

شناسایی عوامل موثر بر سیستم های نت پیشگیرانه در سازمان اتوبوسرانی شهر تبریز

داود تارویردی زاده^۱

^۱عضو هیات علمی گروه مدیریت صنعتی دانشگاه پیام نور، ایران.

نویسنده مسئول:

داود تارویردی زاده

چکیده:

مسئله مهم در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه حفظ آمادگی و عملیاتی نگه داشتن تجهیزات، ماشین آلات و تأسیسات است. استفاده از سیستم برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات و ارائه آن ضمن ایجاد مطلوب ترین سرویسهای تعمیراتی و اتخاذ بهترین روشها برای تداوم کار سازمانها با حداکثر بازدهی و کاهش هزینه، سبب افزایش سرمایه گذاریها در شرایطی که محدودیت در منابع و مواد اولیه وجود دارد می گردد. برای استفاده از این سیستم نیاز به شناسایی برخی از عوامل مهم و تاثیر گذار در اجرای آن می باشد نتایج مفیدی در اجرای آن که همواره با هزینه هایی همراه خواهد بود کسب نمود. در این تحقیق تلاش شده است به شناسایی این عوامل تاثیر گذار و اولویت بندی آنها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP در سازمان اتوبوسرانی تبریز از طریق سؤالات و کسب نقطه نظرات مدیران و کارشناسان مرتبط به آن پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: سیستم های نت پیشگیرانه، عدم شناخت مناسب سیستمهای نت، فرهنگی، تکنولوژی، مشکلات ساختاری، تحلیل سلسله

مراتبی AHP

بیان مسئله:

ضرورت برخورد با چالش هایی چون تغییرات تکنولوژی، جهانی شدن، رقابت های بین المللی؛ بسیاری از دولت ها را ناگزیر از ایجاد تغییرات عمده در بخش دولتی خود نموده است. پارادایم الگوی سنتی اداره که در بخش اعظم قرن بیستم یک نظریه غالب محسوب می شد، در طی سال های اخیر که شاهد تغییراتی به مراتب وسیع تر از همه تغییرات این قرن بوده ایم، جای خود را به مدیریت گرای یا مدیریتی دولتی نوین داده است. دانیل دنیسون می گوید: "تغییری که بدون رعایت دقیق بستر فرهنگ و جدا از سیستم کلی سازمان اجرا شود، بیش از یک مرهم کوتاه مدت نیست" (Beard & Claydon, 2007).

نگهداری و تعمیرات (نت) دو مفهوم بسیار مهم و دو مقوله اساسی هستند که تحقق و عمل به آن ها موجبات بقا و تداوم خطوط مختلف تولید و کاهش هزینه ها را فراهم می آورند. پیشرفت های حاصله در زمینه علوم و تکنولوژی و گسترش روز افزون صنایع موجب گردیده است تا ماشین آلات و تجهیزات صنعتی از پیچیدگی های بیشتری برخوردار گردند. با پیچیده تر شدن وسایل و امکاناتی که انسان برای رفع نیازهای روزافزون خود بکار می گیرد، ضرورت استفاده بهینه و اقتصادی این امکانات بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. روش های پیچیده تولی د و همچنین پیچیدگی های موجود در تکنولوژی ساخت تجهیزاتی که در این راستا مورد استفاده قرار می گیرند، نیازمند این است که با حداقل هزینه، را در «میزان کارایی» و «بالاترین» امکان استفاده «بیشترین عمر مفیدی قابل قبول و اقتصادی تامین نماید تا بدنبال آن، هزینه های کل مربوط به قیمت تمام شده کالا یا خدمات تولید شده کاهش یافته و شرایطی مناسب جهت ارتقاء بهره وری سیستم، تا سطحی بهینه پدید آید (وایت، ۱۳۹۱).

ضرورت طراحی، استقرار او پیاده سازی سیستم های نگهداری و تعمیرات، یکی از مسایل مبرم و حیاتی امروز صنایع حفظ سرمایه های کشور از یکسو و ارزیابی بالای خرید ماشین آلات و تجهیزات از سوی دیگر، استفاده عقلایی و برنامه ریزی شده و نگهداری و تعمیر به موقع ماشین آلات و تجهیزات را الزامی می سازد (Fred, 2008).

لغت نگهداری از نظر مفهومی کلیه عملیات و فعالیتهایی را که در راستای سالم و مرتب نگاه داشتن تجهیزات کار (چه ماشین چه غیر ماشین) انجام میشود را شامل می گردد. اولین گام، تعریف مبنایی و اساسی از مفهوم نگهداری و تعمیرات است. با توجه به تصورات و تفسیرهای ناقص و غیرعلمی حاکم بر ذهن بسیاری از مدیران و حتی کارشناسان و شاغلان در امر نگهداری و تعمیرات، اهمیت این تعریف پر رنگتر و حساستر می شود. هر چند که حوزه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، یکی از مهم ترین روش های مطرح و کاربردی در این شاخه از علم هست اما نمی توان آن را تنها در این حوزه تصور کرد، برخی نیز، مفهوم و اساس نگهداری را در نوع و یا نحوه اجرای یک یا چند عمل خاص و مقدماتی، مثل روغنکاری محدود می کنند، گاهی نیز نگهداری و تعمیرات را به عنوان یک واکنش و عمل سریع در یک شرایط بحرانی برای تعمیر دستگاهها معنا می کنند؛ اگر چه سرعت، یکی از شاخص های مهم در این زمینه است. اما مسلماً تنها شاخص نیست. نگهداری و تعمیرات یک هنر است؛ چرا که پیش از وقوع یک مشکل و همچنین در هنگام وقوع آن، توانایی انتخاب رویکردها و فعالیت های مختلف وجود دارد. لذا مدیران، سرپرستان و کارشناسان و مسئولان نگهداری و تعمیرات از نقش پررنگ تری نسبت به سایر پارامترهای دیگر حتی «ماهیت مشکل ایجاد شده» برخوردار خواهند بود (Chana & et al, 2011).

