



## اندرکنش لرزه‌ای شریانهای حیاتی

محمود حسینی<sup>1</sup>، حسین لیبی<sup>2</sup>

1- عضو هیئت علمی و مدیر گروه شریانهای حیاتی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

hosseini@iiees.ac.ir

2- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

h.labibi@iiees.ac.ir

### چکیده

با توجه به اینکه به طور عمده شریانهای حیاتی داخل شهری در خیابانها مستقر هستند و هرگونه آسیب بر آن‌ها خود به خود تاثیر مستقیم و یا غیرمستقیم بر روی شریانهای حیاتی ترابری دارد، اندرکنش شریانهای حیاتی ترابری با تاسیسات زیرزمینی (آب و فاضلاب و گاز) و نیز شبکه‌های برق و تلفن و ... از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی امداد رسانی پس از زلزله وابستگی بسیاری به شبکه ترابری دارد و هرگونه اختلال در شبکه ترابری موجب اختلال در سیستم امداد رسانی می شود. در این مقاله سعی شده است تا ضمن بررسی تاریخچه مشکلات ناشی از اندرکنش شریانهای حیاتی به هنگام وقوع زلزله، به دسته بندی آنها و نگاهی گذرا بر تاریخچه تحقیقات صورت گرفته پرداخته شود.

واژه‌های کلیدی: شریان حیاتی، اندرکنش، لرزه‌ای، مدیریت بحران، زلزله

### 1. مقدمه

اندرکنش شریانهای حیاتی به صورت یک اثر دو طرفه و یا یک طرفه مابین شریانهای حیاتی یک سیستم در حین و پس از رخداد زلزله تعریف می شود در نتیجه قابلیت اطمینان یک شریان حیاتی علاوه بر عملکرد لرزه‌ای خود سیستم بستگی به عملکرد لرزه‌ای شریانهای مرتبط و اثر آنها بر عملکرد و روند پیشرفت بازسازی آن سیستم دارد که این اثر میتواند به شدت از پاسخ سریع امداد رسانی و روند بازسازی در منطقه زلزله زده ممانعت کند. به طور مثال در صورت از کار افتادن سیستم توزیع برق پس از زلزله چراغ‌های راهنمایی و رانندگی نیز از کار خواهند افتاد که این خود موجب اختلال و بی نظمی در ترافیک عبوری خواهد شد، همچنین در قسمت‌هایی از معابر که لوله‌های آب یا فاضلاب دچار شکستگی شده‌اند، خیابانها دچار آب گرفتگی می شوند. همچنین در صورت قطعی برق، امکان پمپاژ آب در ایستگاههای پمپاژ آب از بین خواهد رفت.



در نتیجه بازسازی شریانهای حیاتی پس از وقوع یک زلزله شدید و مخرب بسیار مهم و حیاتی است زیرا عملکرد این سیستم ها از همه لحاظ برای مردمی که در منطقه مستقر هستند بسیار مهم میباشد.

## 2. تاریخچه

وقوع زلزله ی سن فرناندو (1971) تاثیرات مخربی را بر شریانهای حیاتی بوجود آورد تا حدی که محققان و پژوهشگران را وا داشت تا تحقیق بر روی مقاوم ساختن شریانهای حیاتی را از دید لرزه‌ای به عنوان یکی از جهات تحقیق در زمینه کم کردن اثرات بحران پس از وقوع زلزله در شهرهای بزرگ مورد توجه جدی قرار دهند. از آن زمان تا اواسط دهه 1980 میلادی تحقیقات بر روی شریانهای حیاتی به صورت مجزا صورت می گرفت و هنوز بحث تاثیر آسیب و خرابی شریانهای حیاتی بر یکدیگر و اندرکنش آنها در بازسازی هر کدام مطرح نبود. در اوسط دهه 1980 میلادی برخی محققان در ژاپن و ایالات متحده مطالعات خود را بر روی اندرکنش شریانهای حیاتی آغاز کردند و در سال 1991 چینی ها کمیته مطالعات سیستم اندرکنش شریانهای حیاتی و توسعه مدیریت اطلاعات در زلزله‌های شهری را پایه گذاری نمودند و تحقیقات بر روی تاثیر اندرکنش شریانهای حیاتی در روند بازسازی و رفتار لرزه‌ای آنها همچنان به طور جدی ادامه دارد. اندرکنش شریانهای حیاتی در بسیاری از زلزله‌های شدید در شهرهای متوسط و بزرگ همچون زلزله‌های  $M=7.8$  Tangshan در سال 1976،  $M=6.9$  Loma Preita، در سال 1989،  $M=6.7$  Northridge در سال 1994،  $M=7.2$  Kobe در سال 1995،  $M=7.6$  Chichi در سال 1999 مشکلات فراوانی را ایجاد کرده است.

