

## بررسی شبکه ارتباطی مترو تهران و بازنگاری ساختار توپولوژی شبکه کلان شهری

محمد جواد مزارعی - دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی پژوهشگاه مهندسی بحرانهای طبیعی شاخص پژوه، اصفهان، ایران.  
اسماعیل کاوسی\* - دکتری مدیریت و برنامه‌ریزی امور فرهنگی و دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال و استاد مدعو پژوهشگاه شاخص پژوه اصفهان، اصفهان، ایران.

### چکیده

بررسی ساختار شبکه های ارتباطی سیستم های حمل و نقل عمومی و اصلاح آن همواره می تواند به بهبود خدمات شهری کمک کند. یکی از وسایل نقلیه عمومی پرکاربرد در شهر تهران، خطوط مترو است. در این تحقیق به منظور بررسی شیوه اصلاح شبکه ارتباطی مترو معیارهای افزایش پایداری سرویس ها، افزایش پایداری شبکه ارتباطی با دیگر سازمان ها، ارتقاء سطح امنیتی، افزایش پهنای باند و ارتقاء سرویس پایش و مانیتورینگ در نظر گرفته شده است. با بهره گیری از معیارهای فوق الذکر، دو رویکرد «بهینه سازی با افزایش تجهیزات فعال» و «افزایش تجهیزات غیر فعال» بررسی و باهم مقایسه شده اند. برای جمع آوری داده ها از ابزار پرسشنامه استفاده شده است. بعد از توزیع پرسشنامه در بین کارشناسان شرکت مترو، با استفاده از آزمون های آماری، میزان اثر گذاری هر یک از معیار ها در دو روش ذکر شده بررسی شده و در نهایت نتایج حاصل و پیشنهادات لازم ارائه شده است.

**واژگان کلیدی:** حمل و نقل عمومی، شبکه ارتباطی، متروی تهران

### Survey on Tehran subway company communication network and review of topology structure of metropolitan network

#### Abstract

The structure of communication network systems for public transport and fixing it can always help to improve municipal services. One of the most widely used means of public transport in the city of Tehran subway lines. In this study, to verify the correct way subway network, standards of service and increased stability. Networking with other organizations promoting stability and security and increased bandwidth and upgrade monitoring and control service is intended. Using the above criteria, two approaches "by increasing the active equipment optimization" and "increase passive products" have been examined and compared. A questionnaire was used to collect data. After distributing questionnaires among experts subways, using statistical analysis, the effect of each of the criteria listed in the two methods have been investigated and finally the results and recommendations are provided.

**Key words:** public transport, communication network, Metro Tehran

## مقدمه

مراکز و در نتیجه مسیریابی صحیح به تعداد مراکز وابسته در هر مرکز اصلی مستقل، پورت مجاز وجود دارد.

ه- ارتباط منطقی بین این سه مرکز اصلی بر اساس پروتکلریپی می باشد و ارتباط فیزیکی مستقلاً وجود ندارد.

و- در هر مسیر جهت افزایش پایداری برقراری ساختار حلقه ای از کابل فیبر مجزا استفاده شده است.

همچنین ساختار حلقه ای رینگ شبکه شهری در حالت عادی کاربردی ندارد و در وضعیت غیرفعال شده به سر می برد تا زمانی که در یکی از مراکز تجهیزات فعال و یا در بین مسیرها تجهیزات غیرفعال دچار مشکل شوند که در این صورت با فعال شدن، ساختار خطی (باس) شبکه را حفظ می نمایند. با توجه به اهمیت پایداری شبکه ارتباطی متروی تهران جهت انتقال اطلاعات، لزوم بررسی این ساختار ارتباطی ضروری بوده و راه کارهای بهینه سازی ارتباطات این شبکه با توجه به استانداردهای فناوری اطلاعات و ارتباطات مورد پژوهش قرار خواهد گرفت (امام جمعه، ۱۳۹۰). بر اساس این پژوهش، مدلی کاربردی در اجرای بهینه ساختار شبکه ارتباطی شرکت بهره برداری متروی تهران و حومه ارائه خواهد شد. بدیهی است تدوین چنین مدلی می تواند تمامی پیامدهای ناشی از ساختار فعلی این شبکه ارتباطی را منتفی و اطمینان و پایداری شبکه را افزایش دهد. در همین راستا این مطالعه به بررسی نقاط ضعف شبکه موجود پرداخته و با بهره گیری از استانداردهای مطرح در فناوری اطلاعات و ارتباطات در جهت رفع محدودیت ها و تهدیدات شبکه تلاش خواهد داشت. این پژوهش می تواند الگویی باشد برای شبکه هایی که با گذشت زمان گسترش پیدا کرده و از ساختار ارتباطی مناسبی برخوردار نمی باشند. در این پژوهش ضمن بررسی اجزای مختلف شبکه، در خصوص دستیابی به یک شبکه پایدار، مطمئن، سریع و با تأمین امنیت و پهنای باند و در نهایت دستیابی به یک ساختار بهینه تحقیق و

هم زمان با افتتاح اولین خط متروی تهران و حومه در سال ۱۳۷۷ و لزوم استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در شرکت متروی تهران، اولین بستر ارتباطی شبکه در این شرکت ایجاد و به بهره برداری رسید. این شبکه در خط ۵ متروی تهران و حومه، حدفاصل ایستگاه های تهران (صادقیه) و کرج می باشد که به صورت یک ارتباط زنجیروار و با استفاده از همبندی باس تشکیل شده است. بر اساس همین الگو پس از افتتاح سایر خطوط متروی تهران، شبکه ارتباطی آن نیز گسترش پیدا کرد. توپولوژی شبکه شهری مترو در حال حاضر به صورت تسوییچینگ لایه دوبرده، که اگرچه تا به امروز نیازهای مورد نظر را برآورده کرده است لیکن امکان پاسخگویی به برخی نیازهای حال حاضر و تقریباً هیچیک از نیازهای آتی را ندارد. نکته ای که نباید از آن غافل بود آن است که این شبکه با در نظر گرفتن شرایط آن زمان، دقیق و مناسب طراحی و اجرا شده است. اما با گسترش تدریجی شبکه و بالارفتن سطح توقع کاربران و به تبع آن افزایش حساسیت های امنیتی، توپولوژی فعلی قادر به پاسخگویی نیازهای آتی نبوده لذا اعمال تغییرات و بهینه سازی آن، اجتناب ناپذیر می باشد (تقی زاده، ۱۳۸۵). در یک نگاه کلی ساختار شبکه شهری را به این صورت می توان تشریح کرد:

الف- هر مرکز (ایستگاه یا ساختمان و یا ...) در یک شبکه محلی منحصر به فرد تعریف شده است.

ب- دو پورت سوئیچ اصلی در هر مرکز به شبکه شهری متصل است و ترافیک خود و سایر ایستگاه ها را گذر می دهد (اطلاعات را از مرکز قبلی گرفته و به مرکز بعدی هدایت می کند).

ج- ترافیک ارسال و دریافت تمام مراکز به سه مرکز اصلی (ساختمان کالج، پایانه صادقیه و ایستگاه کرج) ارسال می شود تا مسیریابی شده و مجدداً بر روی شبکه ارسال می شوند.

د- در جهت سازماندهی و تشخیص شبکه های محلی

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۵ زمستان ۹۵  
No.45 Winter 2016

۱۳۶

پژوهش به عمل خواهد آمد.

## اهداف تحقیق:

هدف اصلی: بررسی شبکه ارتباطی مترو تهران و بازنگری ساختار توپولوژی شبکه کلان شهری  
اهداف فرعی: ۱. ارتقاء پایداری شبکه ارتباطی و ارائه خدمات بهتر به شهروندان تهران؛ ۲. افزایش ضریب پایداری شبکه ارتباطی با دیگر سازمان ها؛ ۳. ارتقاء سطح امنیتی در شبکه ارتباطی مترو تهران و حومه؛ ۴. استفاده مناسب از پهنای باند شبکه ارتباطی و افزایش سرویس های قابل ارائه؛ ۵. افزایش سرعت دسترسی به اطلاعات و جلوگیری از بروز تاخیر در انتقال اطلاعات؛ ۶. ارائه راهکار جهت بهینه سازی ساختار شبکه ارتباطی متروی تهران و حومه.

## چهارچوب نظری تحقیق

هم زمان با افتتاح اولین خط متروی تهران و حومه در سال ۱۳۷۷ و لزوم استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات در شرکت متروی تهران، اولین بستر ارتباطی شبکه در این شرکت ایجاد و به بهره برداری رسید. این شبکه در خط ۵ متروی تهران و حومه، حداثی ایستگاه های تهران و کرج می باشد که به صورت یک ارتباط زنجیروار و با استفاده از همبندی باس تشکیل شده است. بر اساس همین الگو پس از افتتاح سایر خطوط متروی تهران، شبکه ارتباطی آن نیز گسترش پیدا کرد. توپولوژی شبکه شهری مترو در حال حاضر به صورت سوئیچینگ لایه دو بوده، که اگرچه تا به امروز نیازهای مورد نظر را برآورده کرده است لیکن امکان پاسخگویی به برخی نیازهای حال حاضر و تقریباً هیچیک از نیازهای آتی را ندارد. نکته ای که نباید از آن غافل بود آن است که این شبکه با در نظر گرفتن شرایط آن زمان، دقیق و مناسب طراحی و اجرا شده است. اما با گسترش تدریجی شبکه و بالارفتن سطح توقع کاربران و به تبع آن افزایش حساسیت های امنیتی، توپولوژی فعلی قادر به پاسخگویی نیازهای آتی نبوده لذا اعمال تغییرات و بهینه سازی آن، اجتناب ناپذیر می باشد. در ذیل، به برخی از مزایای شبکه و

توپولوژی حاضر به صورت خلاصه اشاره شده است:

## ۱- استفاده از توپولوژی Ring جهت Redundancy

۲- سرعت در عملیات گسترش شبکه

۳- هزینه متناسب؛

۴- آموزش و فراگیری آسان.

در یک نگاه کلی ساختار شبکه شهری را به این صورت می توان تشریح کرد:

الف- هر مرکز (ایستگاه یا ساختمان و یا ...) در یک شبکه محلی منحصر به فرد تعریف شده است. ب- دو پورت سوئیچ اصلی در هر مرکز به شبکه شهری متصل است و ترافیک خود و سایر ایستگاه ها را گذر می دهد (اطلاعات را از مرکز قبلی گرفته و به مرکز بعدی هدایت می کند).

ج- ترافیک ارسال و دریافت تمام مراکز به سه مرکز اصلی (ساختمان کالج، پایانه صادقیه و ایستگاه کرج) ارسال می شود تا مسیریابی شده و مجدداً بر روی شبکه ارسال می شوند.

د- در جهت سازماندهی و تشخیص شبکه محلی مراکز و در نتیجه مسیریابی صحیح به تعداد مراکز وابسته در هر مرکز اصلی مستقل، پورت مجازی (Virtual Interface) وجود دارد.

ه- ارتباط منطقی بین این سه مرکز اصلی بر اساس پروتکل RIP می باشد و ارتباط فیزیکی مستقلی وجود ندارد.

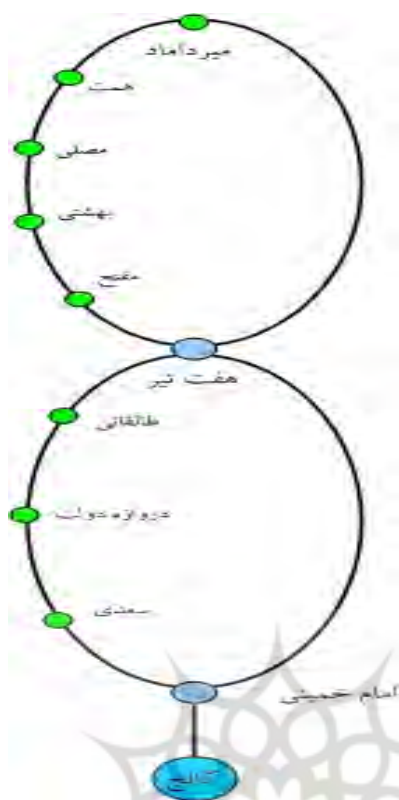
و- در هر مسیر جهت افزایش Redundancy و برقراری ساختار حلقه ای از کابل فیبر مجزا استفاده شده است.

بنابراین همانگونه که در شکل زیر نیز مشخص است می توان نتیجه گرفت که توپولوژی فعلی شبکه شهری خطی (باس) می باشد و در هر محدوده ترافیک در یک مرکز اصلی دریافت و پس از مسیریابی مجدداً ارسال می گردد. همچنین ساختار حلقه ای (Ring) شبکه شهری در حالت عادی فعال نبوده و زمانی که در یکی از مراکز تجهیزات Active و یا در بین مسیرها تجهیزات Passive دچار مشکل شوند این مسیر به صورت اتوماتیک فعال شده و

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۵ زمستان ۹۵  
No.45 winter 2016

۱۳۷



شکل ۱. وضعیت فعلی توپولوژی نیمه شمالی خط یک



شکل ۲. توپولوژی خطوط مترو تهران

در این ساختار بهینه شده برخلاف سایر خطوط ارتباطات Redundant به یک ایستگاه ختم نمی شود (مانند ایستگاه هفت تیر در خط یک). در صورتی که ایستگاه هفت تیر به هر دلیل از شبکه خارج گردد، تمام ایستگاه های واقع در بالای این ایستگاه از شبکه خارج می گردند و حتی به یکدیگر

مانع اختلال در ارتباطات شبکه می شود. توپولوژی که در شکل نشان داده شده در تمام خطوط مترو به جز خط چهار پیاده سازی شده است. البته در خط چهار همین ساختار با کمی تغییر جهت بهینه کردن و رفع نقطه بحرانی اجرا شده است که در شکل نشان داده شده است.

نیز دسترسی ندارند (به علت مسیریابی متمرکز و وجود گره‌های بحرانی) در صورتیکه این مشکل در توپولوژی خط چهار به شکلی که نشان داده شده برطرف گردید.

۲- بررسی نقاط ضعف و عدم تطابق با استانداردهای امنیتی ساختار فعلی

در بخش قبلی به ساختار فعلی شبکه شهری شرکت مترو اشاره شد این توپولوژی به دلایلی که به آن در ذیل اشاره خواهد شد دارای معایبی می باشد که به همین دلیل نیاز به بازنگری در این ساختار ضروری می باشد.

۱- مسیریابی متمرکز و وابسته به چند مرکز اصلی؛ هر مرکز اصلی وظیفه مسیریابی تعدادی از مراکز محدوده خود را بر عهده دارد و مسیریابی بین این مراکز نیز به صورت فیزیکی و از دید تجهیزات Passive مستقل نیست. بنابراین برای حفظ پایداری شبکه این مراکز باید به طور دائم (۱۰۰٪) زمان در طول یک سال) در حال سرویس دهی باشند که تقریباً غیرممکن است.

۲- محدودیت پهنای باند؛ پهنای باند اسکلت اصلی (Back Bone) شبکه شهری یک گیگابیت در ثانیه می باشد و از طرفی از ساختار خطی در هر مسیر استفاده شده است. همچنین ظرفیت سوئیچ های توزیع کننده ترافیک در هر مسیر متناسب با حجم ترافیک آن محدوده نیست، بنابراین در شرایط متعادل پهنای باند ۱Gbps در هر مسیر بین ایستگاه های موجود تقسیم می گردد. برای مثال حداقل سهم پهنای باند ایستگاه مفتوح ۹Gbps/۱ می باشد که در آینده ای نزدیک پاسخگوی نیاز کاربران به سرویس های ارائه شده نیست.

۳- ساختار خطی شبکه در هر مسیر؛ به دلیل استفاده از ساختار خطی (باس)، کلید مراکز میانی همه مسیرها، تحت تاثیر ترافیک سایر مراکز هستند، به علاوه به دلیل استفاده از روش مسیریابی متمرکز، ترافیک جاری هر مسیر تقریباً دو برابر می شود. حال اگر تمام ایستگاه ها و مراکز یک مسیر (مانند نیمه

شمالی خط یک) در حال ارسال و دریافت اطلاعات با یکدیگر باشند (مثلاً در زمان استفاده از Video Conferencing VoIP...) حداقل سهم تقریبی و متعادل پهنای باند برای هر ایستگاه به ۱/۸Gbps تقلیل می یابد. لازم به ذکر است این سهم در حالت ایده آل به هر مرکز تخصیص داده می شود.

۴- عدم توانایی در کنترل و مدیریت پهنای باند (ترافیک مراکز)؛ سهم محاسبه شده پهنای باند برای هر مرکز در دو بخش قبل به صورت تئوری قابل اثبات است، ولی در بررسی واقعی ترافیک یک شبکه برای هر مرکز، مقدار غیر ثابتی است که در صورت عدم کنترل و مدیریت آن، ترافیک بالای یک یا چند مرکز بر سایر مراکز تحمیل شده و توزیع پهنای باند عادلانه نخواهد بود. در وضع موجود کنترل ترافیک و توزیع عادلانه پهنای باند با محدودیت های بسیاری مواجه است. در صورتی که در یک وضعیت مطلوب دسترسی کاربران و سرویس ها به منابع شبکه بایستی تحت یک سیاست گذاری مشخص انجام شده و توانایی تجاوز از محدوده تعریف شده را نداشته باشند. در حال حاضر پس از نقض یک سیاست فرضی و تجاوز یک کاربر و یا یک سرویس از محدوده پهنای باند تعریف شده فرضی، با مراجعه به محل حادثه مشکل برطرف می شود! این موضوع با استاندارد امنیتی ISO ۱۷۷۹۹ در مورد Network Management مغایرت دارد.

۵- تاخیر؛ همانگونه که در بخش های قبل ذکر شد، ساختار خطی و مسیریابی متمرکز شبکه، ارسال و دریافت اطلاعات را به صورت کلی با تاخیر مواجه کرده است. با بهینه سازی توپولوژی و ساختار شبکه سرعت انتقال اطلاعات افزایش خواهد یافت.

۶- ضعف در سطح تجهیزات غیرفعال؛ جهت برقراری Redundancy در هر مسیر از یک فیبر مجزا استفاده شده که دو، سه یا چهار حلقه در آن مسیر ایجاد می کند که در صورت قطعی کابل یا تجهیزات فعال (فقط در یک نقطه از مسیر) فعال شده و ساختار خطی را بازیابی می کند. اگر نقاط انتهایی حلقه ها

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۵ زمستان ۹۵  
No.45 winter 2016

۱۳۹

مثلاً ایستگاه هفت تیر در مسیر نیمه شمالی خط (یک) دچار مشکل شوند، تمام مراکز پس از آن (مثلاً ایستگاه‌های مفتوح تا میرداماد) تا برطرف شدن مشکل از شبکه شهری خارج می‌گردند. این موضوع با استاندارد امنیتی ISO 17799 در مورد Network Management مغایرت دارد.

۷- سوئیچینگ لایه دو؛ به علت عدم ترکیب مناسب لایه دو و سه و استفاده از تکنولوژی Switching & Routing، افزایش سطوح امنیتی و به تبع آن ارائه سرویس‌های جدید داخلی و خارجی در وضعیت فعلی امکان پذیر نیست. با بهینه‌سازی شبکه و استفاده از قابلیت‌های شبکه‌های لایه سه علاوه بر امکان ارائه سرویس‌های جدید به کاربران (مانند VoIP و Streaming) می‌توان زمینه ارائه و دریافت سرویس با سازمان‌های دیگر مانند شهرداری و شرکت مترو را در بستری امن و مناسبتر فراهم کرد. این بحث، موضوع بند ۱-۴ از استاندارد امنیتی ISO 17799 در مورد Security Requirements در Outsourcing Contract و بند ۲-۴-۹ در مورد Review of User Access Right و بند ۴-۹-۶ در مورد Segregation in Network می‌باشد.

۸- ضعف در سطح تجهیزات فعال؛ با توجه به ساختار فعلی شبکه امکان استفاده از تجهیزات فعال پشتیبان و استفاده از تکنولوژی‌های مسیر یابی پشتیبان بر اساس پروتکل‌های HSRP و VRRP یا FSRP وجود ندارد.

۹- اشکال در ساختار ارتباطی ایستگاه امام خمینی (ره)؛ در توپولوژی فعلی با توجه به اتصال هر نیمه از خطوط یک و دو به یک سوئیچ مجزا در ایستگاه امام خمینی و اتصال جداگانه آنها به سوئیچ اصلی در ساختمان کالج و اشکالات موجود در این ساختار لزوم اصلاح و بازنگری آن به منظور افزایش سطح امنیتی و سطح پایداری شبکه امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

۱۰- ساختار ضعیف Data Center در بخش سخت افزار و Application؛ با توجه به گستردگی ساختار

شبکه کامپیوتری مترو و کاربردی شدن سرویس‌هایی نظیر سیستم اتوماسیون اداری و غیره اهمیت Availability و Stability این سرویس‌ها، نیاز به استفاده از تکنولوژی‌ها و تجهیزاتی جهت بالا بردن ضریب امنیت و دسترسی سیستم‌ها، بیش از پیش مطرح می‌شود. (موضوع بند ۱-۴ در ISO 17799 در مورد Control of operation system). در حال حاضر تمرکز تجهیزات و سرویس‌ها در ساختمان کالج به عنوان Data Center و وابستگی کامل شبکه و سرویس‌ها به آن؛ این نقطه را به عنوان نقطه بحرانی و آسیب پذیر شبکه در آورده و در صورت بروز هر نوع حادثه و رویداد مانند خرابی تجهیزات Passive، سرورها، سوئیچ‌ها، قطعی ارتباط شبکه‌ای یا حوادث غیرمترقبه دیگر، کلیت شبکه و تمامی سرویس‌های وابسته از کار افتاده و عملاً امکان سرویس‌دهی به شبکه وجود نخواهد داشت. (با استناد به بند ۱-۱۱ در ISO 17799 در مورد Aspects of Business Continuity Management) نکته مهم دیگر عدم وجود سرورهای پشتیبان برای سرویس‌های حیاتی این شبکه مانند سیستم اتوماسیون؛ مالی و... می‌باشد و در صورت بروز مشکل برای این سرورها تا رفع اشکال سخت افزاری یا نرم افزاری آن امکان ارائه سرویس به کاربران وجود ندارد. این مسئله با بند ۱-۱۱ از استاندارد ISO 17799 در مورد (Aspects of Business Continuity Management) مغایرت داشته و لازم است هرچه سریع‌تر حل گردد.

۱۱- لزوم بازنگری در ساختار شبکه جهت بهبود آن؛ نقاط ضعف موجود در ساختار فعلی شبکه شهری مترو مغایرت‌های برخی از موارد با معیارها و استانداردهای موجود در این زمینه لزوم بازنگری و اصلاح ساختار فیزیکی و منطقی در بخش زیرساخت ارتباطی و سرویس‌ها را بیش از پیش نشان می‌دهد که در ادامه دلایل و عوامل این بازنگری اشاره شده است.

۱۲- افزایش پایداری شبکه؛ پایداری و قابلیت

اطمینان شبکه در طول ۲۴ ساعت در ۳۶۵ روز سال یکی از مهمترین مسائل شبکه های انتقال اطلاعات می باشد. تجارب این چند سال و بروز مشکلات در نقاط اصلی (از همه مهمتر سایت کالج) و حتی فرعی شبکه، نشان داده است که نقاط آسیب پذیر و اشکالات موجود در زیرساخت ارتباطی چقدر می تواند در فعالیتهای جاری شرکت که وابستگی مستقیم به سرویسهای تحت شبکه دارد تاثیرگذار باشد. بنابراین ضروری است میزان پایداری شبکه مورد توجه خاص قرار گیرد. به طور خلاصه می توان گفت، پایداری و سرویس دهی همیشگی شبکه شهری مترو اولین شرط ارائه سایر سرویس های مهم در این مجموعه می می باشد.

۱۳- افزایش سطح امنیتی؛ افزایش سطح امنیتی شبکه موجود نیز یکی از نیازهای بسیار مهم می باشد که با در نظر گرفتن درخواست ها و تغییرات جدید به اهمیت آن افزوده می گردد. اتصال به شبکه شهرداری تهران، کنترل ترافیک و ... از جمله این گونه تغییرات و درخواست ها می باشند. از دیگر این موارد طرح جدا سازی شبکه شرکت بهره برداری و شرکت هلدینگ مترو می باشد که لازم است از دو جهت متفاوت مورد بررسی قرار گیرد. اول از نظر نحوه ارتباط و تغییراتی که جداسازی به ساختار و توپولوژی فعلی تحمیل می کند؛ دوم از منظر امنیتی به عنوان یک شبکه جدید و خارج از سازمان. نحوه ارتباط آنها با شبکه باید به گونه ای طراحی گردد که ضمن تأمین امنیت شبکه شهری شرکت بهره برداری، اتصال به سایر شبکه ها و سرویس دهی به آنها نیز امکان پذیر باشد.

۱۴- افزایش پهنای باند؛ با توجه به ارائه سرویس های جدید و متقابلاً روند افزایش کاربران و ترافیک آنان خصوصاً در آینده ای نزدیک لازم است پهنای باند متناظر با آن نیز تأمین گردد. کنترل و مدیریت متمرکز پهنای باند در اختیار در جهت توزیع عادلانه و مناسب آن نیز امری ضروری به نظر می رسد. این امر با اصلاح توأمان ساختار شبکه و افزایش

سطوح امنیتی قابل دستیابی می باشد. در وضعیت موجود نمی توان نسبت کارا بی شبکه به هزینه اجرا و پیاده سازی شبکه در یک محل خاص را از نظر اقتصادی محاسبه کرد. در نتیجه تصمیم گیری برای ارتقاء تجهیزات و وسعت بخشیدن به شبکه شهری و انتخاب تجهیزات مناسب در طرح های توسعه نیز بسادگی امکانپذیر نمی باشد.

۱۵- ارتقاء سرویس پایش و مانیتورینگ؛ لازمه ارائه سرویس های مناسب به بهره برداران شبکه ارتباطی پایش مستمر ترافیک و میزان پهنای باند مصرفی می باشد. ارتقاء سرویس های مانیتورینگ و پایش شبکه منجر به بهبود کارایی شبکه بوده و در راستای بهینه سازی همبندی شبکه می توان از آن کمک گرفت

### اهداف طرح بهینه سازی شبکه

۱- افزایش پایداری سرویس ها؛ پس از اجرای عملیات بهینه سازی بر روی بستر ارائه دهنده سرویس ها و خدمات (شبکه شهری) و دستیابی به سطح قابل قبولی از پایداری، لازم است تجهیزات ارائه دهنده خدمات الکترونیک نیز (از قبیل سخت افزار و نرم افزار) مانند سرورها، منابع ذخیره سازی اطلاعات، بانک های اطلاعاتی و ... به صورتی در شبکه ایفای نقش کنند که کاربر در تمام لحظات به سرویس های حیاتی دسترسی داشته و حتی در صورت رویارویی با مشکلات دیگر با بهره جستن از خدمات الکترونیک نسبت به حل آن اقدام نماید. در بیانی دیگر سرویس های حیاتی نباید فقط به یک تجهیز خاص (نرم افزار و یا سخت افزار) متکی باشد و در صورت خرابی یک تجهیز (که امری اجتناب ناپذیر است) سرویس دهی نیز تا مدتی متوقف گردد. به هر حال رفع هر مشکل نیازمند صرف یک زمان منطقی بوده که نمی توان آن را کوتاه تر کرد ولی می توان شرایطی را فراهم آورد که در طی این زمان، تجهیز دیگری مدیریت سرویس دهی به کاربران را به عهده گرفته تا مشکل برطرف گردد.

۲- افزایش پایداری شبکه ارتباطی با دیگر سازمان ها؛



شبکه می باشد، باید از راهکارهای امنیتی با استفاده از تجهیزات مربوطه استفاده نمود.

ب- امنیت داخلی؛ امنیت داخلی نیز به نوبه خود در دو قسمت مجزا قابل اجرا است. قسمت اول امنیت مربوط به Client ها می باشد که با نصب فایروال و آنتی ویروس و اعمال سیاستهای امنیتی مناسب قابل اجرا می باشد. قسمت دوم مربوط به سطوح و لایه های شبکه می باشد که بیشتر جنبه منطقی داشته و معمولاً یک سیاست کلی یک بار در سطوح مختلف شبکه اعمال شده و در صورت نیاز به روز می گردد. لازمه کنترل رفتار شبکه و مدیریت امنیت آن استفاده از تجهیزات و قابلیت های آنها در بهینه ترین حالت ممکن است؛ بنابراین با طراحی شبکه در لایه سه و ترکیب Switching و Routing (و در بعضی موارد حتی تا لایه هفت)، دستیابی به این هدف امکان پذیر می گردد.

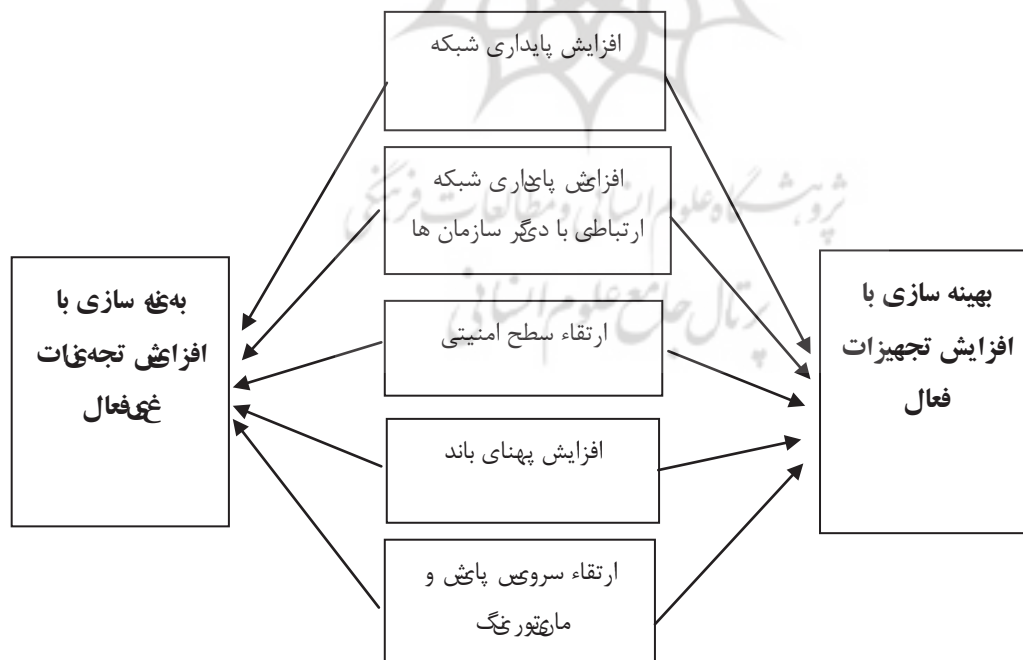
۴- افزایش پهنای باند؛ تجهیزات مورد استفاده در شبکه شهری با تغییرات لازم این قابلیت را دارند

موضوع ارائه و دریافت خدمات به/ از سایر سازمان ها (مانند شهرداری تهران، سازمان کنترل ترافیک و ...)

از موارد مهم و قابل توجه می باشد علاوه بر این با جدا سازی شرکت مترو نیز درخواست کنندگان این خدمات افزایش می یابند. زیرا بین دو شرکت پس از جدا سازی نیز منابع مشترکی (مانند دوربین ها و ...) همچنان وجود خواهد داشت. در طرح بازنگری و اصلاح ساختار این موضوع باید مدنظر قرار گیرد.

۳- افزایش سطح امنیتی؛ با در نظر گرفتن تعداد کاربران و وسعت شبکه شهری، اتصال شبکه شهری به شبکه سایر سازمان ها، ارائه سرویس های جدید، دسترسی کاربران به اینترنت و ... افزایش امنیت در سطوح مختلف شبکه ضروری به نظر می رسد. در شبکه مترو امنیت در دو بخش کلی قابل بررسی است:

الف- امنیت گذرگاه ورودی (Secure Gateway)؛ برای ایجاد و افزایش امنیت در گذرگاه ورودی که محل اتصال سایر سازمان ها و همچنین اینترنت به



نمودار ۱. مدل تحلیلی تحقیق محقق ساخت برگرفته از ادبیات تحقیق



که پهنای باند مؤثر کل شبکه شهری را تحت تاثیر قرار داده و حتی تا ۵۰ برابر وضعیت فعلی آن را افزایش دهند. با در نظر گرفتن رشد روزافزون شبکه شهری و نگاهی به وسعت شبکه در آینده و تعداد روبه افزایش کاربران و همچنین افزایش سرویس ها و سخت افزارها (مانند دوربین های نظارتی)، در نظر گرفتن این مورد به عنوان یکی از اهداف مهم طرح اصلاح ساختار و بهینه سازی ضروری است.

۵- ارتقاء سرویس پایش و مانیتورینگ؛ لازمه ارائه سرویس های مناسب به بهره برداران شبکه ارتباطی پایش مستمر ترافیک و میزان پهنای باند مصرفی می باشد. ارتقاء سرویس های مانیتورینگ و پایش شبکه منجر به بهبود کارایی شبکه بوده و در راستای بهینه سازی همبندی شبکه می توان از آن کمک گرفت.

### مدل مفهومی تحقیق

متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از: متغیر مستقل: بهینه سازی با افزایش تجهیزات فعال و بهینه سازی با افزایش تجهیزات غیرفعال؛ متغیر وابسته: (افزایش پایداری شبکه، افزایش پایداری شبکه ارتباطی با دیگر سازمان ها، مک، ارتقاء سطح امنیتی، افزایش پهنای باند و ارتقاء سرویس پایش و مانیتورینگ)

### روش تحقیق

این تحقیق از منظر روش، توصیفی-پیمایشی است. در تحقیق حاضر به طور توأمان از دو رویکرد تحقیق کیفی و کمی با توجه به نوع داده ها و شرایط استفاده شده است. ابتدا از طریق بررسی مقالات و مطالعات میدانی، داده های کیفی به دست آمده، لزوم بازنگری در ساختار شبکه جهت بهبود آنرا از طریق مولفه هایی چون پایداری شبکه، سطح امنیتی شبکه و پهنای باند شبکه مورد ارزیابی قرار می دهیم. سپس فرضیه های تحقیق از طریق توزیع

پرسش نامه مورد ارزیابی قرار می گیرند. بدین صورت که بر مبنای فرضیات تحقیق سئوالاتی طراحی و پس از تایید پایایی و اعتبار پرسشنامه داده های مورد نظر گردآوری می گردد.

**جامعه و نمونه آماری؛** جامعه آماری در این تحقیق شامل کارشناسان، اپراتورها و مدیران شرکت مترو تهران و حومه خواهند بود که به طور تصادفی انتخاب می شوند. تعداد نمونه لازم برای تحقیق، تعداد ۹۶ نفر محاسبه شده است.

**روایی<sup>۲</sup> ابزار تحقیق؛** مفهوم اعتبار یا روایی به این سوال پاسخ می دهد که ابزار اندازه گیری تا چه حدی خصیصه مورد نظر را می سنجد. در تحقیق حاضر جهت سنجش روایی ابزار از روش روایی محتوا استفاده شد. برای ارزیابی روایی ابزار تحقیق حاضر، اولاً متغیرهای موجود در هر فرضیه و شاخص ها و پرسش های مربوطه استخراج شده و سئوالات براساس ادبیات تحقیق و مدل تحلیلی پژوهشی طراحی شده است، ثانیاً جهت اطمینان از روایی، پرسشنامه در اختیار اساتید، صاحب نظران و متخصصین امر از قبیل اساتید قرار گرفت که نظر آنان نیز موید روایی پرسشنامه بود.

### ابزار گردآوری داده ها

۱- ابزار گردآوری داده ها در شناسایی راه های ارتباطی و شیوه های بازنگری و ارتقای شبکه های ارتباطی مترو، مطالعات کتابخانه ای شامل مقالات مرتبط، پایگاه های اینترنتی، کتابهای مرتبط، اسناد و مدارک مربوطه، روزنامه ها و نشریات و همچنین مصاحبه و مشورت با تعدادی از خبرگان، کارشناسان، مدیران و متخصصان مربوطه بوده است.

۲- ابزار گردآوری داده ها به دلیل کثرت داده ها، پرسشنامه ای می باشد که با استفاده از روش های آماری میزان اهمیت این شاخص ها بر حسب فراوانی آنها محاسبه شده و مهمترین این شاخص ها انتخاب

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۵ زمستان ۹۵  
No.45 winter 2016

۱۴۳

شده‌اند.

کرونباخ استفاده شده است. برای اینکه بفهمیم اطلاعات به دست آمده از طریق پرسشنامه توزیع شده تا چه میزان قابل اطمینان هستند، به کمک نرم افزار SPSS آن را اعتبار سنجی می کنیم. و در صورت حاصل شدن عدد بالای ۰,۷، آنگاه با اطمینان خاطر از پایا بودن پرسشنامه می توانیم به نتیجه گیری از اطلاعات حاصل شده اقدام کنیم.

### نتیجه گیری و جمع بندی

در این بخش دو روش افزایش تجهیزات فعال و غیرفعال را از نقطه نظر پنج معیار زیر مقایسه و تحلیل می کنیم. این ۵ معیار عبارت اند از: افزایش پایداری سرویس ها، ارائه خدمات به سازمان های دیگر، ارتقاء سطوح امنیتی، افزایش پهنای باند و ارائه سرویس های پایش و مانیتورینگ. شکل ۱ طی یک نمودار میله ای میزان قابلیت روش افزایش تجهیزات فعال را در ۵ معیار فوق الذکر نمایش می دهد.

بر طبق شکل ۱، اگر از روش افزایش تجهیزات فعال برای اصلاح شبکه همبندی مترو استفاده کنیم دارای نقاط قوتی در زمینه های اتصال شبکه و ارائه خدمات به سازمان های دیگر و بهبود پایداری سرویس های مهم می باشیم. این روش سطح متوسطی را از لحاظ امنیت ارائه می دهد. همچنین این روش دارای ضعف هایی در زمینه های افزایش پهنای باند و ارائه سرویس های جدید است. شکل ۲ طی یک نمودار میله ای میزان قابلیت روش افزایش تجهیزات غیرفعال را در ۵ معیار مورد نظر نمایش می دهد.

۳- ابزار گردآوری داده ها مرتبط با میزان تأثیر هریک از گزینه های شناسایی شده بر شاخص های اصلی تحقیق، پرسشنامه ای است که بر مبنای مهمترین معیارهای شناسایی شده تنظیم شده و روایی آن از طریق بحث و مشورت با چند نفر از خبرگان تأیید شده است.

### روش تجزیه و تحلیل داده ها

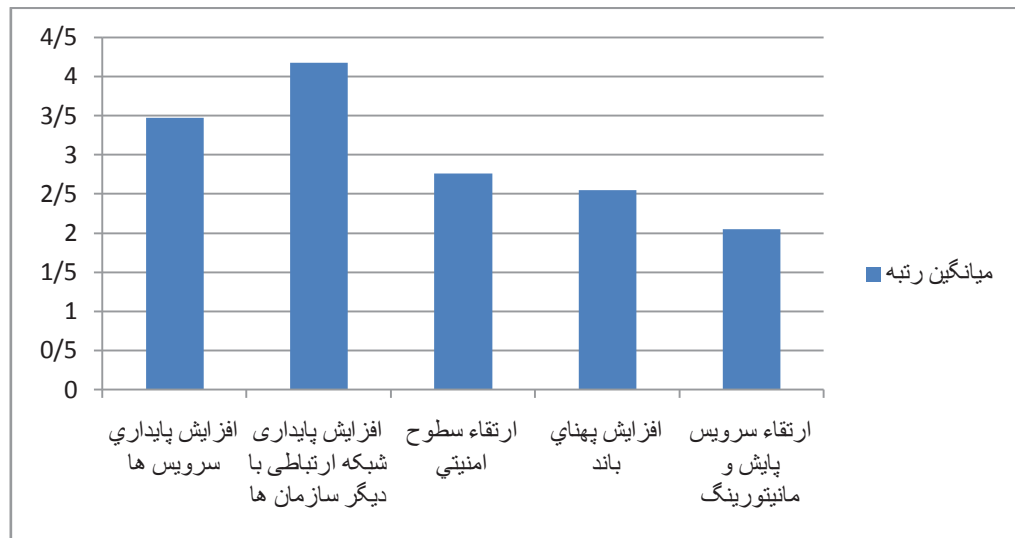
پس از گردآوری و تلخیص داده ها با استفاده از نرم افزارهای اکسل، SPSS تجزیه و تحلیل های لازم به ترتیب مراحل ذیل انجام شده است. تجزیه و تحلیل های توصیفی داده های جمع آوری شده در خصوص ویژگی های جمعیت شناختی با استفاده از انواع شاخص های آماری از جمله فراوانی، درصد فراوانی، انواع جداول و نمودارها انجام شده است. تجزیه و تحلیل پایایی پرسشنامه تحقیق: در این مرحله به منظور حصول اطمینان از پایایی ابزار تحقیق، داده های جمع آوری شده با محوریت متغیرهای اصلی تحقیق هم به صورت کلی و هم به صورت جزء به جزء با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ مورد آزمون قرار خواهد گرفته شده است. تعیین و اولویت بندی عوامل تأثیرگذار با استفاده از آزمونهای آماری: در این مرحله با استفاده از تحلیل عاملی و آزمونهای مختلف آماری همچون فریدمن و مقایسه میانگین ها، عوامل شناسایی شده تصدیق و سپس اولویت بندی شده است.

### پایایی ۳ ابزار تحقیق

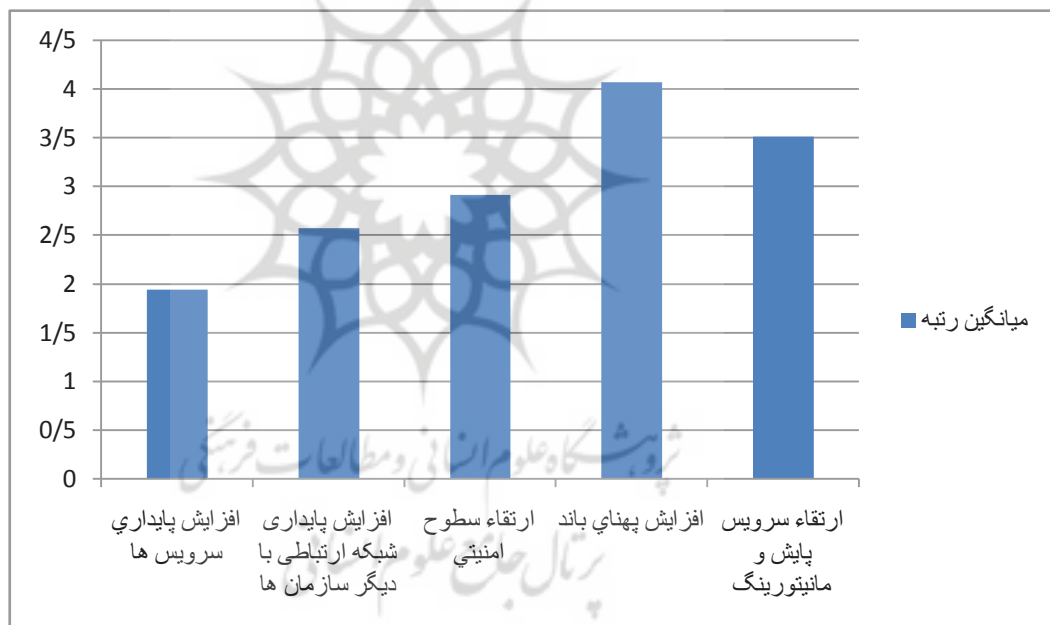
برای سنجش پایایی در این پژوهش از روش آلفای

جدول ۱. جدول مربوط به پایایی پرسشنامه به تفکیک بخش ها

تعداد سوالات	پایایی بخش افزایش تجهیزات غیر فعال	پایایی بخش افزایش تجهیزات فعال
۱۷	۰,۸۷۱	۰,۸۱۱



شکل ۱. رتبه بندی معیارها برای راهکار افزایش تجهیزات فعال



شکل ۲. رتبه بندی معیارها برای راهکار افزایش تجهیزات غیرفعال

البته نقاط ضعفی نیز برای این روش متصور است. به طور مثال این روش عملکرد نسبتاً ضعیفی در مورد قابلیت اتصال به سایر شبکه های سازمان های دیگر دارد. همچنین در مورد پایداری سیستم نیز باید گفت در قبال سیستم های مهم عملکرد قابل قبولی ندارد. نکته لازم به ذکر دیگر آن است که این روش

بر طبق شکل ۲، اگر از روش افزایش تجهیزات غیرفعال برای اصلاح شبکه همبندی مترو استفاده کنیم مهمترین مزیتی که می توانیم از آن بهره برداری کنیم ارائه سرویس های جدید در سیستم است. همچنین این روش عملکرد قابل قبولی در مورد زمینه احتمالی افزایش پهناي باند داراست.

9.M. Wilson. (2006, Sept. 10). Ethernet—A brilliant example of network architecture and evolution. Reinventing the Internet Web site.[Online]. Available: <http://www.arl.wustl.edu/~jst/reInventTheNet/?p=22>

10.S. Mathison, et al. "the history of telenet and the commercialization of packet switching in the US," IEEE Commun. Mag, vol. 50, no. 5, May 2012.

11.Farkas, J., S. Kini, and P. Saltsidis. "Upgrading the metro ethernet network." Communications Magazine, IEEE 51.5, pp. 193-199, 2013.

12. Mukherjee, Optical WDM Networks, 2006, Springer

13.O. Gerstel, Optical Networking: A Practical Perspective, IEEE Hot Interconnects, 2000

14.Residential Broadband Revisited: Research Challenges in Residential Networks, Broadband Access, and Applications, 2003, [online] Available: online

15.M. Wegleitner, Maximizing the Impact of Optical Technology, Proc. IEEE/OSA Optical Fiber Communication Conference (OFC'07), 2007

16.One Gigabit or Bust Initiative, A Broadband Vision for California, 2003, [online] Available: online

17.A. Banerjee, Y. Park, F. Clarke, H. Song, S. Yang, G. Kramer, I. Kim and I. Mukherjee, Wavelength-Division Multiplexed Passive Optical Network (WDM-PON) Technologies for Broadband Access: A Review [Invited]", OSA J. Optical Networking, vol. 4, no. 11, pp. 737-758, 2005

18.R. Lauder, Technology and Economics for Coarse Wavelength Multiplexing Workshop, Proc. IEEE/OSA Optical Fiber Communication Conference (OFCV4), 2004

19.J. George, Designing Passive Optical networks for cost effective triple play support, Proc. FTTH Conference, 2004

همانند روش قبل، از لحاظ سطوح امنیتی دارای عملکرد مشابه ای است. پس در نهایت به منظور اصلاح همبندی در شبکه مترو تهران، ابتدای می بایست برای کارفرما میزان اهمیت هر کدام از معیارهای پنج گانه مشخص باشد. چرا که هر کدام از این دو روش عملکرد متفاوتی را با توجه به معیارهای ارائه می دهند.

## منابع و ماخذ

۱. زاگر، گریک (۱۳۸۹) راهنمای جامع شبکه؛ مترجم لیلی قاسم زاده؛ تهران: کانون نشر علوم.
۲. تننبوم، آندرو اس (۱۳۹۰) شبکه های کامپیوتری؛ مترجم قدرت الله سپیدنام، عین الله جعفرنژاد قمی؛ بابل: علوم رایانه.
۳. افشین شریعت مهیمنی (۱۳۸۶) ارزیابی شبکه متروی شهر تهران بر مبنای قابلیت دسترسی و توپولوژی شبکه، سومین کنگره ملی مهندسی عمران.
۴. سیدعلیرضا امام جمعه، حسین امامی، علی هاشمی (۱۳۹۲) مترو اترنت و اجزای شبکه شهری آن، اولین همایش ملی برق و کامپیوتر جنوب ایران، خورموج.
۵. جلیل چیتی زاده (۱۳۸۰) بهینه سازی عملکرد ارتباط شبکه های محلی اترنت به ATM، دانشکده مهندسی-دانشگاه فردوسی مشهد.
۶. تقی زاده، علیرضا (۱۳۸۵) ترکیب اترنت شهری با MPLS - گزینه ایده آل ارائه خدمات تجاری در شبکه NGN، ماهنامه شبکه، شماره ۶۹، مهر ۱۳۸۵.
7. Michael Fitzmaurice, "Data transport networks Case Studies in a Public Transit Environment", IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY MAGAZINE, 2012.
8. AboveNet. (2011). Advantages of Ethernet vs. SONET, a compelling choice. White Paper. [Online]. Available: <http://www.above.net/docs/wp-sonetvsenet.pdf>

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۴۵ زمستان ۹۵  
No.45 Winter 2016

۱۴۶