

برنامه ریزی برای بازسازی شبکه ی حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله

عبداله داودی کیا^۱ ، حسین صباغ زاده^۲

۱- دانشجوی مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل*

۲- دانشجوی مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
* آدرس پست الکترونیک مولف رابط: adavoudikia@ymail.com

خلاصه

راه نخستین و طبیعی ترین وسیله ارتباطی انسانها می باشد و به منزله شریانهای حیاتی یک سرزمین است. امروزه گسترش همه جانبه شبکه حمل و نقل درون شهری به موازات صنعتی شدن شهرها موجب در هم تنیدگی اجزای شبکه شده، به نحوی که هر اتفاق در هر بخشی از شبکه سریعاً به همه شبکه سرایت می کند [1]. در این میان اگر چه رفع همه آثار فاجعه ناممکن است اما کاهش خسارات ناشی از آن امری ممکن است [2] و می توان با انجام اقدامات فوری و مناسب برای احیای شبکه، مانع از تشدید خسارات ثانویه، کاهش دوره بحران و هزینه های بازسازی شد. برگشت سریع شبکه حمل و نقل به سطح عملکرد مطلوب با احتساب حداقل زمان، هزینه و ایمنی قابل قبول، نیازمند به کار گیری برنامه ریزی مناسب است [3]. در این مقاله در نظر است با توجه به دانش تحقیق در عملیات یک روش برنامه ریزی اصولی برای اولویت بندی عملیات بازسازی شبکه حمل و نقل درون شهری مطرح گردد، تا در شرایط بحرانی بدون بروز بی نظمی و فوت وقت و با توجه به اولویتها، عملیات بازسازی شبکه شروع و با برنامه مشخص خاتمه یابد.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی ، بازسازی ، شبکه ی حمل و نقل

