بسم الله الرحمن الرحيم

٩٤٧٧٧

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)
دانشکده فنی و مهندسی- گروه عمران

قابلیت اطمینان شبکه های حمل و نقل پس از زلزله

۱۳۸۷ /۲/ ۳۱۲

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته
مهندسی و برنامه ریزی حمل و نقل

استاد راهنما : دکتر امیر عباس رصافی

حُجر مومنی

اسفند۸۶

۹۳ ۷۷۷

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

دانشکده فنی و مهندسی– گروه عمران

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد حجر مومنی دانشجوی رشته مهندسی و برنامه ریزی حمل و نقل با عنوان:

<< قابلیت اطمینان شبکه های حمل و نقل پس از زلزله>>

در روز یکشنبه مورخ ۸۶/۱۲/۵ در آمفی تئاتر دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بین المللی امـام خمینـی(ره) تشکیل گردید و مورد تأیید نهایی هیأت داوران قرار گرفت.

۱- استاد راهنما:

دکتر امیرعباس رصافی

۲- داور داخلی:

دکتر ناصر پورمعلم

۳- داور خارجی:

دکتر کی‌منش

٤- داور تحصیلات تکمیلی:

دکتر رضا ضیایی مؤید

تقدیم به:

همسرم،

پدر و مادرم،

و همه آنانکه اندیشیدن را جلوه‌ای از آدمیت می دانند؛

چکیده

امروزه یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی، وجود شریان‌های حیاتی با کمیت و قابلیت اطمینان بالا می‌باشد. شریان‌های حیاتی علاوه بر نقش مهمی که در زندگی عادی جوامع ایفا می‌کننـد، در هنگـام بروز بحران‌ها نیز به عنوان یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در تغییر وضعیت بحرانی و بازگرداندن آن به وضیت عادی به شمار می‌روند. در این میان اهمیت شبکه حمل و نقـل و نقـش آن در پیـشرفت و توسعه جوامع و نیز تاثیر حیاتی آن در هنگام بروز حوادث، بر کسی پوشیده نیست. وجود یک شبکه حمل و نقلی با قابلیت اطمینان بالا، که علاوه بر رونق توسعه و پیشرفت، توانـایی ارائـه خـدمات در شرایط بحرانی چون زلزله را داشته باشد، از آرمان‌های هر جامعه توسعه‌گرایی است.

در این پایان‌نامه تلاش شده است تا با یافتن رابطه‌ای میان پارامترهای سفر در شـبکه و وضـعیت شبکه پس از زلزله و نیز استفاده از برخی مفروضات، یک متدلوژی برای تعیین قابلیت اطمینان شـبکه حمل و نقل تبیین گردد. بدین منظور با استفاده از زمان سفر در شبکه، به عنوان معیار قابلیت اطمینـان شبکه و بهره گرفتن از الگوریتم تخصیص جزیی اصلاح شده، و همچنین تعریف برخی پارامترها برای پذیرش افزایش زمان سفر در شبکه، روشی برای تعیین قابلیت اطمینان شبکه حمل و نقل پس از زلزله ارائه شده است.

تقدیر و تشکر:

سپاس نخستین خویش را به یگانه دادار هستی می فرستم، از آن‌روی که مرا هماره یاری رسانده و در همه گاه‌های زندگیم روشنایی خوبی‌هایش را بر من تابانده، پس از آن، از استادانم جناب آقایان دکتر امینی، دکتر پور معلم و دکتر رصافی از برای آن چه در این سال های دانشجوییم از آنان آموخته‌ام سپاسگزاری نموده و بزرگواریشان را ارج می‌نهم، همچنین از جناب آقای دکتر رصافی به سبب راهنمایی‌های ایشان در به انجام رساندن این پایان نامه تقدیر و تشکر می‌نمایم. دیگر سپاس خویش بر استاد ارجمند جناب آقای دکتر کی‌منش هدیه می کنم، که رنج خواندن این پایان نامه بر خود روا داشته و در جلسه دفاعیه حضور یافته اند. از جناب آقای دکتر بسطامی نیز که در طول این مدت مرا در گردآوری مراجع لاتین یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر می نمایم. در پایان نیز از خانواده‌ام به ویژه همسرم به خاطر پشتیبانی‌هایشان سپاس و قدردانی می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول–مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- تعریف مسأله و اهمیت آن ۳
۱-۳- اهمیت پژوهش ۶
۱-۴- فصل های پایان نامه ۷
۱-۵- خلاصه و نتیجه گیری ۷

فصل دوم–بررسی مطالعات پیشین

۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- مطالعات در زمینه شریان های حیاتی غیر از حمل و نقل ۱۰
۲-۳- مطالعات در زمینه شریان های حمل و نقل ۲۱
۲-۴- استفاده از قابلیت اطمینان برای برنامه های بهسازی شبکه ۴۲
۲-۵- خلاصه و نتیجه گیری ۴۴

فصل سوم–ارائه یک مدل محاسبه قابلیت اطمینان

۳-۱- مقدمه ۴۷

۳-۲- تعیین احتمال بقای کمان ها ۴۹
۳-۳- حالات مختلف برای شبکه در معرض زلزله ۵۴
۳-۴- احتمال حالت های مختلف برای شبکه ۵۶
۳-۵- تعریف معیار قابلیت اطمینان شبکه حمل و نقل ۵۸
۳-۵-۱- تعیین r، نسبت پذیرش افزایش زمان سفر در شبکه ۵۹
۳-۵-۲- استفاده از تخصیص جزئی اصلاح شده در قابلیت اطمینان ۶۰
۳-۵-۳- پذیرش زمان سفرها بر مبنای پارامتر نسبت پذیرش زمان سفر ۶۳
۳-۵-۴- شاخص معیار دوتایی بر مبنای ماکزیمم زمان سفر حالت نرمال ۶۴
۳-۶- محاسبه قابلیت اطمینان شبکه ۶۵
۳-۶-۱- محاسبه قابلیت اطمینان برای یک مبدأ-مقصد در شبکه ۶۵
۳-۶-۲- استفاده از یک روش تقریبی برای کاهش زمان محاسبه ۶۶
۳-۶-۳- محاسبه قابلیت اطمینان برای کل شبکه ۶۹
۳-۷- خلاصه و نتیجه گیری ۷۲

فصل چهارم–اجرای مدل ارائه شده بر روی شبکه

۴-۱- مقدمه ۷۴
۴-۲- برنامه نویسی برای حل مسأله قابلیت اطمینان ۷۵
۴-۳- فرضیات مسأله ۷۵
۴-۴- حل مسأله قابلیت اطمینان برای یک شبکه فرضی ۷۶
۴-۴-۱- تعریف یک شبکه ۷۶
۴-۴-۲- تعریف حالت های ممکن برای شبکه ۷۸
۴-۴-۳- تخصیص ترافیک برای مبدأ- مقصد های مختلف در حالت های محتمل ۸۱

۴-۴-۴- محاسبه قابلیت اطمینان شبکه ۸۹
۴-۵- حل مسأله قابلیت اطمینان برای بخشی از شبکه Sioux Falls ۹۲
۴-۵-۱- تعریف زیر شبکه ۹۲
۴-۵-۲- محاسبه قابلیت اطمینان شبکه ۹۵
۴-۶- جمع بندی و نتیجه گیری ۹۹

فصل پنجم–جمع بندی و نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه ۱۰۱
۵-۲- خلاصه ای از پژوهش و نتیجه های حاصله ۱۰۱
۵-۳- پیشنهادها و افق پژوهش های جدید ۱۰۵
۵-۴- خلاصه و نتیجه گیری ۱۰۶

منابع

فهرست منابع ۱۰۸

پیوست

کد برنامه استفاده شده برای تعیین قابلیت اطمینان شبکه ۱۱۴

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- نمونه ای از یک کمان و زیرکمان های آن ۵۲

شکل ۳-۲- شبکه ساده با دو گره و دو کمان ۵۶

شکل ۳-۳- شبکه نمونه با سه گره و چهار کمان ۵۷

شکل ۴-۱- شبکه فرضی با پنج گره و شش کمان ۷۷

شکل ۴-۲- شبکه **Sioux Falls** و زیرشبکه انتخابی ۹۲

شکل ۴-۳- زیر شبکه انتخابی از شبکه **Sioux Falls** ۹۳

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- احتمال بقا و خرابی کمان های شبکه شکل ۳-۳ ..... ۵۸

جدول ۴-۱- اطلاعات کمان های شبکه شکل ۴-۲ ..... ۷۷

جدول ۴-۲- ماتریس تقاضای مبدأ-مقصد های شکل ۴-۲ ..... ۷۸

جدول ۴-۳- حالت های مختلف شبکه فرضی شکل ۴-۲ و احتمال
رخداد هر حالت ۸۰

جدول ۴-۴- زمان سفر در حالت های مختلف محتمل برای شبکه و
معیار دوتایی پذیرش زمان B برای هر حالت برای r=1.1 ..... ۸۴

جدول ۴-۵- قابلیت اطمینان مبدأ-مقصدها و کل شبکه شکل ۴-۲
برای مقدار های مختلف r ۹۰

جدول ۴-۶- اطلاعات کمان های شبکه شکل ۴-۴ ..... ۹۴

جدول ۴-۷- ماتریس تقاضای مبدأ-مقصدهای شکل ۴-۴ ..... ۹۵

جدول ۴-۸- قابلیت اطمینان مبدأ-مقصد های کل زیرشبکه
SiouxFalls ۹۷

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۳-۱- فلوچارت تخصیص جزئی جهت تعیین قابلیت اطمینان ۶۲

نمودار ۳-۲- ارائه مراحل تعیین قابلیت اطمینان شبکه حمل و نقل ۷۱

نمودار ۴-۱- نمودار تغییرات قابلیت اطمینان شبکه مقدار r ۹۰

نمودار ۴-۲- نمودار تغییرات قابلیت اطمینان زیر شبکه **SiouxFalls**
با مقدار r ۹۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه :

جوامع بشری با وجود پیشرفتهای فراوان علمی و تکنولوژیکی، هنوز هم از حوادث قهری طبیعی رنج برده و آسیب می‌بینند؛ از جمله اثرات مخرب این حوادث، صدمه‌هایی است که به شبکه‌های شریان‌های حیاتی[1]، نظیر خطوط انتقال آب و فاضلاب، نیرو و انرژی، خطوط ارتباطی[2] و مخابراتی، و همچنین شبکه‌های حمل و نقلی وارد می‌شود. علاوه بر سوانح و حوادث طبیعی، حوادث مخرب دیگری نیز که عموما به دست بشر زاده می‌شوند نظیر حملات تروریستی ویا رخدادهایی که منشاء بشری دارند نظیر بروز تصادفات در شبکه‌های حمل و نقلی و انفجارات اتفاقی در خطوط انتقال نیرو باعث کاهش عملکرد یا قطع آن در شبکه‌های شریان‌های حیاتی می‌گردند. تخریب این شبکه‌ها موجب کاهش ایمنی، امنیت، بهداشت و سلامتی و به خطر افتادن رفاه عمومی و اجتماعی می‌گردد.

1-Lifelines

2-Telecommunication

بدین منظور بررسی عملکرد شبکه‌های شریان‌های حیاتی و خطر پـذیری و آسـیب پـذیری در فعالیت‌های این شبکه‌ها برای بسیاری از محققـان، مـدیران و برنامـه ریـزان شـهری حـائز اهمیـت بوده است. درک صحیح از عملکرد شبکه‌های شریان‌های حیاتی و میزان اثر آسیب‌ها در عملکرد آن، ما را با نقاط ضعف شبکه آشنا کرده و موجب آن می‌گردد تا بتوانیم در برنامه‌های آتی جهت بهبـود عملکرد آن یا توانمندتر ساختن شبکه به شکل صحیح‌تری عمل نموده و نیز ما را در استفاده بهینـه از منابع مالی در دسترس یاری می‌رساند.

در این فصل به معرفی شریان‌های حیاتی پرداخته، در ادامه مسأله تعیین قابلیـت اطمینـان شـبکه حمل و نقل و اهمیت آن را تبیین نموده و ساختار پایان‌نامه را توضـیح مـی‌دهـیم. در پایـان نیـز بـا نتیجه‌گیری از این فصل، خاتمه فصل را رقم می‌زنیم.

۱-۲- تعریف مسأله و اهمیت آن:

شریان‌های حیاتی به شبکه‌هایی نظیر خطوط لوله[1]، شبکه‌های حمل و نقل، سیستم‌های انتقال نیرو و سیستم‌های مخـابراتی و ارتبـاطی کـه بـه صـورت شـبکه‌هـای گـسترده‌ای در نـواحی جغرافیـایی گسترده شده‌اند، گفته می‌شود [۱۰]. این شبکه‌ها نقش بسیار اساسی در زندگی انسان‌ها بازی می‌کننـد، به گونه‌ای که نقص و یا از کار افتادن هر یک ممکن است موجب بروز فجـایع زیـست محیطـی یـا انسانی گردد.

1-Pipelines

تفاوت عمده‌ای که میان سازه‌های مهم نظیر نیروگاه‌ها، سدها و برج‌های بلند و شریان‌های حیاتی، به رغم اهمیت بسیار زیاد هر دوی آن‌ها و تبعات زیاد ناشی از خرابی هریک، وجود دارد این است که سازه‌های بسیار پر اهمیت نظیر سدها، نیروگاه‌های حرارتی، راکتورهای هسته‌ای و نظایر آن‌ها، به صورت متمرکز[1] می‌باشند، حال آن که شریان‌های حیاتی همواره در محدوده وسیع جغرافیایی گسترده هستند. تجربه‌های نه چندان دور، در زلزله‌های رخ داده، حتی در کشورهای پیشرفته‌ای چون ایالات متحده آمریکا(زلزله لوما پریتا[2] در سال ۱۹۸۹ و زلزله نورث ریج[3] در سال ۱۹۹۴) و ژاپن(زلزله کوبه[4] در سال ۱۹۹۵) که مطالعات گسترده‌ای در زمینه زلزله داشته اند[۱۵ و ۳۳]، لزوم تحقیقات بیشتر در زمینه بررسی عملکرد شریان‌های حیاتی من جمله شبکه حمل و نقل در زمان وقوع زلزله و پس از آن را نشان داده است.

همانگونه که انتظار داریم که سازه‌های ساخته شده در مناطق شهری در برابر زلزله مقاومت نمایند و فرو نریزند، از شبکه‌های شریان‌های حیاتی نیز علاوه بر عملکرد مناسب در شرایط نرمال و عادی، انتظار تحمل بارهای ناشی از زلزله را داریم، اما از آنجا که ممکن است زلزله بیش از توان شبکه‌های شریان‌های حیاتی بدان‌ها وارد آید، لذا لازم است که این شبکه‌ها قادر باشند، حداقل سطح سرویس ارائه دهند، که بررسی این امر با معرفی پارامتری چون قابلیت اطمینان شبکه میسر می‌باشد.

با مقایسه‌ای میان سیستم‌های حمل و نقل و سایر شریان‌های حیاتی نظیر شبکه‌های انتقال آب و انرژی یا شبکه‌های توزیع نیرو می‌توان به راحتی دریافت که شبکه‌های حمل و نقل دارای پیچیدگی‌های بیشتری نسبت به سایر شریان‌ها می‌باشند، زیرا در شبکه‌هایی نظیر شبکه توزیع آب،

1-Central

2 - Loma Prieta
3 - Northridge
4 - Kobe

مقدار جریان آب در شبکه قابل محاسبه است، همچنین در صورت بروز حادثه یا خرابی در شبکه، جریان آبی که هرز می‌رود[1] و پیش بینی توزیع جریان پس از آن با سختی زیادی روبرو نیست[۲۹]؛ اما در شبکه حمل و نقل علاوه بر تغییر تقاضا و لذا تغییر جریان در شبکه که مانند دیگر شبکه‌های شریان‌های حیاتی می‌باشد، نوع خرابی و حادثه برای شبکه‌های حمل و نقل به جهت تنوع در عناصر تشکیل دهنده شبکه و ساختمان آن‌ها نظیر پل‌ها، تونل‌ها، خیابان‌ها، بزرگراهها و آزاد راهها و همچنین وجود ساختمان‌ها و بناهای موجود در مجاورت شبکه حمل و نقل بسیار پیچیده تر و گسترده تر می‌باشد. به علاوه در دیگر شریان‌های حیاتی آنچه در شبکه جریان دارد، ماده یا امواج یا هر چیز دیگر، رفتار مشخص و از قبل شناخته شده‌ای دارد حال آنکه آنچه در شبکه حمل و نقل جریان می‌یابد، خودروهایی هستند که هدایت کنندگان آن‌ها، یعنی رانندگان، رفتار مشخص و معلومی ندارند که البته اگر عدم آگاهی آنان به مسیرهای آسیب دیده و عدم امکان اطلاع رسانی را به آن بیفزاییم پیچیدگی‌های بیشتری از شبکه حمل و نقل بر ما نمایان می‌شود.

در کنار همه آنچه که گفته شد، می‌توان آثار اقتصادی خرابی شبکه حمل و نقل پس از بروز زلزله را، به علل اهمیت مطالعه وضعیت شبکه افزود، به گونه‌ای که زلزله نورث ریج در سال ۱۹۹۴ نزدیک به ۱,۵ میلیارد دلار تنها از طریق آسیب در شبکه حمل و نقل خسارت دید[۳۱].

یک شبکه حمل و نقلی، زمانی قابل اطمینان می‌باشد که هزینه سفر، حتی اگر استفاده کنندگان از شبکه نسبت به حالت آن بی نهایت بدبین باشند، در حد قابل قبولی باشد[۱۴]. و یا می‌توان قابلیت اطمینان شبکه برای یک گروه استفاده کننده از زوج مبدا- مقصد (k,s) را، احتمال این که شبکه در یک وضعیت مناسب برای استفاده کنندگان بعد از حادثه، باقی بماند[۲۶]، دانست.

1-Leakage Flow

در این مطالعه قابلیت اطمینان شبکه حمل و نقل را، احتمال آن که زمان سفر میان مبدأ-مقصدهای مختلف از حد مشخص و از پیش تعریف شده‌ای، فراتر نرود، بیان می‌نماییم.

تحلیل قابلیت اطمینان شبکه اساسا به ارزیابی عملکرد یک شبکه به شرط توانایی آن به ادامه سرویس دهی در صورت گسستن برخی مولفه‌هایش مربوط می‌گردد. بررسی قابلیت اطمینان شبکه‌های شریان‌های حیاتی و استفاده از روش‌های احتمالاتی برای ارزیابی کمی قابلیت اطمینان شبکه‌های شریان‌های حیاتی تحت زلزله از این رو مهم است که بتوان ایمنی مناسبی برای یک جامعه شهری که در معرض زلزله قرارگرفته، برای خطرات ثانوی پس از زلزله فراهم نموده و تضمین نماید[۱۰].

۱-۳- اهمیت پژوهش:

پرداختن به شریان‌های حیاتی و عملکرد آن‌ها، پس از زلزله، به سبب تاثیراتی که در بازگرداندن شرایط به وضعیت عادی دارند، حائز اهمیت می‌باشد. در این میان شبکه حمل و نقل از اهمیت دو چندانی برخوردار است، زیرا عملکرد مناسب شبکه پس از زلزله، علاوه بر آن که امکان امدادرسانی به آسیب دیدگان زلزله را با سرعت بیشتری فراهم می‌آورد، در بازسازی شریان‌های دیگر و جلوگیری از بروز حوادث ثانوی پس از زلزله که در صورت عدم رسیدگی به موقع به بخش‌های آسیب دیده شریان‌های حیاتی دیگر رخ خواهند داد، نقشی اساسی ایفا می‌کند.

همچنین آثار اقتصادی ناشی از کاهش عملکرد شبکه‌های حمل و نقل، که پیامد حوادثی چون زلزله می‌باشد، لزوم پرداختن به عملکرد این شبکه‌ها را بیشتر نمایان می‌سازد.

واقع شدن کشور ما بر روی کمربند زلزله نیز، از دیگر عللی است که پژوهش و تحقیق در این زمینه را توجیه پذیر می‌نماید.

۱-۴- فصول پایان نامه :

این پایان نامه از ۵ فصل تشکیل شده است که در فصل اول که فصل حاضر می‌باشد به معرفی مساله قابلیت اطمینان در شبکه‌های حمل و نقل پس از بروز زلزله پرداختیم در فصل دوم به مرور منابع و کارهایی که در گذشته در دنیا و ایران انجام شده است اهتمام می‌ورزیم، در ادامه و در فصل سوم روش به کار گرفته شده در مطالعه حاضر را مورد بررسی قرار می‌دهیم و در فصل چهارم نیز مدل ارائه شده در این پایان نامه را بر روی شبکه حمل و نقل اجرا نموده، و در فصل پنجم و آخر به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات می‌پردازیم.

۱-۵- خلاصه و نتیجه‌گیری:

در این فصل شریان‌های حیاتی را تعریف نموده و آثار عملکرد صحیح یا مختل شده آنان را بیان کردیم. به شبکه حمل و نقل به عنوان یکی از شریان‌های حیاتی پرداخته و آن را با دیگر شریان‌های حیاتی مقایسه کردیم و علل پیچیدگی شبکه حمل و نقل را خصوصاً پس از وقوع زلزله توضیح دادیم. اثراتی که زلزله می‌تواند بر شبکه حمل و نقل داشته باشد را گفته و آثار ناشی از شبکه حمل و نقل آسیب دیده را بیان کردیم. پس از آن به فصول پایان نامه پرداخته و عناوین آن را معرفی نمودیم.

فصل دوم

بررسی مقالات پیشین