## 3. مشکلات ناشی از اندرکنش شریانهای حیاتی هنگام وقوع رخداد زلزله

در زیر به برخی مشکلات ناشی از اندرکنش شریانهای حیاتی اشاره میگردد.

- 1- بسته شدن راه ها ناشی از آسیب و یا فروریزش پل ها
- 2- بسته شدن راهها ناشی از عدم پایداری شیروانی ها و خاکریزها
- 3- بسته شدن راهها ناشی از واژگونی دیوارهای حایل
- 4- نشست در خیابان‌ها ناشی از شکست در تونل‌های مترو و لوله‌های آب و فاضلاب
- 5- بسته شدن راه‌ها ناشی از واژگونی دکل‌های فشار قوی انتقال برق



6- بسته شدن راه‌ها ناشی از فروریزش کلی و یا نمای ساختمان‌های بلند

7- عدم امکان عبور در خیابان‌ها به علت تعمیرات

8- امکان وقوع سیل و جاری شدن آب در خیابان‌ها به علت شکسته شدن لوله‌های آب و فاضلاب

9- ورود آب به تونل‌های مترو و تونل‌های زیرزمینی به علت شکسته شدن لوله‌های آب و فاضلاب

10- نشست‌های بزرگ در خیابان‌ها به علت شکسته شدن لوله‌های آب و فاضلاب و نیز آبخستگی پایه‌های پل‌ها و پی ساختمان‌ها

11- عدم وجود آب در شبکه به علت قطع برق ایستگاه‌های پمپاژ و افت فشار ناشی از شکسته شدن لوله‌ها به علت حرکت زمین و فروریزش ساختمان‌ها

جدول 1 به چند مورد از اثرات اندرکنش شریانهای حیاتی که در زلزله‌های اخیر اتفاق افتاده است اشاره می‌کند.

جدول(1): اثرات اندرکنش شریانهای حیاتی

زلزله	راه آهن	راه ها	شبکه آب	شبکه گاز	شبکه برق	تلفن
Heicheng (1975)	ترک خوردن لوله آب باعث تخریب قسمتی از راه آهن شد		قطعی شبکه آب به مدت 9 ساعت بدلیل قطع برق	لوله گاز به قطر 22 سانتی متر در اثر آسیب دیدن پل شکسته شد		کاهش ظرفیت به علت قطع برق
Tangshan (1976)	مسیر را آهن توسط لوله آب شکسته شده دچار آبرفتگی شد	لوله انتقال نفت و شبکه برق در اثر آسیب دیدن پل شکسته شد	قطعی شبکه آب به مدت 4 روز بدلیل قطع برق	نشست گاز باعث عدم امکان عبور ترافیک شد	برق به علت عدم عملکرد تلفن قطع شد	خسارت دیدن شبکه به علت سر خوردگی پل
Baotou (1996)		رانش ترانشه‌ها باعث عدم امکان عبور شد	تامین آب بدلیل کاهش برق افت پیدا کرد	آب شستگی موجب چپ شدن مخزن گاز شد		کاهش ظرفیت به علت قطع برق
Taiwan ChiChi (1999)		فروریزش پل موجب خسارت به لوله‌های آب و گاز شد و خطوط لوله پی وی سی در اثر نشست در راه‌ها شکسته شدند	نشست در خیابان‌ها موجب آسیب به لوله‌های آب شد	نشست در خیابان‌ها موجب آسیب به لوله‌های گاز شد	بازسازی شبکه برق به علت عدم کارکرد تلفن دچار تاخیر شد	عدم امکان استفاده به علت نبود برق
Jiashi (2003)		تخریب فونداسیون و شکست روسازی موجی شکسته شدن خطوط لوله آب شد		شکست لوله‌های گاز به علت	شکست لوله‌های آب به علت	قطعی موقتی به دلیل نبود برق

شکست بی ساختمان‌ها	روانگرایی		
-----------------------	-----------	--	--

#### 4. دسته بندی اندرکنش شریانهای حیاتی

اندرکنش میان شریانهای حیاتی بسیار پیچیده است در نتیجه برای مطالعه‌ی سودمند و هدفمند آنها را بر اساس خصوصیاتشان به شش دسته تقسیم بندی می کنند.

##### 4-1- اندرکنش عملکردی

پخش خسارت عملکردی ناشی از عدم کارکرد در شریان های مرتبط؛ در این نوع اندرکنش عملکرد ناقص یک شریان در زمان بحران قابلیت سرویس دهی شریانهای مرتبط را کاهش می دهد در واقع شریانهای حیاتی که برای سرویس دهی خود نیاز به یک شریان خاص دارند، در صورت عملکرد ناقص آن شریان در سرویس دهی خود دچار مشکل می شوند. به عنوان مثال عملکرد ناقص شبکه برق رسانی قابلیت سرویس دهی شبکه آبرسانی را کاهش میدهد. یکی راهکارهای حل این مشکل که توسط محققان ارایه شده است افزایش شبکه لازم و تجهیزیات پشتیبانی است که مقاومت خوبی در مقابل زلزله دارند. تا بتوانند پس از وقوع رخداد زلزله نیز ایفای نقش کرده و نقصان عملکردی شریانهای حیاتی را جبران کنند.

##### 4-2- اندرکنش فیزیکی

پخش بحران فیزیکی در میان شریانهای حیاتی؛ هرگاه خرابی و یا نقصان یک شریان موجب خسارات فیزیکی یا نقصان عملکرد شریانهای دیگر شود گوئیم آن دو شریان با یکدیگر اندرکنش فیزیکی دارند. به عنوان مثال فروریزش یک پل موجب پاره شدن کابل های برق یا تلفن متصل به آن می شود و یا آب ناشی از شکسته شدن یک لوله سرعت عملکرد فیبرهای نوری مجاور لوله را کاهش می دهد. یکی راهکارهای حل این مشکل که توسط محققان ارایه شده است داکت های معمول مقاوم در مقابل زلزله است تا هم در زمان وقوع زلزله بتواند مقاومت کافی داشته باشد و هم در زمان بحران کشف محل شکستگی لوله ها و یا پارگی کابل ها را سهولت بخشد همچنین در زمان بازسازی نیز به علت وجود فضای کافی و عدم مجاورت با خاک عملیات بازسازی را آسان تر کرده و مدت زمان بازسازی را نیز کاهش می دهد.

##### 4-3- اندرکنش تقاضایی

تاثیر عملکردی یک شریان حیاتی بر نیاز به شریان های دیگر است؛ به عبارت دیگر هرگاه بر اثر خرابی و یا نقصان عملکرد یک شریان حیاتی نیاز و تقاضا از شریان حیاتی دیگر به عنوان جایگزین افزایش یابد گوئیم

اندرکنش تقاضایی اتفاق افتاده است. در این صورت اگر شریان حیاتی جایگزین دارای ظرفیت لازم و کافی برای پاسخگویی به میزان تقاضا نباشد دچار مشکل شده و نمیتواند نقش خود را در زمان بحران به خوبی ایفا کند. به عنوان مثال از کار افتادن شبکه گازرسانی موجب افزایش تقاضا از شبکه برق رسانی خواهد شد. یکی راهکارهای حل این مساله که توسط محققان ارایه شده است افزایش شبکه لازم و مقاوم در مقابل زلزله و نیز انجام عملیات امداد و بازسازی کافی و مناسب است.

#### 4-4-اندرکنش بازسازی

موانع مختلفی که در روند بازسازی بوجود می آید؛ هرگاه خرابی و عدم عملکرد شریانهای حیاتی موجب شود تا عملیات بازسازی به تاخیر بیافتد گوییم اندرکنش بازسازی اتفاق افتاده است. در واقع اگر برای بازسازی یک شریان به شریان دیگر نیاز داشته باشیم که خود نیاز به بازسازی دارد و یا اینکه خرابی یک شریان پیدا کردن محل خرابی شریان دیگر را به تاخیر بیاندازد گوییم این دو شریان بر یکدیگر اندرکنش بازسازی دارند. به عنوان مثال تاثیر منفی شریانهای مدفون در کشف و بازسازی یکدیگر ( آب و گاز - برق و آب - فاضلاب و آب و ... ) و یا نیاز به برق برای راه اندازی دستگاه های عملیات بازسازی. یکی از راهکارهای ارایه شده پایه گذاردن یک استراتژی بازسازی بهینه برای تمامی شریانهای حیاتی است تا بتوان پس از تحلیل کامل نیازهای بازسازی شریانها و اثر آنها بر بازسازی یکدیگر برنامه ای منطقی برای روند بازسازی پایه ریزی نمود.

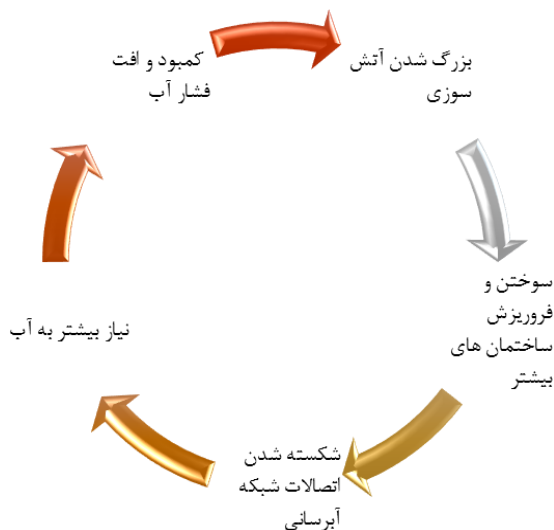
#### 4-5-اندرکنش تزایدی

تحت فشار قرار گرفتن یک شریان ناشی از بی کفایتی اولیه خود سیستم؛ به عبارت دیگر هرگاه زیر مجموعه های یک شریان حیاتی تحت اثر زلزله دچار آسیب شوند و این آسیب موجب شود تا اثر بحران پس از زلزله ناشی از افزایش تقاضا بر شریان افزایش یابد، گوییم شریان حیاتی با خود اندرکنش چرخه ای و یا تزایدی دارد. به عنوان مثال کاهش سطح سرویس شبکه آبرسانی در یک آتش سوزی بزرگ به علت شکست اتصالات آب یک ساختمان که خود در اثر آتش سوزی آسیب دیده است؛ در نتیجه افزایش تقاضا برای آب و بزرگتر شدن آتش سوزی و شکست لوله های آب رسانی بیشتر را به دنبال خواهد داشت (شکل شماره 1). یکی راهکارهای حل این مساله که توسط محققان ارایه شده است افزایش شبکه های مقاوم در مقابل زلزله و نیز بهینه نمودن عملیات امداد و نجات است.

#### 4-6-اندرکنش داخلی

اندرکنش بین مولفه های داخلی یک شریان حیاتی است؛ هرگاه زیر مجموعه ای یک شریان حیاتی دچار مشکل شوند و این مساله باعث شود تا عملکرد آن شریان به طور کامل دچار مشکل شود گوییم شریان حیاتی با

خود دچار اندرکنش داخلی شده است. به طور مثال تجهیزاتی که در یک پست برق وجود دارند با سازه پست برق که وظیفه‌ی اصلی آنها محافظت لرزه‌ای از وسایل و اتصالات شریان حیاتی است اندرکنش داخلی دارند. یکی از راهکارهای کاهش این مساله توجه به طراحی مقاوم لرزه‌ای سازه‌ی محافظت کننده و نیز اتصالات مابین تجهیزات و سازه است همچنین در طراحی خود تجهیزات نیز باید توجه ویژه‌ای بشود.

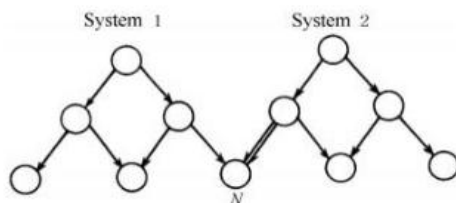


شکل (1): نمونه‌ای از نحوه آسیب در اندرکنش تزیادی

## 5. تحقیقات صورت گرفته بر روی اندرکنش شریانهای حیاتی

Hoshiya و همکاران در سال 1984 و Hoshiya, Ohno در سال 1987 سعی کردند اندرکنش شریانهای

حیاتی را بوسیله‌ی یک دیاگرام تعریف کنند. (شکل 2)



شکل (2): دیاگرام اندرکنش شریانهای حیاتی (Hoshiya و همکاران)

Nojima, Kameda در سال 1991 جدولی را بر مبنای مشاهدات و بر اساس مدل احتمالاتی لرزه‌ای شریانهای حیاتی زلزله‌های گذشته ارائه کردند. (جدول 2)

ارتباطات	حمل و نقل	شبکه آب	شبکه گاز	شبکه برق	
عدم عملکرد دفاتر تلفن - عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی - عدم عملکرد سیستم های آنلاین - از دست دادن اطلاعات	عدم کارکرد چراغ های راهنمایی - عمل نکردن ترانوا ها و مترو ها و مسایل نقلیه برقی	عمل نکردن پمپ ها - عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی	افت فشار گاز - عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی		شبکه برق
	عدم امکان عبور ناشی از عملیات بازسازی	تداخل در بازسازی - کار زیاد ماشین آلات		استفاده اضافی به عنوان وسیله گرمایی	شبکه گاز
کمبود خنک کننده - آب گرفتگی کابل های مدفون - نفوذ آب به کابل های عایق نشده	عدم امکان عبور ناشی از عملیات بازسازی - سیل - کمبود خنک کننده در سیستم هایی که از آب به عنوان خنک کننده استفاده میکنند		تداخل بازسازی - کار زیاد ماشین آلات - کمبود ماده خنک کننده -	کمبود ماده خنک کننده - آب گرفتگی لوله ها و یا کابل های زیر زمینی	شبکه آب
استفاده بیش از حد از تلفن		عدم امکان استفاده از تریلر های حمل آب - تاخیر در عملیات بازسازی - تاخیر در عمیات بازسازی - عدم امکان جابه جایی سوخت و مواد	تاخیر در عملیات بازسازی - تاخیر در عمیات بازسازی - عدم امکان جابه جایی سوخت و مواد	نبود ماشین های باتری دار - تاخیر در عمیات بازسازی - عدم امکان جابه جایی سوخت و مواد	حمل و نقل
	عدم امکان عبور ناشی از عملیات بازسازی - عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی - عدم امکان عملیات عبور برای بازسازی	عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی - عدم امکان عبور برای عملیات بازسازی	عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی - عدم امکان عبور برای عملیات بازسازی	عدم عملکرد سیستم کنترل مرکزی - عدم امکان عبور برای عملیات بازسازی	ارتباطات

جدول (2): جدول ارائه شده بر مبنای مشاهدات لرزه‌ای گذشته (Nojima, Kameda 1991)

Scawthorn در سال 1993 مفهوم ماتریس اندرکنش را ارائه کرد.

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nn} \end{bmatrix}$$

که در آن تاثیر شریان حیاتی زبر روی شریان حیاتی i به صورت  $e_{iz}$  تعریف می شود.

Shinozuka, Tanaka در سال 1996 اندرکنش سیستم های آبرسانی و شبکه‌ی برق را به وسیله روش مونت کارلو محاسبه نمودند. آنها مبنای آسیب پذیری در شبکه‌ی آبرسانی را با توجه به اندرکنش آن با شبکه برق رسانی

ایستگاه‌های پمپاژ در نظر گرفتند، همچنین تاثیر قطعی برق را بر روی سیستم‌های امداد و نجات مثل سازمان مدیریت بحران، بیمارستان‌ها، ترافیک اتوبان‌ها در نظر گرفتند و به این نتیجه رسیدند که هنوز فاصله‌ی زیادی بین مطالعات تئوریک و واقعیت وجود دارد که می‌توان آن را در ضعف ناشی از عدم شناخت میزان هوشمندی و عکس العمل مردم دانست.

Zhang در سال 1992 بازسازی هر شریان حیاتی را با روند مارکوف مدل کرد و درجه‌ی تاثیری که هر شریان بر شریان دیگر داشت را تابعی از حالت آسیب دیده و حالت مطلوب آن شریان و شریان دیگر تعریف کرد همچنین توسط کامپیوتر یک شبیه سازی انجام داد.

فرضیات این روش عبارتند از:

- هر شریان حیاتی به صورت یک مدل مارکوف مدل می‌شود.

- میزان تاثیر هر شریان بر بازسازی شریان دیگر بصورت تابعی از حالت عادی و خسارت دیده شریان‌های حیاتی تعریف می‌شود.

- هر شریان حیاتی بصورت یک زیر مجموعه از کل سیستم قابل ملاحظه است.

نتایج تحقیقاتش نشان میدادند که اندرکنش شریانهای حیاتی به شدت بر روی سرعت و هزینه‌های بازسازی تاثیر دارد.

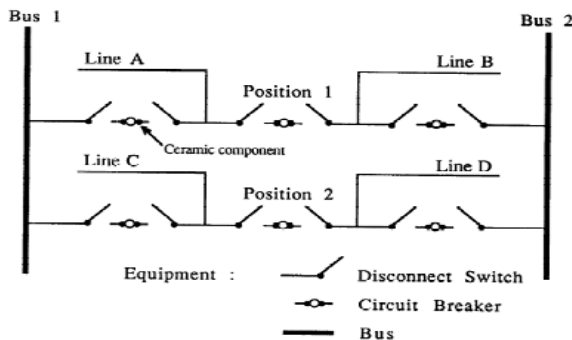
Felix & Jeremy در سال 1995 سازه‌های پست‌های برق و محافظ تجهیزات را شریانهای حیاتی تجهیزاتی نامگذاری کردند در واقع ارتباط مابین سازه‌ی اصلی یک پست برق (شامل قاب‌ها و مهاربندی‌ها) و تجهیزات و وسایل آنرا به عنوان اندرکنشی درون شریانی معرفی کردند (اندرکنش مابین تجهیزات و سازه‌های یک شریان حیاتی) و اندرکنش مابین شریانهای حیاتی شامل این شریان حیاتی را محاسبه نمودند.

Felix در سال 1998 برای دستیابی و شناسایی اندرکنش بین شبکه تلفن و یک شریان حیاتی دیگر در مجاورت آن سیستم را با استفاده از GIS مدل کرد. او عمکرد کلی یک شبکه تلفن را وابسته به تک تک اجزای تشکیل دهنده‌اش تعریف کرد، همچنین تمامی آسیب‌های ممکن را از نظر فیزیکی بررسی کرد، همچنین سعی نمود اندرکنش بین این شریان و شریانهای حیاتی مجاورش را شناسایی کند.

Der Kiureghian و همکاران در سال 1999 بر روی تجهیزات موجود در پست‌های فرعی شبکه برق تحقیق کردند و هر وسیله‌ای را به صورت یک جرم متمرکز با در نظر گرفتن میرایی و سختی آنها به عنوان یک جسم یک درجه آزاد توسط تحلیل خطی مدل و تحلیل نمودند. (شکل 3)

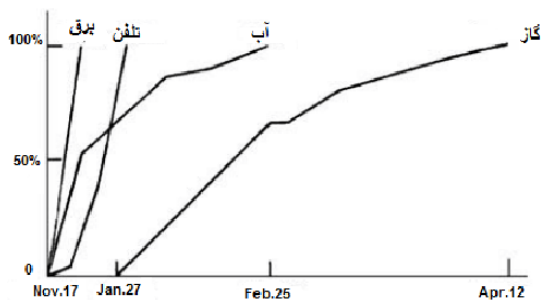
Wen و همکاران در سال 2000 آنالیز اندرکنش برق-نفت و برق-آب را برای کاهش اثرات بحران انجام دادند. آنها در مورد اندرکنش به سادگی صحبت کردند. آنها فرض کردند که تجهیزات و پست‌های برق به هنگام زلزله سالم خواهند ماند که این فرض نتایج آنها را از واقعیت دور کرد.





شکل (3): تجهیزات موجود در یک پست برق

Su & Liu در سال 2001 فاکتورهای تاثیر اندرکنش شریانهای حیاتی بر یکدیگر را با توجه به میزان تاثیر هر شریان حیاتی بر شریان حیاتی دیگر تحلیل و محاسبه نمودند و درجه تاثیر اندرکنش شریانهای حیاتی را بر روی زمان بازسازی بر حسب نوع شریان حیاتی بیان نمودند. (نمودار 1)



نمودار (1): تاثیر اندرکنش شریانهای حیاتی بر روی زمان بازسازی

حسینی، بر روی نیازها و رهیافت‌های مهندسی زلزله‌ی شریانهای حیاتی در سال 77 تحقیق نمود. در آن مقاله ضمن معرفی جامع مهندسی زلزله شریانهای حیاتی و تقسیم‌بندی شریانهای حیاتی مولفه‌های مهم آنها به بررسی ویژگی‌های شریانهای حیاتی و ارائه رهیافت‌هایی جهت کاهش آثار نامطلوب زلزله بر مستحدمات پرداخته شد. حسینی و میرزا حسینی مشکلات ترافیکی در واکنش اضطراری آتش نشانی تهران پس از وقوع زمین لرزه‌ی احتمالی را در سال 77 بررسی نمودند. در آن مقاله با توجه به اهمیت آتش سوزی و اندرکنش واکنش‌های اضطراری آتش نشانی با آن پس از یک زلزله در شهرهای بزرگ به بررسی ویژگی‌های ترافیکی و توانایی خدمت دهی شبکه ترابری آتش نشانی و مشکلات احتمالی و ارائه راهکارهایی برای کاهش مشکلات احتمالی پرداخته شد.

با توجه به وسعت زیاد شهر تهران و مشکلات ترافیکی فراوان و نبود شبکه حمل و نقل جاده‌ای منظم به بررسی محدوده‌ی ایستگاه شماره 11 تهران پرداخته است.

## 6. نتیجه گیری و پیشنهادها

بر اساس مطالعات و تحقیقات انجام شده نتایج زیر به اختصار ارائه می‌شود:

- 1- شبکه آبرسانی بدترین اثر را بر روی سیستم حمل و نقل به خصوص در مناطق قدیمی و فرسوده شهرها دارد.
- 2- مدیریت هجوم مردم به سمت خیابان‌ها امری بسیار مهم و اساسی در سرعت امداد رسانی و دسترسی به مناطق بحران زده است.
- 3- جایگذاری دقیق و با مطالعه قبلی شریان‌های حیاتی و نیز ایستگاه‌های امداد و نجات در سطح شهر بسیار مهم است.
- 4- زمان رخداد زلزله در عکس العمل مردم و نیز امداد رسانی و جریان ترافیک بسیار اهمیت است.
- 5- پلیس در بسیاری از مواقع در بحث مدیریت بحران ( باز نگه داشتن راه‌های دسترسی امداد ) نقش مهمی را ایفا می‌کند.
- 6- آموزش برای مردم و گروه‌های امداد و نجات و نیز پلیس در حین بحران مفید خواهد بود.
- 7- حق تقدم در بازسازی شریان‌های حیاتی مختلف با شبکه برق رسانی است زیرا سرعت بازسازی آن بیشتر از سایر شریان‌ها است و نیز عملکرد آن موجب کمک کردن در بازسازی شریان‌های دیگر خواهد شد.
- 8- امروزه بوسیله Web GIS تحلیل اندرکنش بین شریان‌های حیاتی بوسیله‌ی اطلاعات واقعی در یک سیستم شهری ساده و دقیقتر شده است.
- 9- جمع‌آوری اطلاعات اساسی در مورد جزئیات در منطقه‌ی تحت مطالعه سخت است و یا اینکه با توجه به تغییرات خواص فیزیکی و شیمیایی برخی از شریان‌ها همانند لوله‌های مدفون انتقال آب منحنی‌های شکنندگی ثابتی برای آنها نمی‌شود تعریف کرد.

با توجه به موارد فوق به نظر می‌رسد تحقیقات در زمینه‌های آموزش مردمی، عملکرد انتظامی و آموزش تیمهای تعمیراتی برای عملکرد مناسب و از پیش برنامه ریزی شده در زمان بحران مورد نیاز می‌باشد.

## 7. مراجع

- 1- مشکلات ترافیکی در واکنش اضطراری آتش نشانی تهران پس از وقوع زمین لرزه‌ی احتمالی - علی میرزا حسابی، محمود حسینی - اردیبهشت 1377
- 2- مهندسی زلزله شریانهای حیاتی، نیازها و رهیافت ها - محمود حسینی - اردیبهشت 1377
- 3-Bob-Lau -John. M .Eidinger,1991, Water-Power lifeline interaction
- 4-R.H.Zhang,1992, Lifeline interaction and post earthquake urban system reconstruction
- 5-M.Shinozuka,1996, Effects of lifeline interaction under seismic condition
- 6-Mahmood Hosseini .Alireza Hessabi,1999, Lifeline interaction effects on the earthquake emergency response of fire department in tehran metropolis
- 7-Yao bao hua -Xie lili -Hou Enjie,Mar2004, A comprehensive study method for lifeline system interaction under seismic condition
- 8-Tang Aiping -Ou Jingping,Aug2004, Lifeline systems interaction and their seismic performance assessments
- 9-Yao bao hua -Xie lili -Hou Enjie,Aug2004, Study effect of lifeline interaction under seismic condition
- 10 -M.J.O'rourke,Aug2004, soil structure interaction facility for lifeline systems
- 11-Mahmood Hosseini,Oct 2008,a procedure for risk mitigation of water supply system in large and populated cities
- 12- Mahmood Hosseini,May2003,The latest achievements in seismic evaluation methods and upgrading techniques for Gas & Water Lifelines
- 13-S.E.Chang,1998,Measuring lifeline system performance: Highway transportation systems in recent earthquakes build on KOBE and Northridge experiences
- 14- Mahmood Hosseini,Oct 2008,A risk management model for inter city road systems
- 15-M.shinozuka,Aug.2004,transportation network simulation for dynamic origin destination matrix under earthquake damage
- 16-T.D.O'rourke,Jan. 2003,large scale of experiments of buried steel pipelines with elbows subjected to permanent ground deformation



17- Hirouky KAMEDA,2000,Engineerin management of lifeline systems under earthquake risk