بر اساس آن چه که در بخش قبل تشریح شد، به کارگیری سیستم نگهداری و تعمیرات خاص یک سازمان، می تواند نقش بسیار زیادی را در کاهش قیمت تمام شده محصول نهایی ایفا نماید. اما این تأثیرات تنها محدود به هزینه نبوده و در سرعت ارائه محصول در کل زنجیره تامین، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان، چابکی سازمان و عواملی از این دست نیز تأثیرات خاص خود را خواهد داشت که هر یک از آن ها محلی از تامل خواهد بود. از این رو می توان به نقش مهم و تأثیر گذار استراتژی های مختلف نگهداری و تعمیرات بر روی کسب و کار یک بنگاه اقتصادی پی برد. در صورتی که تمامی فعالیتهای و عملیات نگهداری در قالب یک سیستم تعریف شود، موجب فعالیت و کار بی وقفه ماشین آلات و دستگاه در سیستم با کمترین هزینه مصرفی و تعمیراتی است (سیدتقیان، ۱۳۹۱).

تعمیرات و نگهداری ماشین آلات و دستگاه ها، با توجه به استهلاک و فرسایش مداوم آنها، بخش عمده ای از هزینه های تولید را در یک مجموعه صنعتی در بر می گیرد. این هزینه، بسته به نوع صنعت، ۱۵ الی ۶۰ درصد هزینه تولید را شامل می شود. حال آنکه بنا به تحقیقات صورت گرفته، یک سوم هزینه های نگهداری و تعمیرات، مربوط به فعالیت های غیر ضروری در حوزه نگهداری و تعمیرات می باشد این در حالی است که صنایع آمریکا سالانه حدود ۲۰۰ میلیارد دلار برای نگهداری و تعمیرات تجهیزات خود هزینه می نمایند. این بدان معنی است که مدیریت صحیح فرآیند نگهداری و تعمیرات، سالانه، ۶۰ میلیارد دلار صرفه جویی در این حوزه را به همراه خواهد داشت. ژاپنی ها با درک اهمیت ویژه ای که در مدیریت فرآیند نگهداری و تعمیرات در سیستم های تولیدی احساس می کردند، اقدام به طراحی سیستم های مختلف نگهداری و

تعمیرات، از جمله TPM نمودند و آن را به عنوان یکی از زیرسیستم‌های سه گانه تولید ناب به جهان معرفی نمودند (Krejcie & Morgan, 2009).

همان طور که می دانیم، فرسایش و خرابی قطعات یک ماشین خصوصاً قطعات متحرک، اجتناب ناپذیر است و نیاز به تعمیر و یا تعویض دارند حتی مواد مصرفی مثل روغن‌ها و یا گریسها پس از مدتی خاصیت اصلی و کاربری خود را از دست داده و احتیاج به تعویض دارند و سرویس و تعمیر منظم، موجب حفظ وضعیت ماشین در شرایط کاری و عملیاتی است (داودپور، ۱۳۹۳).

انجام عملیات تعمیراتی پس از وقوع شکستگی و خرابی در ماشین‌آلات موجب توقف عملیات تولیدی می گردد که زیانها و هزینه ناشی از این توقف بمراتب بیشتر از تعمیر ماشین آلات مربوطه می باشد. در نتیجه ایجاد سیستمی که بتواند از شکستگی و خرابی ماشین‌آلات جلوگیری کند لازم و ضروری است. این سیستم علاوه بر افزایش راندمان تولیدی دستگاه، باعث کاهش زیانهای ناشی از توقف کار، به حداقل ممکن می شود (اسکات، ۱۳۸۹). اساس این سیستم را می توان حول ۳ محور اصلی طراحی نمود:

- ۱- بررسی وضعیت اولیه و شرایط محیطی و کاری دستگاه ها
 - ۲- نحوه و کیفیت اجرای عملیات تعمیراتی
 - ۳- بررسی کاملی در مورد نظرات کارخانه سازنده دستگاه ها
- هدف اصلی از ایجاد یک سیستم صحیح تعمیرات و نگهداری عبارتست از:
- ✓ رفع نواقص و معایب جزئی قبل از نیاز به تعمیرات کلی.
 - ✓ جلوگیری از افزایش اثرات عیوب و نواقص و توسعه آن در کل مجموعه.
 - ✓ افزایش طول عمر تجهیزات و در نتیجه صرفه جویی در خرید تجهیزات جدید.
 - ✓ کاهش توقف تولید و جلوگیری از زیانهای ناشی از وقفه در کار.
 - ✓ افزایش راندمان و بازده کاری، متخصصین قسمت نصب و تعمیرات
 - ✓ کاهش تعمیرات کلی و تکراری و غیرضرور که باعث صرفه جویی در نیرو کار و سرمایه های انسانی سازمان می گردد.
 - ✓ کاهش در مصرف لوازم یدکی و تقلیل هزینه مربوطه.
 - ✓ تشخیص نوع عملکرد ماشین آلات و تعیین هزینه های تعمیراتی مربوطه به منظور تصمیم گیری در مورد تهیه و انتخاب ماشینهای جدید.

✓ افزایش راندمان تولیدی ماشین آلات و کاهش هزینه های تولید (Beard & Claydon, 2007).

سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه^۱

سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یکی از انواع سیستمهای نگهداری و تعمیرات میباشد که سیاست خود را به برنامه ریزی مدون تعمیر و سرویس دستگاهها و تجهیزات قبل از خرابی معطوف داشته و خصوصاً در صناعی که حساسیت فرآیند بالا است و وقوع تعمیرات بدون برنامه هزینه های غیرمستقیم زیادی به سیستم وارد میکند، با تدوین دستورالعملهای مناسب به انجام سرویسها، بازدیدهای دوره‌ای و تعمیرات ادواری میپردازد. این سیستم سیاست خود را به تعمیرات قبل از خرابی معطوف داشته و خصوصاً در صناعی که حساسیت فرآیند بالاست و وقوع تغییرات بدون برنامه، هزینه های غیر مستقیم زیادی به سیستم وارد می کند مناسب است. علی‌الخصوص در مورد سیستمهای تولید پیوسته و انبوه، با تدوین دستورالعمل‌های مناسب به بازدیدهای دوره ای و یا تعویض قطعات می پرداز (سید حسینی، ۱۳۹۴).

نکته قابل ذکر در مورد این سیستم آن است که تضمین زمان مناسب عملیات نگهداری و تعمیرات از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. چرا که تعیین نادرست این زمان می تواند هزینه های نت را تحت الشعاع هزینه های تعمیرات اضطراری افزایش دهد. از نظر منطقی عمر هر قطعه و یا تجهیز از قبل پیش بینی می شود و بر اساس دوره های تعیین شده تنظیم، تعویض، و غیره صورت می گیرد (Khalil, 2008).