مقدمه

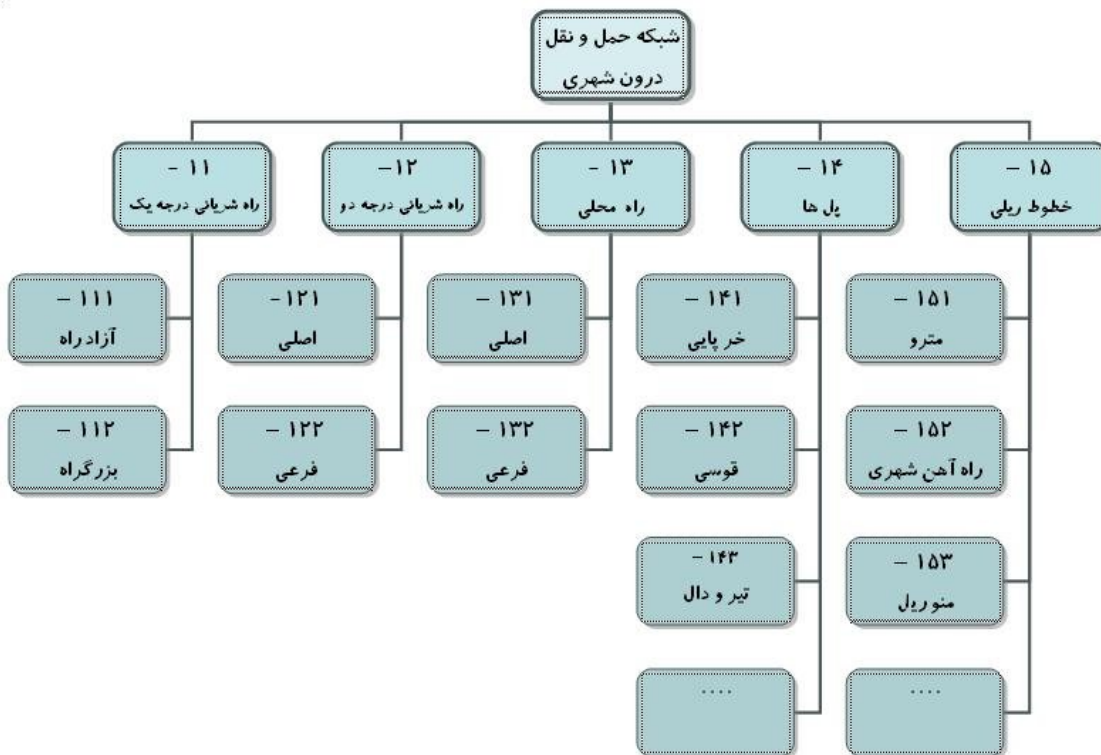
تحقیقات گسترده ای در زمینه ی بازسازی ویرانی های پس از زلزله صورت گرفته است . که از جمله ی آن ها می توان به پژوهش های مطرح هاس (J.Eugene haas) با عنوان بازسازی پس از وقوع فاجعه (1977) ، اقدامات فریزما (H. Paulo fries mad) در سال ۱۹۷۹ با عنوان پیامد وضعیت جوامع پس از وقوع بلایای طبیعی و اقدامات جمیز رایت (James right) با عنوان اثرات بلندمدت بلایای طبیعی اشاره کرد . افزون بر این ها پژوهشگران دیگری نیز در این زمینه فعالیت کرده اند و حاصل تجربه های خود را برای چند منطقه به صورت گزارشی ارائه دادند [4] ، اما در هیچ یک از این پژوهش ها ، روند تهیه ی یک برنامه ی جامع که راهنمای دقیق عملیاتی ، برای باز گرداندن شریان های حیاتی جامعه به حالت عادی باشد ، مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است ، و تنها به ذکر پیچیدگی های ناشی از ساختار فنی شریان های حیاتی و اندرکنش آن ها با یکدیگر تاکید شده و در مورد این که چگونه و با کدام برنامه ریزی و اولویت بندی باید شریان های آسیب دیده را به حالت عادی باز گرداند به ارائه ی توضیحات کلی بسنده شده است . در میان شریان های حیاتی ، شبکه ی حمل و نقل درون شهری به ویژه در شهرهای بزرگ ، دارای نقش اساسی در مدیریت بحران زلزله می باشد چرا که لازمه ی هر اقدامی برای کنترل شرایط پیش آمده ، جابجایی و دسترسی به نواحی بحرانی است و چنان چه ، نسبت به آزادسازی مسیرهای مناسب برای استفاده ی نیروهای امداد و بازسازی برنامه ریزی نگردد ، این گروه ها با ترافیک سنگین و عدم دسترسی ، مواجه شده که این مهم بر پیامدهای فاجعه می افزاید .

ضرورت های تهیه ی برنامه ی جامع برای بازسازی شبکه ی حمل و نقل

با گسترش شهرنشینی ، تراکم جمعیت و ساخت و ساز ها ، صنعتی شدن شهر ها و تشکیل کلان شهرها ، تاثیر عملکرد شبکه ی حمل و نقل درون شهری بر مجموعه ی شهری نمایان تر می شود . به طوری که ضعف شبکه ی حمل و نقل و عملکرد نامطلوب آن پس از وقوع زلزله ، باعث فلج شدن فعالیت های امداد رسانی و بازسازی شده و پیامدهای سوء اجتماعی و سیاسی و اقتصادی را به همراه دارد . از سوی دیگر کارکرد مطلوب هر یک از اجزای شبکه ی حمل و نقل ، وابسته به کار آمدی سایر اجزای شبکه است . برای نمونه فرو ریزش هر پل ، عملکرد مسیرهای وابسته به آن را تا کیلومتر ها دور تر ، مختل می کند و یا حتی آسیب تجهیزات کنترل ترافیک مثل چراغ های راهنمایی موجب کاهش باز دهی تقاطع ها در عبور

جریان ترافیکی خواهد شد. از این رو، آسیب های وارد آمده بر هر یک از اجزا، تاثیر بسیار زیادی بر بازدهی کل شبکه دارد. علاوه بر این ها، مشکلات مدیریتی ناشی از بی نظمی های گسترده در اعزام نیرو تجهیزات به منظور امداد رسانی و بازسازی و عدم هماهنگی در تقسیم وظایف بین نیروها بر مدت زمان و هزینه های عملیات بازسازی می افزاید. مجموعه ی این دلایل، نیاز هر چه بیشتر به یک برنامه ی جامع و اصولی که راهنمای دقیق عملیاتی برای باز گرداندن شبکه ی حمل و نقل آسیب دیده، بر حسب اولویت ها در کمترین زمان و کمترین هزینه باشد را بیش از پیش آشکار می سازد.

