

تحلیل پایایی شبکه‌های حمل و نقل و ترافیک جاده‌ای: ارائه یک مرور طبقه‌بندی شده برای شناخت الگوی معرفی عامل آسیب، مکانیسم آسیب‌پذیری و تحلیل شبکه پس از وقوع آسیب

امیرمسعود المطهری^۱، نوید خادمی^۲، مصطفی باباییک^۳، کامبیز بهنیا^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه تهران

۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه تهران

۴- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

چکیده

آسیب‌پذیری سامانه‌های حمل و نقل، مفهوم جدیدی در مباحث تحلیل شبکه‌های حمل و نقل است. در شبکه‌های حمل و نقل، پایایی که مفهومی در مقابل آسیب‌پذیری دارد، به بررسی افت عملکرد و کیفیت خدمت‌دهی شبکه و تغییرات تقاضای ناشی از آن می‌پردازد. در مطالعاتی که تاکنون در مورد آسیب‌پذیری در شبکه‌ی حمل و نقل انجام شده است، دلایل متفاوتی به‌عنوان علل خرابی در شبکه در نظر گرفته شده است. همچنین مکانیسم‌های خرابی متفاوتی وجود دارد که هرکدام از پژوهش‌ها، یکی از انواع این مکانیسم‌ها را در نظر گرفته‌اند. روش‌های تحلیل و معیارهای سنجش متفاوتی هم تاکنون برای اثر سنجی عواقب خرابی ارائه شده است. در این مقاله سعی می‌شود ضمن معرفی دستاوردهای محققان در زمینه‌ی آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل، با ارائه یک مرور طبقه‌بندی شده، الگویی ارائه شود که محققین و متخصصین توسط آن بتوانند برای مکانیسم خرابی خود با توجه به عوامل خرابی موجود، مقالات و مطالعات مفیدی را در زمینه‌ی تحلیل آسیب‌پذیری، انتخاب و مورد بررسی قرار دهند.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری شبکه‌ی حمل و نقل - قابلیت اطمینان - حوادث غیرمترقبه - پایایی شبکه

۱- مقدمه

توانایی مدل‌سازی اثرات آسیب دیدن شبکه‌ی حمل و نقل، یکی از جنبه‌های مهم طراحی شبکه، شناخت زیرساخت‌های حیاتی و پایا کردن شبکه است. در کشور ما نیز می‌توان گفت هزینه‌های خرابی مسیرهای دسترسی در بسیاری از مناطق مخصوصاً روستاها و نواحی حاشیه‌ای شهرها برای افراد مختلف بسیار حائز اهمیت است زیرا آن خرابی ممکن است دسترسی افراد را به خدمات اولیه (مانند بیمارستان، آتش‌نشانی و...) با مشکلات جدی مواجه سازد. در پژوهش‌هایی که تاکنون در این موضوع صورت گرفته است، دو مورد قابل توجه وجود دارد؛ ابتدا ضرورت ارائه‌ی یک تعریف جامع و توسعه‌ی تئوری تحلیل آسیب‌پذیری، سپس استفاده‌ی عملی از آن‌ها برای تحلیل شبکه‌های کلان حمل و نقل [۱].

در جوامع امروزی، بیشتر فعالیت‌های ساده‌ی روزمره به عملکرد شبکه‌های زیربنایی^۱ بستگی دارد؛ بنابراین درک و بررسی اهمیت اجزای آن‌ها و میزان تأثیرپذیری سیستم، هنگام وقوع حوادث و رویدادهای ناگهانی از نیازهای تحلیل چنین سامانه‌هایی است. برای تحلیل صحیح شبکه‌ی ترابری به‌عنوان یکی از این شبکه‌های مهم، ارائه‌ی راهکارهایی برای مواجهه با رویدادهای غیرمترقبه نیاز است تا هم در برنامه‌ریزی‌ها و طراحی‌های شبکه قبل از وقوع این حوادث و هم در هنگام وقوع آن‌ها و پس از آن، بتوان آسیب‌های وارد بر شبکه را کاهش داد و عملکرد شبکه را بهبود بخشید؛ به عبارت دیگر،

1 Infrastructure networks

۲- تعریف پایایی شبکه‌های حمل و نقل

از جمله مطالعات ابتدایی در تعریف مفهوم تحلیل آسیب‌پذیری در شبکه‌های حمل و نقل، پژوهشی است که توسط بردیکا [۲] انجام شده است. طبق تعریف او، «آسیب‌پذیری شبکه‌ی حمل و نقل یعنی در معرض خطر بودن، در معرض آسیب بودن و یا مستعد بودن^۱ برای سوانحی که می‌تواند منجر به کاهش قابل توجهی در خدمت‌دهی^۲ شبکه حمل و نقل شود». در این تعریف منظور از خدمت‌دهی امکان استفاده از بخشی از شبکه (گره، کمان یا مسیری در شبکه) در یک بازه‌ی زمانی مشخص است. این تعریف عمومی از آسیب‌پذیری غالب‌ترین تعریف در مورد تحلیل آسیب‌پذیری است که توسط پژوهش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است (مثلاً رجوع کنید به پژوهش کلیدی و راهبردی از جنلیوس و متسن [۳]).

دست و تیلر [۴] با استفاده از مفهوم دسترسی^۳ تعاریف جامع‌تری از آسیب‌پذیری شبکه ارائه دادند که تبعات اجتماعی و اقتصادی بیشتری را شامل می‌شد. تعاریف آن‌ها بدین صورت مطرح شده است:

- یک رأس^۴ از شبکه آسیب‌پذیر^۵ است اگر حذف تعداد اندکی از کمان‌های شبکه، به‌طور قابل ملاحظه‌ای دسترسی آن رأس را کاهش دهد.
- یک کمان^۶ از شبکه بحرانی^۷ است اگر حذف آن به‌طور قابل ملاحظه‌ای دسترسی شبکه به رئوس خاصی را کاهش دهد.

در پژوهش فوق، میزان دسترسی به‌صورت معیار مشخصی بیان شده است و در حقیقت آسیب‌پذیری شبکه بر اساس سطح تغییراتی که در این معیار ایجاد می‌شود، تعریف شده است. تیلر و سوسیلاواتی [۵] در پژوهش دیگری با استفاده از معیار دورافتدگی^۸ تعاریف مشابهی ارائه کردند.

مفهوم مهمی که در این رابطه مطرح شده است، پایایی^۹ شبکه است. پایایی یعنی «مقاوم بودن و کم اثر بودن در برابر

مشکلات مختلفی که ممکن است در شبکه‌ی حمل و نقل به وقوع بپیوندد» [۶]. واژه‌ی پایایی در مقابل آسیب‌پذیری بکار می‌رود. در حقیقت، هرچه میزان پایایی یک شبکه افزایش یابد، آسیب‌پذیری آن در مقابل حوادث و اتفاقات مختلف کاهش می‌یابد. هدف از یک تحلیل پایایی، بررسی عملکرد شبکه در شرایطی است که قسمت‌هایی از شبکه به علل مختلف قادر به خدمت‌دهی نباشند. با استفاده از نتایج این‌گونه تحلیل‌ها، می‌توان راهکارهایی برای مقاوم‌سازی اجزای مهم شبکه‌ی حمل و نقل، گسترش شبکه، طراحی و توسعه‌ی شبکه پیشنهاد داد.

۳- تفاوت تحلیل آسیب‌پذیری با تحلیل قابلیت اطمینان و ریسک

قابلیت اطمینان^{۱۰}، ریسک و آسیب‌پذیری در شبکه‌های حمل و نقل، مفاهیم به هم پیوسته‌ای هستند. در سال‌های اخیر پژوهش‌های بسیاری در مورد قابلیت اطمینان شبکه صورت گرفته است که بیشتر آن‌ها بر شبکه‌های مترکام شهری و احتمال عملکرد مناسب آن شبکه‌ها در ارائه‌ی خدمات به مسافران، متمرکز بوده است. مطالعات شهری قطعاً از اهمیت بالایی برخوردار است اما این تنها چیزی نیست که باید مورد توجه قرار گیرد. در سطح برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای، دسترسی مردم و پوشش ارتباطی یک منطقه از جنبه‌های اساسی در مدیریت حمل و نقل است. در این موارد آسیب‌پذیری شبکه مهم‌تر از قابلیت اطمینان است چراکه ایجاد خرابی در شبکه می‌تواند اثرات زیادی بر عملکرد شبکه داشته باشد [۷]. ریسک اکثراً برای نتایج منفی به کار می‌رود و عواقب جانی، اقتصادی و محیط‌زیستی را در نظر می‌گیرد. ریسک را می‌توان به طرق مختلف تعریف کرد اما تعریف رایج آن بر دو عامل تأکید اساسی دارد: احتمال وقوع یک اتفاق که نتایج بدی را به دنبال دارد؛ و شدت و گستره‌ی عواقب وقوع آن. معمولاً حاصل ضرب احتمال در معیاری از عواقب آن اتفاق (مثلاً هزینه‌ی ناشی از آن پیشامد) را می‌توان به‌عنوان ریسک در نظر گرفت [۷]. قابلیت اطمینان و ریسک، احتمال قابل استفاده بودن هر یک از اعضای شبکه را در هر زمان مشخص می‌کند؛ درحالی‌که مفهوم آسیب‌پذیری یا به‌عبارت دیگر پایایی، صرف‌نظر از این‌که احتمال خرابی چقدر است، بیشتر به نتایج و عواقب خرابی اجزای شبکه می‌پردازد؛ در واقع هرچه عواقب وقوع یک حادثه در یک جزء شبکه کمتر باشد، آن جزء پایاتر است. مطالعات تحلیل پایایی (آسیب‌پذیری) شبکه عمدتاً به مواردی از آسیب متمرکز می‌کند که احتمال وقوع آن بسیار کم است ولی رخداد آن عواقب فاجیع و غیرقابل‌کنترلی دارد. ماهیت این آسیب‌ها

- 1 Susceptibility
- 2 Serviceability
- 3 Accessibility
- 4 Node
- 5 Vulnerable
- 6 Link
- 7 Critical
- 8 Remoteness
- 9 Robustness

– تعیین مکانیسم خرابی: با توجه به این‌که شبکه‌ی حمل و نقل در قالب مجموعه‌ای از رئوس و کمان‌ها تعریف شده است، باید بتوان عامل خرابی را در قالب مکانیسم مشخصی به شبکه اعمال کرد؛ به‌طور مثال یک سیل چگونه باید به‌صورت ریاضیاتی تعریف شود و بر گراف شبکه‌ی حمل و نقل اثر می‌گذارد.

– تعیین معیارهای سنجش: برای مقایسه‌ی وضعیت شبکه، قبل و بعد از ایجاد خرابی، باید معیارهایی برای ارزیابی تغییرات شبکه تعیین شود که به کمک آن‌ها بتوان میزان تأثیر خرابی موردنظر را بر شبکه مشخص نمود.

۵- عوامل ایجاد خرابی در شبکه

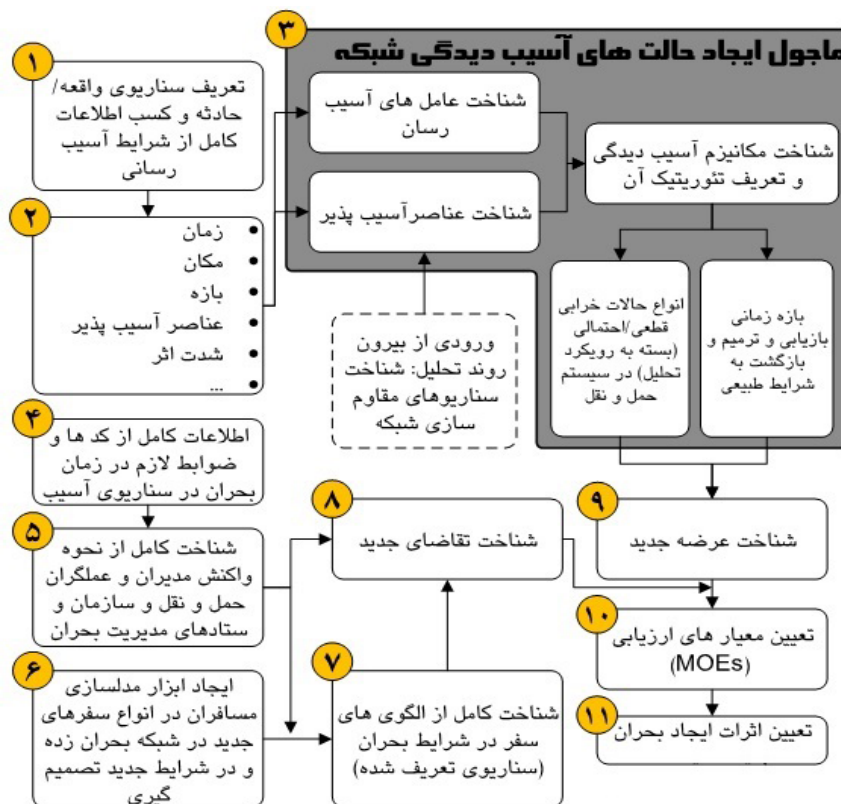
ادبیات تحلیل پایایی، دلایل مختلفی را در خصوص علل تخریب و یا افت عملکرد شبکه‌ی حمل و نقل در برمی‌شمارد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به زلزله، سیل، سونامی، گردباد، توفان، کولاک شدید، انفجار در حمل مواد خطرناک، رانش زمین، نقص و ضعف اجزای شبکه‌ی حمل و نقل در اثر فرسودگی، عدم بازدیدهای دوره‌ای در اجزای کلیدی شبکه، خطاهای انسانی و عملیات خرابکارانه و موارد مختلفی از این دست اشاره داشت.

ایجاب می‌کند که رکورد اطلاعاتی کافی هم در خصوص تواتر رخداد آن‌ها وجود نداشته باشد، لذا عمدتاً تحلیل‌های آسیب‌پذیری مقوله «احتمال رخداد واقعه آسیب‌رسان» را هم در خود وارد نمی‌کنند.

۴- مراحل انجام تحلیل پایایی شبکه‌های حمل و نقل

برای انجام هرگونه تحلیلی، نیاز است که اجزای واقعی تحلیل، در قالب مدل‌هایی ارائه شوند تا بتوان مسئله را حل نمود. شبکه‌های سامانه‌های حمل و نقل را با استفاده از نظریه گراف^۱ با مجموعه‌ای از رئوس و کمان‌های بهم‌پیوسته تعریف می‌نمایند. در شکل ۱ مراحل انجام یک تحلیل پایایی معرفی شده‌اند. در بین مراحل که برای انجام تحلیل پایایی شبکه وجود دارد، بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه، برگام‌های زیر تمرکز داشته‌اند:

– تعریف عامل خرابی: دلایل متفاوتی برای ایجاد خرابی در شبکه‌های حمل و نقل وجود دارد. تعریف سناریوی حادثه‌ای که باعث مسدود شدن اجزای سیستم می‌شود، اولین مرحله در تحلیل شبکه، این است که بدانیم با چه مسئله‌ای و با چه خصوصیتی سروکار داریم.



شکل ۱: مدل مفهومی تحلیل پایایی در شبکه‌های حمل و نقل

جدول ۱: عوامل خرابی در نظر گرفته‌شده در برخی پژوهش‌ها

شماره مرجع	مکان خرابی	وسعت خرابی	عامل خرابی	سال	نویسنده / نویسندگان
[۱۳]			خرابی خاصی عنوان نشده (فقط معیار سنجش خرابی معرفی شده)	۱۹۵۹	Hansen
[۱۴]			خرابی خاصی عنوان نشده (فقط معیار سنجش خرابی معرفی شده)	۱۹۹۹	Jiang et al
[۸]	ژاپن، کوبه	زیاد	زلزله	۲۰۰۱	Chang and Nojima
[۲۲]	آمریکا، لوس‌آنجلس	زیاد	زلزله	۲۰۰۱	Cho et al
[۱۵]			خرابی خاصی عنوان نشده (فقط معیار سنجش خرابی معرفی شده)	۲۰۰۲	Train
[۲۳]	آمریکا، نیومادرید (سناریوی فرضی)	کم	زلزله	۲۰۰۲	Kim et al
[۲]			خرابی خاصی عنوان نشده (فقط معیار سنجش خرابی معرفی شده)	۲۰۰۲	Berdica
[۴]	استرالیا	کم	عنوان نشده	۲۰۰۳	D'Este and Taylor
[۱۶]	استرالیا	کم	تصادف	۲۰۰۵	Primerano and Taylor
[۱۱]	آمریکا، بوستون	زیاد	سیل	۲۰۰۵	Suarez et al
[۲۴]	آمریکا، نیومادرید (سناریوی فرضی)	کم	زلزله	۲۰۰۵	Ham et al
[۶]	شبکه‌ی فرضی	زیاد	عنوان نشده	۲۰۰۶	Scott et al
[۲۰]	سوئد	کم	عنوان نشده	۲۰۰۶	Jenelius et al
[۱۰]	آمریکا، مریلند (سناریوی فرضی)	کم	سیل	۲۰۰۶	Sohn
[۷]	چهار بزرگراه در جنوب شرقی استرالیا	کم	عنوان نشده	۲۰۰۷	Taylor and D'Est
[۱۷]	شبکه‌ی فرضی	کم	عنوان نشده	۲۰۰۷	Chen et al
[۲۵]	ژاپن، چواتسو	زیاد	زلزله	۲۰۰۸	and Tatano Tsuchiya
[۱۲]	استرالیا، آدلاید	کم	انسداد تونل	۲۰۰۸	Taylor
[۱۹]	آمریکا، ورمونت	کم	عنوان نشده	۲۰۱۰	Sullivan et al
[۲۱]	سوئد	کم	عنوان نشده	۲۰۱۰	Jenelius
[۱۸]	آمریکا، داکوتای جنوبی و هنگ‌کنگ	کم	عنوان نشده	۲۰۱۲	Chen et al
[۳]	سوئد	زیاد	سیل، برف و آتش‌سوزی	۲۰۱۲	Jenelius and Mattsson
[۵]	جنوب شرقی استرالیا، مثلث سبز ^۱	کم	عنوان نشده	۲۰۱۲	Taylor and Susilawati
[۹]	ژاپن، کوبه	زیاد	زلزله	۲۰۱۲	Nagae et al

که در زمینه‌ی تحلیل آسیب‌پذیری انجام‌شده، هیچ دلیل خاصی را برای خرابی در نظر نگرفته‌اند و تنها به عواقب خرابی توجه نموده‌اند.

۶- انواع مکانیسم‌های اعمال خرابی بر شبکه

مکانیسم خرابی در هر تحلیل آسیب‌پذیری، ارتباط تنگاتنگی با عامل خرابی دارد. در حالت کلی می‌توان تأثیر خرابی تمامی زیرمجموعه‌های یک یا چند عضو از کمان‌های شبکه را در نظر گرفت. در تحلیل آسیب‌پذیری، به این فرآیند پایش

تاکنون هیچ مطالعه‌ای وجود نداشته است که صراحتاً به بیش از یک عامل خرابی در تحلیل خود اشاره کرده باشد.

در برخی پژوهش‌ها، زلزله به عنوان عامل خرابی در نظر گرفته شده است [۹ و ۸]. در برخی دیگر تأثیر سیل را بر شبکه‌ی حمل و نقل ارزیابی کرده‌اند [۱۰ و ۱۱]. در مقابل، برخی از مقالات هم مسدود شدن مسیرها به علت اشتباهات انسانی و تصادفات را مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۲]. هرچند مشخص کردن عامل خرابی می‌تواند تحلیل شبکه را هدفمندتر کند اما همان‌گونه که در جدول ۱ مشخص است؛ بسیاری از مطالعاتی

۷-۱- شاخص‌های دسترسی^۶

شاخص‌های دسترسی زیادی تاکنون برای اهداف گوناگون معرفی شده‌اند که در این بین، برخی از شاخص‌های دسترسی، کاربرد بیشتری در مطالعات آسیب‌پذیری شبکه‌ی حمل و نقل پیدا کرده‌اند:

شاخص هنسن^۷: این شاخص از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$A_i = \frac{\sum_j B_j f(c_{ij})}{\sum_j B_j} \quad (1)$$

در رابطه‌ی فوق A_i شاخص دسترسی منطقه‌ی i ، B_j شاخص جذب منطقه‌ی j (مثلاً جمعیت) و $f(c_{ij})$ تابع مقاومت^۸ بین دو منطقه‌ی i و j است و هرچه هزینه‌ی سفر از i به j بیشتر باشد مقدار آن کمتر است که در نتیجه مقدار دسترسی به منطقه‌ی i کمتر می‌شود [۱۳].

شاخص هزینه‌ی عمومی: این شاخص توسط دست و تیلر [۴] معرفی شد. رابطه‌ی این معیار به صورت زیر است:

$$V_{rs} = \sum_i \sum_j d_{ij} \Delta c_{ij}^{rs} \quad (2)$$

در این معادله، Δc_{ij}^{rs} افزایش هزینه‌ی سفر از i به j ناشی از خرابی کمان r به s و d_{ij} تقاضای سفر از i به j است. V_{rs} کل افزایش هزینه‌ی سفر ناشی از خرابی کمان r به s است.

از دیگر شاخص‌های دسترسی که می‌توانند برای تحلیل آسیب‌پذیری مورداستفاده قرار گیرند، می‌توان به شاخص توپولوژیکال^۹ [۱۴]، شاخص تغییرات هزینه‌ی مازاد مصرف‌کننده^{۱۰} [۱۵] و معیار دسترسی پیرمانو و تیلر [۱۶] اشاره نمود. همچنین در پژوهش دیگری چن و همکارانش [۱۷]، با در نظر گرفتن یک ساختار سلسله‌مراتبی، یک مدل ترکیبی بر اساس انتخاب سفر، مقصد، طریقه^{۱۱} و مسیر ارائه دادند و آن را به صورت یک مسئله‌ی بهینه‌سازی مدل کرده و تخصیص‌های ترافیکی را محاسبه نمودند. آن‌ها با استفاده از این مدل، یک معیار دسترسی مطلوبیت مبنا^{۱۲} ایجاد کردند.

شبکه^۱ گفته می‌شود. پایش کامل شبکه، قطعاً می‌تواند با دقت بیشتری تک‌تک اعضای شبکه را ارزیابی کند و تأثیر حذف زیرمجموعه‌های مختلف از کمان‌ها را ارزیابی نماید اما واضح است که این کار عملاً غیرممکن است و هزینه‌ی تحلیل و انجام محاسبات را بسیار زیاد خواهد کرد. به همین دلیل، در پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه، روش‌هایی پیشنهاد شده که به کمک آن‌ها بتوان با انجام محاسبات کمتری شبکه را تحلیل نمود. در مواقعی که عامل خرابی حوادث طبیعی با شدت کم یا اشتباهات انسانی (تصادفات و...) باشد، از مکانیسم تک کمانه^۲ استفاده می‌شود. در این پژوهش‌ها، کمان‌هایی از شبکه که قبلاً اهمیت آن‌ها محرز شده با یکدیگر مقایسه شده‌اند و میزان اثرات خرابی تک‌تک آن‌ها ارزیابی شده است. در برخی دیگر از این پژوهش‌ها، خرابی یک کمان به صورت تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفته است که به این روش، مکانیسم خرابی تک کمانه‌ی تصادفی^۳ می‌گویند.

در مواقعی که حوادث طبیعی با شدت زیاد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد باید خرابی چند کمان^۴ در نظر گرفته شود. مکانیسم خرابی چند کمانه، همچنین، برای بررسی حملات تروریستی کاربرد دارد. همچنین می‌توان بر اساس شرایط مسئله، با استفاده از روش خاصی، زیرمجموعه‌ای از شبکه را در نظر گرفت و چند کمان را حذف کرد؛ به‌طور مثال در پژوهشی که توسط جنلیوس و متسن [۳] انجام شده است، مکانیسم خرابی چهارخانه مبنا^۵ در نظر گرفته شده است. در این مکانیسم، شبکه به مربع‌هایی تقسیم شده و خرابی کمان‌های داخل هرکدام از آن مربع‌ها ارزیابی شده است.

۷- نحوه تحلیل شبکه پس از وقوع آسیب

هدف از تحلیل پایایی شبکه، این است که مشخص شود کدام قسمت از شبکه اگر نباشد، کارایی شبکه در پاسخ‌گویی به تقاضای سفر دچار نقصان بیشتری می‌شود؛ اما چگونه این ارزیابی صورت می‌گیرد؟ با کدام معیار؟ این سؤال است که اکثر محققین به‌گونه‌ای به آن پاسخ داده‌اند. در ادامه، برخی از معیارهای مهم سنجش شبکه را به اختصار معرفی می‌کنیم.

6 Accessibility measures

7 Hansen

8 Impedance function

9 Topological

10 Consumer surplus

11 Mode

12 Utility-based accessibility measure

1 Network scan

2 Single link failure

3 Random single-link failure mechanism

4 Multiple link failure

5 Grid-based

۷-۲- شاخص میزان تغییر نسبی بهره‌وری شبکه^۱

در سال ۲۰۱۲، معیار دیگری برای یافتن اجزای حیاتی شبکه‌ی حمل و نقل معرفی شد که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید [۱۸]:

$$VUL_a^G = \frac{E.(G) - E_a(G)}{E.(G)} \quad (۳)$$

$E.(G)$ و $E_a(G)$ به ترتیب بهره‌وری شبکه‌ی G در حالت عادی و در زمان خرابی کمان a هستند. تابع بهره‌وری نیز به صورت زیر تعریف شده است:

$$E(G) = \frac{\sum_i \sum_{rs} \frac{u_i^{rs} q_{rs}}{\pi_i^{rs}}}{\sum_{rs} q_{rs}} \quad (۴)$$

در رابطه‌ی بالا، q_{rs} تقاضای سفر از مبدأ r به مقصد s است. u_i^{rs} نسبت تعداد مسافران گروه i که قصد سفر از r به s را دارند و π_i^{rs} کمترین زمان سفر این گروه از مسافران از r به s است.

۷-۳- شاخص پایایی شبکه^۲

این شاخص که پایایی شبکه نامیده می‌شود، مفهومی برخلاف آسیب‌پذیری دارد [۱۹]: در واقع هر چه شبکه پایایی بیشتری داشته باشد، آسیب‌پذیری آن کمتر است. رابطه‌ی زیر بیانگر این معیار است:

$$NRI_a = C_a - C \quad (۵)$$

این معیار در حقیقت، اختلاف هزینه‌ی زمان سفر شبکه قبل و بعد از خرابی کمان a است:

$$C = \sum_i t_i x_i \quad (۶)$$

$$C_a = \sum_i t_i^a x_i^a \quad (۷)$$

در روابط فوق t_i و x_i به ترتیب، زمان سفر و مقدار جریان ترافیک در کمان a در حالت تعادل هستند. t_i^a و x_i^a نیز همین مقادیر هستند به‌ازای زمانی که کمان a از شبکه حذف شده است.

۷-۴- سایر معیارها

شاخص‌های بسیار دیگری برای سنجش اثرات خرابی بر شبکه‌های حمل و نقل ارائه شده است که به‌عنوان مثال می‌توان شاخص‌های اهمیت کمان^۳ و در معرض خطر بودن یک ناحیه^۴ [۲۰]، افزونگی در شبکه [۲۱]، شاخص $ARIA^5$ [۵] و برخی شاخص‌های اقتصادی [۲۲ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۵] را نام برد.

1 Relative change in network efficiency

2 Network Robustness

3 Link's importance

4 Municipality's exposure

5 Accessibility/Remoteness Index of Australia

در جدول ۲، برخی از پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی تحلیل آسیب‌پذیری صورت گرفته است، دسته‌بندی شده‌اند. مشاهده می‌شود که در بسیاری از مطالعات، توجه پژوهش‌گران بیشتر از آن‌که معطوف به عامل و مکانیسم خرابی باشد، بر معیارهای سنجش شبکه بعد از خرابی متمرکز است.

۸- نتیجه‌گیری

هدف از ارائه‌ی این پژوهش، معرفی کلی مفهوم پایایی در شبکه‌های حمل و نقل و بیان راهکارهای تحلیل این شبکه‌ها با استفاده از معیارهای آسیب‌پذیری است. همان‌گونه که مطرح شد، عوامل و حوادث مختلفی می‌توانند بر عملکرد شبکه‌های حمل و نقل تأثیر منفی داشته باشند؛ از حوادث طبیعی مانند سیل و زلزله گرفته تا تصادفات و اشتباهات انسانی یا حملات تروریستی. در این مقاله سعی شده است، مراحل انجام یک تحلیل آسیب‌پذیری معرفی شوند و معیارهای مهمی که در مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه وجود دارند، دسته‌بندی شوند. با توجه به این‌که تحلیل آسیب‌پذیری در شبکه‌ی حمل و نقل، تنها عمری کمتر از دو دهه دارد، پژوهشگران می‌توانند با ارائه‌ی ایده‌ها و نظریه‌های مناسب، خلأهای علمی موجود در این زمینه را پر کنند. همچنین، در پژوهش‌های آتی، می‌توان با استفاده از راهکار ارائه‌شده در این مقاله، شبکه‌های مختلف حمل و نقل در داخل کشور را تحلیل نمود و نقاط حساس و تأثیرگذار این شبکه‌ها را به‌دست آورد. محققین می‌توانند در رابطه با موارد زیر پژوهش‌های مفیدی انجام دهند:

- ۱- توسعه و معرفی مکانیسم‌های جدید برای اعمال خرابی موردنظر بر شبکه.
- ۲- ایجاد مکانیسم‌ها و مدل‌هایی که به کمک آن‌ها بتوان خرابی‌های ناشی از عوامل مختلف، به‌طور همزمان بر شبکه وارد نمود.
- ۳- ارائه‌ی الگوریتم‌های بهینه برای پایش شبکه‌های حمل و نقل به‌گونه‌ای که زمان و هزینه‌ی محاسبات کاهش یابد.
- ۴- ارائه‌ی توابع مطلوبیت انتخاب مسیر مسافران در شرایط انسدادهای قسمتی از شبکه.
- ۵- ارائه‌ی توابع مطلوبیت سایر انتخاب‌های مسافران (انتخاب مقصد، طریقه‌ی سفر، زمان ترک منزل^۶ مسافران و ...) و ایجاد معیارهای جدید بر اساس این انتخاب‌ها.
- ۶- به‌کارگیری معیارهای آسیب‌پذیری برای استفاده در تحلیل هزینه-فایده^۷ و طراحی شبکه‌های حمل و نقل.

6 Departure time

7 Cost-benefit analysis

جدول ۲: دسته‌بندی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه‌ی تحلیل آسیب‌پذیری شبکه‌های حمل و نقل

شماره مرجع	معیار سنجش تغییرات شبکه	مکانیسم خرابی	عامل خرابی	سال	نویسنده / نویسندگان
[۱۳]	معیار دسترسی هنسن	-	-	۱۹۵۹	Hansen
[۱۴]	معیار دسترسی توپولوژی‌یکال	-	-	۱۹۹۹	Jiang et al
[۸]	معیارهای پوشش شبکه ^۲ و دسترسی	تک‌کمانه	زلزله	۲۰۰۱	Chang and Nojima
[۲۲]	معیارهای اقتصادی	چندکمانه	زلزله	۲۰۰۱	Cho et al
[۱۵]	معیار تغییرات هزینه‌ی مازاد مصرف‌کننده	-	-	۲۰۰۲	Train
[۲۳]	معیارهای اقتصادی	چندکمانه	زلزله	۲۰۰۲	Kim et al
[۲]	کاهش خدمت‌دهی (کاهش سرعت)	-	-	۲۰۰۲	Berdica
[۴]	معیارهای دسترسی	تک‌کمانه	-	۲۰۰۳	D'Este and Taylor
[۱۶]	معیارهای دسترسی	تک‌کمانه	تصادف	۲۰۰۵	Primerano and Taylor
[۱۱]	تغییرات VMT ^۳ و VHT ^۴	چندکمانه	سیل	۲۰۰۵	Suarez et al
[۲۴]	معیار ترکیبی اقتصادی و حمل و نقلی	یک تا سه کمانه	زلزله	۲۰۰۵	Ham et al
[۶]	معیار پایایی	چندکمانه	-	۲۰۰۶	Scott et al
[۲۰]	معیارهای اهمیت و در معرض بودن	چندکمانه	-	۲۰۰۶	Jenelius et al
[۱۰]	معیار دسترسی	تک‌کمانه	سیل	۲۰۰۶	Sohn
[۷]	معیارهای هنسن و هزینه‌ی عمومی	تک‌کمانه	-	۲۰۰۷	Taylor and D'Est
[۱۷]	معیار دسترسی مطلوبیت مبنا	تک‌کمانه	-	۲۰۰۷	Chen et al
[۲۵]	معیارهای اقتصادی	چندکمانه	زلزله	۲۰۰۸	Tatano and Tsuchiya
[۱۲]	معیارهای دسترسی	تک‌کمانه	انسداد تونل	۲۰۰۸	Taylor
[۱۹]	معیار پایایی	تک‌کمانه	-	۲۰۱۰	Sullivan et al
[۲۱]	معیار افزونگی	یک یا دو کمانه	-	۲۰۱۰	Jenelius
[۱۸]	معیار میزان اثرات ناشی از خرابی	تک‌کمانه	-	۲۰۱۲	Chen et al
[۳]	معیارهای اهمیت و در معرض بودن	چهارخانه مبنا	سیل، برف و آتش‌سوزی	۲۰۱۲	Jenelius and Mattsson
[۵]	معیار ARIA	تک‌کمانه	-	۲۰۱۲	Taylor and Susilawati
[۹]	معیار عدم مطلوبیت ^۵ و هزینه‌ی ترمیم ^۶	چندکمانه	زلزله	۲۰۱۲	Nagae et al

۹- مراجع

- [11] A. Suarez, W. Anderson, M. Vijay and T. R. Lakshmanan, "Impacts of flooding and climate change on urban transportation: systemwide performance assessment of the Boston metro area.," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10(3), pp.231-244, 2005.
- [12] M.A.P.Taylor, "Critical Transport Infrastructure in Urban Areas: Impacts of Traffic Incidents Assessed Using Accessibility-Based Network Vulnerability Analysis.," *Growth and Change*, 39(4) pp.593-616, 2008.
- [13] W.G.Hansen, "How accessibility shapes land use.," *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), pp.73-76, 1959.
- [14] B.Jiang, C.Claramunt, M.Batty, "Geometric accessibility and geographic information: Extending desktop GIS to space syntax.," *Computers, Environments and Urban Systems*, 23(2), pp.127-146, 1999.
- [15] K.Train, *Discrete choice methods with simulation.*, New York: Cambridge University Press, 2002.
- [16] F.Primerano, M.A.P.Taylor, "An accessibility framework for evaluating transport policies.," In *access to destination*, pp.325-346, 2005.
- [17] Chen, A., et al, "Network-based accessibility measures for vulnerability analysis of degradable transportation networks.," *Networks and Spatial Economics*, 7(3), pp.241-256, 2007.
- [18] Chen, B.Y., et al, "Vulnerability analysis for large-scale and congested road networks with demand uncertainty.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(3), pp.501-516, 2012.
- [19] J.Sullivan, D.C.Novak, L.Aultman-hall, D.M.Scott, "Identifying critical road segments and measuring system-wide robustness in transportation networks with isolating links: A link-based capacity-reduction approach.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), pp. 323-336, 2010.
- [20] E.Jenelius, T.Petersen, L.G.Mattsson, "Importance and exposure in road network vulnerability analysis.," *Transportation Research Part A*, 40(7), pp. 537-560, 2006.
- [21] E.Jenelius, "Redundancy importance: Links as rerouting alternatives during road network
- [1] M. A.P.Taylor, "Network Vulnerability in large-scale transport networks," *Transportation Research Part A*, 46(5), pp.743-745, 2012.
- [2] K. Berdica, "An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and what should be done.," *Transport Policy*, 9(2), pp.117-127, 2002.
- [3] Jenelius, E. and L.-G. Mattsson, "Road network vulnerability analysis of area-covering disruptions: A grid-based approach with case study.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(5), pp.746-760, 2012.
- [4] D'Este, G.M. and M.A.P. Taylor, "Network vulnerability: an approach to reliability analysis at the level of national strategic transport network.," *The network reliability of transport*, pp.23-44, 2003.
- [5] Taylor, M.A.P. and Susilawati, "Remoteness and accessibility in the vulnerability analysis of regional road networks.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(5), pp.761-771, 2012.
- [6] D.M.Scott, D.C.Novak, L.Altman-Hull, F.Gue, "Network robustness index: A new method for identifying critical links and evaluating the performance of transportation networks.," *Journal of Transport Geography*, 14(3), pp.215-227, 2006.
- [7] M.A.P.Taylor, G.M.D'Est, "Transport network vulnerability: a method for diagnosis of critical locations in transport infrastructure systems.," *Critical Infrastructure*, pp.9-30, 2007.
- [8] Chang, S.E. and N. Nojima, "Measuring post-disaster transportation system performance: the 1995 Kobe earthquake in comparative perspective.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35(6), pp.475-494, 2001.
- [9] Nagae, T., T. Fujihara, and Y. Asakura, "Anti-seismic reinforcement strategy for an urban road network.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(5), pp.813-827, 2012.
- [10] J. Sohn, "Evaluating the significance of highway network links under the flood damage: An accessibility approach.," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(6), pp.491-506, 2006.

pp. 223-246, 2002.

[24] Ham, H., T. J. Kim and D. Boyce, "Assessment of economic impacts from unexpected events with an interregional commodity flow and multimodal transportation network model.," *Transportation Research Part A*, 39(10), pp. 849-860, 2005.

[25] Tatano, H. and S. Tsuchiy "A framework for economic loss estimation due to seismic transportation network disruption: a spatial computable general equilibrium approach ", *Natural Hazard* , 44(2), pp. 253-265, 2008

disruptions.," *Procedia Engineering*, 3, pp. 129-137, 2010.

[22] Cho, S., P. Gordon, J. E. Moore, H. W. Richardson, M. Shinozuka, S. Chang, "Integrating transportation network and regional economic models to estimate the costs of a large urban earthquake.," *Journal of Regional Science*, 41(1), pp. 39-65, 2001.

[23] Kim, T. J., H. Ham and D. Boyce, "Economic impacts of transportation network changes: Implementation of a combined transportation network and input-output model.," *Papers in Regional Science*, 81(2),

Robustness analyses of transportation and traffic networks: A taxonomic review on the disturbance causes, disruption mechanisms, and network analysis methods

Amirmasoud Almotahari¹, Navid Khademi², Mostafa Bababeyk³, Kambiz Behnia⁴

1- M.Sc. student of highway and transportation engineering, University of Tehran

2- Assistant professor, School of civil engineering, University of Tehran

3- Ph.D. student of highway and transportation engineering, University of Tehran

4- Associate professor, School of civil engineering, University of Tehran

Abstract

The concept of vulnerability in transportation systems, emerged as a major new area of interest in transportation planning researches, recently. In traffic network studies, robustness (or anti-vulnerability) analyses has been emerged within the last two decades, in order to investigate the susceptibility of the serviceability of the transportation networks due to failure causes. This paper tries to provide a taxonomic review of the disturbance causes, disruption mechanisms, and network vulnerability analysis methods. There are diverse disturbances and vulnerability mechanisms presented in the studies conducted in this special realm of science. In addition, many measures have been developed in order to evaluate the network's serviceability before and after abnormal conditions. In this paper, not only do we address the achievements of researchers on the transportation network vulnerability analyses, but also, we provide for the researcher a context can come in helpful to find fitting methods from the literature in their prevailing domains of the analyses.

Keywords: Network vulnerability analysis, Transportation reliability analysis, Robustness analysis, disasters.

رابطه بین کیفیت زندگی کاری^۱ و عملکرد سازمانی^۲ کارکنان مراکز فرمان شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه (مترو)

سید میثم امام جمعه^۱، محمود حقانی^۲، وحیدرضا میرابی^۳

۱- کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، رئیس سلامت و ایمنی خطوط سه و شش متروی تهران

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی تهران

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

چکیده:

پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه بین کیفیت زندگی کاری و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه (مترو) انجام شده است. جامعه آماری شامل ۲۹۸ نفر از کارکنان مراکز فرمان این شرکت بودند که بر اساس جدول مورگان ۱۶۹ نفر به عنوان نمونه به روش تصادفی طبقه‌ای انتخاب گردیدند. جهت سنجش کیفیت زندگی کاری از پرسشنامه استاندارد مدل والتون و جهت سنجش عملکرد سازمانی از پرسشنامه استاندارد هرسی و گلد اسمیت استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که ارتباط مثبت و معناداری میان کلیه مولفه‌های کیفیت زندگی کاری والتون و عملکرد سازمانی وجود دارد. از میان مولفه‌های ۸ گانه کیفیت زندگی کاری والتون، مولفه‌های پرداخت منصفانه و کافی و وابستگی اجتماعی زندگی کاری به ترتیب حایز کمترین و بیشترین (میانگین) امتیاز میزان درک شده کیفیت زندگی کاری توسط کارکنان مراکز فرمان شدند، همچنین از میان این متغیرها، مولفه تأمین فرصت رشد و امنیت مداوم بیشترین تاثیر بر روی عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان را داشته و مولفه یکپارچگی و انسجام اجتماعی در سازمان نیز دارای کمترین تاثیر بر عملکرد سازمانی پرسنل هدف می‌باشد.

واژگان کلیدی: کیفیت زندگی کاری، عملکرد سازمانی

۱- مقدمه:

مراکز فرمان شرکت بهره برداری متروی تهران یکی از مراکز کنترل ضربان قلب تپنده این شرکت می‌باشد و نیروی انسانی با ارزش ترین سرمایه این سازمان است، لذا انتخاب استراتژی مناسب در حوزه منابع انسانی و ایجاد بستر لازم جهت تحقق این استراتژی‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با هدف تعیین رابطه بین دو متغیر کیفیت زندگی کاری و عملکرد سازمانی، و تبیین همسویی بین این دو انجام گردیده است.

۲- بیان مساله:

توجه به عوامل تاثیرگذار در عملکرد و بهره‌وری منابع انسانی در سازمان‌ها همواره به عنوان یکی از ضرورت‌ها و دغدغه‌های مدیران در راستای تحقق هدف‌های سازمانی بوده است،

پیشرفت‌های گسترده علم و فن آوری زمینه ساز تحولات گسترده‌ای در سطح جهان شده است که کلیه ابعاد زندگی انسان را شامل می‌شود. سازمان‌ها نیز از این امر مستثنی نبوده و ناگزیر از بالا بردن کیفیت ابعاد انسانی محیط کار و بازبینی سیاستها، استراتژی‌ها، اهداف و برنامه‌ها می‌باشند لذا موقعیت منابع انسانی در سازمان‌های فرهیخته از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. فرایند تاثیر پذیری عملکرد سازمانی منابع انسانی از محیط کار و ابعاد و ارکان مختلف آن در بستری مناسب و با ثبات، توسعه ویژگی‌های مثبت و بهره‌وری بالا را در بر خواهد داشت و بهبود آن منشاء اصلی توسعه همه جانبه سازمان است.

1 Quality of Work Life (QWL)

2 Organizational Performance

و ب: مراکز محلی (مستقر در ایستگاه‌های منتخب و پایانه‌ها) مشغول به فعالیت می‌باشند. این مجموعه با ۲۹۸ نفر پرسنل عملیاتی، یکی از حساس‌ترین قسمت‌های این شرکت است که به دور از دید میلیون‌ها مسافر مترو، هدایت بخش‌های مختلف اعم از کنترل برق و تاسیسات، مسیر سازی، کنترل تصاویر ارسالی از دوربین‌های مدار بسته، صدور مجوز جهت فعالیت بخش‌های مختلف و راهبری ترافیک خطوط پنجگانه مترو را به عهده دارند لذا پرداختن به مبحث کیفیت زندگی کاری شاغلین این بخش، از اهمیت به سزایی در تدوین شاخص‌های سلامت (پرسنلی و مسافری) سازمان و افزایش بهره‌وری، برخوردار می‌باشد.

عوامل مهم تاثیر گذار بر عملکرد و کیفیت زندگی کاری کارکنان این مجموعه شامل: الف: جنبه‌های خاص عملیاتی (استرس ناشی از بارکاری بالا، فشار زمانی، پیک بار ترافیکی، بروز مشکلات و سوانح پیش بینی نشده در طول خطوط، محدودیت‌ها، قابلیت اطمینان به تجهیزات فنی و تصمیم‌گیری سریع و بدون اشتباه) ب: ساختار سازمانی فعلی (نوبتکاری، تداخل وظایف، ارتباط مستقیم با مدیران ارشد سازمان و جوابگویی به ایشان، میزان پاداش و دستمزد) ج: ویژگی‌های شخصیتی و رفتاری (نحوه تغذیه، وضعیت سلامت جسمی و روحی کارکنان، کیفیت روابط عاطفی و خانوادگی) می‌باشد.

۳- مفهوم کیفیت زندگی کاری:

فرآیندی است که به وسیله آن همه اعضای سازمان از راه مجاری ارتباطی باز و متناسبی که برای این مقصود ایجاد شده است در تصمیم‌هایی که به ویژه بر شغلشان و بر محیط کارشان به طور کلی اثر می‌گذارد؛ به نحوی دخالت می‌کنند و در نتیجه مشارکت و خوشنودی

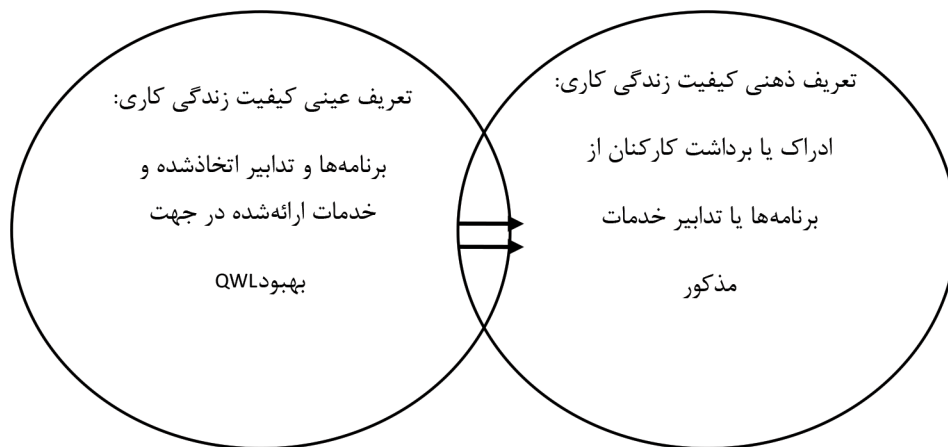
کیفیت تعامل پرسنل در محیط درونی سازمان و متقابلاً عوامل محیط خارجی و تاثیری که می‌تواند بر عملکرد آنها داشته باشد سازمان را قادر سازد تا از طریق افزایش کیفیت زندگی کاری به عنوان «شیوه‌های ترکیب متوازن زندگی شغلی و زندگی فردی» در بهبود شرایط محیط کار و ایجاد زمینه‌های موثر در ارتقاء عملکرد مجموعه منابع انسانی تلاش نماید.

سازمان‌ها برای رسیدن به اهداف خود نیازمند شناخت نحوه عملکرد کارکنان شان هستند تا بر این اساس، عملکرد خود را بهبود بخشند و تحولات مثبتی در خود ایجاد کنند. فقدان شناخت کافی و کامل از استعدادها و ضعف‌های بالقوه کارکنان، ناشی از فقدان ارزیابی صحیح مدیران و سرپرستان از کیفیت و کمیت عملکرد کارکنان آنها است (حاجی جباری، ۱۳۸۶)

طبق نظر والتون^۱ (۱۹۷۵)، کیفیت زندگی شغلی به عنوان راهی برای نجات ارزش‌های انسانی و محیطی که به خاطر پیشرفت فن آوری در بهره‌وری و رشد اقتصادی، مورد غفلت قرار گرفته‌اند، حائز اهمیت است. کارایی و اثر بخشی هر سازمان تا حد قابل ملاحظه‌ای به نحوه مدیریت و کاربرد صحیح و موثر منابع انسانی آن بستگی دارد.

شرکت بهره‌برداری راه آهن شهری تهران و حومه (مترو) با جابجایی روزانه بیش از دو و نیم میلیون مسافر در تهران بالغ بر ۹۲۵۰ نفر پرسنل دارد که همگی در بخش‌های مختلف ستادی و عملیاتی به صورت روزکار و نوبت کار مشغول به خدمات رسانی به مسافران این کلانشهر بزرگ هستند.

پرسنل مراکز فرمان (راهبران) شرکت بهره‌برداری راه آهن شهری تهران و حومه (مترو) در دو بخش الف: مرکز فرمان اصلی



(شکل ۱): رابطه بین تعریف عینی و ذهنی کیفیت زندگی کاری (پرداختی، حسن و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۴۰۰)

آن‌ها از کار بیشتر می‌شود و فشار عصبی ناشی از کار برایشان کاهش می‌یابد. (دولان و شولر، ۲۰۰۲: ۳۵۴)

۴- مفهوم عملکرد سازمانی:

عملکرد در لغت یعنی حالت یا کیفیت کارکرد. بنابراین عملکرد سازمانی یک چهارچوب کلی است که بر چگونگی انجام عملیات سازمانی اشاره دارد (نیلی و همکاران، ۲۰۰۲). عملکرد سازمانی را اینگونه تعریف نموده‌اند: "فرایند تبیین کیفیت اثربخشی و کارایی اقدامات گذشته"، مطابق این تعریف عملکرد به دو جزء تقسیم می‌شود الف: کارایی که توصیف کننده چگونگی استفاده سازمان از منابع در تولید خدمات یا محصولات است، یعنی رابطه بین ترکیب واقعی و مطلوب درون دادها برای تولید برون دادهای معین ب: اثربخشی که توصیف کننده‌ی درجه نیل به اهداف سازمانی است. (دالری و ورسینگتون، ۱۹۹۶)

۵- مدل مفهومی تحقیق:

در شکل زیر توضیحات لازم برای مدل مفهومی داده شده است.

۶- اهداف تحقیق:

۱-۶- هدف کلی:

تعیین رابطه کیفیت زندگی کاری و عملکرد سازمانی کارکنان

مراکز فرمان شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه (مترو)

۲-۶- اهداف ویژه و کاربردی:

الف) تعیین سطح کیفیت زندگی کاری کارکنان مراکز فرمان شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه (مترو)

ب) تعیین رابطه هر یک از مولفه‌های کیفیت زندگی کاری با عملکرد کارکنان

۷- فرضیات تحقیق:

۱-۷- فرضیه اصلی:

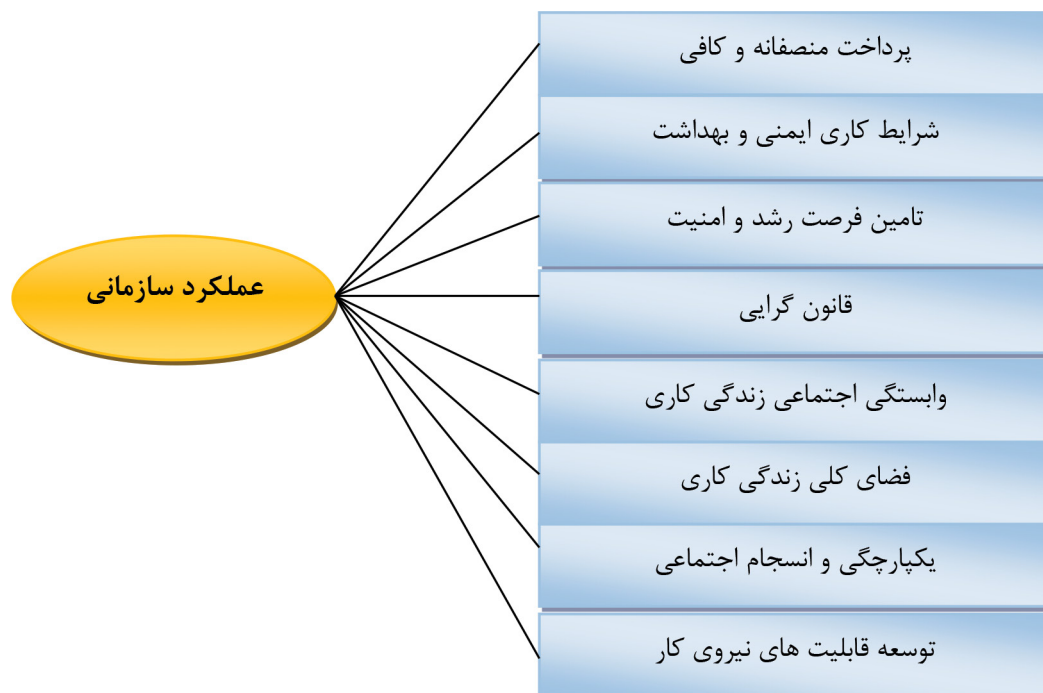
بین کیفیت زندگی کاری کارکنان مراکز فرمان شرکت بهره برداری مترو و عملکرد سازمانی آنها رابطه معنی دار وجود دارد.

۲-۷- فرضیه‌های فرعی:

۱-۲-۷- بین پرداخت منصفانه و کافی و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۲-۲-۷- بین محیط کاری ایمن و بهداشتی و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۳-۲-۷- بین توسعه قابلیت‌های نیروی کار و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.



مورگان ۱۶۹ نفر انتخاب می‌گردد.

۹- روش و ابزار گردآوری اطلاعات:

در این تحقیق از روشهای مختلف گردآوری اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای در زمینه‌های مورد کاربرد استفاده گردید.

همچنین برای سنجش کیفیت زندگی کاری از پرسشنامه استاندارد کیفیت زندگی کاری مدل والتون (۸مولفه و ۲۷گویه) که پرسشنامه استاندارد می‌باشد و برای سنجش عملکرد سازمانی «Achieve» پرسشنامه استاندارد هرسی و گلداسمیت^۱ (۴۲گویه و هفت مولفه) استفاده شده است. این پرسشنامه‌ها طیف لیکرت ۴گزینه‌ای را بصورت جدول شماره ۱ مورد استفاده قرار داده اند.

در جدول شماره ۲ پراکندگی مولفه‌های مورد سنجش کیفیت زندگی کاری و مفهوم آنها آورده شده است.

۱۰- سنجش پایایی پرسشنامه‌ها:

سنجش اعتبار پرسشنامه‌ها در نمونه مورد تحقیق و تحلیل کلیه نتایج پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS21 محاسبه گردید که آلفای کرونباخ پرسشنامه والتون ۰,۸۶۳ و آلفای

۴-۲-۷- بین تامین فرصت رشد و امنیت و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۵-۲-۷- بین انسجام اجتماعی و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۶-۲-۷- بین قانون‌گرایی و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۷-۲-۷- بین فضای کلی زندگی کاری و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۸-۲-۷- بین وابستگی اجتماعی و عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان رابطه معنی دار وجود دارد.

۸- جامعه آماری مورد بررسی:

جامعه آماری تحقیق کلیه پرسنل عملیاتی مدیریت مراکز فرمان شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه با جمعیت ۲۹۸ نفر و جنسیت مرد می‌باشند که نمونه‌گیری از این جامعه با توجه محل استقرار (مرکز اصلی و مراکز محلی)، نوبت کار بودن و گروه‌های کاری پرسنل عملیاتی (راهبران) مراکز فرمان به روش تصادفی طبقه‌ای انجام می‌پذیرد. حجم نمونه با توجه به جدول

(جدول ۱): مقیاس لیکرت مورد استفاده در پرسشنامه‌ها

گزینه‌ها	خیلی کم	کم	زیاد	خیلی زیاد
امتیاز	۱	۲	۳	۴

(جدول ۲): جدول پراکندگی سوالات پرسشنامه کیفیت زندگی کاری و مفهوم آنها

مفهوم مولفه	مولفه‌های مورد سنجش
پاداش- عدالت درون سازمانی در پرداخت‌ها- انصاف در مقایسه با پرداخت‌های سازمان‌های دیگر	پرداخت منصفانه و کافی
ساعات کار- محیط کاری- سازگاری	محیط کار ایمن
پیشرفت شخصی- رشد حرفه‌ای- پیشرفت دستمزدها- ثبات	تامین فرصت رشد و امنیت مداوم
قوانین کار- محافظه کاری- آزادی بیان	قانون‌گرایی در سازمان
تصویر کلی از سازمان- مسئولیت اجتماعی- مسئولیت در قبال محصولات	وابستگی اجتماعی زندگی کاری
ثبات برنامه‌ها- تغییرات جغرافیایی- زمان برای تفریح خانواده	فضای کلی زندگی
عدم وجود تعصب- ارتباطات- تساوی	یکپارچگی و انسجام اجتماعی در سازمان کار
استقلال فردی- توسعه ظرفیت‌های انسانی- اطلاعات- کانال‌های ارتباطی	توسعه قابلیت‌های انسانی

کروناخ پرسشنامه هرسی و گلد اسمیت ۰،۸۹۵ به دست آمد لذا پایایی هر دو پرسشنامه با اعتبار بالا مورد تایید قرار گرفت.

۱۱- تجزیه و تحلیل داده‌ها:

۱۱-۱- آزمون نرمال بودن داده‌ها:

به منظور بررسی نرمال بودن داده‌های تحقیق از آزمون نیکویی برازش کلموگروف اسمیرنوف شرط نرمال بودن داده‌ها را آزمون می‌کنیم. در این آزمون با توجه به اینکه سطح معنی داری بزرگتر از ۰،۰۵ می‌باشد.

لذا فرض H_0 رد نشده و به عبارت دیگر توزیع داده‌ها نرمال بوده و می‌توان از آزمون پارامتریک، پیروسون و مدل رگرسیونی جهت بررسی اثرگذاری و ارتباط بین متغیرها استفاده نمود.

H_0 : توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال است

H_1 : توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال نیست

۱۱-۲- میزان درک شده کیفیت زندگی کاری سازمان از دیدگاه پرسنل مراکز فرمان:

نتایج استخراج شده از یافته‌های تحقیق به ترتیب میانگین

به دست آمده از شاخص‌های اندازه‌گیری شده کیفیت زندگی کاری کارکنان و میزان درک شده هر کدام از مولفه‌های کیفیت زندگی کاری توسط پرسنل مراکز فرمان از وضعیت موجود در سازمان در (جدول ۴) به شرح ذیل است.

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود نحوه ادراک پرسنل مراکز فرمان درباره مسئله اجتماعی در سازمان در حد بالایی بوده و برای کار خود اهمیت بالایی قایل هستند در مقابل معتقد هستند تعادل و هماهنگی مناسب بین نظام حقوق و دستمزد و دیگر شاخصهای اقتصادی جامعه نظیر نرخ تورم و هزینه زندگی و سیستم تشویق غیر مالی هدفمند و متوازن در سازمان به میزان لازم وجود ندارد.

۱۱-۳- آزمون فرضیه‌های تحقیق:

برای اندازه‌گیری رابطه بین دو یا چند متغیر، شاخص‌های متعددی وجود دارد که همه این شاخص‌ها میزان رابطه بین متغیرها را تنها با یک مقدار به نام ضریب همبستگی نشان می‌دهند. در این تحقیق با محاسبه ضریب همبستگی پیروسون فرضیه‌های اصلی و فرعی آزمون شده اند، (جدول ۵) بیانگر نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق می‌باشد.

(جدول ۳) آزمون نرمال بودن داده‌ها

متغیر پاسخ (عملکرد سازمانی کارکنان)	آزمون
۱،۰۱۶	کلموگروف اسمیرنوف
۰،۴۵۴	معناداری

(جدول ۴) میزان درک شده هر کدام از مولفه‌های کیفیت زندگی کاری

ردیف	شاخص‌های کیفیت زندگی کاری	میانگین	انحراف معیار	بازخورد و میزان درک شده هر کدام از مولفه‌های کیفیت زندگی کاری توسط پرسنل مرکز فرمان
۱	کیفیت زندگی کاری (شاخص اصلی)	۲،۲۴	۰،۵۹	متوسط
۲	وابستگی اجتماعی زندگی کاری	۳،۰۲	۰،۶۱	زیاد
۳	توسعه قابلیت‌های انسانی	۲،۳۴	۰،۵۷	متوسط
۴	قانون‌گرایی در سازمان	۲،۲۳	۰،۵۵	متوسط
۵	یکپارچگی و انسجام اجتماعی در سازمان	۲،۱۸	۰،۶۴	متوسط
۶	محیط کار ایمن و بهداشتی	۲،۱۶	۰،۶	متوسط
۷	فضای کلی زندگی	۲،۱	۰،۶۳	متوسط
۸	تأمین فرصت رشد و امنیت مداوم	۲،۰۶	۰،۵۹	متوسط
۹	پرداخت منصفانه و کافی	۱،۸۷	۰،۵۴	کم

(جدول ۵) نتایج آزمون فرضیه‌های تحقیق

ردیف	شاخص‌های کیفیت زندگی کاری (متغیرهای فرعی)	ضریب همبستگی پیرسون بین متغیر اصلی و متغیرهای فرعی	سطح معنی داری	Sig (دو طرفه)	نتیجه آزمون
۱	کیفیت زندگی کاری (فرضیه اصلی)	۰،۵۷۱	۰،۰۱	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۲	وابستگی اجتماعی زندگی کاری	۰،۳۸۶	۰،۰۵	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۳	توسعه قابلیت‌های انسانی	۰،۳۴۲	۰،۰۵	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۴	محیط کار ایمن و بهداشتی	۰،۳۳	۰،۰۵	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۵	یکپارچگی و انسجام اجتماعی در سازمان	۰،۳۲۴	۰،۰۵	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۶	قانون‌گرایی در سازمان	۰،۲۸۰	۰،۰۵	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۷	جبران منصفانه و کافی	۰،۲۵۹	۰،۰۵	۰،۰۰۰	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۸	فضای کلی زندگی	۰،۱۸۰	۰،۰۵	۰،۰۱۹	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)
۹	وابستگی اجتماعی زندگی کاری	۰،۱۵۳	۰،۰۵	۰،۰۴۷	فرض H _۰ رد می‌شود (رابطه معنادار با عملکرد سازمانی)

کارکنان صفر باشد، گویی متغیر عملکرد سازمانی کارکنان به اندازه ۱،۵۱۹ است.

جهت بررسی میزان تاثیر پذیری متغیر وابسته تحقیق (عملکرد سازمانی) از هشت مولفه‌های کیفیت زندگی کاری والتون، محاسبه معادله رگرسیون خطی به روش پس رونده^۲ انجام گردید که معادله آن به شکل زیر می‌باشد.

$$Y = ۱.۸۰۲ + ۰.۱۴۹ X_۴ + ۰.۰۸۸ X_۵ + ۰.۱۱۲ X_۶ \quad (۲) \text{ معادله}$$

مدل بالا به این معنی می‌باشد که پس از همپوشانی تعدادی از مولفه‌ها بر روی یکدیگر به منظور تاثیر بر متغیر وابسته تحقیق، به ازای تغییر ۱ واحد در متغیر X_۴ (تامین فرصت رشد و امنیت) به متوسط پاسخ (عملکرد سازمانی کارکنان) به اندازه ۰،۱۴۹ تغییر ایجاد می‌گردد همچنین به ازای تغییر ۱ واحد در متغیر X_۵ (یکپارچگی و انسجام اجتماعی در سازمان) به متوسط

همانطور که در جدول مشخص است در خصوص فرضیه اصلی با ۹۹٪ اطمینان و فرضیه‌های فرعی با ۹۵٪ اطمینان فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه خطی بین متغیر مستقل و متغیرهای وابسته رد می‌شود و متغیر کیفیت زندگی کاری و همچنین مولفه‌های آن همگی با عملکرد سازمانی ارتباط معنی داری دارد.

به منظور اندازه‌گیری میزان تاثیر متغیر اصلی مستقل تحقیق (کیفیت زندگی کاری) بر متغیر وابسته عملکرد سازمانی، معادله رگرسیون متغیر اصلی به روش اینتر^۱ به شکل ذیل محاسبه می‌گردد.

$$(۱) \text{ معادله} = (\text{عملکرد سازمانی کارکنان})$$

$$(\text{کیفیت زندگی کارکنان}) (۱،۳۲۹) + (۱،۵۱۹)$$

عرض از مبدا مثبت بیانگر آن است که اگر کیفیت زندگی

- افزایش مشارکت در تصمیم‌گیری کارکنان در امور مربوط به خود.
- برپایی دوره‌های بازآموزی شغلی جهت افزایش توانایی‌های کارکنان و به روز ساختن دانش آنان.
- دادن اختیارات بیشتر به مدیران تا در موارد لزوم خود به تصمیم‌گیری بپردازند.
- ارائه آموزش‌های مستمر به کارکنان و ایجاد فرصت‌های بیشتر برای آن‌ها جهت طراحی و نظارت بر کار خود.

۱۳- جمع بندی و ارایه پیشنهادهای محقق مبتنی بر بهبود

عملکرد سازمانی:

- تقویت نظام ارزیابی عملکرد کارکنان.
- استاندارد گذاری وظایف و اهداف برای کارکنان و تعیین وضعیت مطلوبی که سازمان به دنبال آن است.
- دقت در انتصاب کارکنان و مد نظر قرار دادن خصوصیات شغل و مشاغل.
- فراهم کردن زمینه‌ی آزادی بیان بدون ترس و اقامه‌ی شکایات و دارا بودن آرامش نسبی در محیط کار، یکی از اقداماتی است که منجر به بهبود عملکرد کارکنان می‌باشد.
- به رسمیت شناختن خدمات و عملکرد گذشته فرد در راستای امنیت شغلی.
- اجرای برنامه‌های آموزشی مدیریت استرس به منظور ارتقاء مهارت‌های فردی در زمینه کنترل خشم، غلبه بر استرس و ارتباطات فردی مناسب
- دادن آزادی عمل به افراد در حدی که بتوانند تغییراتی در شرایط فیزیکی و روانی محیط کار ایجاد کنند.
- اجتناب از شیفت کاری طولانی مدت در شب (اضافه کار یا جایگزین).
- تعامل کامل با واحد طب کار سازمان جهت انتخاب افراد مناسب جهت نوبتکاری و اشتغال در مشاغل حساس مراکز فرمان، مانند بخش کنترل ترافیک.
- اجرای يك برنامه انگیزشی مدون در سازمان به منظور بهبود عملکرد سازمانی.
- آموزش و تاکید مناسب جهت حفظ عادت‌های خواب خوب

۱۴- نتیجه گیری:

کیفیت زندگی کاری، نمایانگر نوعی فرهنگ سازمانی و شیوه مدیریت است که کارکنان براساس آن احساس مالکیت،

پاسخ (عملکرد سازمانی کارکنان) به اندازه ۰,۰۸۸ تغییر ایجاد می‌گردد و در نهایت برای متغیر X (قانون گرایی در سازمان) نیز به ازای تغییر ۱ واحدی در متوسط پاسخ (عملکرد سازمانی کارکنان) به اندازه ۰,۱۱۲ تغییر ایجاد می‌شود.

در نهایت می‌توان گفت با توجه به ضرایب معادله فوق مولفه تأمین فرصت رشد و امنیت مداوم بیشترین تاثیر بر روی عملکرد سازمانی کارکنان مراکز فرمان را داشته و مولفه یکپارچگی و انسجام اجتماعی در سازمان نیز دارای کمترین تاثیر بر عملکرد سازمانی پرسنل هدف می‌باشد.

۱۲- جمع بندی و ارایه پیشنهادهای محقق مبتنی بر بهبود

کیفیت زندگی کاری کارکنان مراکز فرمان:

- توجه به حقوق و مزایای شغلی متناسب با میزان فعالیت راهبران مراکز فرمان.
- راهبران مراکز فرمان از اثرات پاداش غیر مادی بر عملکرد آگاهی داشته باشند و به منظور تشویق و ترغیب کارمندان از انگیزنده‌های غیر از حقوق و دستمزد نیز استفاده می‌کنند مانند شرایط مناسب برای کار کردن قدردانی کامل در مقابل انجام کار و احساس مشارکت و تعلق در انجام امور بهره‌بگیرند.
- شرایط فیزیکی و امکانات رفاهی محیط کار مانند روشنایی و وسایل برودتی و حرارتی و شرایط روانی حاکم بر مدیریت مراکز فرمان تاثیر فراوانی بر کیفیت زندگی کاری و عملکرد کارکنان دارد.
- دادن آموزش‌های مستمر به کارکنان و ارائه فرصت‌های بیشتر به آن‌ها در جهت طراحی و نظارت بر کار خود.
- توجه به مسائل روانی که امنیت شغلی بارزترین آن است، باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی کارکنان خواهد شد.
- ایجاد تعادل و توازن بین زندگی کاری و غیر کاری از طریق برنامه‌هایی جهت آسایش کارکنان و ایجاد امنیت روانی.
- فراهم آوردن فرصت‌های مناسب برای ادامه تحصیل و تشویق کارکنان به ادامه تحصیل، به منظور افزایش دانش در خصوص فعالیت‌های کاری.
- برگزاری برنامه‌های تفریحی از سوی سازمان برای برای کارمندان و خانواده‌هایشان، به منظور افزایش روحیه.
- تقدیر از کارکنان به دلیل انجام فعالیت‌های برجسته.
- حمایت لازم از کارکنان، در مواقعی که آنان به حمایت سازمان نیاز دارند.

استقرار برنامه ارگونومی در مرکز فرمان شرکت بهره برداری مترو. پروژه تحقیقاتی. دانشگاه علوم پزشکی تهران.
- نصیری، پرویز؛ علی اکبر احمدی و علی صالحی. ۱۳۹۲.
تحلیل آماری. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور
- نعیمی، گیتا؛ علی محمد مظفری. ۱۳۹۰. ارتباط کیفیت زندگی کاری با عملکرد شغلی. تازه‌های روانشناسی. سال دوم. شماره ۸

۱۵-۲- منابع غیر فارسی

- Gayathiri, R. (2013). Quality of Work Life. Linkage with Job Satisfaction and Performance. International Journal of Business and Management Invention; vol.9. PP: 01-08
- Lau, R. (2000). Quality of work life and performance – An ad hoc invitation of two key elements in the service profit chain model. International journal of service industry; pp: 155-162
- Rosli, Rozaini. (2013). Quality of Work Life in Insurance Industry: Roles of Organizational Support in Ensuring Job Satisfaction
- Rathi, N. (2010). Relationship of quality of work life with employees' psychological well-being. International Journal of Business Insights and Transformation; vol.3. pp: 53–60

خودگردانی، مسئولیت و عزت نفس می‌کنند. سازمان‌هایی که بر کیفیت زندگی کاری کارکنانشان تأکید می‌ورزند از اثربخشی سازمانی بیشتری برخوردارند، خستگی ملالت‌آور کار از طریق ایجاد تنوع بیشتر در محیط شغلی کارکنان کاهش یافته و با ایجاد طیفی از مهارت‌ها در درون کارکنان باعث افزایش توان انجام کار در آنها می‌شود.

۱۵- منابع و ماخذ:

۱۵-۱- منابع فارسی

- اسماعیلی، ابصلت. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت زندگی کاری و عملکرد کارکنان اداره کل مالیاتی استان مازندران.
- پرداختچی، محمد حسن؛ محمد قهرمانی و یاسر جویباری. ۱۳۸۹. کیفیت زندگی کاری. تهران: انتشارات به‌آوران
- خاکی، غلامرضا. ۱۳۸۲. روش تحقیق در مدیریت. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۴۲
- سلطانی، مهدی. ۱۳۹۰. نقش کیفیت زندگی کاری در عملکرد کارکنان رادیو البرز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران
- سلمانی، داود. ۱۳۸۲. کیفیت زندگی کاری و ارتباط آن با عملکرد و بهره‌وری سازمان‌ها. دانش و مدیریت. شماره ۶۱
- مظلومی، عادل. ۱۳۹۲. بهینه سازی کار و شرایط کاری و

Subject: The Relationship between Quality of Work Life and Organizational Performance Command Centers Staff in Tehran Urban & Suburban Railway Operation Company (TUSROC)

First Author name: Seyed meisam emamjomeh . Master of Science in Executive management

Second author name: mahmoud haghani Ph.D. Faculty of Shahid Beheshti University in Tehran

Second author name: Vahidreza Mirabi Ph.D. Faculty of Islamic Azad University, Tehran

Abstract:

This study aimed to investigate the relationship between quality of work life and organizational performance command centers of Tehran Urban & Suburban railway (TUSROC) is done. The purpose of this study on the nature and type of application and the method of data collection, is descriptive. The population consisted of 298 employees of the company operating the command centers of Tehran Urban & Suburban railway (TUSROC) that Morgan on 169 subjects were selected using stratified random sampling. Data collection was done in two ways library and field tools for assessing the quality of work life and organizational performance, questionnaire. To assess the quality of work life of standard questionnaires to measure organizational performance Walton and Hersey and Goldsmith used a standard questionnaire to measure is the reliability of the questionnaire, the Cronbach's alpha was used. Finally, data from the questionnaires, the software SPSS 21 using charts and graphs, descriptive and inferential statistical tests were analyzed. The results show that a significant positive relationship between all components of QWL Walton organizational performance. Among the components of 8 QWL Walton components of a fair and adequate social dependence of work life as very minimum and maximum (average) rate perceived quality of work life by staffs command, the addition of variable 8 Walton components provide the opportunity for constant growth and security command centers have the most impact on organizational performance and component integration and social coherence in the organization has a minimal effect on organizational performance target is personnel.

Keywords: components of quality of work life, organizational performance, command centers