۳] .
- نوع سانحه مانند: زلزله، سیل، آتشسوزی، تصادفات و غیره .
- برای مدیریت موثر فعالیتهای آواربرداری، مدیران و برنامه ریزان باید پاسخ مناسب برای سوالات زیر را داشته باشند:

 - چه میزان و چه نوع آواری در سوانح به طور بالقوه ایجاد می شوند؟
 - آوارها چگونه جمع آوری، انباشت، کاهش و دور ریخته شوند؟
 - چگونه عملیات آواربرداری سازماندهی، اجرا و مدیریت شوند؟
 - منابع کمکی در دسترس برای عملیات آواربرداری کدامند؟
 - چگونه باید منطقه آسیب دیده را به زیر مناطق برای واگذاری به شرکتهایی که اقدام به عملیات تخلیه آوارها می نمایند طبقه بندی نمود؟
 - چه قوانینی بر تخلیه و انباشت آوارها حاکم خواهد بود (قوانین محیطی، و حفاظتی تاریخی دولتی، منطقه ای، محلی و غیره)؟
 - هزینه های کل آواربرداری چقدر خواهد بود و چه مقدار از آن را می توان از منابع موجود تأمین نمود؟ [۸]

انواع مختلف ساختمنها انواع مختلفی از آوارهای را ایجاد می کنند . ساختمنهای با مصالح بنایی و غیر مقاوم در برابر سوانحی مانند زلزله معمولاً حجم زیادی از آجر و آهن و خشت و خاک و چوب از خود بر جای می گذارند . ساختمنهای با اسکلت فلزی نیز حجم زیادی از آجر و آهن و سایر مصالح ساختمنانی را از خود بر جای می گذارند و ساختمنهای با اسکلت بتنی نیز مقادیر زیادی از بتن و آجر را از خود بر جای می گذارند . این آوارها همچنین در برگیرنده مقادیر زیادی از مواد و مصالح بکار گرفته شده در ساختمنها مانند درب و پنجره، لوله، کاشی و غیره نیز می شود آوارهای ناشی از سوانح مختلف مانند سیل و زلزله، طوفان و گردباد و آتش سوزی

می باشد . مثلاً ممکن است نتوان از نتایج مربوط به زلزله بم در مورد میزان آوارهای ایجاد شده در مورد زلزله مشابه و یا با شدتهاي مختلف در شهری مانند تهران استفاده نمود . ب) تحلیل خطر : در این روش به تجزیه و تحلیل خطر در جامعه مورد نظر پرداخته می شود و در کنار مطالعات مختلفی که صورت می پذیرد به تجزیه و تحلیل و تعیین انواع و مقدار آوارهایی که به سیل سوانح مختلف ایجاد می شوند نیز پرداخته می شود . در این موارد مدیریت آوارها بحشی از فرآیند مدیریت برنامه ریزی بحرانها پیش از وقوع آنها می باشد . به عبارت دیگر این تجزیه و تحلیل جزئی حیاتی از برنامه مدیریت بحران است [۹] .

در شرایط بحرانی ، آوارها معمولاً ابتدا به مکانهای ابناشت موقت انتقال می یابند . این مکانهای ابناشت موقت فرستی را بوجود می آورند که امکان دسترسی به مکانهای تخریب شده فراهم شده و همچنین امکان بازیافت اولیه آواره ارافراهم می گردد . این کار تحدیودی از حجم آوارهایی که باید در مکانهای دائمی ابناشت شوند می کاهد . البته ترجیح برنامه ریزان و مدیران بحران در آن است که حتی الامکان این مکانهای موقت ایجاد نشوند زیرا هزینه های جابجایی را افزایش می دهند . ابناشت موقت و دائمی آوارها نیز نیاز به برنامه ریزی و مدیریت صحیح دارد . تعیین مکان مناسب برای انجام این کار شاید از مهمترین اقداماتی است که باید انجام شود . به عنوان مثال توصیه می شود که اگر مکانهای ابناشت موقت لازم است ایجاد گردد این مکانها حتی الامکان نزدیک به معابر اصلی ، فضاهای دارای امکان مانور برای وسایل سنگین و تا حد ممکن دورتر از محل های زندگی مردم آسیب دیده از سانحه باشند [۹] .

