مدیریت شهری
شماره ۴۵ زمستان ۹۵
No.45 Winter 2016
۱۳۵-۱۴۶
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۸/۳

بررسی شبکه ارتباطی مترو تهران و بازنگری 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 شاخص‌پژوه 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 stabilityNetworking 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

* نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۲۷۱۲۳۹۶، رایانامه: ekavousy@yahoo.com

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

مقدمه

هـم زمـان با افتتـاح اولین خـط متروی تهـران و حومه در سـال ۱۳۷۷ و لـزوم اسـتفاده از فنـاوری اطلاعـات و ارتباطـات در شـرکت متـروی تهـران، اولیـن بسـتر ارتباطـی شـبکه در ایـن شـرکت ایجـاد و بـه بهـره بـرداری رسـید.این شـبکه در خـط ۵ متـروی تهـران و حومـه، حدفاصـل ایسـتگاه هـای تهـران (صادقیه) و کـرج مـی باشـد که بـه صـورت یـک ارتبـاط زنجیروار و بـا اسـتفاده از همبنـدی بـاس تشـکیل شـده اسـت. بـر اسـاس همیـن الگـو پـس از افتتـاح سـایر خطـوط متـروی تهـران، شـبکه ارتباطـی آن نیز گسـترش پیدا کـرد. توپولوژی شـبکه شـهری مترو در حـال حاضر به صورتسـوییچینگ لایـه دوبوده، کـه اگرچه تا بـه امروز نیازهـای مـورد نظر را بـرآورده کرده اسـت لیکن امکان پاسـخگویی بـه برخـی نیازهـای حـال حاضـر و تقریباً هیچیـک از نیازهـای آتی را نـدارد. نکته ای که نباید از آن غافل بود آن اسـت که این شـبکه بـا در نظر گرفتن شـرایط آن زمان، دقیق و مناسـب طراحی و اجرا شـده اسـت. اما با گسـترش تدریجی شـبکه و بالارفتن سطح توقـع کاربـران و بـه تبـع آن افزایـش حساسـیت های امنیتـی، توپولـوژی فعلی قـادر به پاسـخگویی نیازهای آتـی نبـوده لـذا اعمـال تغییـرات و بهینـه سـازی آن، اجتنـاب ناپذیـر مـی باشـد (تقـی زاده، ۱۳۸۵). در یک نگاه کلی سـاختار شـبکه شـهری را به ایـن صورت می تـوان تشـریح کرد:

الـف- هـر مرکز (ایسـتگاه یا سـاختمان و یـا ...) در یک شـبکه محلـی منحصر به فرد تعریف شـده اسـت.

ب- دو پـورت سـوئیچ اصلـی در هـر مرکـز بـه شـبکه شـهری متصـل اسـت و ترافیک خود و سـایر ایسـتگاه هـا را گـذر می دهـد (اطلاعات را از مرکـز قبلی گرفته و بـه مرکـز بعـدی هدایت مـی کند).

ج- ترافیـک ارسـال و دریافـت تمام مراکز به سـه مرکز اصلی (سـاختمان کالج، پایانه صادقیه و ایسـتگاه کرج) ارسـال مـی شـود تا مسـیریابی شـده و مجـدداً بر روی شـبکه ارسـال می شوند.

د- در جهـت سـازماندهی و تشخیصشـبکه های محلی مراکـز و در نتیجـه مسـیریابی صحیـح به تعـداد مراکز وابسـته در هر مرکز اصلی مسـتقل، پـورت مجازیوجود دارد.

ه- ارتبـاط منطقـی بین این سـه مرکز اصلی بر اسـاس پروتکلریپمـی باشـد و ارتبـاط فیزیکی مسـتقلی وجود ندارد.

و- در هر مسـیر جهت افزایشـپایداریو برقراری سـاختار حلقه ای از کابل فیبر مجزا اسـتفاده شـده اسـت.

همچنیـن سـاختار حلقـه ای رینگ شـبکه شـهری در حالـت عـادی کاربـردی نـدارد و در وضعیـت غیرفعـال شـده بـه سـر مـی برد تـا زمانـی کـه در یکـی از مراکز تجهیـزات فعـال و یـا در بیـن مسـیرها تجهیـزات غیرفعـال دچـار مشـکل شـوند کـه در ایـن صـورت بـا فعال شـدن، سـاختار خطی (باس) شـبکه را حفظ می نماینـد. بـا توجـه به اهمیـت پایـداری شـبکه ارتباطی متـروی تهـران جهـت انتقـال اطلاعـات، لزوم بررسـی این سـاختار ارتباطـی ضروری بـوده و راه‌کارهای بهینه سـازی ارتباطات این شـبکه بـا توجه به اسـتانداردهای فنـاوری اطلاعات و ارتباطات مـورد پژوهش قرار خواهد گرفـت (امـام جمعـه، ۱۳۹۰). بر اسـاس ایـن پژوهش، مدلـی کاربـردی در اجـرای بهینـه سـاختار شـبکه ارتباطـی شـرکت بهـره برداری متـروی تهـران و حومه ارائـه خواهـد شـد. بدیهـی اسـت تدوین چنیـن مدلی مـی تواند تمامی پیامدهای ناشـی از سـاختار فعلی این شـبکه ارتباطـی را منتفی و اطمینان و پایداری شـبکه را افزایش دهد. در همین راسـتا این مطالعه به بررسـی نقـاط ضعف شـبکه موجـود پرداخته و با بهـره گیری از اسـتانداردهای مطـرح در فناوری اطلاعـات و ارتباطات در جهـت رفـع محدودیـت ها و تهدیدات شـبکه تلاش خواهـد داشـت. ایـن پژوهـش می توانـد الگویی باشـد بـرای شـبکه هایی کـه با گذشـت زمان گسـترش پیدا کـرده و از سـاختار ارتباطـی مناسـبی برخـوردار نمـی باشـند. در ایـن پژوهش ضمن بررسـی اجـزای مختلف شـبکه، در خصـوص دسـتیابی بـه یـک شـبکه پایـدار، مطمئـن، سـریع و بـا تأمیـن امنیـت و پهنـای بانـد و در نهایـت دسـتیابی بـه یـک سـاختار بهینـه تحقیق و

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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

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، حدفاصل 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. درذیل، 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 یکشبکه 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.

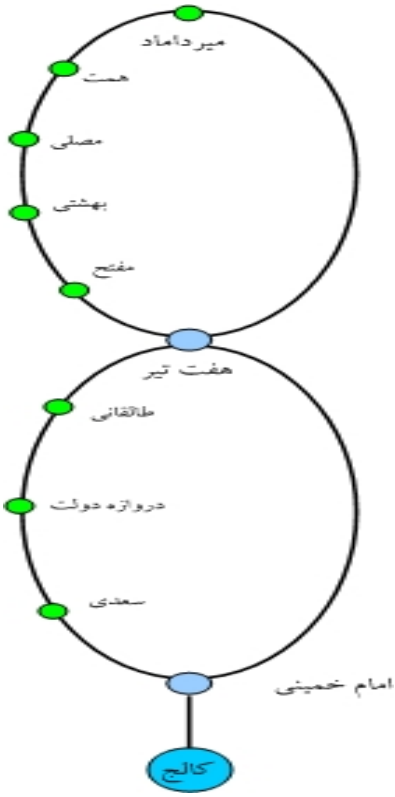
د- در جهت سازماندهی و تشخیص شبکه محلی مراکز و در نتیجه مسیریابی صحیح به تعداد مراکز وابسته در هر مرکز اصلی مستقل، پورت مجازی (Virtual Interface)وجود دارد.

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.

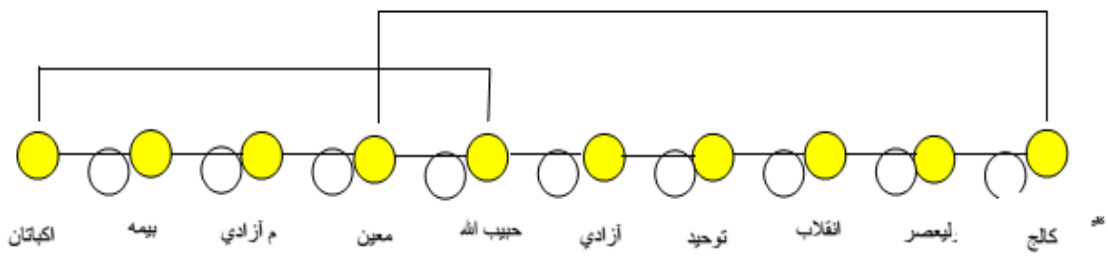
بنابراین همانگونه که در شکل زیر نیز مشخص است می توان نتیجه گرفت که توپولوژی فعلی شبکه شهری خطی (باس) می باشد و در هر محدوده ترافیک در یک مرکز اصلی دریافت و پس از مسیریابی مجدداً ارسال می گردد. همچنین ساختار حلقه ای (Ring) شبکه شهری در حالت عادی فعال نبوده و زمانی که در یکی از مراکز تجهیزات Active و یا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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]



شکل ۱. وضعیت فعلی توپولوژی نیمه شمالی خط یک

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



شکل ۲. توپولوژی خطوط مترو تهران

مانـع اختـلال در ارتباطـات شـبکه می شـود.
توپولوژی که در شـکل نشـان داده شده در تمام خطوط متـرو به جـز خط چهار پیاده سـازی شـده اسـت.البته در خـط چهـار همیـن سـاختار بـا کمـی تغییـر جهت بهینـه کـردن ورفع نقطـه بحرانی اجرا شـده اسـت که در شـکل نشـان داده شـده است.

دراین سـاختار بهینـه شـده برخـلاف سـایر خطـوط ارتباطـات Redundant بـه یـک ایسـتگاه ختـم نمـی شـود(مانند ایسـتگاه هفـت تیـردر خط یـک).در صورتـی کـه ایسـتگاه هفـت تیر به هـر دلیل از شـبکه خـارج گـردد، تمـام ایسـتگاه های واقـع در بـالای ایـن ایسـتگاه از شـبکه خـارج می گردند و حتـی به یکدیگر

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

نیـز دسترسـی ندارنـد (بـه علـت مسـیریابی متمرکز و وجـود گره هـای بحرانـی) در صورتیکـه این مشـکل در توپولـوژی خـط چهـار به شـکلی که نشـان داده شـده برطـرف گردید.

۲ - بررسـی نقاط ضعف و عدم تطابق با اسـتانداردهای امنیتی ساختار فعلی

در بخش قبلی به سـاختار فعلی شـبکه شـهری شرکت متـرو اشـاره شـداین توپولوژی بـه دلایلی که بـه آن در ذیـل اشـاره خواهد شـد دارای معایبی می باشـد که به همیـن دلیل نیـاز به بازنگـری در این سـاختار ضروری می باشد.

۱-مسـیریابی متمرکـز و وابسـته بـه چند مرکـز اصلی؛ هـر مرکـز اصلـی وظیفـه مسـیریابی تعـدادی از مراکز محـدوده خـود را بـر عهـده دارد و مسـیریابی بیـن این مراکـز نیـز بـه صـورت فیزیکـی و از دیـد تجهیـزات Passive مسـتقل نیسـت. بنابراین برای حفظ پایداری شـبکه ایـن مراکـز باید به طـور دائـم (۱۰۰٪ زمان در طـول یـک سـال) در حـال سـرویس دهـی باشـند که تقریبـاً غیرممکن اسـت.

۲-محدودیـت پهنـای بانـد؛ پهنـای باند اسـکلت اصلی (Back Bone)شـبکه شـهری یـک گیگابیـت در ثانیه می باشـد و از طرفـی از سـاختار خطـی در هـر مسـیر اسـتفاده شـده اسـت. همچنیـن ظرفیـت سـوئیچ های توزیـع کننـده ترافیـک در هر مسـیر متناسـب با حجم ترافیـک آن محـدوده نیسـت، بنابرایـن در شـرایط متعـادل پهنـای بانـد ۱Gbps در هـر مسـیر بیـن ایسـتگاه هـای موجـود تقسـیم می گـردد. بـرای مثال حداقـل سـهم پهنـای باند ایسـتگاه مفتـح ۹Gbps/۱ مـی باشـد کـه در آینـده ای نزدیـک پاسـخگوی نیـاز کاربـران بـه سـرویس هـای ارائه شـده نیسـت.

۳-سـاختار خطـی شـبکه در هـر مسـیر؛ بـه دلیـل اسـتفاده از سـاختار خطـی (بـاس)، کلیـه مراکز میانی همه مسـیرها، تحت تاثیر ترافیک سـایر مراکز هستند، بـه علاوه به دلیل اسـتفاده از روش مسـیریابی متمرکز، ترافیـک جاری هر مسـیر تقریباً دو برابر می شـود.حال اگـر تمـام ایسـتگاه ها و مراکـز یک مسـیر (مانند نیمه شـمالی خط یـک) در حال ارسـال و دریافـت اطلاعات بـا یکدیگر باشـند (مثـلاً در زمـان اسـتفاده از Video Conferencing VoIPو...) حداقـل سـهم تقریبـی و متعـادل پهنای باند برای هر ایسـتگاه بـه ۱۸Gbps/۱ تقلیـل مـی یابد. لازم به ذکر اسـت این سـهم در حالت ایـده آل بـه هر مرکـز تخصیص داده می شـود.

۴-عـدم توانایـی در کنتـرل و مدیریـت پهنـای بانـد (ترافیک مراکز)؛ سـهم محاسـبه شـده پهنای باند برای هـر مرکـز در دو بخـش قبـل بـه صـورت تئـوری قابل اثبات اسـت، ولی در بررسـی واقعی ترافیک یک شـبکه بـرای هـر مرکز، مقـدار غیر ثابتی اسـت کـه در صورت عـدم کنتـرل و مدیریت آن، ترافیک بـالای یک یا چند مرکـز بر سـایر مراکز تحمیل شـده و توزیـع پهنای باند عادلانـه نخواهـد بـود.در وضـع موجود کنتـرل ترافیک و توزیـع عادلانـه پهنـای بانـد بـا محدودیـت هـای بسـیاری مواجـه اسـت. در صورتی کـه در یک وضعیت مطلـوب دسترسـی کاربـران و سـرویس هـا بـه منابـع شـبکه بایسـتی تحـت یـک سیاسـت گذاری مشـخص انجـام شـده و توانایـی تجـاوز از محـدوده تعریف شـده را نداشـته باشـند. در حـال حاضـر پـس از نقـض یـک سیاسـت فرضـی و تجـاوز یـک کاربر و یا یک سـرویس از محـدوده پهنـای باند تعریف شـده فرضـی، با مراجعه بـه محـل حادثـه مشـکل برطـرف مـی شـود! ایـن موضـوع بـا اسـتاندارد امنیتـی ISO۱۷۷۹۹ در مورد Network Management مغایـرت دارد.

۵-تاخیـر؛ همانگونـه کـه در بخش های قبل ذکر شـد، سـاختار خطـی و مسـیریابی متمرکز شـبکه، ارسـال و دریافـت اطلاعـات را بـه صـورت کلـی با تاخیـر مواجه کرده اسـت. با بهینه سـازی توپولوژی و سـاختار شبکه سـرعت انتقال اطلاعـات افزایش خواهـد یافت.

۶-ضعـف در سـطح تجهیزات غیرفعال؛ جهـت برقراری Redundancy در هرمسـیر از یک فیبر مجزا استفاده شـده کـه دو، سـه یـا چهـار حلقـه در آن مسـیر ایجاد مـی کنـد که در صـورت قطعی کابل یـا تجهیزات فعال (فقـط در یـک نقطـه از مسـیر) فعـال شـده و سـاختار خطـی را بازیابـی مـی کند. اگـر نقاط انتهایـی حلقه ها

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

(مثلاً ایستگاه هفت تیر در مسیر نیمه شمالی خط یک) دچار مشکل شوند، تمام مراکز پس از آن (مثلا ایستگاه های مفتح تا میرداماد) تا برطرف شدن مشکل از شبکه شهری خارج می گردند. این موضوع با استاندارد امنیتی ISO۱۷۷۹۹ 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 سرویس های جدید داخلی و خارجی در وضعیت فعلی امکان پذیر نیست. با بهینه سازی شبکه و استفاده از قابلیت های شبکه های لایه سه علاوه بر امکان ارائه سرویس های جدید به کاربران (مانند VoIP و Streaming)می توان زمینه ارائه و دریافت سرویس با سازمان های دیگر مانند شهرداری و شرکت مترو را در بستری امن ومناسبتر فراهم کرد. این بحث، موضوع بند ۱-۴ از استانداری امنیتی ISO۱۷۷۹۹در موردSecurity Requirements in Outsourcing Contract. و بند ۴-۲-۹ در مورد Review of User Access Right و بند ۹-۴-۶ در مورد Segregation in Network می باشد.

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

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

۱۰-ساختار ضعیف Data Center در بخش سخت افزار و Application؛ با توجه به گستردگی ساختار شبکه کامپیوتری مترو و کاربردی شدن سرویس هایی نظیر سیستم اتوماسیون اداری وغیره اهمیت Availability و Stability این سرویس ها، نیاز به استفاده از تکنولوژی ها و تجهیزاتی جهت بالابردن ضریب امنیت و دسترسی سیستم ها، بیش از پیش مطرح می شود. (موضوع بند ۱-۴ در ISO۱۷۷۹۹ در مورد Control of operation system).در حال حاضر تمرکز تجهیزات و سرویس ها در ساختمان کالج به عنوان Data Center و وابستگی کامل شبکه و سرویس ها 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 تجهیزاتPassive، سرورها، سوئیچ ها، قطعی ارتباط شبکه ای یا حوادث غیرمترقبه دیگر، کلیت شبکه و تمامی سرویس های وابسته ازکار افتاده و عملاً امکان سرویس دهی به شبکه وجود نخواهد داشت. (با استناد به بند ۱-۱۱ در ISO۱۷۷۹۹ در مورد Aspects of Business Continuity Management)نکته مهم دیگر عدم وجود سرورهای پشتیبان برای سرویس های حیاتی این شبکه مانند سیستم اتوماسیون ؛ مالی و...می باشد 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 ازاستاندارد ISO۱۷۷۹۹ در مورد(Aspects of Business Continuity Management) مغایرت داشته و لازم است هرچه سریع تر حل گردد.

۱۱-لزوم بازنگری در ساختار شبکه جهت بهبود آن؛ نقاط ضعف موجود در ساختارفعلی شبکه شهری متروو مغایرتهای برخی از موارد با معیارها و استانداردهای موجود در این زمینه لزوم بازنگری و اصلاح ساختار فیزیکی ومنطقی در بخش زیرساخت ارتباطی وسرویس هارا بیش از پیش نشان می دهد که در ادامه دلایل وعوامل این بازنگری اشاره شده است.

۱۲-افزایش پایداری شبکه؛ پایداری و قابلیت

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

اطمینان شبکه در طول ۲۴ ساعت در ۳۶۵ روز سال یکی از مهمترین مسائل شبکه های انتقال اطلاعات می باشد.تجارب این چند سال وبروز مشکلات در نقاط اصلی(از همه مهمتر سایت کالج) و حتی فرعی شبکه، نشان داده است که نقاط آسیب پذیر واشکالات 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 بایدبه 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 تامین 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 یی 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 بهیه 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 ترکرد 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؛

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

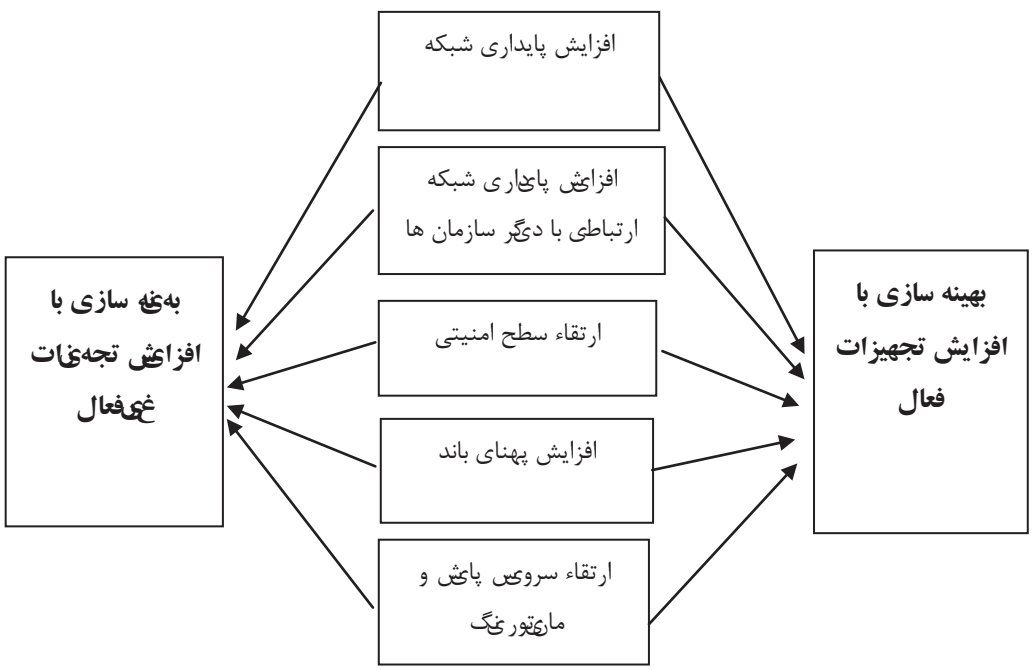
موضـوع ارائه و دریافت خدمات به/ از سـایر سـازمان ها (مانند شـهرداری تهران، سـازمان کنتـرل ترافیک و ...) از مـوارد مهـم وقابـل توجـه مـی باشـدعلاوه بـر این با جدا سـازی شـرکت مترو نیز درخواسـت کنندگان این خدمـات افزایـش مـی یابند. زیـرا بین دو شـرکت پس از جـدا سـازی نیز منابـع مشـترکی (ماننـد دوربین ها و ....) همچنـان وجـود خواهد داشـت. در طرح بازنگری واصلاح سـاختاراین موضوع بایـد مدنظرقرارگیرد.

۳-افزایـش سـطح امنیتـی؛ بـا در نظـر گرفتـن تعـداد کاربران و وسـعت شـبکه شـهری، اتصال شـبکه شهری به شـبکه سـایر سـازمان ها، ارائه سـرویس های جدید، دسترسـی کاربـران به اینترنـت و ... افزایـش امنیت در سـطوح مختلـف شـبکه ضـروری بـه نظر می رسـد.در شـبکه متـرو امنیـت در دو بخـش کلـی قابل بررسـی است:

الـف- امنیـت گـذرگاه ورودی(Secure Gateway)؛ بـرای ایجـاد و افزایـش امنیـت در گـذرگاه ورودی کـه محل اتصال سـایر سـازمان هـا و همچنیـن اینترنت به شـبکه می باشـد، باید از راهکارهای امنیتی با اسـتفاده از تجهیـزات مربوطـه اسـتفاده نمود.

ب- امنیـت داخلـی؛ امنیـت داخلی نیز بـه نوبه خود در دو قسـمت مجـزا قابـل اجرا اسـت. قسـمت اول امینت مربـوط بـه Client هـا می باشـد که با نصـب فایروال و آنتـی ویـروس واعمـال سیاسـتهای امنیتـی مناسـب قابـل اجـرا مـی باشد.قسـمت دوم مربـوط به سـطوح و لایـه هـای شـبکه می باشـد که بیشـتر جنبـه منطقی داشـته و معمولاً یک سیاسـت کلی یک بار در سـطوح مختلـف شـبکه اعمـال شـده و در صـورت نیاز بـه روز مـی گـردد. لازمـه کنتـرل رفتـار شـبکه و مدیریـت امنیـت آن اسـتفاده از تجهیزات و قابلیت هـای آنها در بهینـه تریـن حالـت ممکـن اسـت؛ بنابراین بـا طراحی شـبکه در لایه سـه و ترکیب Switching و Routing (و در بعضـی مـوارد حتـی تا لایـه هفت)، دسـتیابی به ایـن هـدف امـکان پذیر مـی گردد.

۴-افزایـش پهنـای بانـد؛ تجهیـزات مـورد اسـتفاده در شـبکه شـهری بـا تغییـرات لازم ایـن قابلیـت را دارنـد



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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

کـه پهنـای باند مؤثر کل شـبکه شـهری را تحـت تاثیر قـرار داده و حتـی تـا ۵۰ برابـر وضعیـت فعلـی آن را افزایـش دهند. با در نظر گرفتن رشـد روزافزون شـبکه شـهری و نگاهـی بـه وسـعت شـبکه در آینـده و تعداد روبـه افزایـش کاربـران و همچنین افزایش سـرویس ها و سـخت افزارهـا (مانند دوربین های نظارتـی)، در نظر گرفتـن ایـن مـورد به عنوان یکـی از اهـداف مهم طرح اصـلاح سـاختار وبهینه سـازی ضروری اسـت.

۵-ارتقـاء سـرویس پایـش و مانیتورینـگ؛ لازمـه ارائـه سـرویس های مناسـب به بهره برداران شـبکه ارتباطی پایـش مسـتمر ترافیـک و میـزان پهنـای بانـد مصرفی مـی باشـد. ارتقاء سـرویس هـای مانیتورینـگ و پایش شـبکه منجر به بهبود کارایی شـبکه بوده و در راسـتای بهینـه سـازی همبنـدی شـبکه مـی تـوان از آن کمک گرفت.

مدل مفهومی تحقیق

متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از:

متغیـر مسـتقل: بهینـه سـازی بـا افزایـش تجهیـزات فعـال و بهینـه سـازی بـا افزایـش تجهیـزات غیرفعال؛ متغیـر وابسـته: (افزایـش پایـداری شـبکه، افزایـش پایـداری شـبکه ارتباطـی بـا دیگـر سـازمان هـا، مک، ارتقـاء سـطح امنیتـی، افزایـش پهنـای بانـدو ارتقـاء سـرویس پایـش و مانیتورینـگ)

روش تحقیق

ایـن تحقیـق از منظـر روش، توصیفـی- پیمایشـی اسـت. در تحقیـق حاضـر به طـور توأمـان از دو رویکرد تحقیـق کیفی و کمـی با توجه به نوع داده‌ها و شـرایط اسـتفاده شـده اسـت. ابتـدا از طریق بررسـی مقالات و مطالعـات میدانـی، داده هـای کیفـی بـه دسـت آمـده، لـزوم بازنگـری در سـاختار شـبکه جهـت بهبـود آنـرا از طریـق مولفـه هایـی چـون پایـداری شـبکه، سـطح امنیتیشـبکه و پهنـای بانـد شـبکه مـورد ارزیابـی قرار مـی دهیم. سـپس فرضیه‌هـای تحقیـق از طریق توزیع پرسـش‌نامه مـورد ارزیابی قرار می گیرنـد. بدین صورت کـه بر مبنـای فرضیات تحقیق سـوالاتی طراحی و پس از تاییـد پایایی و اعتبار پرسشـنامه داده های مورد نظر گـردآوری می گردد.

جامعـه و نمونـه آمـاری؛ جامعـه آمـاری در ایـن تحقیق شـامل کارشناسـان، اپراتورها و مدیران شـرکت متـرو تهـران و حومه خواهنـد بود که به طـور تصادفی انتخـاب مـی شـوند. تعـداد نمونـه لازم بـرای تحقیـق، تعـداد ۹۶ نفر محاسـبه شـده اسـت.

روایـی[2] ابـزار تحقیـق؛ مفهـوم اعتبـار یـا روایی به این سـوال پاسـخ می‌دهـد که ابـزار اندازه‌گیـری تا چه حـدی خصیصـه موردنظـر را می‌سـنجد. در تحقیـق حاضـر جهت سـنجش روایی ابـزار از روش روایی محتوا اسـتفاده شـد. برای ارزیابـی روایی ابـزار تحقیق حاضر، اولا متغیرهـای موجـود در هـر فرضیـه و شـاخص‌ها و پرسـش‌های مربوطه استخراج شده و سـوالات براساس ادبیـات تحقیق و مدل تحلیلی پژوهشـی طراحی شـده اسـت، ثانیـا جهـت اطمینـان از روایـی، پرسشـنامه در اختیـار اسـاتید، صاحبنظران و متخصصیـن امر از قبیل اسـاتید قـرار گرفـت کـه نظـر آنـان نیـز موید روایـی پرسشـنامه بود.

ابزارگردآوری داده ها

۱- ابزارگـردآوری داده ها درشناسـایی راه های ارتباطی و شـیوه هـای بازنگـری و ارتقای شـبکه هـای ارتباطی مترو،مطالعـات کتابخانـه‌ای شـامل مقـالات مرتبـط، پایگاه هـای اینترنتی، کتابهای مرتبط، اسـناد و مدارک مربوطـه، روزنامه هـا و نشـریات و همچنیـن مصاحبه و مشـورت با تعـدادی از خبرگان، کارشناسـان، مدیران و متخصصـان مربوطه بوده اسـت.

۲-ابزارگـردآوری داده هـا بـه دلیـل کثـرت داده هـا، پرسشـنامه ای می باشـد کـه بـا اسـتفاده از روش هـای آمـاری میزان اهمیت این شـاخص ها برحسـب فراوانی آنها محاسـبه شـده و مهمترین این شـاخص ها انتخاب

2. Validity

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

شـده اند.

۳-ابـزار گـردآوری داده ها مرتبط بامیـزان تأثیر هریک از گزینه هـای شناسـایی شـده برشـاخص های اصلـی تحقیـق، پرسشـنامه ای اسـت کـه بر مبنـای مهمترین معیارهای شناسـایی شـده تنظیم شـده و روایـی آن از طریـق بحث و مشـورت بـا چند نفـر از خبـرگان تأیید شده اسـت.

روش تجزیه وتحلیل داده ها

پـس از گـردآوری و تلخیـص داده هـا بـا اسـتفاده از نـرم افزارهـای اکسـل، SPSS تجزیـه و تحلیـل هـای لازم بـه ترتیـب مراحـل ذیـل انجام شـده اسـت.تجزیه و تحلیلهـای توصیفـی داده هـای جمـع آوری شـده در خصـوص ویژگیهـای جمعیت شـناختی با اسـتفاده از انـواع شـاخص هـای آمـاری از جملـه فراوانـی، درصدفراوانـی، انـواع جـداول و نمودارهـا انجـام شـده اسـت.تجزیه و تحلیـل پایایـی پرسشـنامه تحقیـق: در ایـن مرحلـه بـه منظـور حصـول اطمینـان از پایایـی ابـزار تحقیـق، داده هـای جمع آوری شـده بـا محوریت متغیرهـای اصلـی تحقیـق هـم بـه صـورت کلـی و هم بـه صـورت جـزء بـه جـزء بـا اسـتفاده از آزمـون آلفای کرونبـاخ مـورد آزمـون قرار خواهد گرفته شـده اسـت. تعییـن و اولویـت بندی عوامـل تاثیرگذار با اسـتفاده از آزمونهـای آمـاری: در ایـن مرحله با اسـتفاده از تحلیل عاملـی و آزمونهـای مختلف آماری همچـون فریدمن و مقایسـه میانگیـن ها، عوامل شناسـایی شـده تصدیق و سـپس اولویـت بندی شـده اسـت.

پایایی[3] ابزار تحقیق

بـرای سـنجش پایایـی در ایـن پژوهـش از روش آلفای کرونبـاخ اسـتفاده شـده اسـت. بـرای اینکـه بفهمیـم اطلاعـات بـه دسـت آمـده از طریـق پرسشـنامه توزیع شـده تـا چه میـزان قابـل اطمینـان هسـتند، به کمک نـرم افـزار SPSS آن را اعتبـار سـنجی مـی کنیـم. و در صورت حاصل شـدن عـدد بالای ۰,۷ آنـگاه با اطمینان خاطـر از پایـا بـودن پرسشـنامه مـی توانیـم بـه نتیجه گیـری از اطلاعـات حاصـل شـده اقـدام کنیم.

نتیجه گیری و جمعبندی

در ایـن بخـش دو روش افزایـش تجهیـزات فعـال و غیرفعـال را از نقطـه نظـر پنـج معیـار زیـر مقایسـه و تحلیـل مـی کنیم.ایـن ۵ معیار عبـارت انـد از: افزایش پایـداری سـرویس هـا، ارائـه خدمـات به سـازمان های دیگـر، ارتقـاء سـطوح امنیتـی، افزایـش پهنـای بانـد و ارائـه سـرویس هـای پایـش و مانیتورینـگ. شـکل ۱ طـی یـک نمودار میلـه ای میزان قابلیـت روش افزایش تجیـزات فعـال را در ۵ معیـار فـوق الذکـز نمایـش می دهد.

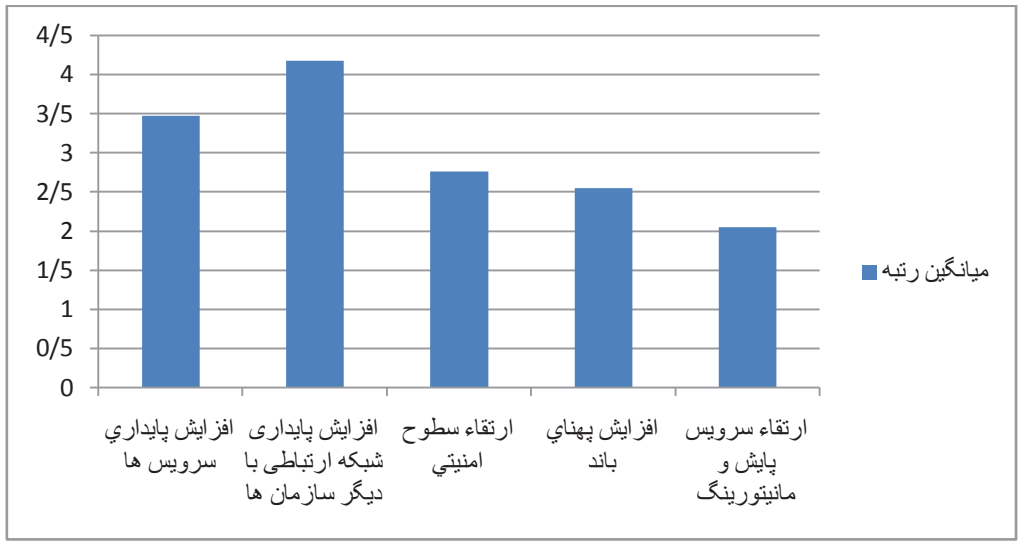
بـر طبـق شـکل ۱، اگـر از روش افزایـش تجهیـزات فعـال بـرای اصـلاح شـبکه همبنـدی متـرو اسـتفاده کنیـم دارای نقـاط قوتی در زمینه های اتصال شـبکه و ارائـه خدمـات به سـازمان هـای دیگر و بهبـود پایداری سـرویس هـای مهـم مـی باشـیم. ایـن روش سـطح متوسـطی را از لحـاظ امنیـت ارائه می دهـد. همچنین ایـن روش دارای ضعـف هایـی در زمینه هـای افزایش پهنـای بانـد و ارائه سـرویس های جدید است.شـکل ۲ طـی یـک نمودار میلـه ای میزان قابلیـت روش افزایش تجهیـزات غیرفعـال را در ۵ معیـار مـورد نظـر نمایـش مـی دهد.

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

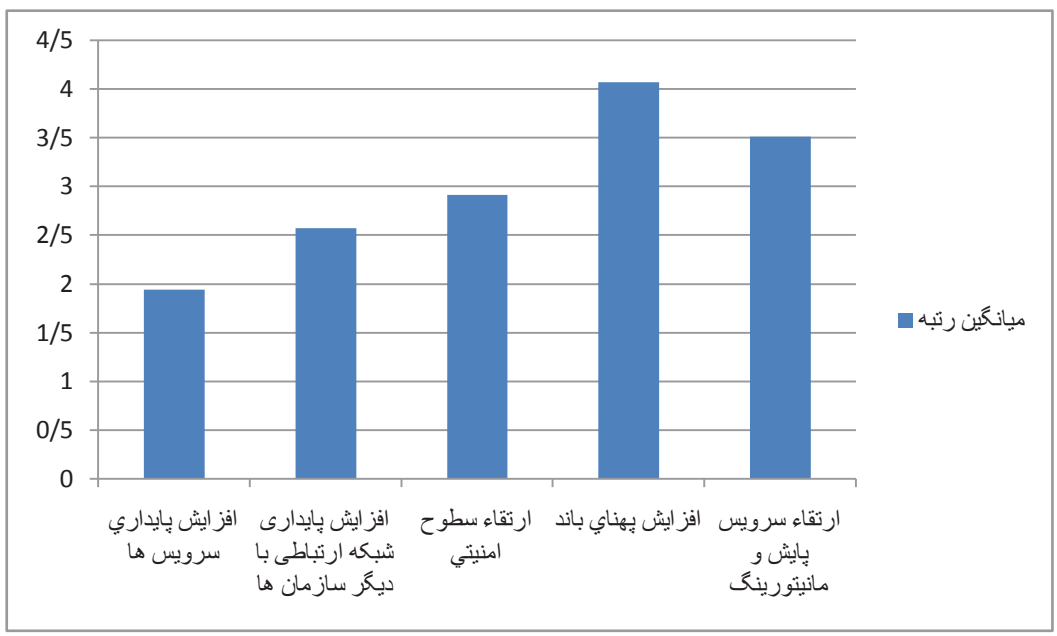
تعداد سوالات	پایایی بخش افزایش تجهیزات غیر فعال	پایایی بخش افزایش تجهیزات فعال
۱۷	۰,۸۷۱	۰,۸۱۱

3. Reliability

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]



شکل ۱. رتبه بندی معیارها برای راهکار افزایش تجهیزات فعال



شکل ۲. رتبه بندی معیارها برای راهکار افزایش تجهیزات غیرفعال

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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]

همانند روش قبل، از لحاظ سطوح امنیتی دارای عملکرد مشابه ای است. پس در نهایت به منظور اصلاح همبندی در شبکه مترو تهران، ابتدا می بایست برای کارفرما میزان اهمیت هر کدام از معیار های 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.زاکر، گریک (۱۳۸۹) راهنمای جامع شبکه؛ مترجم لیلی قاسم زاده؛ تهران: کانون نشر علوم.

۲.تننباوم، 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.تقی‌زاده، علیرضا (۱۳۸۵) ترکیب اترنت شهری با MPLS - گزینه ایده‌آل 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 TECHNOLOGYMAGAZINE, 2012.

8.AboveNet. (2011). Advantages of Ethernet vs. SONET, a compelling choice. White Paper. [Online]. Available: http://www.above.net/docs/wp-sonetvsenet.pdf

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.Î□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, Î¥. Park, F. Clarke, H. Song, S. Yang, G. Kramer, Î. Kim and Î. 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

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2025-08-18]