هدف اصلی از استقرار سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، بهینه کردن تواناییهای تجهیزات و دستگاهها جهت حداکثر کارایی، کاهش خرابی و از کارافتادگی آنها میباشد و اهداف جزئی آن شامل افزایش آماده بکاری، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش هزینه های اضافی و کاهش توقفات می باشد (Chana & et al, 2011).

زیانهای ناشی از عدم وجود نظام نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را می توان به شرح ذیل خلاصه نمود:

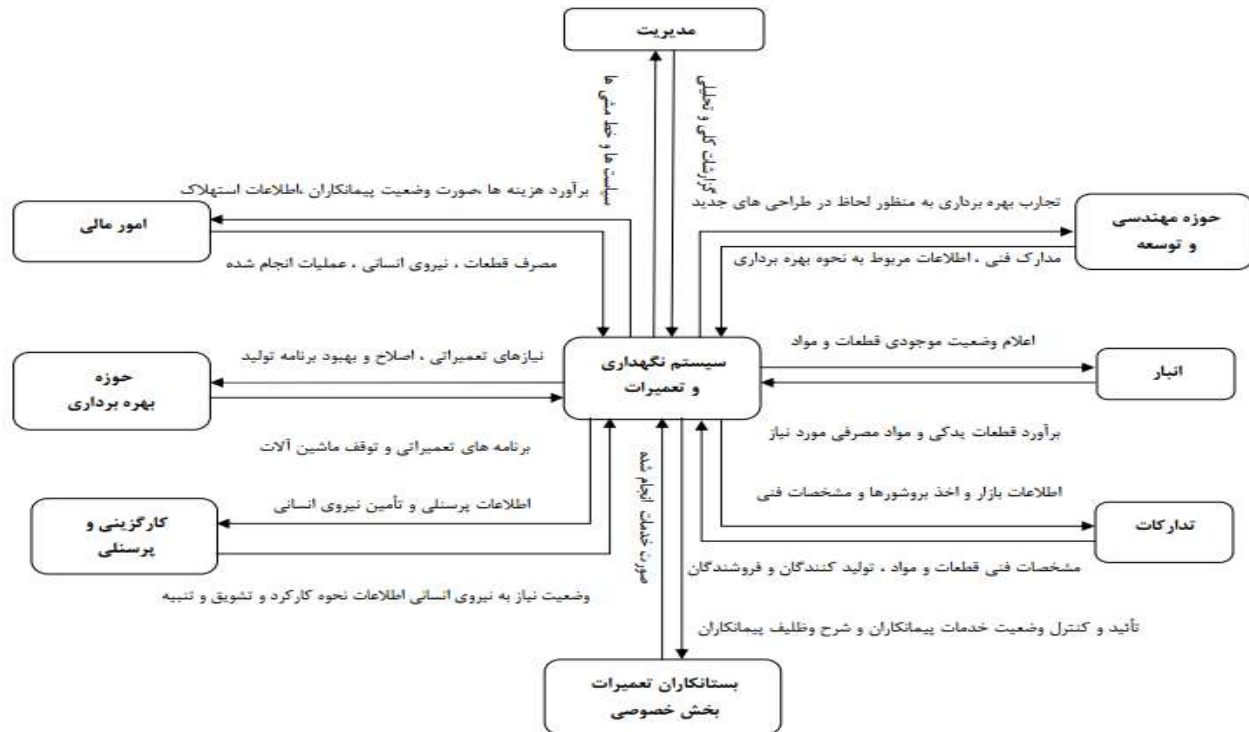
- زیان مستقیم حاصل از رکورد تولید در اثر خرابی اضطراری

- پایین آمدن عمر کارکرد اقتصادی ماشین آلات (بالا رفتن سرعت استهلاک)

- احتیاج به تعویض سریع قطعات یدکی

- اثرات اجتماعی ناشی از توقف اتوبوسهای خطوط واحد

واحد نگهداری و تعمیرات با سایر حوزه‌هایی است که به نحوی درگیر این بخش می‌باشند گرچه این ارتباط در شرایط غیرمطلوب نگهداری و تعمیرات نیز به گونه‌ای وجود دارد اما وجود سیستم تعریف شده نگهداری و تعمیرات خواهد توانست از این ارتباط در جهت ارتقاء کل سازمان استفاده مطلوب و مؤثری را بنماید و چه بسا این ارتباط چنان تنگاتنگ است که جزو لاینفک سیستم نگهداری و تعمیرات محسوب می‌شود (حاج شیر محمدی، ۱۳۸۷). دیاگرام زیر ارتباط واحد نگهداری و تعمیرات را با سایر حوزه‌های مرتبط در شرکت‌های مختلف را نشان می‌دهد:



نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه یک روش قانونمند نگهداری و تعمیرات است، که طی آن وضعیت تجهیزات، دائماً به وسیله بازرسی‌های فنی^۱ و روانکاری‌های^۲ منظم و دوره‌ای و اقدامات پیشگیرانه، به منظور کاهش احتمال وقوع خرابیهای ناگهانی، تحت نظارت قرار گرفته و بدین وسیله، ضرورت انجام تعمیرات جزئی و یا کلی تعیین می‌گردد، تا از توقفات اضطراری و برنامه‌ریزی نشده یا هر نوع خرابی دیگری پیشگیری شود (Krejcie & Morgan, 2009).

در این سیستم اصل بر آماده بکار نگهداشتن تجهیزات و دستگاهها می‌باشد. در قدم اول، هدف از نگهداری اصولی و برنامه‌ریزی شده تجهیزات و ماشین‌آلات، به صفر رساندن تعمیرات اضطراری^۳ و توقفات ناگهانی^۴ و افزایش قابلیت پیش‌بینی تعمیراتهای دوره‌ای و برنامه‌ریزی شده^۵ و تعمیرات اساسی^۶ می‌باشد، بطوریکه تقریباً بیش از ۶۰٪ از تعمیراتهای برنامه‌ریزی شده را میتوان در حین انجام فعالیتهای نگهداری از قبیل بازرسی فنی و روانکاری مشخص نمود. تعدادی از قابلیت‌های یک سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بشرح ذیل می‌باشند (Fred, 2008):

- ✓ سیستم کدینگ جامع
- ✓ شناسنامه عمومی تجهیزات و تاسیسات

- 1 - Technical Inspection
- 2 - Lubrication
- 3 - Emergency Maintenance
- 4 - Break Down
- 5 - Planning Maintenance
- 6 - Overhaul