حمل و نقل آوارها یکی دیگر از امور مهم در مدیریت آوارها است . کار آبی حمل و نقل آوارها به زمان جابجایی بین فواصل و یا زمان صرف شده برای تخلیه ناجیه دارای آوار و مکانهای ابناشت و تخلیه آوارها بستگی دارد . تعیین شبکه حمل و نقل و مسیرهای مناسب برای انجام این کار برای سرعت بخشیدن به فرآیند آواربرداری و همچنین حفظ بهداشت و سلامتی کسانی که در محل حضور دارند بسیار اهمیت دارد . تقسیم بندی و اولویت بندی مکانهایی که باید آواربرداری شوند معمولاً با توجه به این شبکه حمل و نقل صورت می گیرد . مدیریت وسایل حمل و نقل آوارها در طول دوره آواربرداری جزء مهم دیگری از این قسمت می باشد . مردم و مسئولان مختلف باید در جریان شبکه حمل و نقل و مسیرها و وسایل جابجایی آوارها قرار داده شوند .

ابناشت دائمی آوارها نیاز چالشهای مهم مدیریت آوارها می باشد . آوارها دارای ترکیبات مختلفی از مواد هستند که برخی از آنها به دلیل داشتن مواد شیمیایی از نظر زیست محیطی مشکلات زیادی را ممکن است در آینده بوجود آورند . به همین دلیل ابناشت دائمی آوارها یک فرآیند پیچیده ، حساس و زمان برخواهد بود . به همین دلیل روشهای متعددی برای این منظور پیشنهاد شده اند . افزایش تعداد مکانهای تخلیه دائمی و تفکیک آوارها و استفاده از روشهای دیگر مانند سوراندن ، مخلوط کردن ، آسیاب کردن و خرد کردن از حمله این روشها است .

یکی از موضوعات مهم در مدیریت آواربرداری بازیافت مواد قابل بازیافت می باشد . مدیران باید مواد قابل بازیافت را شناسایی و مشخص نمایند . برخی از آوارها مانند مواد فلزی و پلاستیکی و حتی چوبی قابل بازیافت بوده و می توان آنها را پس از جمع آوری و پالایش مجدداً مورد استفاده قرار داد . این کار هم در کاهش حجم آوارها و هم در جلوگیری از بروز مسائل و مشکلات زیست محیطی کمک خواهد کرد . بنابراین بازیافت یکی از مواردی است که لازم است در همان زمانهای ابتدایی مدیریت آوارها مورد توجه قرار گیرد [۱۴] .

اکنون تهیه برنامه مدیریت آوارها به عنوان بخشی از برنامه های جامع مدیریت بحران پذیرفته شده است . برنامه مدیریت آوارها در مدیریت بحران در واقع برنامه ای است که قبل از اینکه بحرانها بوقوع پیشوندند به بررسی موارد فوق و شناسایی روشها و راههای مختلف در این زمینه می پردازد . این برنامه می تواند هنگام وقوع

به انواع مختلفی قابل طبقه بندی هستند .

مدیریت آواربرداری در بحرانها به طور کلی به جمع آوری ، بازیافت ، حمل و نقل و جابجایی و ابناشت و دفن آوارها مربوط می شود . متناسب با ترکیب و نوع آوارها و بعد سانحه عملیات متعددی در هر کدام از این موارد انجام می شوند . نحوه جمع آوری آوارها به عوامل متعددی مانند میزان آواری که تولید می شود ، نوع آوار ، فوریت تخلیه منطقه ، مشخصات محل ابناشت می باشد . این اطلاعات به مدیران آوارها ، و عوارض جغرافیایی گوناگون بستگی دارد . این اطلاعات به مدیران کمک می کنند تا ابزار و ادوات مورد نیاز و سایر نکاتی را که برای جمع آوری ، تفکیک و حمل آوارها باید رعایت شوند را مورد توجه قرار دهند . به عنوان مثال جمع آوری آوارها به انواع مختلفی از ابزارهای سبک و سنگین مانند بولدوزر ، لودر ، جرثقیل ، بیل مکانیکی و ابزارهای دستی مانند بیل ، کلنگ ، چکش ، فرغون و غیره و همچنین تجهیزات مختلف مانند انواع لباسها برای کارگران آواربرداری نیاز دارد که تدارک آنها مستلزم مدیریت و برنامه ریزی و برآورد درستی از میزان و نوع آوارهای ایجاد شده می باشد [۴] .

تعیین میزان و نوع آوار برای مدیریت آواربرداری امری حیاتی است ، از این رو روشها و تکنیکهای مختلفی برای برآورد و پیش بینی آوارهای ناشی از بلایای طبیعی و غیر طبیعی وجود دارند که می توانند مدیران بحران را در مدیریت بهتر آوارهای ناشی از سوانح کمک نمایند . در این قسمت به اختصار به برخی از این روشها اشاره می کنیم . پیش بینی آوارهای احتمالی می تواند قبل از وقوع سانحه انجام شود که هدف آن برآورد حجم آوارهایی است که در اثر سوانح مختلف بوجود می آیند . برنامه مدیریت آوارها برپایه فرضی که مرتبط با بعد و اندازه بحرانها می باشند استوار می شود .

پیش بینی درست میزان آوارها کاربردهای متعددی دارد . پیش بینی آوارها به عنوان نمونه می تواند برای تعیین نوع و تعداد قراردادهایی که برای جابجایی و حمل و نقل آوارها لازم است بکار گرفته شود . البته تخمین آوارها بعد از سوانح هم برای بدست آوردن میزان تقربی آوارها و ترکیب آنها بکار می رود . تخمین آوارها برای تعیین نیازهای واقعی برای این آواربرداری مکانها ، شناسایی مکانهای دفن و ابناشت آنها بکار می رود . تخمین میزان آواری که به وسیله سوانح بزرگ ایجاد می شوند به دلیل آنکه تعداد زیادی متغیر باید در نظر گرفته شوند کار بسیار پیچیده ای است و معمولاً این برآوردها چندان دقیق نمی باشند و به دلیل عدم قطعیت هایی که در این زمینه وجود دارد برنامه ریزان و مدیران بحران معمولاً در این زمینه با مشکلات زیادی مواجه می شوند . عملیات آواربرداری مستلزم بکار گیری منابع انسانی و غیر انسانی زیادی است و برآوردهایی که انجام می شود می تواند کمک زیادی به مدیران در زمان بندی و تخصیص بهینه منابع در این خصوص بنماید . بنابراین مسئولان مدیریت بحران با داشتن برآورده ای از حجم آوارها میتوانند در موارد زیر به تصمیم گیری بپردازند :

- میزان کمکهای مورد نیاز برای تخلیه آوارها .

- پیش بینی زمان حمل و نقل آوارها .

- برنامه زمان بندی تخلیه آوارها .

- هزینه های تخلیه آوارها .

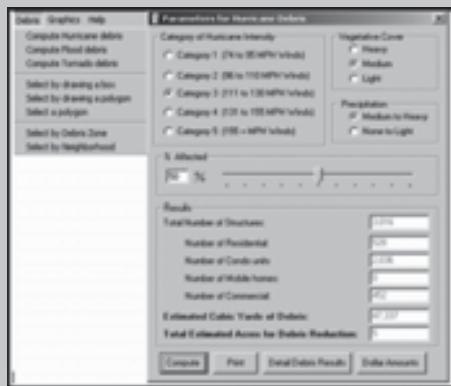
- مکانهای مناسب برای تخلیه آوارها .

برای برآورد آوارها تکنیکهای مختلفی بکار گرفته می شوند . در اینجا دو نوع از این تکنیکها که رایج هستند مورد اشاره قرار می گیرند : الف) استفاده از اطلاعات سوانح و بلایای قبلی : اطلاعات وداده هایی که از سوانح مشابه قبلی بدست آمده است در بسیاری از موارد می توانند برای تخمین و برآورد آوار ایجاد شده در سوانح دیگر بکار گرفته شوند ، ولی این روش به دلیل تفاوت های زیادی که بین سوانح و نوع آوارهایی که بوجود می آورند و همچنین تفاوت های مکانی دارای محدودیت هایی

ای از تحلیلهایی که در این نوع نرم افزارها انجام می‌شوند را نشان می‌دهد^[۹].

Cubic Yards of Debris = H(C)(V)(B)(S)	
- H = Number of single family homes	
- C = Hurricane category factor	
- V = Vegetation density	
- B = Commercial density	
- S = Precipitation	

تصویر شماره ۱: نحوه محاسبه حجم آوارها در نرم افزار مبتنی بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی HAZUS



تصویر شماره ۲: نمونه ای از تحلیلها و روش‌های برآورد آوارها در نرم افزارهای مبتنی بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

مطالعه موردی

محدوده مورد مطالعه در این بررسی بخشی از منطقه ۶ شهرداری تهران است. ویژگیهای منطقه نمونه به لحاظ تعداد ساختمان، قدمت و مصالح مورد استفاده به شرح جداول شماره ۲ تا ۶ است، "با توجه به بافت غالب مسکونی در این محدوده، ویژگی‌های ساختمانهای مسکونی موجود در گستره مورد مطالعه، با توجه به پایگاه داده‌های مسکونی به قرار زیر خلاصه می‌گردد:

- ۳۸ درصد ساختمانها سازه آجری و فلزی، ۵۷ درصد سازه فلزی، ۳ درصد بتن مسلح و فقط ۲ درصد ساختار کم دوم دارند.
- تعداد ساختمانهای فلزی اخیراً افزایش یافته است، ۶۰ درصد ساختمانهای مسکونی با سازه فلزی، طی ده سال گذشته ساخته شده‌اند.

- قاب خمیشی سازه‌های فلزی، در آینین نامه طراحی لرزه‌ای موجود مؤثر شناخته شده است، از طرف دیگر، پایه‌ها و تیرها با استفاده از جوشکاری کارگاهی به یکدیگر اتصال داده شده‌اند که این امر منجر به کم شدن اعتبار (یا قابلیت اعتماد) آن اتصالات می‌شود، بنابراین انتظار نمی‌رود که سازه‌های فلزی به طور کامل مؤثر واقع گردند.

- بسیاری از پایه‌های فلزی اندازه مناسب (یا لازم) راندارند و اکثر پایه‌های بتن مسلح می‌گرد کافی ندارند.

دو نوع سازه بتن مسلح وجود دارد، یک نوع از آنها دارای سازه بتن مسلح هم در پایه‌ها و هم در دیوارها است و نوع دیگر دارای سازه بتن مسلح در پایه‌ها و سازه آجری در دیوارها است. انتظار می‌رود که سازه‌های بتن مسلح (ونه سازه‌های آجری) به عنوان دیواربرشی عمل نمایند" [۱].

بحران و پس از آن عملی شده و فرآیندهای پس از بحران را تسهیل نماید. این برنامه‌ها معمولاً مواردی مانند موارد زیر را در بر می‌گیرند:

- شناسایی و برآورد حجم و وزن نوع آوارهایی که ایجاد می‌شوند.
- شناسایی و تعیین تعداد تسهیلات و تجهیزات در دسترس و مورد نیاز برای تخلیه آوارها.
- ارزیابی نیاز و شناسایی مکانهای ذخیره موقع.
- شناسایی منابع و روش‌های جابجایی آوارها.
- ارزیابی نیازها / محدودیتهای اجرای فرآیند جمع آوری، جابجایی و تخلیه آوارها بازیافت آوارها.
- شرایط محلی [۱۱].

کاربردهای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آواربرداری

پس از بحرانها و سوانح

مشکلاتی که آوارها و آواربرداری در مدیریت و برنامه‌ریزی بحران بخصوص پس از بحرانها و در دوران بازسازی بوجود آورده‌اند باعث شده است که طی سالهای اخیر مدیریت آواربرداری پس از بحرانها مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان بحران قرار گیرد. در همین راستا با توسعه سیستمهای اطلاعات جغرافیایی استفاده از این ابزار نیز مورد توجه قرار گرفت و به سرعت مشخص گردید که نه تنها استفاده از این ابزار می‌تواند به کمک مدیریت آواربرداری بیاید بلکه باید جزئی از این فرآیند بشود و در حقیقت نه تنها پس از بحران بلکه قبل از اینکه بحران بوجود بیاید ابزاری برای برنامه‌ریزی دوران بازسازی و بازگشت به حالت عادی باشد. بطور کلی مهمترین کاربردهای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آوارها عبارتند از:

- کمک به تخمين و برآورد آوارها به تفکیک انواع و میزان و ارائه نقشه‌های مربوطه.
- شناسایی و تعیین مسیرهای مناسب حمل و نقل و جابجایی آوارها و ارائه نقشه‌های مربوطه.
- مکان یابی محل‌های انباسته موقع و دائمی آوارها و ارائه نقشه‌های مربوطه.
- سیستمهای اطلاعات جغرافیایی کاربردهای زیادی در مدیریت آواربرداری در سوانح بزرگ پیدا کرده‌اند. به دلیل نیاز به برآوردهای دقیق و سریع از حجم و ترتیب آوارها در محدوده‌های وسیع جغرافیایی و همچنین جمع آوری و تخلیه و انتقال سریع و کم هزینه و در عین حال پایدار آنها، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی قادرند در این عرصه‌ها کمک بزرگی به مدیران بحران بنمایند. به همین دلیل این موضوع هم مورد توجه سازمانهای مدیریت بحران و هم شرکتهای خصوصی فعال در زمینه نرم افزارها و هم محققان و دانشمندان قرار داشته است و در این راستا سیستمهای مختلفی که غالباً مبتنی بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی هستند تهیه و ارائه شده‌اند [۹][۱۳].

یکی از نمونه‌های شناخته شده کاربردهای اصلی سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آواربرداری مربوط به سیستم HAZUS است که برای تحلیل خطرات در آمریکا توسط سازمان مدیریت بحران آمریکا (Federal Emergency Management Agency) تهیه شده است. در کنار مجموعه ای از ابزارهایی که در این سیستم تعبیه شده است همچنین به بحث آوارها و برآورد آنها برای انواع مختلف خطرات پرداخته شده است. این سیستم میزان آوار تولید شده در اثر انواع بحرانها مانند سیل و زلزله و طوفان و مانند آنها را محاسبه می‌نماید [۴]. تصویر شماره ۱ نمونه‌ای از روش محاسبه حجم آوارهای ناشی از طوفان را نشان می‌دهد:

علاوه بر این برخی از شرکتهای خصوصی نیز نرم افزارهای مبتنی بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را برای این منظور طراحی کرده‌اند. تصاویر شماره ۲ نمونه



تن متغیر است، و عمدۀ حجم آوارها را خردۀ آجر، خردۀ سرامیک، خردۀ بتون و فراورده‌های بتونی، خردۀ ملاتها و سنگ‌های شکسته تشکیل می‌دهد که مقادیری خاک به همراه خود دارند.

میزان خاک و نخاله‌های دفع شده در تهران نشان میدهد از سال ۱۳۶۸ تا سال ۱۳۷۷ مجموعاً ۶۱۲۷۵۱۹۶ تن معادل ۱۱۶۹۲۸۰۳۳ متر مکعب آوارساختمانی توسط ۸۸۴۷۸۲۹ سروپیس خودرو به محله‌ای تعیین شده از طرف شهرداری دفع شده‌اند [۲].

برای محاسبه آواره‌های زلزله، محله‌ای تخریب و آسیب‌پذیری شهر تهران در برابر زلزله که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است عبارتند از:

$$\text{میزان آوار تولید شده در هر محدوده سرشماری} = \text{میزان آوار سازه‌ای} + \text{میزان آوار ناشی از لوازم ساختمان}$$

$$\text{میزان آوار سازه‌ای} = \text{تعداد واحدهای تخریبی} \times \text{متوسط مقدار آوار سازه‌ای ایجاد شده توسط نوع ساختمان}$$


مجموعه نقشه‌های آواره‌های محدوده‌بندی‌شده در محدوده مورد مطالعه

نامدهنامه	نوع مسازه				محدوده ساختمان	هزار سرتاسری
	نامت. مسازه	نام. فناور	نام. مکانیز	نام. مکانیز		
۶	۲۱۴	۲۶	۱۸۸	۴۳۰	۱	
۰	۲۱۵	۲۰	۲۰۷	۵۳۲	۲	
۰	۳۴۹	۳۷	۹۳	۴۶۰	۳	
۱۴	۳۶۹	۶	۱۵۷	۴۹۵	۴	
۱۲	۲۰۲	۹	۳۰۹	۵۲۳	۵	
۱۱	۲۱۳	۱۰	۲۵۵	۴۹۹	۶	
۹	۲۰۰	۲۶	۲۰۹	۴۴۳	۷	
۱۰	۲۹۲	۱۷	۱۹۶	۵۲۳	۸	
۱۹	۲۲۷	۲	۲۲۴	۴۷۳	۹	
۶	۴۱۴	۰	۹۰	۵۰۰	۱۰	
۱۰	۴۳۴	۰	۴۶	۴۹۰	۱۱	

جدول شماره ۲: تعداد ساختمانهای مسکونی براساس سازه

هزار سرتاسری	نوع مسازه					
	۱.۵ میلیون	۰.۵ - ۱.۵	۰.۵	۰.۱ - ۰.۵	۰.۱	۰
۰	۷۰	۳۷۰	۰۲۱	۳۰	۱	۱
۰	۷۷	۲۹۶	۲۰۲	۴۷	۲	۲
۰	۶۹	۳۲۶	۲۰۲	۶۱	۳	۳
۰	۲۱	۳۷۱	۲۴۱	۳۳	۱	۱
۰	۲۰	۲۰۶	۱۶۹	۱۵	۲	۴
۰	۲۵	۳۱۷	۱۳۰	۲۰	۲	۶
۰	۱۰	۳۱۰	۹۳	۲۴	۳۶	۱
۰	۲۱	۳۳۰	۲۰۲	۹۸	۴	۸
۰	۷۵	۷۸	۱۸۵	۱۱۲	۱	۱۰
۰	۵۱	۱۱۵	۱۵۱	۱۲۶	۳	۱۰
۰	۹	۳۳۶	۱۹۶	۱۱۱	۶	۱۱

جدول شماره ۳: تعداد ساختمانهای مسکونی براساس طبقات

هزار سرتاسری	نوع مسازه				
	۰.۱ میلیون	۰.۰۵ - ۰.۱	۰.۰۱ - ۰.۰۵	۰.۰۰۱ - ۰.۰۰۵	۰
۲	۱۲۴	۱۱۹	۰۰۳	۸۲	۳
۳	۱۷۶	۳۲۲	۹۳	۱۵۹	۲
۱	۸۹	۴۹	۶۱	۲۶۲	۳
۱	۱۱۹	۱۹	۴۹	۲۹۹	۴
۶	۱۷۳	۷۸	۷۶	۲۱۲	۵
۵	۱۴۴	۹۱	۸۶	۱۶۱	۶
۱	۱۹۹	۴۲	۷۵	۱۶۶	۷
۷	۶۱	۱۸۵	۲۲۶	۱۲۴	۸
۲	۴۵	۱۸۵	۱۶۵	۱۵۴	۹
۴	۶۳	۹۲	۱۴۲	۲۰۹	۱۰
۱۲	۶۷	۶۷	۳۶۷	۱۹۳	۱۱

جدول شماره ۴: تعداد ساختمانهای مسکونی براساس سال ساخت

جدول شماره ۵: تعداد مساحت کاربریهای عمده در منطقه مورد مطالعه

هزار سرتاسری	نوع مسازه				
	۰.۰۰۱ - ۰.۰۰۵	۰.۰۰۵ - ۰.۰۱	۰.۰۱ - ۰.۰۵	۰.۰۵ - ۰.۱	
۰	۱۳۷۹۶۰.۹۲	۱۱۷۹۶۰.۸	۲۰۶۹۶۰.۴	۴۵۰۰۰.۵۳	۱
۰	۲۰۰۹۶۰.۲	۳۲۰۹۶۰.۶۲	۲۷۲۹۶۰.۴۹	۶۰۰۰۰.۲۶	۲
۰	۰۰۰۰۰۲۶.۳	۷۰۰۰۰۰.۳	۲۹۰۰۰۰.۳۶	۲۱۰۰۰۰.۴۴	۳
۰	۰۰۰۰۰۲۴.۶	۱۶۰۰۰۰.۰۴	۱۰۰۰۰۰.۵۴	۴۰۰۰۰.۷۲	۴
۰	۰۰۰۰۰۲۰.۲	۲۰۰۰۰۰.۲۵	۰	۰	۵
۰	۰۰۰۰۰۱۹.۹	۱۰۰۰۰۰.۵۶	۲۶۰۰۰۰.۹۶	۱۰۰۰۰۰.۷۵	۶
۰	۰۰۰۰۰۱۸.۳	۱۴۰۰۰۰.۳۹	۰	۰	۷
۰	۰۰۰۰۰۱۷.۸	۱۲۰۰۰۰.۴۳	۰	۰	۸
۰	۰۰۰۰۰۱۶.۶	۲۰۰۰۰۰.۰۷	۲۶۰۰۰۰.۴۹	۲۰۰۰۰۰.۲۹	۹
۰	۰۰۰۰۰۱۵.۷	۲۰۰۰۰۰.۲۱	۱۰۰۰۰۰.۷۶	۱۰۰۰۰۰.۱۱	۱۰
۰	۰۰۰۰۰۱۴.۹	۱۰۰۰۰۰.۳۱	۰	۰	۱۱

جدول شماره ۶: میزان آوار در کاربریهای عمده در منطقه مورد مطالعه

نقشه‌های شماره ۱ تا ۴: ویژگیهای محدوده مورد مطالعه

هزار سرتاسری	نوع مسازه				
	۰	۰.۰۰۱ - ۰.۰۰۵	۰.۰۰۵ - ۰.۰۱	۰.۰۱ - ۰.۰۵	
۰	۱۰۰۰۰۰.۰	۱۵۰۰۰۰.۴۱	۵۱۰۰۰۰.۹۶	۴۰۰۰۰۰.۰۹	۱
۰	۱۰۰۰۰۰.۳	۴۳۰۰۰۰.۳۱	۳۶۰۰۰۰.۵۱	۴۷۳۱۰.۳۸	۲
۰	۱۰۰۰۰۰.۲	۶۵۰۰۰۰.۲۷	۳۹۰۰۰۰.۴۲	۳۳۰۰۰۰.۲۱	۳
۰	۱۰۰۰۰۰.۱	۲۲۰۰۰۰.۴۱	۷۵۰۰۰۰.۲۴	۱۳۵۰۰۰.۰۶	۴
۰	۱۰۰۰۰۰.۰	۱۰۰۰۰۰.۵۶	۱۸۰۰۰۰.۸۷	۳۴۰۰۰۰.۹۲	۵
۰	۱۰۰۰۰۰.۰	۱۰۰۰۰۰.۴۴	۲۶۰۰۰۰.۶۳	۰	۶
۰	۱۰۰۰۰۰.۰	۴۰۰۰۰۰.۹۴	۹۷۳۰۰۰.۹۶	۵۳۰۰۰۰.۰۶	۷
۰	۱۰۰۰۰۰.۰	۲۰۰۰۰۰.۰۷	۲۰۶۰۰۰.۰۶	۶۴۰۰۰۰.۰۲	۸
۰	۱۰۰۰۰۰.۰	۲۰۰۰۰۰.۴۸	۰	۰	۹

حجم آوارهای تولیدی در ایران به ازای هر متر مربع ساختمان از ۱/۳۴ تا ۱/۶۱

میزان آوار سازه‌ای = ۱۷۹۱۸۷۲
۱۳۳۷۲۱۸ = ۱.۳۴

تهران بزرگ، ریزه پهنه بندی لرزه‌ای تهران بزرگ، ۱۳۸۰.
[۲] روش‌های استفاده از آوارهای ساختمانی، محمد حسین ماجدی اردکانی،
ششمین کنفرانس بین المللی مهندسین عمران، ۱۳۸۴.

جمع بندی و نتیجه گیری

- [3] Solis Gabriela Y , 1996 , Disaster Debris Management , The Disaster Preparedness Resources Centre , The University of British Columbia , Emergency Preparedness Canada , Final Report , June 1995 .
- [4] FEMA , 2003 , " HAZUS - Multihazard Loss Estimation Methodology " , FEMA , 2003 .
- [5] Annex VI - Disaster Debris Best Management Practices : Mangement Techniques For Debris Types . (Appendix in draft 2005 Hawaii Disaster Debris Management Plan
- [6] Catherine Potts , Dewberry & Davis , 2005 , Debris Management GIS Application for the District of Columbia .
- [7] FEMA , 1998 , Debris Management Course , Reference Manual , Emergency Management Institute , FEMA .
- [8] FEMA , 2005 , Debris Management Guide , FEMA , (<http://www.p2pays.org/ref/10/09928/demagde.pdf>) .
- [9] Kevany , Michael J . , 2003 , Geo-information for Disaster Management : 9/11 Lessons & Developments Since .
- [10] Monterey Regional Waste Management District . Katrina Response To Waste Processing Priorities (Draft Memorandum) . September 15 , 2005 .
- [11] Reinhard , D. and P. McCreanor. Disaster Debris Management – Planning Tools . U.S. EPA Region IV . September 24 , 1999 .
- [12] Swan . R . Planning For The Temporary Disposal of Disaster Debris : " Where Are You Going To Put It " . SWANA Winter Technical Symposium , West Palm Beach , FL , Feb. 7-12 , 2005 .
- [13] Thiel P. , 2003 , Development of Debris Management GIS Application for the District of Columbia Track : Application Development " , ESRI USER ConferenceProceedings .
- [14] U.S. Environmental Protection Agency . Planning For Disaster Debris . 1995 .

مدیریت آوارهای کی از مهمترین اجزای برنامه‌ها و عملیات مدیریت بحرانها است و بخصوص در بحرانها و سوانح بزرگ مانند زلزله‌ها در مناطق شهری از اهمیت زیادی برخوردار است . ناکارآیی در مدیریت آوارهای فرآیند بازسازی و بازگشت به حالت عادی را به میزان زیادی به تأخیر انداخته و در مواردی شیوه‌های ضعیف جمع آوری و تخلیه و انباست آوارهای هزینه‌های کوتاه مدت و بلند مدت زیادی را بر مردم مناطق آسیب دیده تحمل می‌نماید . سیستمهای اطلاعات جغرافیایی قادرند برنامه ریزی و مدیریت آوارهای دقیق‌تر ، سریع تر و کارآثر نمایند . با توجه به اینکه اغلب داده‌های مورد نیاز برای این منظور همان داده‌های هستند که در مسائل دیگر برنامه ریزی بحران و سایر انواع برنامه ریزی‌ها استفاده می‌شود ، کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در این زمینه عمدها معطوف به تهیه مدل‌هایی است که برای برآورد میزان و ترتیب آوارهای تعیین و شناسایی مسیرهای تخلیه و مقدار تجهیزات مورد نیاز برای این منظور و مکان‌یابی مکانهای موقع و دائم انباست آوارهای می‌باشد . سازمانهای مدیریت بحران و سوانح مانند سازمان مدیریت بحران آمریکا و تعدادی از شرکتهای نرم افزاری خصوصی برای پاسخگویی به چنین نیازهایی برنامه ریزی بر مبنای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را توسعه داده‌اند . اغلب توجهات در حال حاضر به سمت کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در برآورد حجم و مقدار آوارهای و تهیه نقشه‌های مربوطه بوده است . سوانح سالهای اخیر در آمریکا ابعاد و اهمیت کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در مدیریت آوارهای را به خوبی نشان داده‌اند و بعد گسترده‌تری به آن بخشیده‌اند .

در ایران با توجه به تعداد سوانحی که رخ می‌دهند و احتمال وقوع این سوانح در شهرهای بزرگ نه تنها برنامه ریزی برای پیشگیری و کاهش اثرات این سوانح اهمیت دارد بلکه برنامه ریزی برای بازگرداندن سکونتگاهها به حالت عادی بعد از وقوع سوانح نیز از اهمیت برخوردار است . مدیریت آوارهای در این خصوص به دلیل اینکه اولین اقدام مهم برای شروع بازسازی است امری بسیار تعیین کننده می‌باشد که هر گونه برنامه ریزی قبلی در این خصوص می‌تواند کمک بزرگی به برنامه ریزان و مدیران بحران بنماید . بدون تردید یکی از مشکلات اساسی بازسازی بعد از زلزله به مسائل مربوط به آواربرداری بودند . این مشکل در شهرهای بزرگ مانند تهران امری به مراتب دشوارتر خواهد بود . به همین دلیل یکی از مواردی که لازم است در برنامه‌ها بطوط جدی و دقیق مورد مطالعه و برنامه ریزی قرار گیرد مدیریت آوارهای است . سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می‌توانند ابزارهای خوبی برای انجام تخلیه‌های مورد نیاز و تهیه برنامه‌های مناسب در این زمینه باشند . وجود انواع مختلف بانکهای اطلاعات جغرافیایی به همراه تعداد قابل توجهی از مطالعات و مدل سازی‌های مربوط به سوانحی مانند زلزله چهارچوبهای مناسبی را در این زمینه فراهم کرده‌اند . در این مقاله سعی شد نمونه ای از این نوع تحلیل‌ها و کاربردها با استفاده از داده‌های موجود انجام گردد . نتایج این تحلیل نشان می‌دهند که سوانح زلزله مقدار بسیار زیادی آوار در سطح شهر ایجاد خواهند کرد که مدیریت آنها بدون برنامه ریزی‌های قبلی در این زمینه امری بسیار دشوار و زمان برخواهد بود . بنابر این توصیه می‌شود برنامه مدیریت آوارهای به طور جدی در برنامه‌های مدیریت بحران در کشور گنجانیده شده و از ابزارها و امکانات سیستمهای اطلاعات جغرافیایی استفاده لازم برده شود .

منابع و مراجع

- [۱] آژانس همکاریهای بین المللی ژاپن . مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی