دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش زلزله

مدلسازی احتمالاتی انسداد شبکه حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله، مطالعه موردی منطقه ۳ شهری تهران

استاد راهنما :

دکتر محمد رضا ذوالفقاری

نگارش :

میثم مغیثی

۸۷۰۳۵۰۴

تیر ماه ۹۰

به پاس قدردانی تقدیم به:

روح پدر مهربانم؛

مادر دلسوزم که بس بزرگوار است و رنج دوری ام را به قیمت موفقیتم تحمل کرد؛

و آن عزیزی که حضورش مایه دلگرمی ام است.

تشکر وقدردانی :

در ابتدا لازم می‌دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمدرضا ذوالفقاری به خاطر پیگیری‌های مستمر ایشان سپاسگزاری نمایم. ایشان طی یکسال و نیم مراحل این پژوهش پیوسته راهنما و مشوق اینجانب بوده‌اند و چنانچه آموزش‌ها و کمک‌های بی دریغ ایشان نبود، دستیابی به نتیجه مطلوب امکان نداشت.

همچنین کمک‌ها و همیاری‌های آقای مهندس نصیرزاده در امر برنامه نویسی نرم افزار تولید شده و همچنین راهنمایی‌ها و کمک‌های خانم دکتر پیغاله در این پایان نامه را ارج می‌نهم و از ایشان تشکر می‌کنم.

از شرکت مطالعات ترافیک و حمل و نقل تهران و شهرداری منطقه ۳ شهر تهران و همچنین شرکت مهندسین مشاور شاران به خاطر در دسترس قرار دادن اطلاعات لازم نیز کمال سپاسگذاری را دارم.

ضمنا از دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی به علت فراهم نمودن امکان این پژوهش قدردانی می‌نمایم.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

تائیدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت درجلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان :

مدلسازی احتمالاتی انسداد شبکه حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله، مطالعه موردی منطقه ۳ شهری تهران

توسط آقای **میثم مغیثی**، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته: *مهندسی عمران*، گرایش: *زلزله*، بارتبه ..... مورد تائید قرار می‌دهند.

۱-	**استاد راهنما**	آقای دکتر محمد رضا ذوالفقاری	امضاء
۲-	**استاد مشاور**	آقای دکتر	امضاء
۳-	**استاد مشاور**	آقای دکتر	امضاء
۴-	**ممتحن خارجی**	آقای دکتر سید محمود حسینی	امضاء
۵-	**ممتحن خارجی**	آقای دکتر	امضاء
۶-	**ممتحن داخلی**	آقای دکتر منصور حاجی حسینلو	امضاء
۷-	**ممتحن داخلی**	آقای دکتر	امضاء
۸-	**نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده**	آقای دکتر منصور حاجی حسینلو	امضاء

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه: **مدلسازی احتمالاتی انسداد شبکه حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله، مطالعه موردی منطقه ۳ شهری تهران**

استاد راهنما : دکتر محمدرضا ذوالفقاری

نام دانشجو: میثم مغیثی

شماره دانشجویی: ۸۷۰۳۵۰۴

اینجانب میثم مغیثی، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می-باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو

تاریخ :

فرم حق طبع ونشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها باموافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

سیستم حمل و نقل درون شهری یک سیستم شبکه‌ای متغیر و توزیع شده به شکل گسترده می‌باشد که نقش عملکردی آن می‌تواند تحت صدمات و خرابی‌های ناشی از وقوع زلزله دچار اختلال گردد که مشکلات بسیاری را برای شبکه و بهبود و اصلاح فوری به همراه دارد و منجر به خسارات مستقیم و غیر مستقیم می‌گردد. سیستم حمل و نقل درون شهری در زمینه حوادث پس از زلزله مسیری برای فرستادن پرسنلی مانند گروه امداد و نجات، گروه مهندسی، گروه بیمه و ... است که در این زمینه وارد می‌شوند که کاهش تلفات را با انجام سریع عملیات امداد و نجات، به دنبال دارد.

در مدل‌هایی که تا کنون برای تحلیل عملکرد لرزه‌ای شبکه حمل و نقل درون شهری تهیه شده است، عدم قطعیت‌های موجود به خوبی مدل نشده و هیچ یک از مدل‌های موجود اثر فرو ریزش ساختمان‌ها را در نظر نگرفته‌اند. لذا در این پایان نامه، به طراحی و توسعه مدلی احتمالی برای تحلیل انسداد جاده‌ای شبکه حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله، می‌پردازیم و در آن از روش‌های شبیه سازی مونته کارلو و درخت منطقی، برای مدل سازی عدم قطعیت‌ها استفاده شده است. برای پیاده سازی مدل پیشنهادی نیز برنامه کامپیوتری و گرافیکی در محیط GIS، تهیه شده است که احتمال انسداد جاده‌ها در حالات مختلف انسداد (بدون انسداد، انسداد کم، انسداد متوسط و انسداد زیاد) در اثر آسیب پذیری لرزه‌ای وارده به مو لفه‌های تأثیر گذار مجاور یک مسیر (ساختمان و پل)، محاسبه می‌نماید. نتایج آنالیزهای انجام شده به صورت نقشه‌های احتمالاتی انسداد جاده‌ای شبکه در دوره بازگشت‌های مختلف وقوع زلزله ارائه می‌شود.

به عنوان مطالعه موردی، بخشی از شبکه حمل و نقل درون شهری منطقه ۳ تهران، برای کاتالوگ زلزله‌های شبیه سازی شده ۱۰۰۰ ساله تهران مورد بررسی قرار گرفته است. که از نتایج این مدل پیشنهادی، می‌توان برای مصارف مدیریت بحران و الویت بندی بازسازی و مقاوم سازی المان‌های تأثیر گذار بر انسداد جاده‌ای استفاده کرد.

علاوه بر کارآیی نقشه‌های تهیه شده از احتمال انسداد جاده‌ای، نتایج دیگری می‌توان از این خروجی‌ها گرفت که عبارتند از استفاده این نقشه‌ها برای پیدا کردن مسیر بهینه بین دو نقطه اختیاری از شبکه، (با توجه به ارزش گذاری که مسیرهای موجود بر مبنای کمترین احتمال انسداد جاده‌ای شده‌اند) و همچنین با انجام آنالیز مسیر ذکر شده برای تمام نقاط موجود در شبکه که هر یک دارای جمعیت خاصی می‌باشند، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه بندی بر مبنای شاخص دسترسی پس از وقوع زلزله، شده است. بدین ترتیب می‌توان، نقاطی که بعد از وقوع زلزله می‌توانند خدمت پذیری بهتری را به جمعیت توزیع شده بین نقاط مختلف موجود در حد فاصل حوزه دسترسی مورد نظر می‌دهند را پیدا کرد، که این نتایج هم می‌توانند برای مصارف مدیریت بحران و مکان‌یابی ایستگاههای امداد و نجات و آتش‌نشانی و یا حتی بیمارستان‌ها کارآیی داشته باشند.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهمیت موضوع ۳

۱-۳ اهداف پایان نامه ۴

۱-۴ قلمرو کاربرد ۵

۱-۵ محدودیت ها ۶

۱-۶ روش تحقیق ۶

۱-۷ ساختار فصول پایان نامه ۷

فصل دوم : مروری بر ادبیات تحقیق ۸

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ ویژگی شریانهای حیاتی و آسیب پذیری آنها طی خطرات زلزله ۹

۲-۳ شبکه راه ۱۱

۲-۴ اهمیت شبکه حمل و نقل به عنوان یک شریان حیاتی مهم ۱۲

۲-۵ خرابی‌های شبکه راه ناشی از زلزله ۱۲

۲-۶ تاریخچه‌ای از عملکرد سیستم حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله ۱۸