- ✓ شناسنامه قطعات یدکی
- ✓ برنامه‌های بازرسی فنی^۱
- ✓ برنامه‌های روانکاری^۲
- ✓ عیب یابی و رفع عیب^۳
- ✓ تعمیر برنامه‌ریزی شده، تعویض قطعه^۴
- ✓ تعمیر اضطراری^۵
- ✓ تعمیرات اساسی^۶
- ✓ آنالیز توقفات^۷
- ✓ آنالیز انرژی مصرفی^۸
- ✓ شاخص^۹

عوامل موثر بر سیستم های نت پیشگیرانه در شرکتهای اتوبوسرانی

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه عبارتست از یک روش سیستماتیک برنامه‌ریزی و زمان‌بندی شده جهت انجام کارهای نگهداری مورد نیاز بر طبق برنامه تنظیمی با هدف جلوگیری از فرسایش غیرعادی اجزا ماشین و کاهش توقفات اضطراری ماشین‌آلات. نت پیشگیرانه بر اساس تناوب اجرای فعالیتهای برنامه‌ریزی و اجرا گردیده و به همین دلیل عبارت **Time Based Maintenance** نیز به این دسته از فعالیتهای اطلاق میگردد (Laura, 2005).

این راهبرد نگهداری و تعمیرات (نت) شرکتهای اتوبوسرانی بر پایه زمان استوار است و در آن براساس دوره های زمانی از پیش تعریف شده، اتوبوس ها از خط خدمات رسانی خارج و مورد بازرسی قرار می گیرند. براساس بازرسی چشمی تعمیرات لازم انجام و اتوبوس ها دوباره به چرخه حرکت باز بر می گردند. بنابراین براساس این راهبرد نگهداری و تعمیرات (نت) تعویض قطعات، بازسازی و تعمیر اساسی یک اتوبوس در دوره زمانی قطعی بوده و صرف نظر از شرایط کارکردی دستگاه، در زمان مقرر عملیات لازمه بر روی آن انجام می شود. هرچند این یک استراتژی مناسب بوده ولی حتی یک خطای پنج درصدی در برآورد زمان مناسب تعمیر می تواند باعث افزایش زیاد هزینه های شرکت گردد. با این اوصاف برخی از اینگونه فعالیتهای پیشگیرانه همانند تنظیمات، کالیبراسیون و بازرسیهای روزانه قطعات حساس اتوبوسها ضروری و جزء الزامات می باشد. از جمله عوامل موثر بر سیستم‌های نت پیشگیرانه در سازمان اتوبوسرانی شهر تبریز شامل موارد ذیل می باشد.

۱. عدم شناخت مناسب سیستمهای نت
۲. فرهنگی
۳. تکنولوژی
۴. مشکلات ساختاری

امروزه نقش حمل و نقل عمومی در ایجاد توسعه پایدار نقش بدیهی و بی بدیل است. با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت انسانی تقاضا برای جابجایی مسافر در مسافرتهاى مختلف، روز به روز افزایش می یابد. تامین بسترهای لازم برای پاسخگویی به این نیاز روز افزون، موضوعی بسیار مهم و چالش برانگیز است. به ویژه که این بسترها باید از ویژگیهایی نظیر: سرعت، ضریب ایمنی و امنیت بالا، کیفیت بالای تجهیزات و تاسیسات، قیمت تمام شده اقتصادی، سازگاری با محیط زیست، حجم کافی و متناسب با تقاضا، خدمات و پشتیبانی مطمئن، پایداری و استمرار برخوردار باشند (میرسپاسی، ۱۳۸۹). شهر تبریز نیز به عنوان یک کلان شهر و با دارا بودن شبکه گسترده سیستم حمل و نقل شهری و توسعه

-
- 1 - Technical Inspection
 - 2 - Lubrication
 - 3 - Trouble Shooting
 - 4 - Planning Maintenance - Replace Part
 - 5 - Emergency Maintenance
 - 6 - Overhaul
 - 7 - Stop Analysis
 - 8 - Energy Analysis
 - 9 - Index

یافته ترین شهر ایران بر اساس آمارهای سازمان ملل ضرورت دارد تا با بکارگیری سیستم های تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه در سازمان حمل و نقل اتوبوس رانی شهری گامی مهم در ارتقاء ارایه خدمات در بخش حمل و نقل و جابجایی مسافر برداشته باشد. هدف اصلی این تحقیق کمینه کردن هزینه های اجرای سیستم پیشگیرانه نت و همچنین بیشینه کردن سطح اطمینان اتوبوسهای شهری از طریق اولویت بندی عوامل موثر بر سیستم های نت پیشگیرانه در واحد تعمیرات شرکت اتوبوسرانی شهر تبریز می باشد. تا مدیران ارشد این سازمان بر اساس نتایج این تحقیق برنامه ریزی مدونی جهت ارتقای نقاط ضعف بدست آمده در این تحقیق که حایز رتبه پایین تری شده اند، داشته باشند.

مواد و روش

این تحقیق با توجه به هدف آن کاربردی بوده و بر اساس روش تحقیق، توصیفی می باشد. با توجه به اطلاعات دریافتی جامعه آماری، شامل حدوداً ۵۰ نفر پرسنل قراردادی، رسمی و مسئولان اجرائی شرکت اتوبوس رانی شهرستان تبریز و واحد تعمیرات و نگه داری این سازمان می باشند. روش نمونه گیری در این تحقیق، روش ساده تصادفی (SRS) است. با توجه به جامعه آماری یاد شده (۵۰ نفر) حجم نمونه ی انتخابی بر اساس جدول استاندارد مورگان ۴۸ نفر انتخاب می گردد (تقی زاده، تار، ۱۳۸۶، ۴۷).

تحلیل سلسله مراتبی

ساختن درخت سلسله مراتب تصمیم

هرگاه **AHP** به عنوان ابزار تصمیم گیری استفاده شود، گروه در آغاز باید یک درخت سلسله مراتب مناسب که بیان کننده مسئله تحت مطالعه است فراهم کند. سلسله مراتب تصمیم، درختی است که با توجه به موضوع تحت بررسی دارای سطوح متعدد است. سطح اول هر درخت بیان کننده هدف تصمیم گیری است و سطح آخر آن نیز بیان کننده متغیرهای است که با همدیگر مقایسه می شوند. دیگر سطوح (میانی) نشان دهنده عواملی است که ملاک مقایسه گزینه ها هستند. درخت سلسله مراتب تصمیم برای این پژوهش در نمودار شماره (۱) مشاهده می شود (اصغرپور، ۱۳۸۳).