چگونگی بررسی خسارات وارد آمده به اجزای شبکه ی حمل و نقل درون شهری بررسی اصولی، جامع و با دقت کافی خسارات وارد آمده بر شبکه ی حمل و نقل درون شهری از اهمیت بسیار بالایی در فرآیند تصمیم گیری برخوردار است. چرا که نتایج این بررسی ها، داده های اولیه برای برنامه ریزی بوده و تجزیه و تحلیل شبکه بر اساس آن صورت می گیرد. [5] بدیهی است که در بررسی خسارات، همه ی اجزای تشکیل دهنده ی شبکه ی حمل و نقل درون شهری از سطوح اهمیت یکسان برخوردار نیستند. بلکه به طور زنجیر وار (سری) به هم وابسته اند و در واقع در طول یکدیگر هستند. به این منظور اجزای شبکه ی حمل و نقل درون شهری در سه سطح شامل: ۱- اجزای اصلی ۲- واحدهای داخلی تشکیل دهنده ی شبکه ی حمل و نقل درون شهری را در سطوح یکم و دوم نشان می دهد.



شکل ۱- طبقه بندی اجزای شبکه ی حمل و نقل درون شهری

پس از تعیین سطوح اهمیت، اجزای شبکه کدگذاری می شوند. کدگذاری این امکان را می دهد که هر یک از اجزای شبکه ی حمل و نقل منطقه را با یک عدد تشخیص دهیم. این فرآیند به برآورد خسارات وارد شده، تحلیل شبکه و از همه مهم تر برنامه ریزی کامپیوتری برای تدوین روند عملیات بازسازی شبکه کمک شایانی می کند. به این منظور اجزای سیستم، به صورت یک عدد اندیس $R_n M_n U_n P_n$ که می تواند از ۱ تا ۴ رقم اندیس داشته باشد، کدگذاری می شوند که از راست به چپ عبارت هستند از: R شماره ی ردیف برای شبکه حمل و نقل درون شهری (در این مقاله برابر با ۱ در نظر گرفته شده است) M شماره ی ردیف برای اجزای اصلی تشکیل دهنده ی شبکه ی حمل و نقل U شماره ی ردیف برای واحدهای داخلی تشکیل دهنده ی اجزای اصلی P شماره ی ردیف برای ریز پارامتر های تشکیل دهنده ی واحدهای داخلی

n اندیس شمارشگر

برای مثال در عدد اندیس ۱۱۱۳۲۱۵ از چپ به راست ، عدد ۱، بیان گر شبکه ی حمل و نقل درون شهری ، عدد ۱، بیان گر راه شریانی درجه ی یک ، عدد ۲، بیان گر بزرگراه ، عدد ۱، بیان گر ریز پارامتر رو سازی بوده و روی هم رفته ، این کد مشخص کننده ی روسازی قطعه ی پنجم مربوط به دومین بزرگراه از سومین راه شریانی درجه ی یک مربوط به اولین شبکه حمل و نقل درون شهری از شریان راه منطقه است . در واقع می توان گفت که RMUP بیان گر نام جزء و اندیس n بیان کننده ی شماره ی ردیف و جایگاه مختصاتی آن جزء در نقشه ی جامع شبکه ی حمل و نقل منطقه است . با توجه به هم سطح نبودن کارکرد اجزای تشکیل دهنده ی شبکه ی حمل و نقل . لازم است پس از عملیات کدگذاری ، ضرایب اهمیت برای هر یک از اجزای شبکه ی تعریف شود . به این منظور در سه سطح ، ضریب اهمیت تعریف می گردد :

ضریب اهمیت برای اجزای اصلی $I (R_n M_n)$

ضریب اهمیت برای واحدهای داخلی $I (R_n M_n U_n)$

ضریب اهمیت برای ریز پارامتر ها $I (R_n M_n U_n P_n)$

تعیین ضریب اهمیت برای اجزای مختلف شبکه به وسیله ی جداول از پیش تدوین شده ای که در آن ها ، ریز پارامترهای مورد بررسی و ضرایب اهمیت آنها مشخص شده است انجام می گردد . تنظیم این جداول سبب می گردد که هر تیم در محل ماموریت خود بدانند باید چه چیزهایی را بررسی و به مرکز داده ها اعلام کند و به این ترتیب از اتلاف زمان ، هزینه و پرداختن به امور اضافی جلوگیری می شود . جدول ۱ ، نمونه ای از جداول مربوط به ریز پارامتر های مورد بررسی و ضرایب اهمیت آن ها را برای یک راه شریانی درجه ی دو نشان می دهد .

جدول ۱- ریز پارامتر های مورد بررسی و ضرایب اهمیت آن ها برای راه شریانی درجه ی دو

جزء اصلی	ضریب اهمیت	واحد داخلی	ضریب اهمیت	ریز پارامتر هایی که باید بررسی شوند	ضریب اهمیت
راه شریانی درجه دو	۰,۷۵	۱- شریانی درجه دو اصلی	۱	۱- وضعیت رو سازی	۱
				۲- سیستم روشنایی راه	۰,۷۵
				۳- وضعیت عوامل تفکیک راه	۰,۵
				۴-
	۰,۷۵	۲- شریانی درجه دو فرعی	۰,۷۵	۱- وضعیت رو سازی	۱
				۲- سیستم روشنایی راه	۰,۷۵
				۳- وضعیت عوامل تفکیک راه	۰,۵
				۴-

پس از این که واحد های داخلی و ریز پارامترهای مورد بررسی برای هر کدام از تیم ها در محل ماموریت شان مشخص گشت ، در هر منطقه با توجه به نوع واحدهای داخلی شبکه ی حمل و نقل آن منطقه ، جداول جداگانه ای برای گزارش وضعیت خسارات واحدهای داخلی مورد بررسی ، تنظیم می شود . جدول ۲ برای بررسی خسارات وارد شده به یک پل با سیستم تیر و دال تهیه شده است .

جدول ۲- گزارش وضعیت خسارات برای پل با سیستم تیر و دال

نام و کد واحد داخلی : پل با سیستم تیر و دال ۱۱۴۳۳۲						
وضعیت کلی : <input type="checkbox"/> سالم (خسارت کمتر از ۵٪) <input type="checkbox"/> آسیب دیده						
ضریب اهمیت	میزان خسارت				نام ریز پارامتر	ردیف پارامترها
	کمتراز ۵٪	۲۵٪ ~ ۵٪	۵۰٪ ~ ۲۵٪	۷۵٪ ~ ۵۰٪		
0.75		√			رو سازی	۱۱۴۳۳۲۱
0.5		√			نرده ها و دست انداز	۱۱۴۳۳۲۲
0.5			√		خیز مجاز	۱۱۴۳۳۲۳
1				√	ستون ها	۱۱۴۳۳۲۴
					
درصد خسارت واحد داخلی :			رنگ اولویت :		امتیاز اولویت :	

بر اساس جداول گزارش وضعیت خسارات ، تیم‌های اعزامی پس از بررسی ریز پارامترهای هر واحد داخلی ، به کمک ضرایب اهمیت پارامترهای مربوطه ، درصد خسارت هر واحد داخلی را از رابطه ی (۱) محاسبه می کنند :

$$D(\%) = \sum (k * I (R_n M_n U_n P_n)) / (\sum I (R_n M_n U_n P_n)) \quad (1)$$

که در آن \sum نشانه ی جمع برای همه ی ریز پارامتر های مورد بررسی در آن واحد داخلی است و ضریب k بر حسب میزان خسارت وارد شده به هر ریز پارامتر از روی جدول ۳ قابل تعیین است.

جدول ۳- محاسبه پارامتر k

مقدار k	درصد خسارت وارد شده به ریز پارامتر
0	کمتر از ۵٪ (پارامتر های سالم)
0.25	۲۵٪ ~ ۵٪
0.5	۵۰٪ ~ ۲۵٪
0.75	۷۵٪ ~ ۵۰٪
1	۱۰۰٪ ~ ۷۵٪

تحلیل شبکه‌ی حمل و نقل و اولویت‌بندی عملیات بازسازی

تحلیل شبکه‌ی حمل و نقل در وضعیت بحرانی مهم‌ترین مرحله‌ی عملیات است . تحلیل شبکه با مشخص کردن اولویت‌ها به طور چشم گیری از اتلاف زمان ، بی‌نظمی و هزینه‌های اضافی در انجام عملیات بازسازی جلوگیری می‌کند . تحلیل شبکه‌ی حمل و نقل منطقه از نظر تقدم و تاخر زمانی در چهار مرحله انجام می‌گیرد :

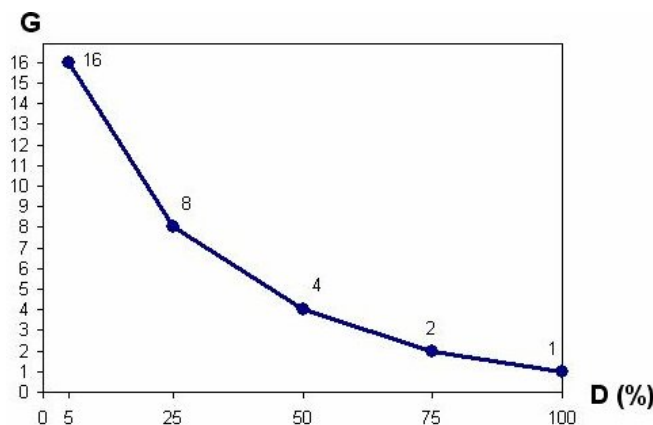
۱- اولویت‌بندی شبکه‌ها ی حمل و نقل درون شهری موجود در منطقه برای عملیات بازسازی

۲- اولویت‌بندی اجزای اصلی هر شبکه‌ی حمل و نقل درون شهری برای عملیات بازسازی

۳- اولویت‌بندی واحدهای داخلی هر یک از اجزای اصلی برای عملیات بازسازی

۴- اولویت‌بندی ریز پارامترهای هر واحد داخلی برای عملیات بازسازی

بنابراین اولین گام در تحلیل شبکه ی حمل و نقل منطقه و اولویت بندی اجزای آن برای عملیات بازسازی ، مشخص کردن وضعیت هر یک از شبکه های حمل و نقل درون شهری است و شبکه ی حمل و نقلی در اولویت نخست برای بازسازی است که بیش ترین امتیاز اولویت را داشته باشد . برای به دست آوردن امتیاز اولویت هر شبکه لازم است که ابتدا امتیاز اولویت ، برای کلیه‌ی اجزای اصلی مرتبط با آن شبکه محاسبه گردد و در داخل یک شبکه ی حمل و نقل آن جزء اصلی که بیش ترین امتیاز اولویت را داشته باشد در اولویت نخست بازسازی ، ما بین اجزای اصلی آن شبکه قرار خواهد داشت و به طور مشابه برای محاسبه ی امتیاز اولویت هر جزء اصلی لازم است که ابتدا امتیاز اولویت برای کلیه‌ی واحدهای داخلی مرتبط با آن شبکه محاسبه گردد . مراحل فوق الذکر به این صورت انجام می‌پذیرد که پس از مشخص شدن درصد خسارت هر یک از واحدهای داخلی سیستم حمل و نقل ، رنگ و امتیاز اولویت برای عملیات بازسازی آن واحد داخلی شبکه ی حمل و نقل بر حسب میزان خسارت وارد بر آن ، مطابق با شکل ۲ و جدول ۴ مشخص می‌گردد .



شکل ۲ - تعیین امتیاز اولویت بازسازی واحدهای داخلی شبکه

قابل توجه است که اجزای با درصد خسارت کمتر از پنج درصد سالم تلقی شده و برای آن ها امتیاز اولویت بازسازی تعریف نگردید به این معنی که این اجزا نیاز به بازسازی ندارند. ضمناً، رنگ بندی هر اولویت امکان نمایش گرافیکی اولویت های بازسازی را روی نقشه های منطقه ی بحران زده فراهم می آورد به این معنی که مثلاً نواحی با رنگ سرخ اولویت نخست و نواحی با رنگ سبز اولویت آخر را برای عملیات بازسازی نشان داده و نواحی به رنگ سفید مناطق آسیب ندیده و بی نیاز به بازسازی را می نمایند.

جدول ۴- تعیین امتیاز و رنگ اولویت بازسازی واحد های داخلی شبکه

درصد خسارت	رنگ اولویت	امتیاز اولویت
$0 \leq D < 5$	سفید	تعریف نشده
$5 \leq D \leq 25$	سبز	$8 \leq G \leq 16$
$25 < D \leq 50$	زرد	$4 \leq G < 8$
$50 < D \leq 75$	نارنجی	$2 \leq G < 4$
$75 < D \leq 100$	سرخ	$1 \leq G < 2$

پس از محاسبه ی امتیاز اولویت برای کلیه ی واحد های داخلی، امتیاز اولویت برای همه ی اجزای اصلی موجود در شبکه ی حمل و نقل منطقه از رابطه ی (۲) محاسبه می شود:

$$G(R_n M_n) = \sum (G(R_n M_n U_n) * I(R_n M_n U_n)) / (\sum I(R_n M_n U_n)) \quad (2)$$

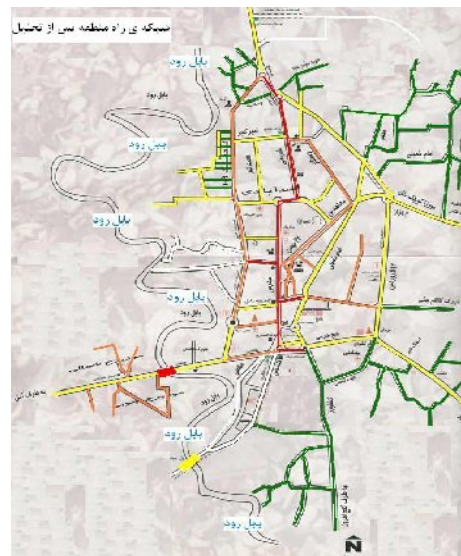
که در آن $G(R_n M_n)$ امتیاز اولویت برای یک جزء اصلی - مثلاً n آمین راه شریانی درجه ی یک - مربوط به یک شبکه ی حمل و نقل، \sum نشانه ی جمع برای همه ی واحد های داخلی آن جزء اصلی - مثلاً همه ی آزاد راه ها و بزرگ راه های مرتبط با آن راه شریانی درجه ی یک - و $G(R_n M_n U_n)$ امتیاز اولویت برای همان واحد های داخلی است که در بخش قبلی مقاله طریقه ی محاسبه ی آن گفته شد. به طریق مشابه امتیاز اولویت همه ی شبکه های حمل و نقل درون شهری موجود در شبکه ی حمل و نقل منطقه از رابطه ی (۳) محاسبه می شود:

$$G(R_n) = \sum (G(R_n M_n) * I(R_n M_n)) / (\sum I(R_n M_n)) \quad (3)$$

که در آن $G(R_n)$ امتیاز اولویت برای یک شبکه ی حمل و نقل - مثلاً n آمین شبکه ی حمل و نقل - مربوط به شبکه ی حمل و نقل منطقه بوده و \sum نشانه ی جمع برای همه ی اجزای اصلی آن شبکه ی حمل و نقل - یعنی همه ی راه های شریانی درجه ی یک و دو، راه های محلی و همه ی پل ها و همچنین همه ی خطوط ریلی - است. برای نمایش نمونه ای از عملکرد برنامه، اشکال ۳ و ۴ به ترتیب شبکه ی حمل و نقل درون شهری را پیش از تحلیل و پس از تحلیل نشان می دهند.



شکل ۳ - شبکه ی حمل و نقل درون شهری پیش از تحلیل



شکل ۴ - شبکه ی حمل و نقل درون شهری پس از تحلیل

به این ترتیب در یک منطقه ی بحران زده با مقایسه ی امتیاز اولویت بازسازی شبکه های مختلف حمل و نقل درون شهری آن منطقه ، شبکه های مختلف به ترتیب امتیاز از بیش ترین تا کم ترین امتیاز اولویت بندی می شوند (لازم به تذکر دوباره است که نواحی فاقد امتیاز ، نیاز به بازسازی ندارند) . سپس در داخل هر شبکه ی حمل و نقل نیز ، همه ی اجزای اصلی به ترتیب امتیاز ، اولویت بندی شده و به همین منوال اولویت بازسازی هر یک از واحد های داخلی و ریز پارامتر ها نیز تعیین می گردد .

نتیجه گیری

کشورهای توسعه یافته و صاحب تجربه ، که اقدامات مبسوط سخت افزاری را مدت ها قبل به انجام رسانده اند ، هیچ گونه گریزی از به کار گیری تدابیر کارآمد نرم افزاری نداشته اند و همواره به اعتبار سیستم های نرم افزاری به عنوان مکمل سیستم های سخت افزاری تاکید داشته اند . در این مقاله نیز مولفان تلاش کردند تا با ارائه ی روشی ، مبتنی بر دانش تحقیق در عملیات و مناسب برای برنامه ریزی (الگوریتم نویسی) در سیستم های کامپیوتری ، برای برآورد خسارات وارد شده به شبکه ی حمل و نقل درون شهری به عنوان آسیب پذیر ترین شریان حیاتی در بحران ناشی از زلزله و امتیاز دهی و اولویت بندی عملیات بازسازی شبکه ی حمل و نقل منطقه ی بحران زده ، موجبات :

- کاهش بی نظمی در ارسال نیروها و تجهیزات امدادی و بازسازی
 - برآورد جامع و با دقت کافی از خسارات وارد شده به اجزای شبکه ی حمل و نقل
 - اولویت بندی اصولی عملیات بازسازی اجزای تشکیل دهنده ی شبکه ی حمل و نقل
 - سپری کردن سریع دوره ی بحران
 - کاهش خسارات ثانویه ی بحران
- و از همه مهم تر ، کاهش چشم گیر زمان و هزینه ی بازسازی شبکه ی حمل و نقل را فراهم آورند . به امید روزی که بشر بتواند از نیروی عظیم زلزله جهت رفاه و سعادت خویش بهره مند گردد .

قدردانی

در پایان مولفان بر خود لازم می دانند تا از حمایت ها و راهنمایی های ارزشمند دکتر بهزادی و دکتر میرزا گل تبار روشن تشکر و قدردانی نمایند .

منابع و مأخذ

- [1] بابک امیدوار ، علیرضا احمدی و شمه سرابی ، امین معینی پور. (۱۳۸۶) ارائه الگویی جهت برآورد ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای پست های فوق توزیع. سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه.
- [2] عباس سلطانی. (۱۳۸۶) نقش برنامه ریزی ستاد بحران شرکت های توزیع نیروی برق در مدیریت موثر بحران زلزله. سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه.
- [3] علیرضا احمدی فیثی. (۱۳۸۶) ارائه ساختار مناسب مدیریت بحران به منظور ارتقاء عملکرد شبکه حمل و نقل جاده ای در زمان وقوع بحران. سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه.
- [4] ای داربلک توماس. مدیریت بحران. انتشارات سازمان برنامه ریزی شهر تهران .
- [5] علیرضا میرزا گل تبار روشن ، حسین صباغ زاده. (۱۳۸۶) مطالعه الگوریتم تهیه نرم افزار در مدیریت بحران و بازگشت سریع شریان های حیاتی (آب) پس از زلزله. سومین کنگره ملی مهندسی عمران ، تبریز .