۲-۷ تعریف مدیریت ریسک سوانح طبیعی ۲۵

۲-۷-۱ روش‌های موجود برآورد ریسک ۲۹

۲-۷-۲ ریسک شبکه حمل و نقل ۳۰

۲-۷-۳ ارزیابی ریسک لرزه‌ای اجزای زیر ساختاری شبکه حمل و نقل ۳۲

۲-۸ آسیب پذیری شبکه حمل و نقل درون شهری ۳۳

۲-۹ بازنگری بر روشهای آسیب پذیری لرزه ای برای شبکه حمل و نقل جاده‌ای ۳۶

۲-۹-۱ عملکرد و آسیب پذیری سازه‌ای ۳۶

۲-۱۰ روشهای مدلسازی عدم قطعیت‌ها ۳۹

۲-۱۰-۱ روش درخت منطقی ۳۹

۲-۱۰-۲ روش مونته کارلو ۴۱

۲-۱۱ نتیجه گیری ۴۲

فصل سوم : مدل پیشنهادی برای تحلیل احتمالاتی انسداد جاده‌ای پس از وقوع زلزله ۴۴

۳-۱مقدمه ۴۵

۳-۲ الگوریتم پیشنهادی برای آسیب پذیری لرزه ای شبکه حمل و نقل درون شهری ۴۵

۳-۲-۱ مدل تحلیل خطر زلزله ۴۸

۳-۲-۲ مدل برآورد جنبش زمین ۵۱

۳-۲-۲-۱برآورد گسیختگی زمین ۵۲

۳-۲-۳ رابطه کاهندگی استفاده شده در الگوریتم ۵۴

۳-۲-۳-۱ مدل‌سازی عدم قطعیت رابطه کاهندگی ۵۷

۳-۳ برآورد آسیب پذیری لرزه‌ای ارزش‌های در معرض خطر ۵۸

۳-۴ مدل‌سازی اثر خرابی و پیشروی آوار ساختمانی بر انسدادهای جاده‌ای ۶۱

۳-۴-۱ تیپ بندی ساختمان‌ها ۶۷

۳-۴-۲ کلاس بندی خرابی ۶۹

۳-۴-۳ اشکال و الگوهای خرابی ۷۲

۳-۴-۳-۱ اشکال خرابی، در صد وقوع و پیشروی آوار ۷۳

۳-۵ مدلسازی اثر خرابی لرزه‌ای پل‌ها بر انسدادهای جاده‌ای ۹۱

۳-۶ تاثیر توام خرابی و فرو ریزش آوار ساختمانی و پل بر انسدادهای جاده‌ای ۹۷

۳-۷ برآورد تخریب ارزش‌ها و خروجی‌های مدل ۹۸

۳-۷-۱ تحلیل مسیر شبکه حمل و نقل درون شهری، قبل و پس از وقوع زلزله ۹۸

۳-۷-۲ تحلیل پهنه بندی نوحی شهری بر مبنای شاخص دسترسی پس از وقوع زلزله ۱۰۰

۳-۸ نتیجه گیری ۱۰۲

فصل چهارم : معرفی نرم افزار تحلیل احتمالاتی انسداد شبکه حمل و نقل (مطالعه موردی منطقه ۳ شهری تهران) ۱۰۳

۴-۱ مقدمه ۱۰۴

۴-۲ برنامه تحلیل انسداد جاده‌ای شبکه حمل و نقل درون شهری پس از وقوع زلزله ۱۰۴

۴-۲-۱ ورودی‌های مورد نیاز برنامه ۱۰۵
۴-۲-۱-۱ اطلاعات مورد نیاز برای برآورد ارزشهای در معرض خطر ۱۰۵
۴-۲-۱-۲ اطلاعات مورد نیاز برای برآورد آسیب پذیری ارزشهای در معرض خطر ۱۰۶
۴-۲-۱-۳ اطلاعات مورد نیاز در رابطه با زلزله سناریو ۱۰۹
۴-۲-۱-۴ اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل برنامه ۱۱۰
۴-۲-۲ خروجی‌های برنامه ۱۱۲
۴-۳ صحت سنجی مدل پیشنهادی ۱۱۳
۴-۴ مطالعه موردی ۱۱۵
۴-۴-۱ اطلاعات مورد نیاز در رابطه به راه‌ها و پل‌های موجود در منطقه ۱۱۸
۴-۲-۲ اطلاعات موجود در رابطه به ساختمانهای موجود در منطقه ۱۲۳

فصل پنجم : نتیجه گیری و تحقیقات آتی ۱۳۲
۵-۱ مقدمه ۱۳۲
۵-۲ خلاصه‌ای از مطالب ارائه شده ۱۳۳
۵-۳ نتیجه گیری ۱۳۴
۵-۴ پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۵۰

منابع : ۱۵۲

فهرست جداول

جدول ۱-۲ : رابطه بین شاخص خسارت رابط و حالت خرابی آن ۳۵

جدول ۱-۳ : ارزش‌ها، المان‌های آن، پارامترهای لرزه‌ای تاثیرگذار بر المان و پارامتر لرزه‌ای در نظر گرفته شده در مدل پیشنهادی، نوع آسیب و توضیحاتی در باره منحنی‌های شکنندگی این ارزش‌ها..... ۶۱

جدول ۲-۳ : طبقه بندی حالات خرابی برای ساختمان‌های بنایی ۷۰

جدول ۳-۳ : طبقه بندی حالات خرابی برای ساختمان‌های فولادی و بتنی ۷۱

جدول ۴-۳ : کلاس بندی سطوح خرابی برای ساختمان‌های خشتی ۷۲

جدول ۶-۳ : دسته بندی کلی پل‌ها ۹۱

جدول ۷-۳ : : مقادیر میانه PGA(g) منحنی‌های شکنندگی..... ۹۴

جدول ۸-۳ : خلاصه‌ای از فرضیات مربوط به منحنی‌های شکنندگی ۹۶

جدول ۱-۴ : : تیپ بندی ساختمان ها در نرم افزار HAZUS ۱۰۷

جدول ۲-۴ : مشخصات خطرناک‌ترین گسل‌های اطراف تهران..... ۱۱۶

جدول ۳-۴ : اطلاعات و مشخصات مرتبط با بافت منطقه ۳، موجود در فایل جغرافیایی ۱۲۴

جدول ۴-۴ : ضرایب ماتریس احتمال طول پیشروی آوار برای ساختمان‌های تیپ (۱) در حالت بدون خرابی و خرابی ناچیز ۱۲۶

جدول ۵-۴ : ضرایب ماتریس احتمال طول پیشروی آوار برای ساختمان‌های تیپ (۱) در حالت خرابی متوسط و زیاد ۱۲۷

جدول ۶-۴ : ضرایب ماتریس احتمال طول پیشروی آوار برای ساختمان‌های تیپ (۶و۵و۴و۳و۲) در حالت بدون خرابی و خرابی ناچیز ۱۲۸

جدول ۷-۴ : : ضرایب ماتریس احتمال طول پیشروی آوار برای ساختمان‌های تیپ (۶و۵و۴و۳و۲) در حالت خرابی متوسط و زیاد ۱۲۹

جدول ۸-۴ : ضرایب ماتریس احتمال طول پیشروی آوار برای ساختمان‌های تیپ (۷) در حالت مختلف بدون خرابی و خرابی ناچیز ۱۳۰

جدول ۹-۴ : ضرایب ماتریس احتمال طول پیشروی آوار برای ساختمان‌های تیپ (۷) در حالت مختلف خرابی متوسط و زیاد ۱۳۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۲ : : نمونه‌ای از خرابی پل در اثر زلزله – محل وقوع ژاپن سال ۱۹۹۵.....۱۵

شکل ۲-۲ : خرابی جاده در اثر گسلش، ناشی زلزله ۷.۸ ریشتری در نیوزلند در سال ۲۰۱۱.....۱۵

شکل ۳-۲ : خرابی بزرگراه در اثر زمین لغزش، ناشی زلزله ۶.۵ ریشتری تایوان در سال ۱۹۹۹ .....۱۶

شکل ۴-۲ : : انسداد راه‌ها در اثر فرو ریزش آوار ساختمانی- ایتالیا ۲۰۰۹.....۱۶

شکل ۵-۲ : خرابی بدنه راه در اثر روان‌گرایی بر اثر وقوع زلزله نورثریج در سال ۱۹۹۴ .....۱۷

شکل ۶-۲ : نمونه‌ای از خرابی تقاطع‌های غیر همسطح در زلزله سال ۲۰۱۰ شیلی ۱۷

شکل ۷-۲ : : نمونه‌ای از خرابی پل در زلزله لوماپریتا.....۱۸

شکل ۸-۲ : : نمونه‌ای از خرابی پل در زلزله نورثریج.....۲۰

شکل ۹-۲ : نمونه‌ای از خرابی جاده‌ای در زلزله نیگاتا-چوتسو ۲۱

شکل ۱۰-۲ : تغییرات در الگوی جریان ترافیک ساعتی بعد از زلزله ۲۳

شکل ۱۱-۲ : تخمینی از تعداد کل سفرهای به وجود آمده در ناحیه کوبه، ژاپن.....۲۴

شکل ۱۲-۲ : نمای جغرافیایی عوامل تأثیر گذار بر ریسک سوانح طبیعی ۲۸

شکل ۱۳-۲ : روند ارزیابی ریسک یک پدیده در مدل‌های برآورد.....۳۰

شکل ۱۴-۲ : : نمونه‌ای نمودار منحنی‌های شکنندگی سازه‌ای ۳۶

شکل ۱۵-۲ : توزیع‌های احتمالی پارامترهای استفاده شده در روش درخت منطقی.....۴۰

شکل ۱۶-۲ : روش درخت منطقی (خطوط ضخیم بیانگر احتمال وقوع هر شاخه هستند) ۴۰

شکل ۱۷-۲ : مراحل روش درخت منطقی ۴۱

شکل ۱۸-۲ : مراحل روش مونته کارلو ۴۲

شکل ۱-۳ : الگوریتم آسیب پذیری لرزه‌ای شبکه حمل و نقل درون شهری.....۴۸

شکل ۲-۳ :منحنی توزیع نرمال لگاریتم شتاب رابطه کاهندگی.....۵۷

شکل ۳-۳ : یک نمونه منحنی شکنندگی ۶۰

شکل ۴-۳ الگوریتم درخت منطقی تخمین توزیع احتمالی، پیشروی آوار ساختمانی بر جاده ناشی از خرابی ساختمان بر اثر وقوع یک سناریوی زلزله ۶۶

شکل ۵-۳ : تقسیم بندی نمودار توزیع به حالات مختلف انسداد ۸۶

شکل ۶-۳ : تقسیم بندی نمودار توزیع تجمعی احتمال پیشروی آوار ساختمانی به حالات مختلف انسداد ۸۷

شکل ۷-۳ : حالات مختلف انسداد از طریق پیشروی آوار ساختمان‌های مجاور یک راه ۸۸

شکل ۸-۳ : حالت بدون انسداد – زلزله سال ۲۰۱۱ نیوزلند ۸۹
شکل ۹-۳ : حالت انسداد کم – زلزله سال ۲۰۱۱ نیوزلند..... ۸۹
شکل ۱۰-۳ : حالت انسداد متوسط – زلزله سال ۲۰۱۱ نیوزلند..... ۹۰
شکل ۱۱-۳ : حالت انسداد زیاد – زلزله سال ۱۹۹ در Chichi تایوان ۹۰
شکل ۱۲-۳ : پل MSSS Concrete ۹۱
شکل ۱۳-۳ : پل MSSS Steel ۹۲
شکل ۱۴-۳ : پل MSC Concrete..... ۹۲
شکل ۱۵-۳ : پل MSC Steel..... ۹۲
شکل ۱۶-۳ : پل MSC Slab..... ۹۲
شکل ۱۷-۳ : منحنی‌های شکنندگی برای هر دسته پل ۹۵
شکل ۱۸- ۳ : نحوه عملکرد الگوریتم دایجسترا ۹۹
شکل ۱۹-۳ : نمونه‌ای از سطح پوشش معرفی شده برای گره‌ها با توجه به فواصل آنها برای یک منطقه ۱۰۱
شکل ۲۰- ۳ : نمونه‌ای تعداد عرصه‌های موجود از سطح پوشش معرفی شده برای گره‌ها..... ۱۰۱
شکل ۱-۴ : نمایی از صفحه‌ی اصلی برنامه..... ۱۰۵
شکل ۲-۴ : جدول خواص لایه ای برای (۱)ساختمان‌ها، (۲)راه‌ها و پل‌ها ۱۰۶
شکل ۳-۴ : منحنی های شکتتدگی استفاده شده در پژوهش ۱۰۸
شکل ۴-۴ : وارد کردن کاتالوگی از سناریوهای زلزله برای تحلیل احتمالی..... ۱۰۹
شکل ۵-۴ : وارد کردن یک سناریوی زلزله برای تحلیل قطعی ۱۱۰
شکل ۶-۴ : انتخاب نوع حالت تحلیل..... ۱۱
شکل ۷-۴ : پنجره مربوط به قسمت آنالیز مسیر بهینه ۱۱۲
شکل ۸-۴ : مقایسه توزیع PGA، در دو نقطه مختلف جغرافیایی با بزرگی و عمق یکسان..... ۱۱۳
شکل ۹-۴ : مقایسه نمودار توزیع خرابی ساختمانی و همچنین PGA اعمال شده..... ۱۱۴
شکل ۱۰-۴ : مقایسه نمودار توزیع احتمالی انسداد جاده‌ای برای دو ساختمان یکسان ولی در مجاورت عرض جاده‌ای متفاوت..... ۱۱۴
شکل ۱۱-۴ : نقشه مناطق ۲۲ گانه شهر تهران و گسلهای اطراف شهر تهران..... ۱۱۶
شکل ۱۲-۴ نقشه بافت ساختمانی و شبکه راه، منطقه ۳ شهر تهران ۱۱۷
شکل ۱۳-۴ : نمایش شبکه جاده ایی (منطقه ۳ شهر تهران)، معرفی شده به برنامه..... ۱۱۸
شکل ۱۴-۴ : نقشه پراکندگی شبکه راه منطقه ۳ شهری تهران از نظر عرض جاده‌ای..... ۱۱۹

شکل ۴-۱۵ : نمونه ای از پل اختصاص داده شده به فایل جغرافیایی برنامه (پل صدر-مدرس).....۱۲۲
شکل ۴-۱۶ : عکس هوایی از موقعیت مکانی پل صدر-مدرس ۱۲۲
شکل ۴-۱۷ : جدول اطلاعات مربوط به ساختمان‌ها ۱۲۳
شکل ۴-۱۸ : پراکندگی ساختمان‌های منطقه ۳ شهر تهران از نظر سیستم سازه‌ای ۱۲۵
شکل ۴-۱۹ : نمونه ای از ۳ ساختمان بلند مرتبه در منطقه ۳ شهری تهران در محل تقاطع خیابان ولیعصر و میرداماد ۱۲۵
شکل ۴-۲۰ : نمودار توزیع احتمال انسداد جاده‌ای برای حالات مختلف انسداد ۱۳۱
شکل ۴-۲۱ : نمودار توزیع تجمعی احتمال انسداد جاده‌ای برای حالات مختلف انسداد.....۱۳۱
شکل ۵-۱ : کاتالوگ ۱۰۰۰ ساله زلزله‌های شبیه سازی شده تهران ۱۳۵
شکل ۵-۲ : نقشه احتمال وقوع حالت NC، با دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله ۱۳۶
شکل ۵-۳ : نقشه احتمال وقوع حالت SC، با دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله.....۱۳۶
شکل ۵-۴ : نقشه احتمال وقوع حالت MC، با دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله ۱۳۷
شکل ۵-۵ : نقشه احتمال وقوع حالت HC، با دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله ۱۳۷
شکل ۵-۶ : نقشه احتمال وقوع حالت NC، با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله ۱۳۸
شکل ۵-۷ : نقشه احتمال وقوع حالت SC، با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله.....۱۳۸
شکل ۵-۸ : نقشه احتمال وقوع حالت MC، با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله ۱۳۹
شکل ۵-۹ : نقشه احتمال وقوع حالت HC، با دوره بازگشت ۵۰۰ ساله ۱۳۹
شکل ۵-۱۰ : نقشه احتمال وقوع حالت NC، با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ۱۴۰
شکل ۵-۱۱ : نقشه احتمال وقوع حالت SC، با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله.....۱۴۰
شکل ۵-۱۲ : نقشه احتمال وقوع حالت MC، با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ۱۴۱
شکل ۵-۱۳ : نقشه احتمال وقوع حالت HC، با دوره بازگشت ۲۰۰ ساله ۱۴۱
شکل ۵-۱۴ : نقشه احتمال وقوع حالت NC، با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۱۴۲
شکل ۵-۱۵ : نقشه احتمال وقوع حالت SC، با دوره بازگشت ۵۰ ساله.....۱۴۲
شکل ۵-۱۶ : نقشه احتمال وقوع حالت MC، با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۱۴۳
شکل ۵-۱۷ : نقشه احتمال وقوع حالت HC، با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۱۴۳
شکل ۵-۱۸ : مسیر بهینه قبل از زلزله بر اساس کمترین طول موجود بین دو نقطه (Node)،دلخواه ۱۴۵
شکل ۵-۱۹ : مسیر بهینه بعد از زلزله در حالت HC، با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۱۴۵

شکل ۲۰-۵ : نقشه پهنه بندی بر مبنای شاخص دسترسی برای فاصله ۲-۰ کیلومتری بین گره‌های موجود در منطقه تحت سناریوی زلزله با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
۱۴۶.....

شکل ۲۱-۵ : نقشه پهنه بندی بر مبنای شاخص دسترسی برای فاصله ۵-۲ کیلومتری بین گره‌های موجود در منطقه تحت سناریوی زلزله با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
۱۴۷.....

شکل ۲۲-۵ : نقشه پهنه بندی بر مبنای شاخص دسترسی برای فاصله ۸-۵ کیلومتری بین گره‌های موجود در منطقه تحت سناریوی زلزله با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
۱۴۸.....

شکل ۲۳-۵ : نقشه پهنه بندی بر مبنای شاخص دسترسی برای فاصله ۱۱-۸ کیلومتری بین گره‌های موجود در منطقه تحت سناریوی زلزله با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
۱۴۹.....

شکل ۲۴-۵ : نقشه پهنه بندی بر مبنای شاخص دسترسی برای فاصله ۱۵-۱۱ کیلومتری بین گره‌های موجود در منطقه تحت سناریوی زلزله با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
۱۵۰.....

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱–۱ مقدمه

با پیشرفت زندگی صنعتی در جوامع انسانی، تأمین نیازهای اساسی آن‌ها مانند انرژی، ارتباطات و حمل‌ونقل، به صورت شبکه‌های مرکب از خطوط لوله، کابل‌های برق و مخابرات، جاده و راه‌آهن به‌طور روز افزون در حال گسترش است. ایمنی شریان‌های حیاتی در برابر سوانح طبیعی از قبیل زمین لرزه، سیل، توفان و غیره نه تنها از لحاظ عملکرد و خدمت‌رسانی اهمیت دارد، بلکه از این نظر نیز دارای اهمیت است که وارد آمدن صدمه به برخی از آن‌ها مانند خطوط لوله گاز، آب و یا کابل‌های برق می‌تواند تشدید کننده وخامت اوضاع در موقع بروز یک سانحه طبیعی باشد.

شبکه حمل‌ونقل درون شهری از یک دسته کلاس اصلی زیر ساخت‌های مدنی تشکیل شده است که نقش محوری و حساسی را در جوامع بشری دارد. این شبکه نقشی تعیین‌کننده در موفقیت عملیات نیروهای امداد و نجات در شرایط بحرانی پس از زلزله به ویژه در شهرهای بزرگ دارد [۲۴].

سیستم شبکه حمل‌ونقل که جزئی ضروری در حیات امروزی مردم شده است بخشی مهم از شریان‌های حیاتی است. همچنین نقش اساسی را در نجات و جستجوی پس از زلزله و نیز در تلاش‌های بازسازی ایفا می‌کند. خطرات زلزله برای سیستم حمل‌ونقل نه تنها موجب بروز خسارت مستقیم می‌شود بلکه خسارت غیرمستقیم شدیدی را بر دارایی‌های شبکه‌ای تحمیل می‌کند.[۲]و[۳]

شبکه بزرگراه‌ها و خیابانهای شهرهای بزرگ در بسیاری کشورها - که در شرایط عادی دارای مشکلات متعدد به‌ویژه در ساعات اوج سفرهای درون شهری هستند- پس از وقوع زلزله‌ای مهیب وضعی بسیار بحرانی خواهد داشت. به منظور شناسایی آسیب پذیری و عملکرد شبکه حمل‌ونقل این گونه شهرها پس از وقوع زلزله و ارائه روش‌ها و راهکارهای مدیریتی و عملیاتی برای پیش بینی حوادث پس از وقوع زلزله و جلوگیری از تلفات و خسارات وارده ناشی از ناکارآمدی و اختلال در عملکرد شبکه حمل‌ونقل درون شهری، روشی نظام یافته مبتنی بر تعریف سناریوهای زلزله، مدل‌سازی ریاضی شبکه، و تعیین توابع آسیب‌پذیری مؤلفه‌های تأثیرگذار بر شبکه و سپس انجام تحلیل‌هایی در

خصوص عملکرد لرزه‌ای شبکه، لازم می باشد. نیاز به حفاظت از شبکه‌های حمل‌ونقل در برابر حوادث بحرانی، منجر به فعالیت‌های تحقیقاتی گسترده و زیادی در زمینه مهندسی حمل‌ونقل و سازه (از اواخر دهه ۱۹۹۰) شده است[۲۴]. ارزیابی خطر لرزه‌خیزی و تصمیم‌گیری در مورد سیستم‌های حمل‌ونقل توزیع یافته در مکان‌های مختلف مشکلات خاصی را به همراه دارند زیرا به مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد سیستم در سطح شبکه و نیز عملکرد اجزای زیرساختاری حمل‌ونقل وابسته است. این امر مشخصه خرابی فیزیکی اجزای شبکه و پاسخ سیستم به هر گونه پیشامد زلزله را در بر دارد.

نظر به اهمیت فراوان شبکه حمل‌ونقل درون شهری از یک سو و احتمال بالای وقوع زلزله در نقاط مختلف کشور از جمله تهران از سوی دیگر، لازم است که آسیب‌پذیری این سیستم در برابر زلزله و روش‌های کاهش آسیب پذیری آن مورد توجه قرار گیرد.

۱-۲اهمیت موضوع

در مدل‌هایی که تا کنون برای تحلیل شبکه حمل‌ونقل درون شهری پس از وقوع زلزله تهیه شده است عدم قطعیت‌های یک مدل به خوبی دیده نشده است؛ همچنین مدل‌های ارائه شده بیشتر بحث خرابی پل‌ها را در نظر گرفته‌اند[۲۴]و[۲۵]، این در حالی است که خرابی و فرو ریزش ساختمان‌های مجاور یک جاده به‌عنوان یکی از جمله اصلی‌ترین المان‌های تأثیرگذار بر شبکه حمل‌ونقل درون‌شهری، در نظر گرفته نشده است. بنابراین طراحی و توسعه مدلی تحلیلی برای تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه حمل‌ونقل درون شهری که اثر خرابی ساختمان‌ها و پل‌ها را بر انسداد جاده‌ای لحاظ کرده است، از اهمیت خاصی برخوردار است. مطالعه عملکرد شریان‌های حیاتی در پاسخ به زلزله، از دهه ۹۰ گسترش یافته است و به دلیل زلزله‌ها و بلایای طبیعی اخیر، به خصوص در ژاپن و آمریکا، داده‌های زیادی حاصل شده است که در نتیجه آن، دقت تحلیل‌ها افزایش یافته است.