انجام مقایسات زوجی

جدولهای مقایسه ای بر اساس درخت سلسله مراتب از پایین به بالا تهیه می شوند. مقایسه دو بدو با استفاده از مقیاسی که ترجیح یکسان تا بی اندازه مرجح، طراحی شده است، انجام می گیرد. این مقیاس در جدول زیر مشخص شده است.

جدول شماره (۴): مقایسه دو بدو در **AHP**

مقدار عددی	درجه اهمیت در مقایسه دو بدو
۱	ترجیح یکسان
۳	ترجیح نسبتاً ضعیف
۵	ترجیح قوی
۷	ترجیح خیلی قوی
۹	ترجیح مطلق

حاصل مقایسه هر فرد را می توان در جدولی نشان داد که به آن ماتریس مقایسات زوجی گفته می شود. طبیعی است قطر اصلی این ماتریس عدد یک است. پس از اینکه جدولهای مقایسه ای کلیه افراد تهیه شد، بایستی این نظریات را به یک نظر واحد تبدیل کرد تا بر اساس آن تصمیم

– (k)

بهینه حاصل آید. مناسب ترین روش برای این کار استفاده از میانگین هندسی است. a_{ij} مولفه های متناظر به صورت زیر محاسبه می - شود (مهرگان، ۱۳۸۳).

رابطه (۱):

$$a_{ij} = \left(\prod_{k=1}^N a_{ij}^{(k)} \right)^{\frac{1}{N}}$$

استخراج اولویتها از جدول های مقایسه گروهی

برای استخراج اولویتها صرفاً جدولهای مقایسه ای گروه را در نظر می گیریم. برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال کردن اعداد جدولهای مقایسه ای از رابطه زیر استفاده می شود.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن r_{ij} مولفه نرمال شده است. پس از نرمال کردن از مقادیر هر سطر میانگین موزون^۱ با ضریب $1/N$ گرفته می‌شود. مقادیر حاصل از میانگین موزون نشان دهنده اولویت هر متغیر است.

تعیین نرخ سازگاری^۲ (C.R)

اهمیت AHP علاوه بر ترکیب سطوح مختلف سلسله مراتب تصمیم و در نظر گرفتن عوامل متعدد، در محاسبه نسبت یا نرخ سازگاری است. این مکانیزم نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویتهای حاصل از جدولهای ترکیبی اعتماد کرد. گاهی اوقات ممکن است که مقایسات انجام شده توسط تصمیم گیرنده سازگار نباشد؛ برای مثال اگر اولویت متغیر یک به دو برابر ۳ تعیین شود و اولویت متغیر دو به سه ۳ تعیین شود. در این صورت باید اولویت متغیر یک به سه برابر ۶ تعیین شود. تجربه نشان داده است که اگر نرخ سازگاری کمتر از ۱۰ درصد باشد، می‌توان سازگاری مقایسات را پذیرفت. در غیر این صورت باید مقایسات مجدداً انجام گیرد. برای محاسبه نرخ سازگاری باید عملیات زیر به ترتیب انجام پذیرد (همان منبع، ۱۳۸۳):

الف) محاسبه بردار مجموع وزنی^۳ (wsv): در این قسمت مقادیر اصلی مقایسات جدول گروهی در اولویت متغیرها به ترتیب ضرب شده و در نهایت مجموع هر سطر حاصل می‌شود.

ب) محاسبه بردار سازگاری^۴ (cv): این بردار با تقسیم هر یک از مولفه‌های بردار wsv بر اولویت متغیرها حاصل می‌شود.

ج) بدست آوردن λ_{max} : میانگین عناصر برداری سازگاری λ_{max} را به دست می‌دهد.

د) محاسبه شاخص سازگاری^۵ (C.I): شاخص سازگاری بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

(در اینجا n بیان کننده تعداد گزینه‌های رقیب با تعداد متغیرهای مورد نظر است).

محاسبه نرخ سازگاری (C.R): نرخ سازگاری عبارت است از:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{رابطه (۴)}$$

R.I نشان دهنده مقدار شاخص تصادفی است. این شاخص از جدول شماره (۵) که توسط ساعتی و هاگر تهیه شده است، استخراج می‌گردد.

جدول شماره (۵): شاخص تصادفی (مهرگان، ۱۳۸۳، ص ۱۷۳)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۱

در نهایت اگر مقدار بدست آمده از C.R کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان گفت که مقایسات زوجی از سازگاری برخوردار است.

تعیین ضریب اولویت متغیرهای اثرگذار بر اجرای سیستم نت پیشگیرانه

اولین گام در تعیین ضریب اولویت، ساختن درخت سلسله مراتب تصمیم است که در نمودار شماره (۱) رسم شده است؛ همچنین تشکیل ماتریس مقایسه زوجی متغیرهای فوق می‌باشد. ماتریس گروهی در جدول شماره (۶) مشاهده می‌شود:

- 1 - Weighted Average
- 2 - Consistency Ratio
- 3 - Weight sum Vector
- 4- Consistency Vector
- 5- Consistency Index

جدول شماره (۶): ماتریس مقایسه زوجی اجرای سیستم نت پیشگیرانه

عدم شناخت مناسب نت	فرهنگی	تکنولوژی	مشکلات ساختاری	سرمایه گذاری
۱/۱۳۰۳	۱/۲۲۹۵	۰/۹۲۱۷	۱	مشکلات ساختاری
۱/۲۰۳۲	۱/۲۶۵۳	۱	۱/۰۸۵۰	تکنولوژی
۱/۲۸۸۶	۱	۰/۷۹۰۳	۰/۸۱۳۴	فرهنگی
۱	۰/۷۷۶۰	۰/۸۳۱۱	۰/۸۸۴۷	عدم شناخت مناسب نت

پس از نرمال سازی اعداد ماتریس فوق و سپس با استفاده از میانگین موزون می توان ضریب اولویت هر یک از متغیرهای بالا را تعیین کرد. نتیجه حاصله در جدول شماره (۷) مشاهده می شود:

جدول شماره (۷): ماتریس تعیین اولویت اجرای سیستم نت پیشگیرانه

رتبه	ضریب اولویت	عدم شناخت مناسب نت	فرهنگی	تکنولوژی	مشکلات ساختاری	سرمایه گذاری
۲	۰/۱۲۳۰	۰/۱۱۶۸	۰/۱۴۲۷	۰/۱۱۵۷	۰/۱۱۹۲	مشکلات ساختاری
۱	۰/۱۲۹۰	۰/۱۲۲۱	۰/۱۴۶۸	۰/۱۲۵۵	۰/۱۲۹۳	تکنولوژی
۳	۰/۱۱۱۹	۰/۱۳۰۸	۰/۱۱۶۰	۰/۰۹۹۲	۰/۰۹۶۹	فرهنگی
۴	۰/۰۹۸۶	۰/۱۰۱۵	۰/۰۹۰۱	۰/۱۰۴۳	۰/۱۰۵۴	عدم شناخت مناسب نت

براساس مقادیر حاصل از جدول بالا، گروه بیشترین اهمیت را برای متغیر تکنولوژی به عنوان مهمترین عامل مؤثر اجرای سیستم نت پیشگیرانه با ضریب اولویت (۰/۱۲۹۰) قائل است و مشکلات ساختاری، مسایل فرهنگی، عدم شناخت مناسب نت در رده های بعدی اولویت قرار می گیرند. برای اینکه بتوان به اولویتهای حاصل از جدول شماره (۷) اعتماد کرد، بایستی نرخ سازگاری، کمتر از ۰/۱ باشد. لذا برای تعیین نرخ سازگاری ابتدا بردار مجموع وزنی (WSV) را محاسبه می کنیم.

$$WSV = \begin{bmatrix} 1 & 0/9217 & 1/2295 & 1/1385 & 1/1303 \\ 1/0850 & 1 & 1/2653 & 1/1465 & 1/2032 \\ 0/8134 & 0/7903 & 1 & 1/1039 & 1/2886 \\ 0/8784 & 0/8722 & 0/9059 & 1 & 1/1556 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0/1230 \\ 0/1290 \\ 0/1119 \\ 0/1085 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/6144 \\ 0/6588 \\ 0/5607 \\ 0/5443 \end{bmatrix}$$

در گام دوم جواب حاصل (WSV) را بر بردار وزندهای نسبی معیارها تقسیم می کنیم تا بردار سازگاری به دست آید. در این حالت داریم:

$$CV = \begin{bmatrix} 0/6144 \\ 0/6588 \\ 0/5607 \\ 0/5443 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 0/1230 \\ 0/1290 \\ 0/1119 \\ 0/1085 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/9951 \\ 5/1069 \\ 5/0107 \\ 5/0165 \end{bmatrix}$$

در گام سوم میانگین حسابی عناصر این بردار را بدست می آوریم:

$$\lambda_{MAX} = \frac{4/9951 + 5/1069 + 5/0107 + 5/0165}{4} = \frac{25/1352}{4} = 5/027$$

در گام چهارم، شاخص ناسازگاری را به صورت زیر حساب می کنیم:

$$C.I = \frac{5/27 - 4}{4 - 1} = \frac{0/27}{3} = 0/0067$$

بنابراین نرخ نا سازگاری، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CR = \frac{0/067}{1/12} = 0/00598$$

بنابراین چون نرخ سازگاری کمتر از مقدار تجربی ۰/۱ است، لذا می‌توان گفت ماتریس گروهی از سازگاری برخوردار است و می‌توان به اولویت-های حاصل از جدولهای ترکیبی اعتماد کرد.

تعیین اولویت زیرمجموعه‌های متغیرهای اصلی

تصمیم‌گیری‌های چند متغیره، به عنوان متغیرهای اصلی اثرگذار بر اجرای سیستم نت پیشگیرانه، هر کدام به زیر مجموعه‌های جداگانه تقسیم شده‌اند که می‌توانند به تنهایی بر اجرای سیستم نت پیشگیرانه اثرگذار باشند. تعیین اولویت و ضریب اهمیت عوامل فوق به نوبه خود می‌تواند به عنوان اقدامی مفید و کارآمد فراروی مدیران سازمان اتوبوسرانی شهری تبریز برنامه مؤثر اجرای سیستم نت پیشگیرانه گیرد. تعیین اولویت زیرمجموعه‌های متغیر مشکلات ساختاری مشکلات ساختاری به سه زیر مجموعه تفکیک شده است:

۱. عدم تمرکز استراتژی

۲. عدم حمایت مسئولین ذیربط از سیستم نت پیشگیرانه

۳. آزاد سازی و خصوصی سازی

جهت تعیین اولویت عوامل فوق در سازمان اتوبوسرانی، ابتدا جدولهای مقایسه‌ای انفرادی حاصل از پاسخنامه‌ها را تهیه می‌کنیم، سپس با استفاده از میانگین هندسی، ماتریس مقایسه‌ای گروهی را بدست می‌آوریم که حاصل آن در جدول شماره (۸) مشاهده می‌شود:

جدول شماره (۸): ماتریس مقایسه زوجی زیر مجموعه‌های مشکلات ساختاری

مشکلات ساختاری	عدم تمرکز استراتژی	عدم حمایت مسئولین ذیربط از سیستم نت پیشگیرانه	آزاد سازی و خصوصی سازی
عدم تمرکز استراتژی	۱	۱/۰۲۲۹	۰/۹۸۱۷
عدم حمایت مسئولین ذیربط از سیستم نت پیشگیرانه	۰/۹۷۷۶	۱	۰/۹۴۳۰
آزاد سازی و خصوصی سازی	۱/۰۱۸۷	۱/۰۶۰۴	۱

جدول شماره (۹): ماتریس اولویت زیر مجموعه‌های مشکلات ساختاری

رتبه	اولویت	آزاد سازی و خصوصی سازی	عدم حمایت مسئولین ذیربط از سیستم نت پیشگیرانه	عدم تمرکز استراتژی	مشکلات ساختاری
۱	۰/۱۶۵۰	۰/۱۶۱۸	۰/۱۶۰۸	۰/۱۶۰۵	عدم تمرکز استراتژی
۳	۰/۱۵۶۲	۰/۱۵۵۴	۰/۱۵۷۲	۰/۱۵۶۲	عدم حمایت مسئولین ذیربط از سیستم نت پیشگیرانه
۲	۰/۱۶۱۰	۰/۱۶۴۸	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۳۵	آزاد سازی و خصوصی سازی

براساس مقادیر حاصل، گروه، بیشترین اهمیت را برای متغیر عدم تمرکز استراتژی از بین زیر مجموعه های مشکلات ساختاری قائل است. پس از انجام محاسبات لازم نرخ سازگاری بدست آمده نشانگر این است که مقایسات زوجی گروه از سازگاری برخوردار است.

تعیین اولویت زیرمجموعه های متغیر تکنولوژی

همانطور که در نمودار درخت سلسله مراتب تصمیم مشاهده می گردد، متغیر تکنولوژی به سه زیرمجموعه زیر تفکیک شده است.

۱. وجود تحریم و نبود قطعات

۱. نامناسب بودن رویه تامین قطعات

۲. تعامل کم واحدهای درگیر

ماتریس مقایسه ای گروهی در جدول شماره (۱۰) مشاهده می شود.

جدول شماره (۱۰): ماتریس مقایسه زوجی زیرمجموعه های تکنولوژی

تکنولوژی	وجود تحریم و نبود قطعات	نامناسب بودن رویه تامین قطعات	تعامل کم واحدهای درگیر
وجود تحریم و نبود قطعات	۱	۰/۸۴۱۴	۰/۹۲۲۸
نامناسب بودن رویه تامین قطعات	۱/۱۸۸۵	۱	۰/۹۶۴۸
تعامل کم واحدهای درگیر	۱/۰۸۳۷	۱/۰۳۶۵	۱

جدول شماره (۱۱): ماتریس تعیین اولویت زیرمجموعه های تکنولوژی

رتبه	اولویت	تعامل کم واحدهای درگیر	نامناسب بودن رویه تامین قطعات	وجود تحریم و نبود قطعات	تکنولوژی
۳	۰/۱۵۲۵	۰/۱۵۹۲	۰/۱۴۰۶	۰/۱۵۷۷	وجود تحریم و نبود قطعات
۱	۰/۱۷۳۶	۰/۱۶۶۴	۰/۱۶۷۱	۰/۱۸۷۴	نامناسب بودن رویه تامین قطعات
۲	۰/۱۷۲۲	۰/۱۷۲۵	۰/۱۷۳۲	۰/۱۷۰۹	تعامل کم واحدهای درگیر

براساس مقادیر حاصل، گروه بیشترین اهمیت را برای عامل نامناسب بودن رویه تامین قطعات توسط موانع تجهیزاتی قائل است. پس از انجام محاسبات لازم نرخ سازگاری بدست آمده نشانگر این است که مقایسات زوجی گروه از سازگاری برخوردار است.

تعیین اولویت زیرمجموعه های مسایل فرهنگی

متغیر مسایل مسایل فرهنگی به سه زیر مجموعه :

۱. رضایت شغلی

۲. مشکلات پرسنلی

۳. عدم استفاده از علم روز تقسیم شده است.

ماتریس های مقایسه ای گروهی و تعیین اولویت زیرمجموعه های فوق به ترتیب در جدولهای شماره (۱۲) و (۱۳)، مشاهده می شود:

جدول شماره (۱۲): ماتریس مقایسه زوجی زیرمجموعه‌های مسایل فرهنگی

عدم استفاده از علم روز	مشکلات پرسنلی	رضایت شغلی	مسایل فرهنگی
۱/۰۳۸۸	۱/۰۸۰۶	۱	رضایت شغلی
۱/۰۴۹۸	۱	۰/۹۲۵۴	مشکلات پرسنلی
۱	۰/۹۵۲۵	۰/۹۶۲۶	عدم استفاده از علم روز

جدول شماره (۱۳): ماتریس تعیین اولویت زیرمجموعه‌های مسایل فرهنگی

رتبه	اولویت	عدم استفاده از علم روز	مشکلات پرسنلی	رضایت شغلی	مسایل فرهنگی
۱	۰/۱۶۵۱	۰/۱۶۷۷	۰/۱۷۲۵	۰/۱۵۵۳	رضایت شغلی
۲	۰/۱۵۷۶	۰/۱۶۹۵	۰/۱۵۹۷	۰/۱۴۳۷	مشکلات پرسنلی
۳	۰/۱۵۴۳	۰/۱۶۱۴	۰/۱۵۲۱	۰/۱۴۹۵	عدم استفاده از علم روز

براساس مقادیر حاصله از جدول بالا، گروه بیشترین اهمیت از بین زیرمجموعه‌های مسایل فرهنگی را به عامل رضایت شغلی در سازمان اتوبوسرانی شهر تبریز اختصاص داده است. پس از انجام محاسبات لازم نرخ سازگاری بدست آمده نشانگر این است که مقایسات زوجی گروه از سازگاری لازم برخوردار است و می‌توان به نتایج اعتماد کرد.

تعیین اولویت زیرمجموعه‌های عدم شناخت مناسب سیستمهای نت پیشگیرانه

متغیر عدم شناخت مناسب سیستمهای نت پیشگیرانه به سه زیرمجموعه قابل تفکیک است:

عدم آشنایی با سیستمهای نوین نت

عدم اجرای صحیح برنامه نت

سردرگمی مسئولین و پرسنل در اجرای سیستم نت

ماتریس‌های مقایسه‌ای گروهی و تعیین اولویت زیرمجموعه‌های فوق به ترتیب در جدولهای شماره (۱۴) و (۱۵) مشاهده می‌شود.

جدول شماره (۱۴): ماتریس مقایسه زوجی زیرمجموعه‌های عدم شناخت مناسب سیستمهای نت پیشگیرانه

سردرگمی مسئولین و پرسنل در اجرای سیستم نت	عدم اجرای صحیح برنامه نت	عدم آشنایی با سیستمهای نوین نت	عدم شناخت مناسب سیستمهای نت
۱/۰۳۸۵	۰/۸۷۰۷	۱	عدم آشنایی با سیستمهای نوین نت
۱/۰۱۰۶	۱	۰/۱۴۸۴	عدم اجرای صحیح برنامه نت
۱	۰/۹۸۹۶	۰/۹۶۲۹	سردرگمی مسئولین و پرسنل در اجرای سیستم نت

جدول شماره (۱۵): ماتریس تعیین اولویت زیرمجموعه‌های عدم شناخت مناسب سیستمهای نت پیشگیرانه

رتبه	اولویت	سردرگرمی مسئولین و پرسنل در اجرای سیستم نت	عدم اجرای صحیح برنامه نت	عدم آشنایی با سیستمهای نوین نت	عدم شناخت مناسب سیستمهای نت
۱	۰/۱۷۲۳	۰/۱۶۴۰	۰/۱۴۹۹	۰/۱۶۱۳	عدم آشنایی با سیستمهای نوین نت
۳	۰/۱۵۸۴	۰/۱۵۹۶	۰/۱۷۲۱	۰/۱۸۵۲	عدم اجرای صحیح برنامه نت
۲	۰/۱۶۱۱	۰/۱۵۷۹	۰/۱۷۰۳	۰/۱۵۵۳	سردرگرمی مسئولین و پرسنل در اجرای سیستم نت

براساس مقادیر حاصله از جدول بالا، گروه بیشترین اهمیت اولویت را از بین زیرمجموعه‌های متغیر عدم شناخت مناسب سیستمهای نت پیشگیرانه به عدم اجرای صحیح برنامه نت پیشگیرانه در سازمان اتوبوسرانی شهر تبریز داده است. پس از انجام محاسبات لازم نرخ سازگاری بدست آمده نشانگر این است که مقایسات زوجی گروه از سازگاری برخوردار است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می گردد که معیار اصلی تکنولوژی با ضریب اولویت (۰.۱۲۹۰) دارای بالاترین اهمیت در میان معیارهای مورد بررسی می باشد. همچنین معیارهای مشکلات ساختاری (۰.۱۲۳۰)، مسایل فرهنگی (۰.۱۱۱۹) و عدم شناخت مناسب نت (۰.۰۹۸۶) دارای رتبه های بعدی می باشند.

در تعیین اولویت زیر مجموعه های متغیر مشکلات ساختاری نیز معیار عدم تمرکز استراتژی با نمره ۰/۱۶۵۰ در رتبه اول و معیارهای عدم حمایت مسئولین ذیربط از سیستم نت پیشگیرانه و آزاد سازی و خصوصی سازی با نمره های ۰/۱۵۶۲ و ۰/۱۶۱۰ به ترتیب در رده های بعدی قرار می گیرند.

در تعیین اولویت زیرمجموعه های متغیر تکنولوژی نیز معیارهای نامناسب بودن رویه تامین قطعات، تعامل کم واحدهای درگیر و وجود تحریم و نبود قطعات با ضرایب اولویت ۰/۱۷۳۶، ۰/۱۷۲۲ و ۰/۱۵۲۵ به ترتیب قرار گرفته اند.

در زیر مجموعه های مسایل فرهنگی نیز رضایت شغلی با امتیاز ۰/۱۶۵۱ در رتبه اول و مشکلات پرسنلی با امتیاز ۰/۱۵۷۶ در رتبه دوم و عدم استفاده از علم روز با ۰/۱۵۴۳ در رتبه سوم قرار گرفته است.

اولویت زیرمجموعه های عدم شناخت مناسب سیستمهای نت پیشگیرانه نیز به ترتیب عدم آشنایی با سیستمهای نوین نت، سردرگمی مسئولین و پرسنل در اجرای سیستم نت و عدم اجرای صحیح برنامه نت با ضرایب ۰/۱۷۲۳، ۰/۱۶۱۱ و ۰/۱۵۸۴ در رده های بعدی می باشند. با توجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می گردد که مسئولین سازمان اتوبوسرانی تبریز آشنایی زیادی با سیستم های نوین نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ندارند. لذا پیشنهادات زیر جهت ارتقای این سیستم در این شرکت ارائه می گردد.

- ۱- تدوین استراتژیها و سیاستهای سیستم های نوین نت در سازمان
- ۲- حمایت قاطع و همه جانبه در اجرا و پیاده سازی این سیستم
- ۳- بکارگیری رویه های مناسب جهت تامین قطعات مورد نیاز
- ۴- توجه کافی جهت افزایش میزان رضایت کارکنان بخش تعمیرات و نگهداری جهت افزایش بهره وری
- ۵- برگزاری دوره های آموزشی جهت آشنایی کارکنان با سیستم های نت

منابع:

- اسکات، ریچارد (۱۳۸۹)، سازمان: سیستم های عقلایی، طبیعی و باز، ترجمه میرزایی اهرجانی، انتشارات سمت،
- حاج شیر محمدی، علی (۱۳۸۷)؛ نگهداری و تعمیرات نت بهرور فراگیر، تهران سازمان مدیریت صنعتی، چاپ اول، پاییز
- داودپور، حمید (۱۳۹۳)، مدیریت تعمیرات، جزوه درسی دوره کارشناسی ارشد، مدیریت عملیات و بهره برداری، کرج، موسسه تحقیقات و آموزش مدیریت، زمستان.
- سید حسینی، سید محمد (۱۳۹۴)، برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات در بخش صنایع و؛ خدمات، تهران سازمان مدیریت صنعتی
- سیدتقیان، محمدهادی حاجی (۱۳۹۱)، بررسی و تبیین عوامل مؤثر بر بهبود عملکرد واحدهای حقوقی شرکت برق منطقه ای تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، مدیریت
- فقیه، نظام الدین (۱۳۸۵)، مهندسی تعمیرات و نگهداری، انتشارات نوید.
- میرسپاسی، ناصر (۱۳۸۹)، مدیریت استراتژیک منابع انسانی و روابط کار، ویرایش جدید، چاپ سوم، تهران،
- وایت، ئی (۱۳۹۱)، نگهداری و تعمیرات، سازماندهی، برنامه ریزی و کنترل، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی
- Najjar Basim, Imad Alsyoud (2010) "Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making, Int. J. Production Economics 84
- Beard Well, Julie & Claydon, (2007), "Human Resource Management-a contemporary Approach" prenetic Hall 5th edition published.
- " F.T.S. Chana, H.C.W. Laub, R.W.L. Ipc, H.K. Chana, S. Konga (2011) " Implementation of total productive maintenance: A case study Int. J Production Economics 95 .
- Krejcie, Robert V., Morgan, Daryle W., (2009), "Determining Sample Size for Research Activities", "Educational and Psychological Measurement; Lusthaus Charles, Marie Helene Adrien, Gary Anderson,
- Fred Carden, (2008), "Diagnosing the performance of Your Organization" IDRC- IDRC Publication
- Laura Swanson (2005) " Linking maintenance strategies to performance , Int. J. Production Economics 70 ؛
- Khalil, T. (2008). Management of technology. Mc Graw-Hill companies, In New York؛. M.C. Eti, S.O.T. Ogaji, S.D. Probert " Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture,