

الحمد لله الذي
خلقنا من
الحمم



دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تولید و عملیات

تحلیل الگوی عیب یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین (مورد مطالعه: صنعت حمل و نقل ریلی)

نگارنده: سید مجتبی مرتضوی فر

استاد راهنما

دکتر علی اکبر حسنی

مهر ۱۳۹۹

تقدیم

تقدیم به همسر

به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت، امنیت، آرامش و آسایش برای من

فراهم آورده است.

تقدیم به دختر دلبندم، بهار زندگی ام،

امید بخش جانم که آسایش او آرامش من است.

قدردانی و تشکر

با سپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موباشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا کرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

با تشکر و سپاس بیکران از استاد دانشمند و پرمایه ام جناب آقای دکتر حسنی

تهدنامه

اینجانب سید مجتبی مرتضوی فر دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه تحلیل الگوی عیب‌یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین (مورد مطالعه: صنعت حمل و نقل ریلی) تحت راهنمایی دکتر علی اکبر حسینی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارایه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

راه آهن از زیرساخت های اساسی اقتصادی و ارتباطی شهرها و کشورها به شمار می آید. نقشی که راه آهن در تبادل کالا و مسافر ایفا می کند، در شکوفایی اقتصادی کشورها و ایجاد تسهیلات برای شهروندان بس پراهمیت است. از آنجا که هزینه های احداث خطوط، تامین ناوگان ریلی و انجام فعالیت های نگهداری و تعمیرات (نت) در راه آهن بسیار بالاست، یکی از دغدغه های اصلی مدیران افزایش بهره وری از طریق کاهش هزینه ها می باشد. با توجه به پیشرفت تکنولوژی در سال های اخیر، حجم اطلاعات ذخیره و نگهداری شده در سازمان ها روز به روز در حال افزایش است. به نحوی که می توان با استفاده از روش های مختلف، از جمله روش های مبتنی بر داده کاوی الگوها و قوانین موجود در این داده ها را کشف نموده و در جهت بهبود سازمان ها استفاده کرد.

پژوهش حاضر با بهره گیری از تکنیک داده کاوی، به کشف قواعد معنادار از داده های موجود در لکوموتیوها، به عنوان یک سیستم فنی پیچیده، با هدف ارتقای کارایی فرایند عیب یابی می پردازد. در این پژوهش از روش استخراج قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری استفاده شده است. استخراج قوانین وابستگی امکان استخراج الگوها و کشف قوانین و روابط بین آیتم ها در یک پایگاه داده را فراهم می سازد.

حاصل این پژوهش کشف ۲۰ مورد رخداد پرتکرار در لکوموتیوهای مسافری، ۱۸ مورد قانون دومولفه ای و ۲ مورد قانون سه مولفه ای می باشد که می تواند در آموزش کارکنان عملیاتی راه آهن جمهوری اسلامی ایران (به خصوص راهبران قطارها و تعمیرکاران لکوموتیوها)، فرایند عیب یابی و تعمیر لکوموتیوها، کاهش زمان توقف های خارج از برنامه قطارها و کاهش هزینه ها در راه آهن بسیار تاثیر گذار باشد.

کلمات کلیدی: صنعت حمل و نقل ریلی، لکوموتیو، نگهداری و تعمیرات، الگوهای عیب یابی، داده کاوی، استخراج قوانین وابستگی

پیش‌گفتار

این پژوهش با هدف شناسایی و ارتقای فرایند عیب‌یابی لکوموتیوها با استفاده از تحلیل الگوی عیب‌یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین انجام شده است. به این صورت که از روش استخراج قوانین وابستگی جهت برقراری ارتباط معنادار بین داده‌های دریافتی از لکوموتیوها و عیوب اصلی آن‌ها استفاده شده تا الگوها و قواعد معنادار جهت فرایند عیب‌یابی شناسایی گردد و فرایند عیب‌یابی را سریع‌تر و صحیح‌تر نماید. در واقع پژوهشگر به دنبال آن است که بین آلام‌های دریافتی از لکوموتیوها، علت ریشه‌ای خرابی‌ها و اقدامات تعمیراتی، رابطه و الگوی معناداری کشف نماید. کشف الگوهای صحیح می‌تواند اثرات مثبتی بر بهره‌وری شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران داشته باشد. زیرا این الگوها می‌توانند در راستای آموزش موثر کارکنان، کاهش زمان انجام تعمیرات، کاهش هزینه‌ها، جلوگیری از استهلاک و خستگی تعمیرکاران و در نتیجه افزایش بهره‌وری سازمان تاثیرگذار باشند.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- تحلیل الگوی عیب‌یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین (مورد مطالعه: صنعت حمل و نقل ریلی)
در فصلنامه مهندسی حمل و نقل (در مرحله داوری است).

فهرست مطالب

ل	فهرست جداول
ن	فهرست اشکال
س	فهرست علائم
۱	فصل ۱: کلیات پژوهش
۲	۱-۱ مقدمه.....
۳	۱-۲ بیان مسئله.....
۵	۱-۳ ضرورت انجام پژوهش.....
۷	۱-۴ اهداف پژوهش.....
۷	۱-۴-۱ اهداف اصلی پژوهش.....
۸	۱-۴-۲ اهداف فرعی پژوهش.....
۸	۱-۵ روش پژوهش.....
۸	۱-۵-۱ داده کاوی.....
۹	۱-۵-۲ امید ریاضی.....
۱۰	۱-۶ قلمرو پژوهش.....
۱۰	۱-۶-۱ قلمرو موضوعی.....
۱۱	۱-۶-۲ قلمرو مکانی.....
۱۱	۱-۶-۳ قلمرو زمانی.....
۱۱	۱-۷ سوالات پژوهش.....
۱۲	۱-۸ تعریف واژگان و اصطلاحات تخصصی پژوهش.....

۱۲	۱-۸-۱ لکوموتیو.....
۱۲	۱-۸-۲ نگهداری.....
۱۲	۱-۸-۳ تعمیرات.....
۱۲	۱-۸-۴ نگهداری و تعمیرات (نت).....
۱۳	۱-۸-۵ داده کاوی.....
۱۳	۱-۸-۶ کاوش قوانین وابستگی.....
۱۳	۱-۸-۷ الگوریتم Apriori.....
۱۳	۱-۹ ساختار پژوهش.....
۱۴	۱-۱۰ جمع بندی.....

۱۵ فصل ۲: ادبیات و پیشینه پژوهش

۱۶	۲-۱ مقدمه.....
۱۸	۲-۲ ادبیات نظری.....
۱۸	۲-۲-۱ سیستم نگهداری و تعمیرات.....
۲۲	۲-۲-۲ ویژگی‌های سیستم نت.....
۲۷	۲-۲-۳ انواع سیستم‌های نگهداری و تعمیرات.....
۳۵	۲-۲-۴ فعالیت‌های انجام شده در زمینه سیستم نت.....
۳۸	۲-۲-۵ اصول اساسی موسسه مارشال در سیستم نت پیشگیرانه.....
۴۳	۲-۲-۶ داده کاوی.....
۵۹	۲-۳ پیشینه پژوهش.....

۶۵ فصل ۳: روش انجام پژوهش

۶۶	۳-۱ مقدمه.....
۶۶	۳-۲ گردآوری و آماده‌سازی داده‌ها.....

۶۸	۳-۲-۱ فیلتر کردن و انتخاب داده‌ها.....
۶۹	۳-۲-۲ کدگذاری داده‌ها.....
۷۴	۳-۳ تحلیل داده‌ها و استخراج قانون.....
۷۴	۳-۳-۱ روش کاوش قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری.....
۷۷	۳-۳-۲ نرم‌افزار SQL Server.....
۸۱	۳-۴ امید ریاضی و برآورد هزینه.....

۸۳ فصل ۴: تجزیه و تحلیل نتایج پژوهش

۸۴	۴-۱ مقدمه.....
۸۴	۴-۲ آمار توصیفی.....
۸۵	۴-۳ آماده‌سازی داده‌ها.....
۸۵	۴-۴ پیاده‌سازی روش کاوش قوانین وابستگی با الگوریتم اپریوری.....
۸۵	۴-۴-۱ مرحله اول.....
۹۱	۴-۴-۲ مرحله دوم.....
۹۱	۴-۴-۳ مرحله سوم.....

۹۳ فصل ۵: بحث و نتیجه‌گیری

۹۴	۵-۱ مقدمه.....
۹۴	۵-۲ نتایج حاصل شده.....
۹۴	۵-۲-۱ آلارم‌ها، اثرات و اقدامات پرتکرار.....
۹۸	۵-۲-۲ قوانین استخراج شده.....
۹۹	۵-۳ کاربرد قوانین استخراج شده.....
۱۰۱	۵-۳-۱ تخمین میزان صرفه‌جویی اقتصادی حاصل شده در صورت استفاده از قانون‌های کشف شده.....
۱۰۲	۵-۴ پیشنهادات آتی.....

۵-۵ محدودیت‌های پژوهش ۱۰۳

مراجع ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ۳.۱ کدهای در نظر گرفته شده برای ریشه اصلی خرابی‌ها.....	۷۰
جدول ۳.۲ کدهای در نظر گرفته شده برای اثرات خرابی‌ها.....	۷۱
جدول ۳.۳ کدهای در نظر گرفته شده برای اقدام‌های تعمیراتی انجام شده.....	۷۲
جدول ۳.۴ کدهای در نظر گرفته شده برای وضعیت لکوموتیو پس از خرابی.....	۷۳
جدول ۴.۱ میزان تکرار و پشتیبان آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیوهای زیمنس.....	۸۶
جدول ۴.۲ میزان تکرار و پشتیبان آثار ظاهر شده در لکوموتیوهای زیمنس.....	۸۸
جدول ۴.۳ میزان تکرار و پشتیبان ریشه خرابی‌ها در لکوموتیوهای زیمنس.....	۸۹
جدول ۴.۴ میزان تکرار و پشتیبان وضعیت لکوموتیوهای زیمنس در طول خط.....	۸۹
جدول ۴.۵ میزان تکرار و پشتیبان اقدامات تعمیراتی انجام شده.....	۹۰
جدول ۴.۷ میزان تکرار، پشتیبان و اطمینان سه آیت‌ها.....	۹۱
جدول ۴.۶ میزان تکرار، پشتیبان و اطمینان جفت آیت‌ها.....	۹۲
جدول ۵.۱ آلام‌ها، اثرات و اقدامات پرتکرار.....	۹۶
جدول ۵.۲ قوانین استخراج شده.....	۹۸

فهرست اشغال

شکل ۱.۱	مراحل انجام پژوهش	۱۰
شکل ۱.۱	اهمیت امور نت	۲۱
شکل ۱.۲	توالی نت	۳۵
شکل ۱.۳	ارتباط سیستم نت با سایر بخش‌ها	۴۲
شکل ۱.۳	مراحل داده‌کاوی	۴۵
شکل ۱.۴	روش کسب دانش با استفاده از داده‌کاوی	۴۸
شکل ۱.۵	مدیریت ذخیره‌سازی و دستیابی اطلاعات	۴۸
شکل ۱.۶	ساختار بانک اطلاعاتی سازمان	۴۹
شکل ۱.۷	یک شبکه عصبی با یک لایه پنهان	۵۶
شکل ۱.۸	یک مدل ساده از یک درخت انتخاب	۵۶
شکل ۳.۱	نمونه جدول داده‌های خام دریافت شده	۶۸
شکل ۳.۲	نمونه جدول داده‌ها با فیلتر اولیه و انتخاب داده‌های مورد نیاز	۶۹
شکل ۳.۳	پایگاه داده‌ها پس از کدگذاری	۷۳
شکل ۳.۴	مراحل ایجاد مجموعه آیت‌های پرتکرار با استفاده از الگوریتم اِپریوری	۷۷
شکل ۳.۵	وارد نمودن پایگاه داده به نرم‌افزار SQL Server	۷۸
شکل ۳.۶	دومین مرحله وارد کردن جدول به SQL	۷۹
شکل ۳.۷	سومین مرحله وارد کردن جدول به SQL	۷۹
شکل ۳.۸	چهارمین مرحله وارد کردن جدول به SQL	۸۰
شکل ۳.۹	پنجمین مرحله وارد کردن جدول به SQL	۸۰
شکل ۳.۱۰	آخرین مرحله وارد کردن جدول به SQL	۸۱
شکل ۵.۱	نمودار فراوانی آلارم‌های پرتکرار	۹۷
شکل ۵.۲	فراوانی در اقدامات تعمیراتی پرتکرار	۹۷
شکل ۵.۳	دستورالعمل شرکت سازنده در مورد آلارم ۲۲۹	۱۰۰

فهرست علائم

ردیف	علامت	مفهوم
۱	۱۱۵	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم بروز ایراد جدی در موتور
۲	۱۱۷	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم کاهش قدرت موتور
۳	۱۶۷	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم خرابی فن مقاومت ترمز دینامیک
۴	۱۷۷	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم از مدار خارج شدن مقاومت دینامیک
۵	۱۸۲	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم کاهش میزان تولید هوای فشرده توسط کمپرسور
۶	۱۹۸	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم شارژ نشدن باتری
۷	۲۲۹	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم بروز آتش‌سوزی
۸	۲۸۵	یکی از آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیو به مفهوم بروز ایراد جدی در مدار اصلی قدرت
۱۰	۸۸۱	کندی سیر قطار - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۱	۸۸۲	خاموش شدن لکوموتیو - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۲	۹۹۱	اقدام به روشن نمودن لکوموتیو - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۳	۹۹۸	خارج کردن سنسور اگزوز از مدار - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۴	۹۹۳	اقدام به ریست نمودن لکوموتیو - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۵	۹۹۹	تعویض فیلتر سوخت - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۶	۹۹۱۶	انجام تست کنتاکتور - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۷	۹۹۲۱	انجام تست ترمز - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۸	۹۹۱۲	اقدام به ریست فیوز فن مقاومت ترمز دینامیک - کدگذاری شده توسط پژوهشگر
۱۹	۹۹۲	تعمیر سوکت انژکتور - کدگذاری شده توسط پژوهشگر

فصل ۱: کلیات پژوهش

۱-۱ مقدمه

از دیرباز مسئله نگهداری و تعمیرات (نت) تجهیزات در صنایع مختلف با پیچیدگی‌های برنامه‌ریزی و عملیاتی متعددی همراه بوده است. این دشواری تحت تاثیر عوامل مختلفی است که از جمله آن‌ها می‌توان به تعارض مسائل فنی، اقتصادی و ایمنی در سطوح مختلف با یکدیگر اشاره کرد. [لیدن، ۲۰۱۸]

در این میان، بخش قابل توجهی از این دشواری می‌تواند معطوف به فرایند عیب‌یابی تجهیز شود. به‌طوری که در مسائل تصمیم‌گیری پیرامون مدیریت نگهداری و تعمیرات سیستم، فرایند عیب‌یابی همواره از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است. در فرایند نگهداری و تعمیرات موجودیت‌ها در صنایع مختلف، هدف اصلی این است که ماشین پیوسته در شرایطی قرار گیرد که حالت آماده به کار بودن آن در سطح انتظار مشخص باشد و در نهایت کیفیت محصول یا خدمات نهایی تضمین گردد. تمامی تلاش‌های صورت گرفته در راستای پیشگیری از بروز خرابی در سیستم‌ها در حالی است که پدیده بروز خرابی امری غیر قابل اجتناب و همراه با نامعینی‌های فراوان است. پدیده خرابی می‌تواند باعث کاهش کیفیت محصولات یا خدمات ارایه شده، اختلال در برنامه های تولید یا خدمت، کاهش زمان دسترسی به ماشین، کاهش بهره‌وری، افزایش هزینه‌ها و دیگر موارد نامطلوب مشابه شود. [راش، ۲۰۰۰]

گاهی خرابی یکی از سیستم‌ها می‌تواند باعث توقف در عملکرد سیستم کلان‌تر نظیر کل فرایند خط تولید یا سیستم خدمت‌رسان شود. در نتیجه در این موارد می‌بایست در کوتاه‌ترین زمان ممکن، ماشین به حالت آماده به کار بازگردانده شود. در فرایند رفع خرابی سیستم‌ها، اولین و در عین حال مهمترین گام عبارت است از شناسایی عیب اصلی که باعث بروز خرابی در سیستم شده است. اجرای فرایند عیب‌یابی نادرست و ناکارا (نظیر افزایش زمان تعمیرات) سبب می‌شود ریشه اصلی خرابی به درستی شناسایی نگردد و به تبع آن اقدامات بی‌رویه و غیر ضروری در تعمیرات صورت پذیرد. تمامی موارد ذکرشده در مجموع باعث اتلاف وقت و افزایش هزینه‌ها و در نتیجه کاهش بهره‌وری کل سیستم می‌گردد. [گلاوار، ۲۰۱۶]

به‌طور کلی، عمده سیستم‌های به کار گرفته‌شده در صنایع مختلف تولیدی و خدماتی از سیستم‌های ترکیبی شامل زیرسیستم‌های مکانیکی و الکترونیکی است. در نتیجه به هنگام خرابی سیستم، کشف علت اصلی خرابی با دشواری همراه است. در گذشته اغلب سیستم‌ها فاقد سیستم پایش وضعیت بوده‌اند. در این سیستم‌ها، تعمیرکاران ابتدا با بررسی شواهد حاضر، استفاده از تجربه و دانش ضمنی خود و در نهایت با سعی و خطا فرایند عیب‌یابی را اجرا می‌کردند. اما امروزه اغلب تجهیزات دارای سیستم‌های پایش وضعیت بوده که همواره شرایط تجهیز را ثبت و اعلام می‌کنند. از این‌رو تحلیل اطلاعات در اختیار با هدف کشف الگو و استخراج قوانین در راستای کارآمد نمودن فرایند عیب‌یابی بسیار حایز اهمیت است. به عبارت دیگر، با استخراج دانش پنهان در داده‌های مرتبط پیرامون عملکرد سیستم می‌توان کارایی سیستم مدنظر را به نحو معناداری بهبود بخشید. [هاردینگ، ۲۰۰۶] استخراج دانش صریح از داده‌های خشن یک چالش بزرگ علمی و صنعتی است که می‌تواند توسط تکنیک‌های داده‌کاوی با سطوح مختلف خودکارسازی صورت گیرد. [کوکسال، ۲۰۱۱] داده‌کاوی به معنای استخراج دانش کلان، قابل استناد و جدید از پایگاه داده‌های بزرگ می‌باشد. [اسدی، ۸۸]

با توجه به تمامی موارد گفته شده پژوهشگر قصد دارد به کشف قواعد معنادار از داده‌های حاضر در لکوموتیوهای زیمنس^۱ به عنوان یک سیستم فنی پیچیده پرداخته و با بهره‌گیری از تکنیک‌های داده‌کاوی و کاوش قوانین وابستگی، کارایی فرایند عیب‌یابی تجهیز را ارتقا ببخشد. در نهایت با استفاده از روابط امید ریاضی، میزان صرفه جویی مالی حاصل از بکارگیری قواعد کشف شده، پیش بینی شده است.

۲-۱ بیان مسئله

سیستم‌های امروزی عموماً دارای واحد پایش وضعیت هستند. به این صورت که سیستم دائماً شرایط و وضعیت خود را از طریق حسگرهای مختلف کنترل نموده و در برنامه نرم افزاری که در آن به کار گرفته شده است ثبت می‌نماید. [ژنگ، ۲۰۱۹] در صورت بروز خرابی و مشکل در کارکرد سیستم، این عیوب به

^۱ Siemens locomotives

وسیله هشدارهایی به اطلاع کاربران و تعمیرکاران رسانده می‌شود. هشدارها می‌توانند به صورت نوشتاری (کد و متن)، شنیداری (بوق یا آژیر)، تصویری و موارد مشابه دیگر باشند. در بسیاری از موارد می‌توان با استفاده از داده‌های مختلف ذخیره شده در سیستم، ارتباط معناداری بین هشدارهای ظاهر شده توسط دستگاه و علت ریشه‌ای خرابی آن برقرار نمود. منبع اطلاعاتی دیگر می‌تواند سوابق خرابی و اقدامات نگهداری و تعمیرات مرتبط انجام شده باشد.

جهت استخراج قوانین و درنهایت دانش پنهان در داده‌ها، تکنیک‌های متنوعی در ادبیات موضوع معرفی شده است که برای نمونه می‌توان به الگوریتم‌های هیوریستیک و ژنتیکی اشاره نمود. در این میان، تکنیک‌های مبتنی بر داده‌کاوی با توجه به کارایی آن‌ها از جایگاه متمایزی در ادبیات موضوع برخوردار است.

هدف از پژوهش حاضر کشف قواعد معنادار از داده‌های حاضر در یک سیستم فنی پیچیده با هدف ارتقای کارایی فرایند عیب‌یابی تجهیز با بهره‌گیری از تکنیک داده‌کاوی است. در این پژوهش از روش کاوش قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری استفاده شده است. کاوش قوانین انجمنی امکان استخراج الگوها و کشف قوانین و روابط بین آیتم‌ها در یک پایگاه داده را فراهم می‌سازد. [کوئینلن، ۱۹۹۳] این قوانین وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای را نشان می‌دهند. مثال متداول در خصوص کشف قوانین انجمنی "تحلیل سبد خرید" است. [اگراوال، ۱۹۹۴] برای بررسی ارزش و معیار مقبولیت قوانین انجمنی دو پارامتر مهم یعنی پشتیبان و اطمینان قوانین مورد استفاده قرار می‌گیرند. تاکنون الگوریتم‌های زیادی برای کشف قوانین انجمنی ارائه شده‌اند که تفاوت آن‌ها در نحوه کشف آیتم‌های پرتکرار است. معروف‌ترین الگوریتم در کاوش قوانین انجمنی الگوریتم اپریوری است برتری اصلی این الگوریتم حجم محاسباتی کمتر آن نسبت به روش‌های دیگر است. بر اساس این اصل، پشتیبان هر مجموعه آیتم هرگز بزرگتر از پشتیبان هر یک از زیرمجموعه‌هایش نیست با استفاده از این اصل می‌توان مجموعه آیتم‌های پرتکرار را هرس و قوانین انجمنی قوی را استخراج کرد. [ژیئونگ، ۲۰۰۱]

برای این منظور، نمونه موردی نگهداری و تعمیرات لکوموتیو مسافری در راه‌آهن کشور ایران بررسی شده است. قابلیت اطمینان به معنای عدم توقف خارج از برنامه قطارها و حفظ ایمنی در حمل‌ونقل از جمله جنبه‌های مهم در صنعت ریلی است. به طور کلی کیفیت زیرساخت و ناوگان راه‌آهن به عنوان عوامل مهم در مدیریت قابلیت اطمینان سیستم راه‌آهن است. بنابراین، پیاده‌سازی سطح مطلوب از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مورد نیاز است. با این حال، تعمیر و نگهداری یک مقوله هزینه محور است. در نتیجه، کاهش هزینه‌های نگهداری بدون کاهش در سطح برنامه‌های نگهداری و تعمیرات بسیار مهم می باشد. [بودائی، ۲۰۰۶] از این رو نیاز به توسعه روش‌های کارآمد جهت ارتقای عملکرد فرایند عیب‌یابی و بهبود روش‌های نگهداری و تعمیرات با هدف کاهش هزینه‌ها، افزایش قابلیت اطمینان و افزایش بهره‌وری کاملاً محسوس است.

هدف اصلی این پژوهش شناسایی و ارتقای فرایند عیب‌یابی لکوموتیوها با استفاده از تحلیل الگوی عیب‌یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین می باشد. به این صورت که از روش کاوش قوانین وابستگی جهت برقراری ارتباط معنادار بین داده های دریافتی از لکوموتیوها و عیوب اصلی آن ها استفاده می شود تا الگوها و قواعد معنادار جهت فرایند عیب‌یابی شناسایی شده و فرایند عیب‌یابی را سریع تر و صحیح تر نماید. سوال اصلی این می باشد که بین آلام های دریافتی از لکوموتیوها، علت ریشه ای خرابی ها و اقدامات تعمیراتی چه رابطه معناداری وجود دارد؟ همچنین سوال فرعی این است که با کشف الگوهای معنادار و استفاده از آن ها چه میزان می توان در هزینه های سازمان صرفه جویی نمود؟

۳-۱ ضرورت انجام پژوهش

صنعت سالهاست که نگهداری و تعمیرات را به دلیل نقش آن در حفظ ایمنی و امکان در دسترس بودن سیستم، اجتناب ناپذیر می داند. ایمنی در مواردی که به طور مستقیم با جان افراد در ارتباط است، اهمیت بیشتری می یابد. اگر فعالیت‌های نت به موقع و کارآمد انجام پذیرد، می تواند از بسیاری از مخاطرات پیشگیری نموده و تا حد زیادی ایمنی را تضمین نماید. [کنگ، ۲۰۱۸] از طرفی، رقابت پذیری شرکت‌های

صنعتی نیز نیاز به یک برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری کارآمد دارد. در دنیای امروز شرکت‌ها و سازمان‌هایی می‌توانند در میدان رقابت باقی بمانند که هزینه‌های خود را به درستی مدیریت نموده و از منابع خود به خوبی بهره‌برداری کنند. [ارسل، ۲۰۱۷] نت یکی از مولفه‌های هزینه محور در صنایع می‌باشد و یکی از مراحل مهم و دشوار در نت تجهیزات انجام فرایند عیب‌یابی به صورت صحیح و کارا می‌باشد. [کاجکو، ۲۰۰۱]

راه آهن‌های ملی معمولاً دارای سیستم‌های بزرگ و پیچیده‌ای هستند. زیرساخت‌های شبکه آن‌ها شامل بخش‌های طولانی مسیر، پل‌ها، ایستگاه‌ها و سایر دارایی‌های پشتیبانی کننده می‌شود. در راه آهن علاوه بر این زیرساخت‌ها، منابع مهمی همچون ناوگان ریلی موجود است. این منبع بسیار گران و کلیدی است. از این‌رو بهره‌برداری از منابع راه آهن به طور معمول برای بازه زمانی بلند مدت برنامه‌ریزی می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به سابقه طولانی فعالیت شرکت راه آهن در کشور ایران، یک انبار داده بزرگ پیرامون مدیریت نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی در اختیار است. فرایند نگهداری ناوگان، زیرساخت‌ها و دارایی‌های کاملاً ضروری است زیرا بروز خرابی در آن‌ها می‌تواند باعث ایجاد تاخیر، سانحه و دیگر مخاطرات شود. از طرفی بروز اختلال در ارائه خدمات، تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم اقتصادی و اجتماعی را در پی دارد. [دورازو، ۲۰۱۸] در نتیجه انتخاب منبع لکوموتیو به عنوان یک موجودیت مهم در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل ریلی، دارای اهمیت است.

عیب‌یابی تجهیزات پیچیده صنعتی همچون لکوموتیوها فرایند دشواری است. عدم تشخیص سریع و به موقع علت خرابی یک لکوموتیو علاوه بر اینکه زمان آماده به کاری و دسترسی به لکوموتیو را کاهش می‌دهد، می‌تواند باعث بروز مشکلات و مخاطرات فراوانی همچون اختلال در شبکه حمل و نقل ریلی، افزایش توقف‌های خارج از برنامه قطارها (کاهش قابلیت اطمینان) در نتیجه افزایش احتمال بروز سوانح، نارضایتی مشتریان و کاهش درآمد راه آهن سراسری گردد. کشورهای مختلف با توجه به شرایط اقلیمی، اقتصادی، سیاسی و بسته به نوع نیاز خود از لکوتیوهای متنوعی استفاده می‌نمایند. در ایران نیز با توجه به این شرایط از لکوموتیوها با انواع مختلف (حدود بیست مدل لکوموتیو) استفاده می‌گردد که تمامی آن

ها وارداتی می‌باشند. بدیهی است که بهینه نمودن فعالیت های مربوط به نت این لکوموتیوها بسیار مهم است. از طرفی آموزش موثر و کارآمد منابع انسانی مرتبط با این لکوموتیوها، به ویژه تعمیرکاران و لکوموتیورانان، امری ضروری می‌باشد. یکی از راههایی که می توان این آموزش صحیح را توسعه داد، استفاده از داده‌های ذخیره و پایش شده و کشف قواعد معنادار از این داده‌هاست.

از دیگر سو هر مدل لکوموتیو با توجه به شرایط بهره‌برداری و موقعیت جغرافیایی که در آن کار می‌کند، نیاز به یک برنامه نگهداری و تعمیرات و عیب یابی منحصر به فرد دارد. در نتیجه علاوه بر دستورالعمل‌های نگهداری که کشور سازنده لکوموتیو منتشر می‌کند، توسعه مدل‌های بومی تحلیل فرایند عیب‌یابی برای لکوموتیوها در کشور ایران الزامی می‌باشد. این پژوهش با استفاده از آلارم‌ها و گزارش‌های ثبت شده در لکوموتیوهای زیمنس و گزارش‌های راهبران قطارها و تعمیرکاران به کشف قوانین و الگوهای معنادار می‌پردازد.

۴-۱ اهداف پژوهش

در این قسمت اهم اهداف مورد نظر پژوهش در دو بخش اهداف اصلی و اهداف فرعی معرفی می‌گردد.

۴-۱-۱ اهداف اصلی پژوهش

هدف اصلی این پژوهش شناسایی و ارتقای فرایند عیب‌یابی لکوموتیوها با استفاده از تحلیل الگوی عیب‌یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین می‌باشد. به این صورت که از روش کاوش قوانین وابستگی جهت برقراری ارتباط معنادار بین داده‌های دریافتی از لکوموتیوها و عیوب اصلی آن‌ها استفاده می‌شود تا الگوها و قواعد معنادار جهت فرایند عیب‌یابی شناسایی شده و فرایند عیب‌یابی را سریع‌تر و صحیح‌تر نماید. سوال اصلی پژوهش نیز این می‌باشد که بین آلارم‌های دریافتی از لکوموتیوها، علت ریشه‌ای خرابی‌ها و اقدامات تعمیراتی چه رابطه معناداری وجود دارد؟

۲-۴-۱ اهداف فرعی پژوهش

انجام این پژوهش دارای اهداف دیگری نیز می‌باشد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بهبود فرایند آموزش کارکنان عملیاتی مرتبط با لکوموتیوها به ویژه راهبران، تعمیرکاران و کارشناسان لکوموتیو
- کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات لکوموتیوها و برآورد میزان صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از پیروی از الگوهای کشف شده
- کاهش زمان توقف خارج از برنامه قطارها و در نتیجه افزایش بهره‌وری شرکت راه‌آهن ایران
- افزایش ایمنی سیر ناشی از کاهش زمان توقف‌های خارج از برنامه قطارها
- افزایش رضایت مشتریان و در نتیجه بالا بردن میزان وفاداری مشتریان به سازمان

۲-۵ روش پژوهش

روش انجام این پژوهش، روش کاوش قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری می‌باشد که یکی از زیرمجموعه‌های روش‌های داده‌کاوی است. داده‌کاوی از طریق استخراج الگوها و قواعد با استفاده از داده‌های پیشین به تولید علم می‌پردازد. که این کار را با شیوه‌های مختلف و از طریق الگوریتم‌های متفاوت انجام می‌دهد. در این پژوهش در ابتدا با استفاده از الگوریتم اپریوری الگوهای معنادار کشف شده و پس از آن با استفاده از میزان اطمینان هر الگو و روابط مربوط به امید ریاضی، میزان صرفه‌جویی در هزینه‌ها با پیروی از الگوهای کشف شده تخمین زده شده است.

۲-۵-۱ داده‌کاوی

تاکنون تعاریف گوناگونی برای داده‌کاوی ارائه شده است. در برخی از این تعاریف داده‌کاوی در حد ابزاری که کاربران را قادر به ارتباط مستقیم با حجم عظیم داده‌ها می‌سازد معرفی گردیده‌است و در برخی دیگر، تعاریف دقیق‌تر که در آن‌ها به کاوش در داده‌ها توجه می‌شود موجود است.

برخی از تعاریفی که برای داده‌کاوی ارائه شده است عبارتند از:

- داده‌کاوی عبارت است از فرایند استخراج اطلاعات معتبر، از پیش ناشناخته، قابل فهم و قابل اعتماد از پایگاه داده های بزرگ و استفاده از آن در تصمیم گیری در فعالیت های تجاری مهم.
- به فرآیند نیم‌خودکار تجزیه و تحلیل پایگاه داده‌های بزرگ به منظور یافتن الگوهای مفید اطلاق می شود.

- داده کاوی یعنی فرایند جستجو در پایگاه داده‌ها برای یافتن الگوهایی میان داده‌ها.
- داده‌کاوی یعنی تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌های قابل مشاهده برای یافتن روابط مطمئن بین داده‌ها.

- داده‌کاوی یعنی استخراج دانش کلان، قابل استناد و جدید از پایگاه داده های بزرگ. [اسدی، ۸۸]
- همان‌گونه که در تعاریف گوناگون داده‌کاوی مشاهده می‌شود، تقریباً در تمامی تعاریف به مفاهیمی چون استخراج دانش، تحلیل و یافتن الگوی بین داده‌ها اشاره شده است.

۱-۵-۱-۱ استخراج قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری

با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، حجم داده‌های ذخیره شده در پایگاه داده‌ها به سرعت در حال افزایش است. از طرفی یافتن اطلاعات ارزشمند پنهان و به دست آوردن دانش از داده‌های ذخیره شده از اهمیت بالایی برخوردار است. کاوش قوانین انجمنی امکان استخراج الگوها و کشف قوانین و روابط بین آیتم‌ها در یک پایگاه داده را فراهم می‌سازد. [کوئینلن، ۱۹۹۳] این قوانین وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای را نشان می‌دهند. [میچل، ۲۰۰۵] مثال متداول در خصوص کشف قوانین وابستگی "تحلیل سبد خرید" است. برای بررسی ارزش و معیار مقبولیت قوانین وابستگی دو پارامتر مهم یعنی پشتیبان و اطمینان قوانین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۵-۲ امید ریاضی

در نظریه احتمالات امید ریاضی یک متغیر تصادفی گسسته برابر است با مجموع حاصل ضرب احتمال وقوع

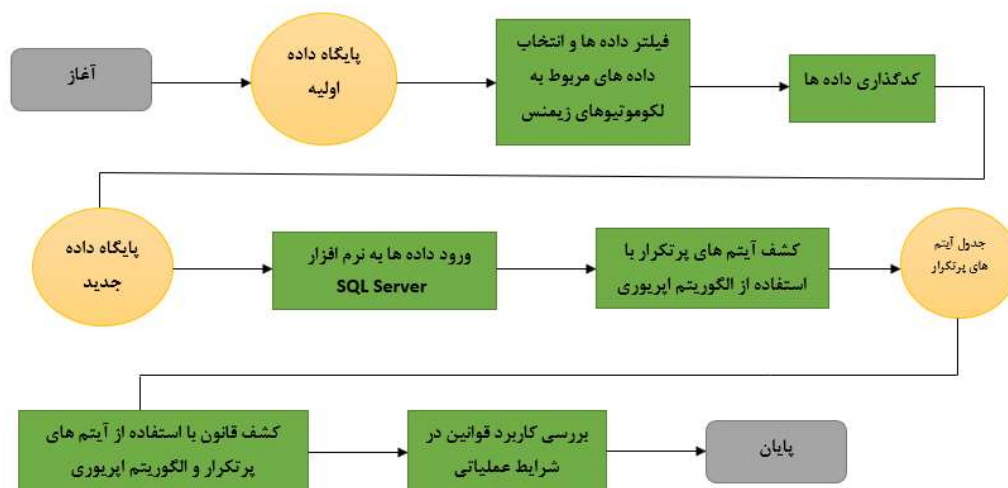
هر یک از حالات ممکن در مقدار آن حالت. امید ریاضی یک متغیر تصادفی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E[X] = \int x f_X(x) dx \quad (1-1)$$

که در آن $f_X(x)$ تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی X است. برای متغیرهای تصادفی گسسته تعریف بالا به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$E[X] = \sum_{i=1}^n x_i p_X(x_i) \quad (1-2)$$

در شکل ۱.۱ مراحل انجام پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۱.۱: مراحل انجام پژوهش نشان

۱-۶ قلمرو پژوهش

در این قسمت قلمرو پژوهش از نظر موضوعی، زمانی و مکانی معرفی می‌شود.

۱-۶-۱ قلمرو موضوعی

این پژوهش از منظر موضوع به صورت ترکیبی در حیطه مدیریت نگهداری و تعمیرات و علم داده کاوی قرار دارد. لکوموتیوهای زیمنس در اختیار شرکت راه آهن جمهوری اسلامی به عنوان مورد مطالعاتی در نظر گرفته شده است. با توجه به این که این لکوموتیوها جهت حمل قطارهای مسافری استفاده می‌گردد

و از طرفی اهمیت دوچندان انجام سریع و به موقع فرایند عیب یابی و تعمیرات لکوموتیوهای مسافری، انتخاب لکوموتیوهای زیمنس دارای اهمیت بسیاری می باشد.

۲-۶-۱ قلمرو مکانی

داده های مربوط به این پژوهش از گزارش های مربوط به خرابی لکوموتیوهای زیمنس در ناحیه تحت مدیریت اداره کل راه آهن شمال شرق ۱، یعنی از ایستگاه گرمسار تا ایستگاه نقاب، استخراج شده است.

۳-۶-۱ قلمرو زمانی

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۹ انجام شده است و برای انجام آن داده های مربوط به سه سال گذشته در اختیار پژوهشگر قرار گرفت. در واقع قلمرو زمانی پژوهش از ابتدای سال ۱۳۹۶ تا پایان سال ۱۳۹۸ می باشد.

۷-۱ سوالات پژوهش

هدف اصلی این پژوهش شناسایی و ارتقای فرایند عیب یابی لکوموتیوها با استفاده از تحلیل الگوی عیب یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین می باشد. به این صورت که از روش کاوش قوانین وابستگی جهت برقراری ارتباط معنادار بین داده های دریافتی از لکوموتیوها و عیوب اصلی آنها استفاده می شود تا الگوها و قواعد معنادار جهت فرایند عیب یابی شناسایی شده و فرایند عیب یابی را سریع تر و صحیح تر نماید. در واقع سوال های اصلی پژوهش به شرح زیر می باشد:

- بین آلام های دریافتی از لکوموتیوها، علت ریشه ای خرابی ها و اقدامات تعمیراتی چه رابطه معناداری وجود دارد؟
- در صورتی که الگوهای کشف شده، در راه آهن شمال شرق ۱ به کار گرفته شود، چه میزان صرفه-جویی اقتصادی حاصل می گردد؟

۸-۱ تعریف واژگان و اصطلاحات تخصصی پژوهش

در این قسمت تعاریف مختصری از واژگان تخصصی پژوهش بیان می‌گردد.

۱-۸-۱ لکوموتیو

به ماشین ریلی گفته می‌شود که قابلیت تولید، تامین و انتقال نیروی محرکه لازم برای کشیدن یا هل دادن قطار را دارد و مجهز به سیستم‌های کنترل، راهبری، ایمنی و حفاظتی می‌باشد. لکوموتیوها از نظر کاربری به چهار دسته مسافری، باری، مانوری و مسافری-باری تقسیم می‌شوند.

۱-۸-۲ نگهداری^۱

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها که به طور مشخص و معمولاً به صورت برنامه‌ریزی شده و با هدف جلوگیری از خرابی ناگهانی ماشین‌آلات و تجهیزات و تاسیسات انجام گرفته و با این کار قابلیت اطمینان و در دسترس بودن آن‌ها را افزایش می‌دهیم. [محمدی علی، ۱۳۸۱]

۱-۸-۳ تعمیرات^۲

شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های است که بر روی یک سیستم یا وسیله‌ای که دچار خرابی و یا از کار افتادگی گردیده، انجام می‌دهیم تا آن را به حالت آماده و قابل بهره‌برداری بازگردانده و در جهت انجام وظیفه‌ای که به آن محول گردیده است، آماده سازد. [محمدی علی، ۱۳۸۱]

۱-۸-۴ نگهداری و تعمیرات (نت)

منظور از سیستم نگهداری و تعمیرات مجموعه عملیاتی جهت نگهداری دارایی‌های فیزیکی و حفظ و صیانت از آن‌ها در شرایط قابل قبول و یا تغییر آن‌ها به شرایط قابل قبول اعمال شده تا زمینه حصول اقتصادی‌ترین راه صرف هزینه جهت بهره‌برداری و بهسازی از تجهیزات را ایجاد نماید. [محمدی علی،

¹ Maintenance

² Repairs

۵-۸-۱ داده کاوی

داده کاوی عبارت است از فرایند استخراج اطلاعات معتبر، از پیش ناشناخته، قابل فهم و قابل اعتماد از پایگاه داده های بزرگ و استفاده از آن در تصمیم گیری در فعالیتهای مهم.

به فرآیند نیم خودکار تجزیه و تحلیل پایگاه داده های بزرگ به منظور یافتن الگوهای مفید اطلاق می شود.

[اسدی، ۸۸]

۶-۸-۱ کاوش قوانین وابستگی

یکی از مهم ترین بخش های داده کاوی، کشف قوانین وابستگی در پایگاه داده است. این قوانین، لزوم وقوع برخی صفات (آیتم ها) را در صورت وقوع برخی دیگر از آیتم ها، تضمین می کند.

۷-۸-۱ الگوریتم Apriori

این الگوریتم یکی از الگوریتم های معروف در کشف قوانین وابستگی می باشد که برای کشف مجموعه اقلام پرتکرار به ترتیب زیر عمل می کند:

ابتدا با یک دور خواندن پایگاه داده مجموعه اقلام بزرگ یک عضوی را مشخص می کند و سپس با استفاده از مجموعه اقلام پرتکرار یک عضوی، مجموعه اقلام دو عضوی را ایجاد نموده و برای تعیین پشتیبان مجموعه اقلام دو عضوی یک بار دیگر کل پایگاه داده را می خواند تا مجموعه اقلام پرتکرار دو عضوی را تعیین نمایند. به همین ترتیب با استفاده از مجموعه اقلام بزرگ دو عضوی مجموعه اقلام سه عضوی را ایجاد کرده و این رویه تاجایی ادامه پیدا می نماید که دیگر مجموعه اقلام پرتکراری موجود نباشد.

۹-۱ ساختار پژوهش

این پژوهش شامل ۵ فصل می باشد. در فصل اول به کلیات پژوهش همچون مقدمه، بیان مسئله، ضرورت

و اهمیت و اهداف پژوهش پرداخته شد. در فصل دوم ادبیات و پیشینه پژوهش مرور شده است. در فصل سوم روش انجام پژوهش به طور کامل شرح داده شده است. فصل چهارم به تجزیه و تحلیل نتایج پژوهش پرداخته است و در فصل آخر با توجه به نتایج فصل چهارم، بحث و نتیجه گیری شده است.

۱۰-۱ جمع بندی

در این فصل در ابتدا به مقدمه ای از صنعت حمل و نقل ریلی، روش های داده کاوی و ضرورت استخراج دانش از انبوه داده های موجود در سازمان، پرداخته شد. در ادامه مسئله و مورد مطالعاتی مورد نظر تبیین شده و ضرورت انجام آن شرح داده شد. همچنین اهداف اصلی و فرعی پژوهش، روش انجام آن، قلمرو پژوهش از منظر موضوع، زمان و مکان، بیان شد. در پایان سؤالاتی که پژوهشگر به دنبال یافتن پاسخ آن ها می باشد و تعریف برخی از واژگان و اصطلاحات تخصصی پژوهش مطرح گردید. فصل آتی به ادبیات و پیشینه پژوهش خواهد پرداخت.

فصل ۲ : ادبیات و پیشینه پژوهش

۱-۲ مقدمه

طراحی و استقرار سیستم‌های نگهداری و تعمیرات در صنعت یکی از مسائل مبرم و حیاتی امروز کشور ماست. حفظ سرمایه‌های کشور و ارزیابی تجهیزات از یک سو، و پیشرفت سریع فن‌آوری و بالطبع ورود روزافزون ماشین‌آلات و تجهیزات جدید به صنعت از سوی دیگر، استفاده عقلانی و برنامه‌ریزی شده و نگهداری و تعمیرات به موقع ماشین‌آلات و تجهیزات را الزامی می‌سازد.

بهره‌برداری صحیح از تأسیسات به ویژه در صنعت حمل‌ونقل، در گرو دو عامل اصلی مدیریت فرایند و مدیریت عملکرد بهینه تأسیسات و تجهیزات است. لذا بررسی عوامل موثر در اجرای سیستمی که بتواند کارایی و اثربخشی لازم را در یک سازمان به دنبال داشته باشد بسیار مهم خواهد بود.

از طرف دیگر سیستم‌های کاربردی دارای عمر مفید پیش بینی شده هستند. کاهش و افزایش عمر مفید سیستم‌ها، بستگی به چند عامل دارد از جمله: کیفیت ساخت، نوع رفتار با آن، میزان کارکرد و از همه مهم‌تر رسیدگی که می‌تواند بصورت پیشگیری (سرویس و نگهداری) و یا درمان (تعمیرات) باشد. در صنعت امروز، اغلب مهندسان و مدیران، توجه و علاقه فراوانی نسبت به بهره‌گیری از دانش مهندسی نگهداری و تعمیرات، دارند. امروزه بخش مهندسی نگهداری و تعمیرات در واحدهای صنعتی پیش از پیش به استفاده از روش‌های آمار و ریاضی در برنامه‌ریزی‌های خود روی آورده و این عمل شکل یک دانش به خود گرفته است.

وجود یک سیستم مجهز و برنامه‌ریزی شده نگهداری و تعمیرات از آن‌رو ضروری است که کنترل مستمر و اطلاع کامل از اوضاع و نحوه عملکرد ماشین‌آلات را ممکن می‌سازد و لذا آرایه مطلوب‌ترین سرویس‌های تعمیراتی و اتخاذ بهترین روش‌ها برای تداوم کار صنعت با حداکثر بازدهی و کاهش هزینه‌ها امکان پذیر می‌گردد.

شرکت راه‌آهن یک سیستم پیوسته بوده و در صورت بروز مشکل یا احتمالاً خرابی در تأسیسات و ماشین‌آلات این سیستم پیوسته دچار مشکل شده و باعث تاخیر در خدمت‌رسانی می‌گردد که زیان‌های ناشی از آن نه تنها هزینه‌های زیادی را برای شرکت در برمی‌گیرد، بلکه از آن مهم‌تر باعث کاهش ایمنی و افزایش

مخاطرات می‌شود. بنابراین نیاز به یک سیستم نگهداری و تعمیرات کارآمد در شرکت احساس می‌شود که به وسیله آن بتوان تا حدود زیادی از بروز مشکلات ناشی از تاخیر در ارائه خدمت به دلیل خرابی ناگهانی ماشین‌آلات جلوگیری شود.

دستیابی به این امر مهم زمانی حاصل می‌گردد که با مسائل مربوط به نگهداری و تعمیرات با نگاهی منطقی، علمی و دقیق و همراه با برنامه‌ریزی صحیح برخورد گردد. از این مسائل می‌توان به توانایی پیش‌بینی وقوع برخی از خرابی‌ها، انجام اصلاحات در سیستم‌ها به جهت تکراری بودن برخی از خرابی‌ها و وجود نقص فنی در تجهیزات و تشخیص به موقع ریشه و علت خرابی سیستم جهت رفع عیب سریع و کم هزینه آن، اشاره نمود.

امروزه با گسترش سیستم‌های پایگاهی و حجم بالای داده‌های ذخیره شده در این سیستم‌ها، نیاز به ابزاری است تا بتوان داده‌های ذخیره شده را پردازش کرد و اطلاعات حاصل از این پردازش را در اختیار کاربران قرار داد.

با استفاده از ابزارهای گوناگون گزارش‌گیری معمولی، می‌توان اطلاعاتی را در اختیار کاربران قرار داد تا بتوانند به نتیجه‌گیری در مورد داده‌ها و روابط منطقی میان آن‌ها بپردازند. اما وقتی که حجم داده‌ها بالا باشد، کاربران هرچند زبردست و باتجربه باشند نمی‌توانند الگوهای مفید را در میان حجم انبوه داده‌ها تشخیص دهند و یا اگر قادر به این کار هم باشند، هزینه عملیات از نظر نیروی انسانی و مادی بسیار بالا است. از سوی دیگر، کاربران معمولاً فرضیه‌ای را مطرح می‌کنند و سپس بر اساس گزارش‌های مشاهده شده به اثبات یا رد فرضیه می‌پردازند، در حالی که امروزه نیاز به روش‌هایی است که در اصطلاح به کشف دانش^۱ بپردازند یعنی با کمترین دخالت کاربر و بصورت خودکار الگوها و رابطه‌های منطقی را بیان نمایند. داده کاوی یکی از مهمترین این روش‌ها است که به الگوهای مفید در داده‌ها با حداقل دخالت کاربران می‌پردازد و اطلاعاتی را در اختیار کاربران و تحلیل‌گران قرار می‌دهد تا براساس آن تصمیمات مهم و حیاتی در سازمان‌ها اتخاذ شوند.

^۱ Knowledge Discovery

هرچه حجم داده‌ها بیشتر و روابط آنها پیچیده‌تر باشد دسترسی به اطلاعات نهفته در میان داده‌ها مشکل‌تر می‌شود و نقش داده‌کاوی بعنوان یکی از روش‌های کشف دانش، روشن‌تر می‌گردد.

داده‌کاوی بطور همزمان از چندین رشته علمی بهره می‌برد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: تکنولوژی پایگاه داده، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، آمار، الگو، سیستم‌های مبتنی بر دانش^۱، حصول دانش^۲، بازیابی اطلاعات^۳، محاسبات سرعت بالا^۴ و بازنمایی بصری داده^۵.

در واقع داده‌کاوی فرآیندی است، خودکار برای استخراج الگوهایی که دانش را بازنمایی می‌کنند، که این دانش به صورت ضمنی در پایگاه داده‌های عظیم، انبار داده^۶ و دیگر مخازن بزرگ اطلاعات، ذخیره شده است.

۲-۲ ادبیات نظری

در این قسمت به ادبیات نظری پژوهش پرداخته می‌شود.

۲-۲-۱ سیستم نگهداری و تعمیرات

اگر سیستم را مجموعه‌ای از عناصر اطلاق کنیم که برای رسیدن به هدف خاصی با کمیت و کیفیت معلوم، طراحی و ساخته شده و با ترتیبی با یکدیگر ترکیب شده‌اند، تعریف نماییم، می‌توان ادعا کرد که هر سیستم از دو بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

۱. هسته اصلی: این بخش وظیفه اجرای هدف را دارد.

۲. قسمت پشتیبانی: این بخش ضمن پشتیبانی از هسته اصلی تداوم اجرای اهداف را تضمین می‌کند و شامل وسایل و امکانات بررسی و آزمایش شرایط فنی و تکنولوژی، ابزار نگهداری و تعمیرات، قطعات

¹ Knowledge-based system

² Knowledge- acquisition

³ information retrieval

⁴ High-performance computing

⁵ Data visualization

⁶ Data warehouses

یدکی، اسناد و مدارک فنی نظیر نقشه‌ها، دستورالعمل‌های نگهداری، تعمیر و بهره‌برداری و پرسنل آزموده و آماده برای بکارگیری روش‌ها و موارد مشابه دیگر می‌باشد.

در سال‌های اخیر، در مراحل پیشرفته این موضوع مورد توجه واقع شده که عناصر و عوامل پشتیبانی^۱ به عنوان جزئی غیرقابل تفکیک از یک سیستم تعریف شوند. در چهارچوب این تعریف لازم است از همان ابتدا که فکر و تصور ایجاد یک سیستم مطرح می‌شود، همراه و همگام با طراحی و ساخت، نصب و راه‌اندازی هسته اصلی، امکانات پشتیبانی نیز به صورت سازگار و متعادل با هسته اصلی، مراحل ساخت، نصب، و راه‌اندازی را طی نمایند.

در مراحل طراحی یک سیستم، عوامل با اهمیت که لازم است همگام و سازگار با عوامل تولیدی یا خدماتی مورد نظر قرار گیرند، در پاسخگویی به سؤالات ذیل قابل تعریف می‌باشند:

۱. تجهیزات چگونه طراحی و تولید شوند که عمر اقتصادی بیشتری داشته باشند و بتوان به راحتی و با هزینه کم آنها را نگهداری و تعمیر نمود؟

۲. در دوران بهره‌برداری از تجهیزات چگونه عمل شود که تجهیزات خرابی کمتری داشته باشند و سرعت فرسودگی آنها در حدودی اقتصادی و قابل کنترل باشد؟

در بررسی‌های انجام شده دو عامل فوق به‌خصوص عامل اول تا اوایل نیمه دوم قرن گذشته مورد اغماض واقع شده، تنها از نیمه دوم قرن به بعد، به علت بالا رفتن سطح دانش و تکنولوژی و پیچیدگی طرح و حرکات ماشین‌آلات و هزینه سنگینی که در اثر رکوردهای غیر منتظره ماشین‌ها به سیستم‌های صنعتی تحمیل می‌شود، موضوع مورد توجه واقع شده و عنوان جدیدی از فعالیت‌ها را به صورت مشخص و قابل تعریف در چهارچوب فعالیت‌های لازم در طراحی سیستم‌ها باز نمود.

مجموع فعالیت‌هایی که پاسخگوی دو سوال بالا باشند در سال‌های اخیر در صنعت جهانی، تروتکنولوژی^۲ نامیده می‌شود. [جی.ای. گل، ۱۳۸۲]

^۱ logistics

^۲ Trotecnology

فعالیت‌های ردیف دوم که مربوط به دوره بهره‌برداری از ماشین است در فرهنگ کشور ما عناوینی نظیر نگهداری و تعمیرات را به خود گرفته است. در سال‌های اخیر در ایران رسم بر این بوده که این دسته از فعالیت‌ها در راستای مقدم داشتن امور نگهداری به امور تعمیرات بعد از خرابی به عبارتی نگهداری و تعمیرات نام برده شود.

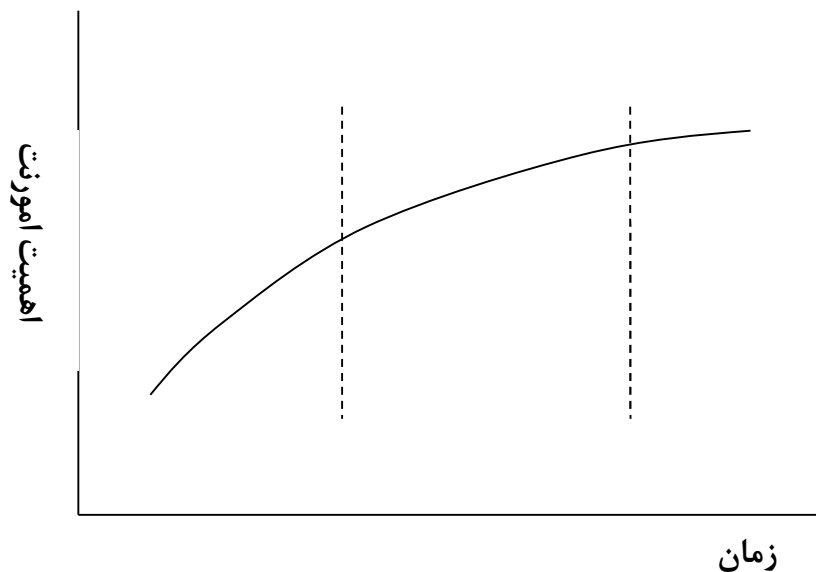
لزوم توجه به مسایل فنی از دستگاه‌ها و برقراری سیستم منظمی که با مدیریت متشکل، به امور نگهداری دارایی‌های فیزیکی (شامل ماشین‌آلات تولیدی، تجهیزات، تأسیسات، ساختمان و موارد دیگر) رسیدگی نماید هم‌اکنون در جهان صنعتی به حد کافی احساس می‌شود.

در جهت بهبود بازدهی تولید یا خدمات و کارایی تجهیزات لازم است فعالیت‌های مدیریت فنی (تروتکنولوژی) در مراحل طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی و بهره‌برداری در سیستم‌های صنعتی به عنوان یک بخش اساسی و بنیادی مورد ملاحظه قرار گیرد.

با پیشرفت زمان و پیچیدگی در طراحی ماشین‌آلات، نسبت خودکاری در آن‌ها افزایش قابل توجهی یافته و این امر باعث می‌شود که بسیاری از مهارت‌های مورد نیاز که قبلاً به عهده کارکنان بوده، به ماشین واگذار شود.

در مقابل همگام با پیچیده‌تر شدن طرح و ساختار سیستم‌های صنعتی و بالا رفتن عامل وابستگی بین مراحل تولید یک محصول یا ارائه خدمت و خودکار شدن عملیات تولیدی یا خدماتی، میزان احتیاج به مهارت‌های کارکنان نگهداری و تعمیرات نیز افزایش می‌یابد. شکل ۲.۱ [سید حسینی سید محمد،

[۱۳۸۱]



شکل ۲.۱: اهمیت امور نت

افزایش قیمت ماشین‌آلات و حجم قابل توجه سرمایه‌گذاری‌ها برای تأسیس واحدهای صنعتی و بالا بودن قیمت‌های قطعات یدکی، به خصوص در شرایط الزام به تهیه این قطعات از کشورهای خارجی، همگی نشانگر این حقیقت است که با پیشرفت زمان، جایگاه امور نت سیر صعودی پیدا کند.

دلایل این امر بشرح ذیل می‌باشد:

۱- حرکت سریع صنایع در جهت خودکار شدن که در نتیجه احتیاج به مهارت بیشتر کارکنان نت و مدیریت فنی را در جهت توانایی در مراقبت و تعمیر تجهیزات الزامی می‌نماید.

۲- حجم سرمایه‌گذاری‌ها و سرعت تولید و ارائه خدمات بسیار افزایش یافته است در نتیجه در زمان رکود، به علت خرابی‌های اضطراری، میزان بروز خسارت به سیستم تولیدی و یا خدماتی بالا می‌رود.

۳- بالا رفتن قیمت قطعات یدکی و قیمت اولیه ماشین‌آلات که احتیاج به روش‌های صحیح و بهینه مدیریت بر دارایی‌های فیزیکی و کنترل سرعت استهلاك و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را الزامی

می‌نماید. [سید حسینی سید محمد، ۱۳۸۱]

۲-۲-۲ ویژگی‌های سیستم نت

در این قسمت خصوصیات یک سیستم نگهداری و تعمیرات (نت) در یک سازمان مورد بررسی قرار گرفته که در فهرست زیر ارایه شده است. این فهرست همچنین می‌تواند به عنوان چک لیستی جهت ممیزی‌های داخلی سیستم و درک میزان تفاوت از یک سیستم نت ممتاز مورد استفاده قرار گیرد. [محمدی علی، ۱۳۷۹]

۲-۲-۲-۱ هزینه چرخه عمر

تصمیم‌گیری برای خرید تجهیزات باید براساس دو عامل قیمت خرید به علاوه هزینه تحمیلی از سوی تجهیز در مدت عمر اقتصادی آن صورت گیرد و نه بر پایه قیمت خرید تجهیز. این بدان معنا است که متخصصان نگهداری و تعمیرات در سازمان باید با برخورداری از توانایی انجام آنالیزهایی، قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیرپذیری در مورد سیستم‌های فنی و اجزای آن‌ها در فرآیند خرید تجهیزات مشارکت داشته باشند. همچنین در هنگام خرید باید به عواملی چون وجود فهرست کامل اجزاء، راهنما، نحوه استفاده و نقشه‌های دقیق طبق استانداردهای مکتوب مورد استفاده در سازمان و غیره توجه داشت.

۲-۲-۲-۲ تمرکز بر اهداف کلی سازمان

در یک سازمان باید تمام عوامل عملیاتی، مهندسی و نگهداری و تعمیراتی همه در جهت اهداف سازمان حرکت کنند. در یک سازمان ممتاز که مهم‌ترین هدف آن توانایی رقابت در زمینه قابلیت اطمینان ساخت و هزینه‌های ساخت است، این اهداف باید در سایر دپارتمان‌ها و از جمله نت نیز در اولویت بالاتری نسبت به اهدافی چون کاهش هزینه‌های نگهداری و کاهش زمان بیکاری ناشی از عملیات نت قرار داشته باشند. نتیجه این رویکرد افزایش مستمر اثربخشی کلی تجهیزات و در نتیجه کاهش هزینه‌های کلی ساخت است.

۳-۲-۲-۲ تعیین یک خط مشی و سیاست قابلیت اطمینان

یک سازمان ممتاز دارای سیاستی مشخص شامل برنامه‌های سه تا پنج ساله برای پیشرفت در زمینه قابلیت اطمینان و عملکرد نت است. این سیاست با تمام مشخصات آن از جمله پارامترهای ضروری قابلیت اطمینان و نت، مشخصه‌های کارکردی و کلیدی آن‌ها، دلایل اهمیت آن‌ها، نحوه تشخیص کارکنان از حرکت به سوی اهداف و غیره باید در کل سازمان ابلاغ و درک شود. در نتیجه اولویت‌بندی کارها براساس مصلحت و در جهت سیاست سازمان صورت گیرد.

۴-۲-۲-۲ مهارت بالای کارکنان نگهداری و تعمیرات

در صورتی که کارکنان نت از مهارت بالایی برخوردار باشند، نیازی نیست که سرپرستان و مدیران فنی وقت زیادی را صرف آموزش آن‌ها کنند و آن‌ها قادر خواهند بود وقت خود را به برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کارها، تعیین نیازهای آموزشی و انجام تحلیل دلایل خرابی‌ها اختصاص دهند. در نتیجه، سازمان از یک سازمان منفعل و واکنشی تبدیل به یک سازمان مبتنی بر تفکر و حل مساله خواهد شد و ۱۰ تا ۳۰ درصد زمان عملیات نت صرف حل مشکل و انجام اقدامات اصلاحی خواهد شد.

۵-۲-۲-۲ تعیین حیطه کاری کارکنان نگهداری و تعمیرات

در یک سازمان ممتاز محدوده کاری کارکنان نت با توجه به نوع مهارت آن‌ها مشخص می‌شود و نه با توجه به خطوط تولیدی یا خدماتی مختلف. در این صورت یک تکنسین مکانیک باید توانایی انجام کلیه کارهای مکانیکی را داشته باشد و یک تکنسین الکترونیک نیز به همین ترتیب. نتیجه اعمال این رویکرد ایجاد رضایت در کارکنان نت و انعطاف‌پذیری در کارهاست با وجود این، در شرایطی نیز با توجه به نوع کار باید تخصص‌گرایی را مدنظر قرار داد.

۶-۲-۲-۲ سطح بالای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی

در هر سطح عملکردی سازمان نت، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش هزینه‌های نت

- است. می بایست جهت انجام مناسب برنامه ریزی و زمان بندی عوامل زیر در نظر گرفته شود:
- برنامه ریزی باید قبل از زمان بندی صورت گیرد.
 - هر کاری باید با برنامه ریزی و زمان بندی انجام شود.
 - بعد از انجام زمان بندی تخصیص کارکنان برای انجام فعالیت ها صورت گیرد.
 - در هنگام اجرای یک کار برنامه ریزی و زمان بندی شده، نباید افراد را جهت انجام کار دیگری به خدمت گرفت.
 - هیچ کاری تا قبل از مشخص و مکتوب شدن علت انجام آن، نباید صورت گیرد.
 - بعد از اتمام کار علت اصلی مشکل شناسایی شود.

۲-۲-۲-۷ اولویت بندی صحیح کارها

به منظور اولویت بندی صحیح کارها، باید توانایی در نظر گرفتن عواقب ناشی از اجرا نشدن به موقع هر یک از عملیات نت را دارا بود. این عواقب ممکن است ضایعات زیست محیطی، صدمات جانی، هزینه های بالای کاهش تولید و یا صدمات به تجهیزات باشند. اولویت بندی صحیح و مناسب موجب اجرای کامل و به موقع وظایف برنامه ریزی و زمان بندی شده خواهد شد.

۲-۲-۲-۸ درک صحیح مضمون نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

جهت ایجاد درک صحیحی از برنامه های پیشگیرانه و مراقبت های ضروری و بررسی وضعیت فنی در سازمان، باید این برنامه ها براساس جلوگیری از ایجاد شکست و خرابی بنا شوند. همچنین این نوع برنامه ها در صورتی قابل قبول هستند که هزینه های ناشی از ایجاد خرابی به مراتب بیشتر از هزینه های مربوط به اجرای برنامه های پیشگیرانه باشد.

همچنین باید روش های دقیق و صحیح جهت بازرسی های اساسی و بررسی های وضعیت فنی تجهیزات، شناسایی و استفاده شوند. بهتر است این نوع برنامه ها در وضعیت روشن بودن تجهیزات صورت گیرند و تواتر اجرای این برنامه ها بر پایه زمان های خرابی و توزیع های ایجاد شکست صورت گیرد. همچنین این

برنامه‌ها باید کاملاً عملی و قابل اجرا باشند.

۹-۲-۲-۲ اجرای ۱۰۰ درصدی برنامه‌ها

در صورتی که سازمان قادر به ایجاد یک بستر مناسب برای برنامه‌های پیشگیرانه و مراقبت‌های ضروری و بررسی وضعیت فنی باشد، هیچ دلیلی را نباید برای عدم اجرای ۱۰۰ درصدی این برنامه‌ها داشته باشد. در صورت اجرای ۱۰۰ درصدی این برنامه‌ها احتمال ایجاد خرابی‌های اتفاقی و ناگهانی بسیار ناچیز خواهد بود و اثربخشی کلی تجهیزات بالا خواهد رفت.

۱۰-۲-۲-۲ آماده بودن به موقع مواد و قطعات یدکی

در صورتی که برنامه‌ریزی و زمان‌بندی به‌درستی صورت گیرد، انبار قطعات یدکی قادر خواهد بود تا قطعات یدکی را به‌طور مناسب و اثربخش و در زمان مناسب به محل انجام عملیات نت ارسال دارد. در این صورت از بخش قابل توجهی از زمان عملیات نت و انرژی نیروی انسانی که صرف انجام فرآیند ارسال درخواست قطعه و دریافت قطعه از انبار می‌شود، کاسته خواهد شد.

۱۱-۲-۲-۲ سطح خدمت یا سرویس دهی به موقع

سطح خدمت پایین برای قطعات یدکی نه تنها ممکن است موجب افزایش زمان عملیات نت و هزینه‌های تولید یا خدمات شود، بلکه از لحاظ روانی این عقیده را در بین کارکنان به وجود می‌آورد که انبار قطعات یدکی قادر به فراهم آوردن قطعات مناسب در زمان مناسب نیست. بدین ترتیب در بسیاری از کارخانجات شاهد به وجود آمدن انبار قطعات یدکی مجازی و مخفی در واحدهای مختلف جهت به راه انداختن فرآیند تولید یا خدمات هستیم. البته در تعیین سطح خدمت مواردی چون هزینه‌های نگهداری و میزان حیاتی بودن قطعه را باید مورد توجه قرار داد. اما در مورد قطعات حیاتی سطح خدمت ۹۷ درصدی ضروری است.

۱۲-۲-۲-۲ صحت کامل اطلاعات آرشیو فنی

در مورد آرشیو فنی در یک سازمان ممتاز باید این اطمینان وجود داشته باشد که حداقل در ۹۵ درصد

موارد، اطلاعات استخراجی از آن صحیح و بدون نقص باشد. همچنین آرشیو فنی همواره باید مورد بازنگری قرار گیرد تا اطلاعات آن به‌روز باشد.

۱۳-۲-۲-۲ سازماندهی و انجام مناسب عملیات بنیادی و اساسی نت

مهم‌ترین تفاوت بین یک سازمان نت ممتاز و دیگر سازمان‌های نت در این است که سازمان نت ممتاز، موارد ساده و مفیدی را که دیگر سازمان‌ها تنها در مورد آن‌ها حرف می‌زنند، اجرا می‌کند. در صورتی که می‌خواهید یک سازمان نت ممتاز داشته باشید باید به طور پیوسته روی عملیات اساسی و بنیادی نت کار کنید و روش انجام آن‌ها مورد بازنگری و اصلاح قرار دهید. بعضی از این عملیات عبارتند از: تمیزکاری دقیق تجهیز (تمیزکاری خود نوعی بازرسی است)، روغنکاری، آچارکشی، تنظیمات جزئی و ایجاد بالانس، فیلتراسیون سیالات هیدرولیکی سیستم‌های روغنکاری، درزگیری و آب‌بندی قسمت‌های مختلف تجهیز.

۱۴-۲-۲-۲ سطح بالای استانداردهای ایمنی

یک رابطه بسیار قوی بین عملیات خوب و مناسب نت و بالارفتن سطح ایمنی در یک سازمان وجود دارد. بررسی‌های کامل ابزار و وسایل مورد استفاده کارکنان نت از نظر مسائل ایمنی، قبل از انجام عملیات نت و تعیین شرایط ایمنی لازم برای انجام هر نوع عملیات نت در قالب دستورالعمل‌های نت و تهیه چک لیست‌های ایمنی می‌توانند به کاهش سطح ریسک عملیات نت کمک کنند.

۱۵-۲-۲-۲ نیازسنجی آموزشی دقیق برای کارکنان نگهداری و تعمیرات

در صورت انجام یک نیازسنجی آموزشی دقیق برای کارکنان نت، در مورد هر یک از کارکنان موارد آموزشی خاصی شناسایی می‌شود و کارکنان تنها در کلاس‌های آموزشی خاص خودشان شرکت خواهند کرد. در این صورت از برگزاری کلاس‌های عمومی برای کلیه کارکنان که زمان‌بر و هزینه‌بر هستند و نمی‌توانند نیازهای آموزشی را به طور کامل برطرف سازند و اثربخشی لازم را نیز دارا نیستند، جلوگیری به عمل

می‌آید. باید به این نکته توجه داشت که برای تعیین اثربخشی آموزش باید از شاخص‌های سطح مهارت استفاده کرد و در نظر گرفتن شاخص تعداد ساعات آموزشی نمی‌تواند مناسب باشد.

۱۶-۲-۲-۲ آنالیز علل اصلی و اساسی شکست و خرابی

در یک سازمان نت سطح جهانی، گروه‌هایی جهت شناسایی و ردیابی علل خرابی‌ها وجود دارد. در سازمان‌های کوچک وظایف این گروه‌ها، در بین برنامه‌های معمول نت توسط کارکنان نت صورت می‌گیرد. اما در سازمان‌های بزرگ به جهت دخیل بودن عوامل تجهیزاتی، عملیاتی، نیروهای انسانی و سایر فاکتورها در مشکلات پیش آمده، گروه‌های قابلیت اطمینان تشکیل می‌شوند که با استفاده از روش بررسی علل خرابی و شکست^۱، اقدام به شناسایی و ردیابی خرابی‌ها و علل آن‌ها می‌کنند.

۳-۲-۲ انواع سیستم‌های نگهداری و تعمیرات

در این بخش انواع سیستم‌های معمول نگهداری و تعمیرات به اختصار شرح داده شده است.

۱-۳-۲-۲ سیستم تعمیرات اضطراری^۲

در این سیستم تعمیرات را تا زمان وقوع تعمیرات اضطراری به حال خود رها کرده و پس از رکود سیستم نسبت به تعمیر اقدام می‌نمایند. در این جا بحث نگهداری عموماً مطرح نیست، این روش تنها برای ماشین‌هایی که دارای ارزش اقتصادی پایین بوده و در خطوط تولید بحرانی نباشند، قابل قبول می‌باشد. این روش فقط در صورت کاربرد در موارد زیر موثر خواهد بود. [محمدی علی، ۱۳۷۹]

- تجهیزات غیر بحرانی

- تجهیزات ارزان قیمت

- عدم توانایی کاربرد روش‌های دیگر امروزی

مزایای این سیستم عبارتند از :

^۱ FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

^۲ Break down maintenance

- قیمت تمام شده ارزان
- عدم نیاز به برنامه‌ریزی پس از اطمینان از وجود پرسنل مربوطه و مواد لازم.
- معایب این سیستم عبارتند از:
- عدم وجود اطلاع قبلی یا هشدار (ریسک در حفاظت)
- عدم وجود کنترل دقیق تولیدات (کاهش حجم تولید) یا آرایه خدمات (اختلال در فرایند خدمت‌رسانی)
- نیازمند حضور تیم کاری زیاد
- خسارت جانبی (افزایش توقف)
- ذخیره لوازم یدکی زیاد و همیشگی
- در بعضی موارد نیاز به وجود خط رزرو می باشد.

۳-۲-۲ سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه^۱

این سیستم سیاست خود را به تعمیرات قبل از خرابی معطوف داشته و به ویژه در صنایعی که حساسیت فرآیند بالاست و وقوع تغییرات بدون برنامه، هزینه‌های غیرمستقیم زیادی به سیستم وارد می‌کند مناسب است. علی‌الخصوص در مورد سیستم‌های تولید پیوسته و انبوه، با تدوین دستورالعمل‌های مناسب به بازدیدهای دوره‌ای و یا تعویض قطعات می‌پردازد.

نکته قابل ذکر در مورد این سیستم آن است که تضمین زمان مناسب عملیات نگهداری و تعمیرات از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. چرا که تعیین نادرست این زمان می‌تواند هزینه‌های نت را تحت الشعاع هزینه‌های تعمیرات اضطراری افزایش دهد.

از نظر منطقی عمر هر قطعه و یا تجهیز از قبل پیش‌بینی می‌شود و بر اساس دوره‌های تعیین شده تنظیم، تعویض، و موارد مشابه دیگر صورت می‌گیرد.

خصوصیات این سیستم عبارت است از:

¹ Preventive Maintenance

- بعنوان وسیع‌ترین روش در دهه ۶۰ تا ۸۰ مورد استفاده قرار می‌گرفت.
- سبب افزایش اثربخشی، بالا رفتن عمر تجهیزات و کاهش دامنه احتمالی خرابی می‌شود.
- در این سیستم فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات به‌صورت گروهی در توقف‌های از قبل تعیین شده برنامه‌ریزی می‌گردد. (کاهش تعداد توقف)
- اکثر مورد‌های خرابی صنایع طبیعت تصادفی داشته و فعالیت‌های نت اثر مثبت بر روی عملکرد تجهیزات دارد.

مزایای این سیستم:

- کاهش خرابی‌ها
- استفاده موثر از پرسنل نت
- برنامه‌ریزی از قبل (حضور به موقع پرسنل و موارد مورد نیاز)
- معایب این سیستم:
- افزایش فعالیت‌ها و هزینه نت
- مشکلات مربوط به عمر تجهیزات
- زایش و افزایش فعالیت‌های نگهداری و تعمیراتی جدید. [محمدی علی، ۱۳۷۹]

۳-۲-۲ نگهداری بهره‌ور جامع^۱

نگهداری بهره‌ور جامع روشی برای کار گروهی جهت بهبود کارایی تجهیزات در کارخانجات تولیدی و موسسات خدماتی، تجاری و پیشرفته است. به این معنی که افراد مرتبط با تجهیزات و یا ارایه دهندگان خدمت به آن‌ها و نه فقط بخش تعمیرات و نگهداری، به دنبال روش‌هایی برای حفظ تداوم کارایی تجهیزات در زمان‌های تولید و خدمات با حداکثر توان به کار گرفته شده و با بالاترین سطوح ممکن کیفیت و بازدهی، می‌باشند. [افتخاریان سید حسین، ۱۳۷۸]

^۱ Total Productive Maintenance

این روش نیازمند نظامی خاص در مورد روش‌های اصولی است که کارکنان با استفاده از آن‌ها به مراقبت از تجهیزات خودشان می‌پردازند. در اجرای نگهداری بهره‌ور جامع، فرهنگ احساس مالکیت نسبت به تجهیزات به وجود می‌آید. این مساله شامل اجرای دقیق بازرسی، تنظیم، روغن کاری و نگهداری گزارش-های مربوط به جزئیات عملکرد و نگهداری از تجهیزات است.

نگهداری بهره‌ور جامع یک روش و نظریه مدیریت استراتژیک تجهیزات محسوب می‌شود که بر هدف ساخت محصول با کیفیت از طریق افزایش کارایی تجهیزات تاکید دارد. این روش در بر گیرنده نظریه‌های بهبود مستمر و مشارکت همگانی تمامی کارکنان و بخش‌های سازمان است و بر هدف کاهش اتلاف‌های به وجود آمده به واسطه توقف ماشین‌آلات از طریق فعالیت گروه‌های کاری کوچک متکی به خود و مشارکت هر یک از اپراتورها در وظایفی که قبلاً بخش تعمیرات و نگهداری عهده‌دار آن‌ها بود، تاکید دارد. نگهداری بهره‌ور جامع حرکتی است به سوی روش کار گروهی فراگیر^۱ برای نگهداری پیشگیرانه و مدیریت کیفیت جامع^۲. نگهداری بهره‌ور جامع نظریه‌ای است که به‌وسیله ژاپنی‌ها در دهه ۱۹۶۰ به واسطه تجربیاتی که در نگهداری تجهیزات در طول دهه ۱۹۵۰ در ایالات متحده کسب نموده بودند مطرح شد. در نگهداری بهره‌ور جامع با همکاری همه جانبه کارکنان به‌خصوص همکاری نزدیک واحدهای تولید و نگهداری و تعمیرات می‌توان ضمن رسیدگی کامل به ماشین‌آلات و تجهیزات، نه تنها بهره‌وری ماشین‌آلات و در نهایت سازمان را افزایش داد، بلکه حساسیت کارکنان را نسبت به عیوب افزایش داده و در نهایت کیفیت محصولات را ارتقا بخشید. در این ارتباط، باید منابع و شرایط نامساعد در سطح کارخانه مورد بررسی قرار گیرد و برای این شرایط نامساعد باید اقدامات لازم در پیش گرفته شود.

تمایل مدیران به بهبود وضعیت نگهداری و تعمیرات سخت‌افزارها، اغلب به دلایل زیر بوده می‌باشد:

- حفظ و نگهداری سرمایه‌ها، اعم از ساختمان‌ها، تاسیسات، تجهیزات و ماشین‌آلات، به منظور طولانی کردن عمر مفید و افزایش بازدهی آن‌ها

^۱ Total Team Approach

^۲ TQM = Total Quality Management

- کاهش زمان بیکاری ماشین آلات و تاسیسات
 - کنترل و هدایت بهتر عوامل انسانی با بهره‌گیری مناسب از آن‌ها
 - امکان نصب و راه‌اندازی ماشین آلات با قابلیت اطمینان بالا
 - کنترل، ثبت و تحلیل هزینه‌های نت
 - ایجاد محیط کاری امن به لحاظ سخت افزارها
 - کاهش میزان ضایعات مواد، قطعات یدکی و ابزار
 - بهبود سیستم اطلاعات فنی
 - حفظ، نگهداری و تعمیرات سیستم در وضعیتی مطلوب، برای ایجاد انگیزه در کارکنان
- نگهداری بهره‌ور جامع یک راهبرد مدیریت تجهیزات می‌باشد که شامل تمامی مهارت‌ها یا وسایل تسهیلاتی تجهیزات یا استفاده موثر از دارایی‌ها است. نگهداری بهره‌ور جامع دارای پنج اصل می‌باشد. [افتخاریان سید حسین، ۱۳۷۸]

اصل اول: بهبود بازدهی تجهیزات به عبارت دیگر تلاش در جهت یافتن ضررهایی نظیر:

- از کار افتادگی تجهیزات
- تعلل در آماده‌سازی و تنظیم تجهیزات
- بیکاری و توقف‌های کوتاه مدت
- کاهش ظرفیت
- ضررهای مرتبط با کیفیت
- ضررهای مرتبط با راه‌اندازی مجدد و سعی در بهبود و اصلاح آن

اصل دوم: مشارکت اپراتورها در نگهداری روزمره از تجهیزات

این کار به معنای انجام مستقیم تعمیرات نیست بلکه منظور همکاری است.

اصل سوم: بهبود بازدهی و کارایی نگهداری

در بسیاری از برنامه‌های نگهداری بهره‌ور جامع، هر چند اپراتور به طور مستقیم در برخی سطوح نگهداری

مشارکت دارد، اما لازمه این حرکت، طرح و برنامه‌ریزی بهتر، نگهداری پیشگیرانه بهتر، نگهداری پیش-بینی شده، نگهداری قابل اطمینان، انبارهای قطعات یدکی تجهیزات، محل نگهداری ابزارها، متمرکز بودن بخش تعمیرات و نگهداری و فن‌آوری‌های تعمیرات و نگهداری می‌باشد.

اصل چهارم: تعلیم و تربیت

تعلیم و تربیت از مهم‌ترین وظایف نگهداری بهره‌ور جامع است که در آن تمامی کارکنان سازمان درگیر آموزش‌های مختلف می‌شوند.

اصل پنجم: طراحی و مدیریت تجهیزات با هدف نگهداری پیشگیرانه

طراحی تجهیزات باید به گونه‌ای باشد که کار و نگهداری آن ساده‌تر از طرح‌های قبلی باشد. باید پیشنهادات اپراتورها و تکنسین‌های تعمیرات، به مهندسين طراح در جهت تهیه تجهیزاتی با بازدهی بهتر اعلام گردد. برای اجرا و راه‌اندازی سیستم نگهداری بهره‌ور سه عامل مهم و اساسی نقش دارند که در صورت عدم تحقق هر یک از این موارد، عملاً خود موانعی در راه دستیابی به اهداف نگهداری بهره‌ور جامع خواهد شد. [افتخاریان سید حسین، ۱۳۷۸]

- حمایت و شناخت مدیران از نگهداری بهره‌ور جامع
- آموزش کافی
- تخصیص زمان کافی برای طی شدن مراحل فرایند تکاملی نگهداری بهره‌ور جامع

۴-۳-۲- سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگویانه^۱

وجود نقاط ضعف ذکر شده در متدهای قبلی، کاربران را بر آن داشته است تا با نصب تجهیزات اندازه‌گیری به صورت لحظه‌ای وضعیت تجهیزات را از نقطه نظر درجه حرارت، فشار و سایر عوامل مورد بازبینی قرار دهند و با توجه به وجود برنامه‌های نرم‌افزاری به صورت خودکار نسبت به کنترل عملیات نگهداری و تعمیرات در خصوص فرایند بسیار حساس اقدام نمایند. استقرار چنین سیستم‌هایی که با مشاهده

^۱ Predictive Maintenance

وضعیت^۱، امکان پردازش اطلاعات را ایجاد می‌نماید، با هزینه‌های بسیار زیاد و تجهیزات پیچیده‌ای همراه است که درجه حساسیت فرآیند می‌تواند توجیه اقتصادی وجود چنین سیستم‌هایی را بنماید. در این روش قبل از این که ماشین از کار بیافتد می‌توان اطلاعات زیر را بدست آورد:

- تعیین وضعیت کاری تجهیزات
 - پیش بینی زمان واقعی تعمیر تجهیزات
 - شناسایی عیوب و ارایه راه حل در رفع آن‌ها
- این روش نیاز به فرهنگ صحیح، دانش فنی سطوح بالا، پرسنل کافی و آماده و همچنین تجهیزات و ادوات سنجش و اصلاح عیوب تخصصی دارد.
- خصوصیات این سیستم عبارت است از:
- تحت نظر داشتن شرایط کارکرد تجهیزات از طریق سنجش پارامترهای فیزیکی، مکانیکی، الکتریکی، شیمیایی و حرارت، صدا، ارتعاشات و خوردگی
 - تعمیرات پارامترهای فرایند (سرعت، جریان، فشار)
- مزیت این سیستم، حداکثر آماده به کاری تجهیزات است که شامل موارد زیر می‌گردد:
- ارزان قیمت شدن بعضی از انواع بازرسی
 - هشدار توقف قبل از ایجاد خرابی‌های عمیق
 - بهینه سازی و تغییرات در تولید جهت افزایش عمر تجهیزات
 - نت قابل برنامه‌ریزی: سازماندهی پرسنل، آماده‌سازی قطعات یدکی، مواد و ابزار مورد نیاز
- از عیوب این سیستم می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
- احتیاج به دانش فنی بالا
 - نیاز به ابزار اندازه‌گیری خاص
 - ابزار اندازه‌گیری گران قیمت

¹ Conditional Maintenance = CM

• نیاز به مطالعه دقیق در استفاده صحیح از روش‌ها

• زمان منطقی جهت ایجاد روند مشکلات تجهیزات مورد نیاز است. [محمّدی علی، ۱۳۷۹]

۵-۳-۲-۲ سیستم نگهداری و تعمیرات کنش‌گرایانه^۱

در این سیستم علاوه بر برنامه‌ریزی به روش پیش‌بینانه، در خصوص دلایل بروز عیوب و طبقه‌بندی ماشین-

آلات نیز فعالیت‌هایی انجام می‌شود.

یکی از مباحث مطروحه در این متد انجام بازرسی به روش خاص^۲ می‌باشد که این روش یکی از متدهای

مدیریت خوردگی است و به آن حفاظت کاتدیک به وسیله جریان اعمال شده نیز می‌گویند.

۶-۳-۲-۲ سیستم نگهداری و تعمیرات دقیق^۳

این سیستم علاوه بر موارد مطرح شده در نت کنش‌گرایانه دامنه استفاده از وسایل بازرسی فنی پارامتریک

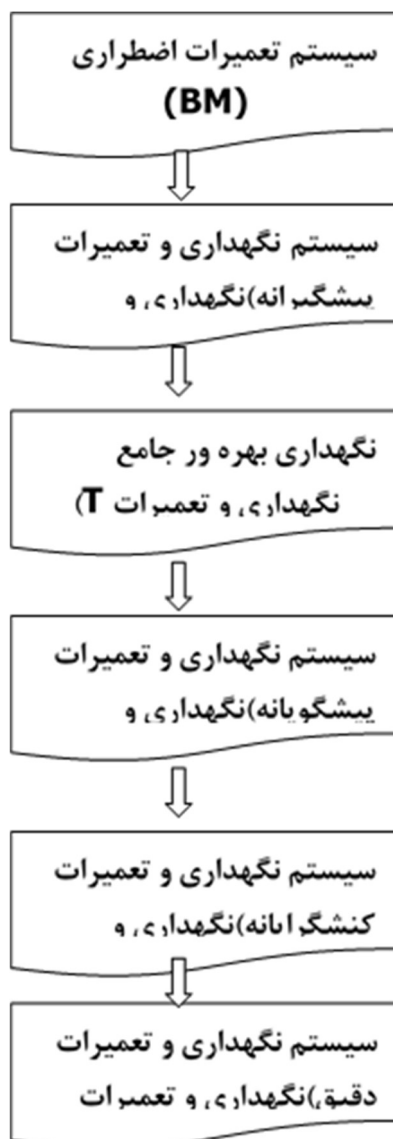
را گسترش می‌دهد. از جمله این وسایل می‌توان دوربین ترموگرافی و کیت آنالیز روغن اشاره نمود.

(شکل ۲.۲) [محمّدی علی، ۱۳۷۹]

¹ Proactive Maintenance

² Impressed Current Cathodic Protection

³ Precision Maintenance



شکل ۲.۲ توالی نت

۴-۲-۲ فعالیت‌های انجام شده در زمینه سیستم نت

استقرار سیستم‌های نگهداری و تعمیرات مبتنی بر سیاست‌های خاص هر صنعت و با توجه به حساسیت فرایند آن‌ها به اشکال متفاوتی طراحی شده‌اند که می‌تواند به یکی از صورت‌های ذکر شده و یا تلفیقی از آن‌ها در صنعت اعمال شود. عمده فعالیت‌های نت تا قبل از دهه ۱۹۵۰ در تعمیرات بعد از خرابی خلاصه می‌شد. نت پیشگیرانه در دهه ۱۹۵۰، نت بهره‌ور که توجه به کارایی اقتصادی تجهیزات معطوف داشت در دهه ۱۹۶۰ در کشورهای صنعتی رواج یافت و از دهه ۱۹۷۰ روند تکاملی در مسائل نگهداری و تعمیرات با شکل‌گیری نت بهره‌ور فراگیر وارد مرحله جدیدی شد. در نت بهره‌ور فراگیر نتایج حاصل از فعالیت‌های

صنعتی و تجاری به صورت اعجاب‌انگیزی بهبود یافته و باعث ایجاد یک محیط کاری با بهره‌وری بالا، شادی‌آفرین و ایمن، با بهینه‌سازی روابط بین نیروی انسانی و تجهیزاتی که به آن سروکار دارند می‌گردد. آخرین روش‌های برنامه‌ریزی نت عبارتند از: نت پیش‌بینانه، نت کنش‌گرایانه و نت دقیق. که شرح آن‌ها قبل‌تر گفته شد. [محمدی علی، ۱۳۷۹]

اصولا سیستم نت در زمان ساخت کارخانه یا تجهیز پایه‌ریزی می‌گردد و با توسعه آن‌ها و افزایش تعداد و تنوع تجهیزات توسعه می‌یابد. متأسفانه هیچ‌گونه حرکت جدی و سازمان‌یافته امروزی از طرف شرکت‌های سازنده تجهیزات و صنایع موجود در کشور شکل نگرفته و تنها حرکت‌های پراکنده تعمیراتی پس از بهره‌برداری انجام شده است.

شناخت و بهره‌گیری از فرهنگ نت به خصوص با استفاده از امکانات اطلاع‌رسانی روز و ارتباط با اطلاعات شبکه‌ای در مقایسه با نظام سنتی تعمیراتی گذشته، سیاست‌گذاری و ساختار اداره امور مربوطه را به کلی دگرگون ساخته و نیاز به تفکر کار گروهی سیستماتیک و همچنین علوم جدید دارد.

کارشناس نه‌تنها موظف است فن‌آوری نت امروزی را بیاموزد بلکه نیاز دارد مدیریت امور را از طریق کامپیوتر انجام دهد. با توجه به موارد فوق، تعهد، جدیت و پشتیبانی مدیریت در پیشبرد اهداف پروژه نت در صنعت حمل و نقل ریلی نه تنها یک ضرورت است بلکه ضامن موفقیت آن نیز خواهد بود.

روش عیب‌یابی ماشین‌آلات از دوران ابتدایی جوامع صنعتی مطرح و قابل استفاده بوده است تا دهه ۱۹۷۰ به عنوان روش تعمیراتی کارا مطرح نبوده است. پیشرفت صنعت الکترونیک و اطلاع‌رسانی باعث بهره‌ور ساختن اصول عیب‌یابی در سطح صنایع شد و تفکر یک روش تعمیراتی نوین به بازار ارایه گردید. به تدریج با توجه به خصوصیات و ویژگی‌های این سیستم در صنایع حساس مانند نیروگاه‌ها و هواپیماسازی مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

در کشور ما، ایران، در حال حاضر کارخانجات و صنایع بزرگ نظیر نفت یا هواپیمایی و برخی از شرکت‌های وابسته به دولت نظیر راه‌آهن از شرایط و موقعیت نگهداری و تعمیرات خوب و یا قابل قبول ارزیابی می‌گردد. اگرچه که در این شرکت‌های بزرگ نت تدوین شده ولی دارای برخی نارسایی‌ها است که به

شرح ذیل آمده است:

- عدم وجود پویایی در سیستم تدوین شده (اجرای طولانی مدت برنامه نت بدون تجزیه و تحلیل)
 - عدم توجه به کاربرد صحیح و دقیق سیستم‌های موجود
 - از طرف دیگر در صنایع کوچک که اغلب با مدیریت بخش خصوصی اداره می‌گردد اصولاً مسائل نت به امور تعمیر بعد از خرابی خلاصه می‌شود.
 - قطعات یدکی به صورت پراکنده در کارگاه‌ها در مسیر استادکاران یا انبارها بدون برنامه ریخته شده و از بازدید دوره‌ای و تعمیرات پیشگیرانه خبری نیست. در این میان هیچ‌گونه شناسنامه دستگاه و مشخصات خریداران و میزان کارکرد در دسترس نمی‌باشد.
 - امور مربوط به روغن کاری و سرویس به طور نامنظم و بی‌برنامه صورت می‌گیرد و در جایی ثبت نمی‌گردد.
 - در صورت راه‌اندازی مجدد نیز موضوع به فراموشی سپرده شده و فرصت بررسی دلیل خرابی دستگاه و کوشش در جهت رفع اساسی علت خرابی مورد نظر نمی‌باشد. این عمل سبب زیان‌هایی در صنایع و اقتصاد کشور شده که مواردی از آن در ذیل آمده است:
 - پایین آمدن عمر کارکرد اقتصادی ماشین‌آلات که اغلب از خارج از کشور وارد شده‌اند.
 - احتیاج به تعویض سریع قطعات یدکی که در شرایط فعلی دسترسی به آن‌ها به لحاظ قیمت و نبود آن در بازار مشکل می‌باشد.
 - ایجاد خطرات جانی برای کارکنان
 - اثرات اجتماعی کمبود تولید یا ارایه خدمات و ایجاد بازار سیاه
 - پایین آمدن کیفیت محصولات و خدمات
- در مجموع علل نارسایی در امور نت در ایران را می‌توان مربوط به برخی از عوامل ذیل دانست:
- عدم تعهد به سیستم نت توسط مدیران سازمان‌ها
 - تاخیر زمانی استفاده از تکنولوژی در کشور نسبت به کشورهای پیشرفته جهان
 - عدم توجه به نگهداری و تعمیرات در زمان طراحی، تاسیس و راه‌اندازی

- فرهنگ تعویض قطعه بعد از خرابی
- عدم آموزش سیستم نت به نیروها
- انتقال نامناسب تکنولوژی در تجهیزات و تاسیسات
- عدم وجود رشته تحصیلی نت در دانشگاه‌های کشور و کمبود نیروهای متخصص در این زمینه

ضعف عملکرد کارگران شامل:

- پایین بودن سطح آموزش
 - علاقه به کار با روش صحیح و خطا
 - عدم وجود یک میراث صنعتی در جامعه کارگری
 - بی‌دقتی در لحظات اتمام کارهای تعمیراتی
 - مشکلات مالی و نارسایی‌های دستمزدی و سطح دریافتی کارگران
 - وجود فرهنگ استادکاری و توجه به تجارب شخصی
- در شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران به ویژه در بخش نت لکوموتیوها کم و بیش از تمامی روش‌های نت که قبلاً ذکر شد، استفاده می‌گردد. اما همواره با ضعف‌ها و مشکلاتی نیز همراه بوده است. اخیراً با فعالیت‌های انجام شده و با بکارگیری از دانش روز در این زمینه شاهد رشد می‌باشیم.

۵-۲-۲ اصول اساسی موسسه مارشال در سیستم نت پیش‌گیرانه

موسسه مارشال^۱ یکی از مهم‌ترین مراکز بررسی و پژوهش در زمینه سیستم نگهداری و تعمیرات می‌باشد که حدود ربع قرن پیش فعالیت خود را آغاز کرد. فعالیت این موسسه صرفاً مربوط به نگهداری و تعمیرات نمی‌باشد بلکه یکی از فعالیت‌های این موسسه در این زمینه متمرکز است. در سال ۱۹۹۹ این موسسه یک مقاله منتشر کرد که مربوط به تعیین سطح سازمان در زمینه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه بود. در آن مقاله اصول اساسی سیستم جهت تعیین سطح سازمان در زمینه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه

^۱ marshal institute

مطرح شده بود که از آن تاریخ به بعد اکثر سازمان‌های مهم جهت اجرای نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه از این اصول پیروی می‌کنند که مبنای کار بیشتر شرکت‌ها و سازمان‌های مهم دنیا می‌باشد.

جهت تعیین سطح سازمان در نگهداری تعمیرات پیش‌گیرانه و اجرایی شدن آن در سازمان، موسسه مارشال چهار اصل اساسی را در نظر دارد که عبارتند از:

۱- مدیریت سازمان

۲- تکنولوژی موجود در سازمان

۳- ساختار سازمان

۴- فرهنگ سازمان

در مورد رویکرد مدیریت سازمان، موسسه مارشال موارد ذیل را مورد ارزیابی قرار می‌دهد:

- استقبال مدیران از سیستم نگهداری تعمیرات پیش‌گیرانه باید در حد «خوب» یا «خیلی خوب» استاندارد جهانی باشد.
- تصمیمات مدیریت مبتنی بر گزارش‌های سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه باشد.
- به رضایت‌مندی کارکنان در سیستم توجه شود.
- مدیریت جهت تشویق و ترغیب کارکنان و رفع نیازهای بهره‌بردار سیستم تعمیرات و نگهداری پیش‌گیرانه را معرفی نماید.
- مدیریت باید افراد ماهر را در سیستم جهت همکاری با یکدیگر تشویق و همچنین انگیزه لازم را برای اجرای برنامه‌های سیستم در آن‌ها ایجاد نماید.
- بازدید مداوم از سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه توسط افراد متخصص به همراه مدیریت، الزامی است.
- در تامین قطعات و لوازم مورد نیاز سیستم، مدیریت نقش اساسی را دارد.
- مدیریت باید هزینه و قیمت قطعات را در اجرای سیستم در نظر داشته باشد.

در زمینه رویکرد تکنولوژی موجود در سازمان موارد ذیل مورد نظر موسسه مارشال می‌باشد:

- سازمان باید برای فعالیتهای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه از یک سیستم رایانه‌ای و مکانیزه استفاده کند.

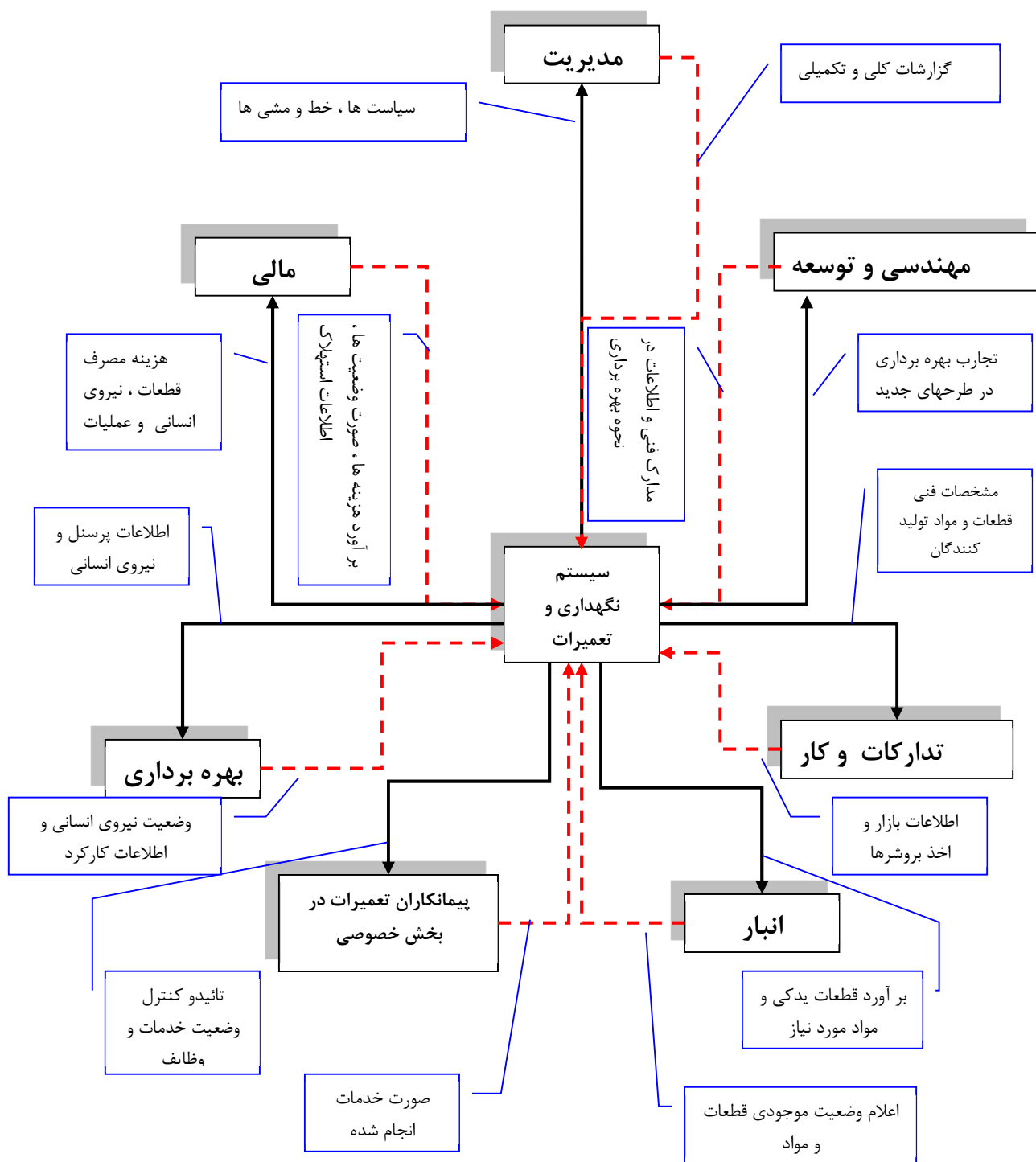
- سازمان باید انجام عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را به صورت دستی نیز ثبت نماید.
- سازمان باید انجام عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه را در رایانه نیز ذخیره نماید.
- دستور کارها مدون و برنامه ریزی شده باشد.
- به صورت دوره‌ای در اجرای سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بازنگری و اصلاح صورت گیرد.
- در صورت لزوم از سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گویانه استفاده شود.
- نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه مطابق برنامه فهرست، تعریف و مشخص شود.
- مدت زمان کارکنان نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در موقع کار ثبت و تحویل شود.

در زمینه رویکرد ساختار سازمانی موارد ذیل مورد نظر موسسه مارشال می‌باشد:

- مزایا و برتری‌هایی در ساختار، در سازمان جهت نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه ایجاد نمود.
- شرح وظایف کار باید مشخص و معین باشد.
- در صورت لزوم ساختار کنونی سازمان جهت اجرای نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه تغییر یابد.
- وجود افراد ماهر و متخصص در زمینه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه الزامی است.
- تقسیم کار در رابطه با نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در افراد متخصص سالانه صورت گیرد.
- با توجه به تخصص افراد شرح وظایف صورت گیرد.
- برنامه‌ها باید رسیدن به اهداف را سهل و آسان کند.
- انبار باید هماهنگ و قابل دسترس جهت سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه باشد.
- واحد نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه باید به صورت یک واحد مستقل در چارت سازمان باشد.
- در صورت لزوم می‌توان جهت اجرای سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه از بخش خصوصی استفاده کرد.

در زمینه رویکرد فرهنگ سازمانی موارد ذیل مورد نظر موسسه مارشال می‌باشد:

- توجه به تفکر سیستمی در رابطه با نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه در سازمان.
 - تمرکز بر روی کار و برطرف نمودن موانع کاری و شغلی افراد متخصص در زمینه نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه.
 - وجود فرهنگ ارتباط بین واحد بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات جهت تجزیه و تحلیل سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه.
 - تاکید بر روی کار اپراتورها جهت اجرای کارهای فیزیکی سیستم نگهداری تعمیرات پیش‌گیرانه.
 - تاکید بر آموزش اپراتورها توسط افراد متخصص نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه.
 - استفاده از افراد متخصص در سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه جهت بکارگیری تجهیزات، سرویس و انجام تعمیرات.
 - وجود یک برنامه منظم در واحد نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه (در صورت خرابی احتمالی یا توقف در کار سیستم)
 - کیفیت کار کارگران در واحد نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه به صورت جدی پیگیری شود.
 - ایمنی در کار با اتخاذ روش‌ها و اصول صحیح انجام شود.
- در شکل ۲.۳ ارتباط سیستم نت با سایر بخش‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲.۳: ارتباط سیستم نت با سایر بخش ها

۶-۲-۲ داده‌کاوی

با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات^۱ درجهان و ورود سریع آن به زندگی روزمره مردم، مسائل و ضرورت‌های تازه‌ای به وجود آمده است. امروزه انسان توسعه یافته کسی است که به اطلاعات دسترسی داشته باشد و دسترسی به اطلاعات نه یک ضرورت، که یک قدرت محسوب می‌شود. در این میان شهرها به عنوان مراکز قدرت انسانی و تمدن‌های بشری بیش از پیش اهمیت یافته‌اند. به اعتقاد الوین تافلر، مردم کره زمین تا به امروز سه موج اساسی تحول را پشت سر گذاشته‌اند:

موج اول، موج انقلاب کشاورزی است که زمان آغاز آن برکسی مشخص نیست.

موج دوم، انقلاب صنعتی است که به دنبال اختراع ماشین بخار در سال ۱۷۶۴ آغاز شد.

موج سوم، انقلاب انفورماتیک است که از سال ۱۹۴۶ که بشر به ساخت کامپیوتر نایل آمده آغاز گشته است. اگر در موج دوم سخت‌افزارها به کمک انسان‌ها می‌آمدند، در موج سوم این نرم‌افزارها هستند که به خدمت بشر می‌شتابند و تفکرات و تصورات آدمی را به شکل کدهای صفر و یک و با کمک امواج ماهواره‌ای مبادله می‌کنند.

در موج سوم، انسان هر روز که بیشتر یاد می‌گیرد، بیشتر می‌فهمد که با حقیقت فاصله دارد. موج سوم را موج خردورزی نیز لقب داده اند زیرا در این عرصه‌ها، انسان‌ها دیگر فرصت ندارند زیاد با هم صحبت کنند، همه چیز تعریف شده و برای هر تعریف، یک کد در نظر گرفته شده است.

از سوی دیگر در دنیای به شدت رقابتی امروز، اطلاعات به عنوان یکی از فاکتورهای تولیدی مهم پدیدار شده است. در نتیجه تلاش برای استخراج اطلاعات از داده‌ها توجه بسیاری از افراد دخیل در صنعت اطلاعات و حوزه‌های وابسته را به خود جلب نموده است.

حجم بالای داده‌های دائمی در حال رشد در همه حوزه‌ها و نیز تنوع آن‌ها به شکل داده متنی، اعداد، گرافیک‌ها، نقشه‌ها، عکس‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های گرفته شده با اشعه ایکس نمایانگر پیچیدگی کار تبدیل داده‌ها به اطلاعات است. علاوه بر این، تفاوت وسیع در فرآیندهای تولید داده مثل روش آنالوگ

^۱ Information and Communication Technology (ICT)

مبتنی بر کاغذ و روش دیجیتالی مبتنی بر کامپیوتر، مزید بر علت شده است. استراتژی‌ها و فنون متعددی برای گردآوری، ذخیره، سازماندهی و مدیریت کارآمد داده‌های موجود و رسیدن به نتایج معنی‌دار به کار گرفته شده‌اند. به علاوه، عملکرد مناسب ابرداده که داده‌ای درباره داده است در عمل عالی به نظر می‌رسد. پیشرفت‌های حاصله در علم اطلاع‌رسانی و تکنولوژی اطلاعات، فنون و ابزارهای جدیدی برای غلبه بر رشد مستمر و تنوع بانک‌های اطلاعاتی تامین می‌کنند. این پیشرفت‌ها هم در بعد سخت‌افزاری و هم نرم‌افزاری حاصل شده‌اند.

ریزپردازنده‌های سریع، ابزارهای ذخیره داده‌های انبوه پیوسته و غیرپیوسته، اسکنرها، چاپگرها و دیگر ابزارهای جانبی نمایانگر پیشرفت‌های حوزه سخت‌افزار هستند. پیشرفت‌های حاصل در نظام‌های مدیریت بانک اطلاعات در طی چهار دهه گذشته نمایانگر تلاش‌های بخش نرم‌افزاری است.

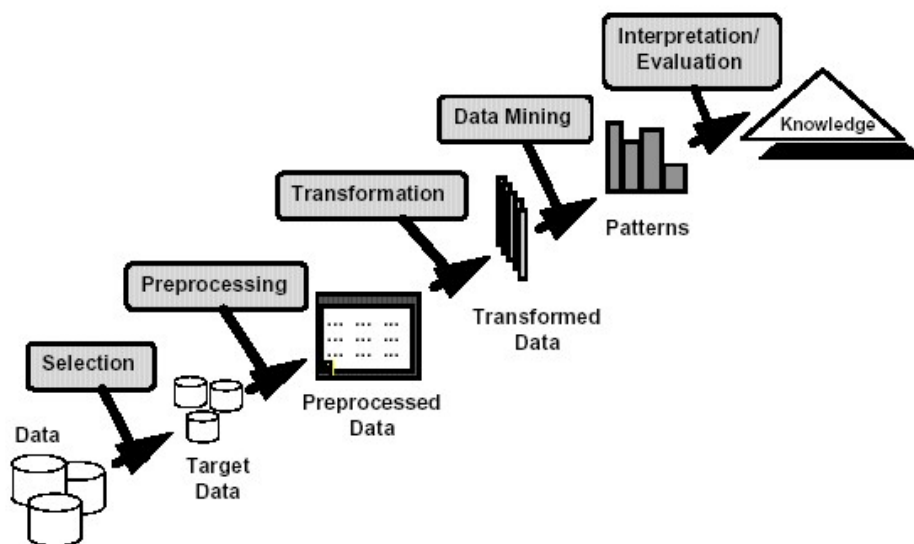
این تلاش‌ها در بخش نرم‌افزار را می‌توان به عنوان یک حرکت پیش‌رونده از ایجاد یک بانک اطلاعات ساده تا شبکه‌ها و بانک‌های اطلاعاتی رابطه‌ای و سلسله‌مراتبی برای پاسخگویی به نیاز روزافزون سازماندهی و بازیابی اطلاعات ملاحظه نمود. بدین منظور در هر دوره، نظام‌های مدیریت بانک اطلاعاتی مناسب، سازگار با نرم‌افزار سیستم عامل و سخت‌افزار رایج گسترش یافته‌اند. در این رابطه می‌توان از محصولاتی مانند Dbase-IV, Unify, Sybase, Oracle و موارد دیگر نام برد.

داده‌کاوی یکی از پیشرفت‌های اخیر در راستای فن‌آوری‌های مدیریت داده‌هاست. داده‌کاوی مجموعه‌ای از فنون است که به شخص امکان می‌دهد تا ورای داده‌پردازی معمولی حرکت کند و به استخراج اطلاعاتی که در انبوه داده‌ها مخفی و یا پنهان است کمک می‌کند. انگیزه برای گسترش داده‌کاوی به طور عمده از دنیای تجارت در دهه ۱۹۹۰ پدید آمد. مثلاً داده‌کاوی در حوزه بازاریابی، به دلیل پیوستگی غیرقابل انتظاری که بین پروفایل یک مشتری و الگوی خرید او ایجاد می‌کند اهمیتی خاص دارد.

تحلیل رکوردهای حجیم نگهداری سخت‌افزارهای صنعتی، داده‌های هواشناسی و دیدن کانال‌های تلویزیونی از دیگر کاربردهای آن است. در حوزه مدیریت کتابخانه کاربرد داده‌کاوی به عنوان فرایند مایند-کاوی نام‌گذاری شده است.

۱-۵-۲-۲ مفاهیم داده کاوی

فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطی، و همچنین تکنولوژی‌های پشتیبان تصمیم، با جمع‌آوری، ذخیره، ارزیابی، تفسیر و تحلیل، بازیابی و اشاعه اطلاعات و دانش به کاربران خاص، می‌توانند در اطلاع‌یابی به موقع، صحیح و مورد نیاز به افراد تاثیر زیادی داشته‌باشند. یکی از ابزارهای مورد استفاده در این فناوری‌ها، داده‌کاوی می‌باشد. داده‌کاوی شامل استفاده از ابزارهای پیشرفته تحلیل داده به منظور کشف الگوهای معتبر، از قبل ناشناخته و روابط در مجموعه داده‌های بزرگ است. این ابزارها، مدل‌های آماری، الگوریتم‌های ریاضی و متدهای یادگیری ماشین^۱ (الگوریتم‌هایی که عملکرد خود را از طریق تجربه به صورت اتوماتیک بهبود می‌دهند) می‌باشد. داده‌کاوی فراتر از جمع‌آوری و مدیریت داده است، و شامل تجزیه و تحلیل و پیش‌گویی می‌شود. نام دیگر آن کشف دانش در پایگاه داده^۲ یا به اختصار KDD است. در شکل ۲.۴ مراحل داده‌کاوی نشان داده شده است.



شکل ۲.۴ : مراحل داده‌کاوی

¹ Machine Learning

² Knowledge Discover in Database

داده‌کاوی می‌تواند روی داده‌های کمی، متنی، یا چندرسانه‌ای انجام گیرد. کاربردهای آن شامل موارد زیر می‌باشد:

- قوانین وابستگی^۱: الگوهایی که در آن وجود یک آیتام دلالت بر وجود آیتام دیگر دارد.
- کلاس‌بندی: انتساب الگوها به یک مجموعه کوچک از کلاس‌های از قبل تعریف شده به وسیله کشف بعضی روابط بین ویژگی‌ها.
- خوشه‌بندی^۲: گروه‌بندی مشتریان یا مجموعه الگوهایی که ویژگی‌های مشابهی دارند.
- پیش‌گویی^۳: کشف الگوها برای پیش‌گویی منطقی درباره آینده.
- تحلیل مسیر^۴ یا الگوهای ترتیبی: الگوهایی که در آن یک رخداد منجر به وقوع رخداد دیگر می‌شود.

داده‌کاوی یک تکنولوژی جدید نیست ولی کاربرد آن به‌طور معناداری در بخش‌های مختلف خصوصی و عمومی روبه‌رشد بوده و عموماً صنایعی چون بانک، بیمه، پزشکی و خرده‌فروشی از داده‌کاوی با هدف کاهش هزینه‌ها، افزایش تحقیقات و افزایش فروش استفاده می‌کنند.

در داده‌کاوی معمولاً به کشف الگوهای مفید از میان داده‌ها اشاره می‌شود. منظور از الگوی مفید، مدلی در داده‌ها است که ارتباط میان یک زیر مجموعه از داده‌ها را توصیف می‌کند و معتبر، ساده، قابل فهم و جدید است.

در متون آکادمیک تعاریف گوناگونی برای داده‌کاوی ارائه شده‌است. در برخی از این تعاریف داده‌کاوی در حد ابزاری که کاربران را قادر به ارتباط مستقیم با حجم عظیم داده‌ها می‌سازد معرفی گردیده است و در برخی دیگر، تعاریف دقیق‌تر که در آن‌ها به کاوش در داده‌ها توجه می‌شود، موجود است. برخی از این تعاریف عبارتند از:

¹ Association Rule

² Clustering

³ prediction

⁴ Path Analysis

- داده‌کاوی عبارت است از فرایند استخراج اطلاعات معتبر، از پیش‌ناشناخته، قابل فهم و قابل اعتماد از پایگاه داده‌های بزرگ و استفاده از آن در تصمیم‌گیری در فعالیتهای تجاری مهم.
- اصطلاح داده‌کاوی به فرایند نیم‌خودکار تجزیه و تحلیل پایگاه داده‌های بزرگ به منظور یافتن الگوهای مفید اطلاق می‌شود.
- داده‌کاوی یعنی جستجو در یک پایگاه داده‌ها برای یافتن الگوهایی میان داده‌ها.
- داده‌کاوی یعنی استخراج دانش کلان، قابل استناد و جدید از پایگاه داده‌های بزرگ.
- داده‌کاوی یعنی تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌های قابل مشاهده برای یافتن روابط مطمئن بین داده‌ها.

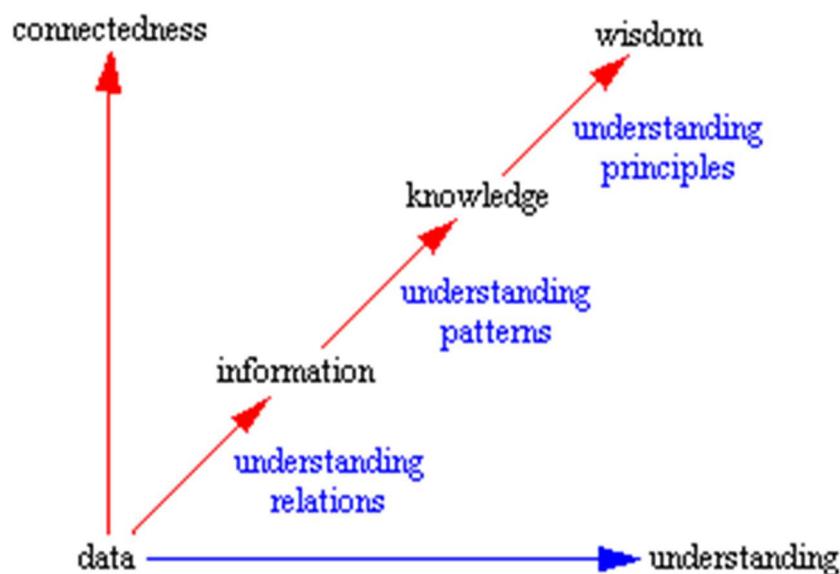
همان‌گونه که در تعاریف گوناگون داده‌کاوی مشاهده می‌گردد، تقریباً در تمامی تعاریف به مفاهیمی چون استخراج دانش، تحلیل و یافتن الگوی بین داده‌ها اشاره شده است.

داده‌های اطلاعاتی به‌عنوان یکی از منابع حیاتی سازمان شناخته می‌شود و بسیاری از سازمان‌ها با اطلاعات و دانش سازمانی خود مانند سایر دارایی‌های ارزشمندشان برخورد می‌کنند. داده اطلاعاتی^۱ به اطلاعات خام سازمان اطلاق می‌شود و اطلاعات^۲ به داده‌های پردازش‌شده. همچنین داده‌های پردازش شده پس از طبقه‌بندی و آنالیز به دانش^۳ سازمان تبدیل می‌گردند. در شکل ۲.۵ روش کسب دانش با استفاده از داده‌کاوی نشان داده شده است.

^۱ Data

^۲ Information

^۳ Knowledge



شکل ۲.۵: روش کسب دانش با استفاده از داده‌کاوی

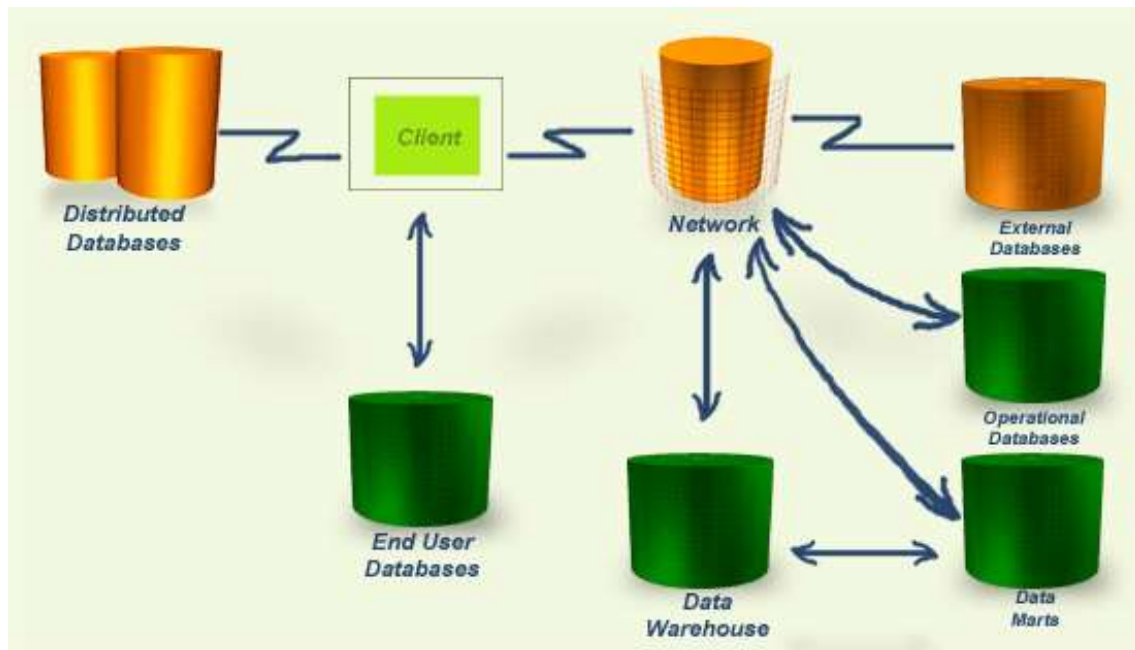
دسترسی به اطلاعات در شرایطی که داده‌ها به روش نامناسبی نگهداری می‌شوند و یا روش ضابطه‌مندی جهت دستیابی به آن‌ها وجود ندارد، بسیار مشکل است. برای رسیدن به یک سیستم اطلاعاتی مناسب، داده‌ها می‌بایست به صورتی منطقی طبقه‌بندی و ذخیره شوند تا استفاده از آن‌ها ساده‌تر بوده و با کارایی بیشتری تحلیل شوند و سریع‌تر مورد استفاده قرار گیرند و در نتیجه مدیریت بهتری بر آن‌ها اعمال شود.

(شکل ۲.۶)



شکل ۲.۶: مدیریت ذخیره‌سازی و دستیابی اطلاعات

داده‌های سازمان‌ها در انواع بانک‌های اطلاعاتی و با ساختارهای متنوعی ذخیره می‌گردند. طراحی و سازماندهی این ساختارها، بکارگیری و انتقال به بانک‌های اطلاعاتی پیشرفته و بهینه‌سازی آن‌ها یکی از خدماتی است که توسط واحدهای فناوری اطلاعات ارائه می‌شود. در شکل ۲.۷ ساختار بانک اطلاعاتی سازمان نشان داده شده است.



شکل ۲.۷: ساختار بانک اطلاعاتی سازمان

۲-۲-۵-۲ تاریخچه داده‌کاوی

در سال‌های اخیر داده‌کاوی موضوع بسیاری از مقالات، کنفرانس‌ها و رساله‌های عملی شده است. اما این واژه تا اوایل دهه نود مفهومی نداشت و به کار برده نمی‌شد. در دهه شصت و پیش از آن زمینه‌هایی برای ایجاد سیستم‌های جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها ایجاد شد و تحقیقاتی در این زمینه انجام پذیرفت که منجر به معرفی و ایجاد سیستم‌های مدیریت پایگاه داده‌ها گردید. ایجاد و توسعه مدل‌های داده‌ای برای پایگاه سلسله مراتبی، شبکه‌ای و به خصوص رابطه‌ای در دهه هفتاد، منجر به معرفی مفاهیمی همچون شاخص‌گذاری و سازماندهی داده‌ها و در نهایت ایجاد زبان پرسش SQL در اوایل دهه هشتاد گردید تا کاربران بتوانند گزارش‌های و فرم‌های اطلاعاتی مورد نظر خود را، از این طریق ایجاد نمایند.

توسعه سیستم‌های پایگاهی پیشرفته در دهه هشتاد و ایجاد پایگاه‌های شی‌گرا، کاربردگرا و فعال باعث توسعه همه جانبه و کاربردی شدن این سیستم‌ها در سراسر جهان گردید. بدین ترتیب DBMS های همچون DB2 ، Oracle و Sybase ایجاد شدند و حجم زیادی از اطلاعات با استفاده از این سیستم‌ها مورد پردازش قرار گرفتند. شاید بتوان مهم‌ترین جنبه در معرفی داده‌کاوی را مبحث کشف دانش از پایگاه داده‌ها (KDD) دانست به‌طوری که در بسیاری موارد ¹DM و KDD به‌صورت مترادف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای اولین بار مفهوم داده‌کاوی در کارگاه IJCAI در زمینه KDD توسط Shapir مطرح گردید. به دنبال آن در سالهای ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۴، کارگاه‌های KDD مفاهیم جدیدی را در این شاخه از علم ارایه کردند به‌طوری که بسیاری از علوم و مفاهیم با آن مرتبط گردیدند. برخی از کاربردهای داده‌کاوی در محیط‌های واقعی عبارتند از:

- خرده‌فروشی: از کاربردهای کلاسیک داده‌کاوی است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :
تعیین الگوهای خرید مشتریان، تجزیه و تحلیل سبد خرید بازار، پیش‌گویی میزان خرید مشتریان از طریق پست (فروش الکترونیکی)
- بانکداری: پیش‌بینی الگوهای کلاهبرداری از طریق کارت‌های اعتباری، تشخیص مشتریان ثابت، تعیین میزان استفاده از کارت‌های اعتباری براساس گروه‌های اجتماعی
- بیمه: تجزیه و تحلیل دعاوی، پیش‌گویی میزان خرید بیمه‌نامه‌های جدید توسط مشتریان
- پزشکی : تعیین نوع رفتار با بیماران و پیش‌گویی میزان موفقیت اعمال جراحی، تعیین میزان موفقیت روش‌های درمانی در برخورد با بیماری‌های سخت

۳-۵-۲ مراحل فرایند کشف دانش از پایگاه داده‌ها

فرایند کشف دانش از پایگاه داده‌ها شامل پنج مرحله است که عبارتند از: انبارش داده‌ها، انتخاب داده‌ها،

¹ Data Mining

تبدیل داده‌ها، کاوش در داده‌ها، تفسیر نتیجه

همان‌طور که مشاهده می‌شود داده‌کاوی یکی از مراحل این فرایند است که به عنوان بخش چهارم آن نقش مهمی در کشف دانش از داده‌ها ایفا می‌کند.

۱-۳-۵-۲-۲/ انبارش داده‌ها

وجود اطلاعات صحیح و منسجم یکی از ملزوماتی است که در داده‌کاوی به آن نیاز می‌باشد. عدم وجود اطلاعات صحیح باعث نتیجه‌گیری غلط و در نتیجه اخذ تصمیمات ناصحیح در سازمان‌ها می‌گردد و منتج به نتایج بسیار بدی خواهد شد. اکثر سازمان‌ها دچار یک خلا اطلاعاتی هستند. در این‌گونه سازمان‌ها معمولاً سیستم‌های اطلاعاتی در طول زمان و با معماری و مدیریت‌های گوناگون ساخته شده‌اند، به طوری که سازمان اطلاعاتی یکپارچه و مشخصی مشاهده نمی‌گردد. علاوه بر این برای فرایند داده‌کاوی به اطلاعات خلاصه و مهم در زمینه تصمیم‌گیری‌های حیاتی نیازمند می‌باشد.

هدف از فرایند انبارش داده‌ها فراهم کردن یک محیط یکپارچه جهت پردازش اطلاعات است. در این فرایند، اطلاعات تحلیلی و موجز در دوره‌های مناسب زمانی سازماندهی و ذخیره می‌شود تا بتوان از آن‌ها در فرایندهای تصمیم‌گیری که از ملزومات آن داده‌کاوی است، استفاده شود. به‌طور کلی می‌توان تعریف زیر را برای انبار داده‌ها ارایه نمود:

انبار داده‌ها، مجموعه‌ای است موضوعی، مجتمع، متغیر در زمان و پایدار از داده‌ها که به منظور پشتیبانی از فرایند مدیریت تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۳-۵-۲-۲/ انتخاب داده‌ها

انبار داده‌ها شامل انواع مختلف و گوناگونی از داده‌ها است که همه آن‌ها در داده‌کاوی مورد نیاز نیستند. برای فرایند داده‌کاوی باید داده‌های مورد نیاز انتخاب شوند. به عنوان مثال در یک پایگاه داده‌های مربوط به سیستم فروشگاهی، اطلاعاتی در مورد خرید مشتریان، خصوصیات آماری آن‌ها، تامین‌کنندگان، خرید، حسابداری و موارد مشابه دیگر وجود دارند. برای تعیین نحوه چیدن قفسه‌ها تنها به داده‌هایی در مورد

خرید مشتریان و خصوصیات آماری آنها نیاز است. حتی در مواردی نیاز به کاوش در تمام محتویات پایگاه نیست بلکه ممکن است به منظور کاهش هزینه عملیات، نمونه‌هایی از عناصر انتخاب و کاوش شوند.

۳-۳-۵-۲ تبدیل داده‌ها

هنگامی که داده‌های مورد نیاز انتخاب شدند و داده‌های مورد کاوش مشخص گردیدند، معمولاً به تبدیل-های خاصی روی داده‌ها نیاز است. نوع تبدیل به عملیات و تکنیک داده‌کاوی مورد استفاده بستگی دارد. تبدیلاتی ساده همچون تبدیل نوع داده‌ای به نوع دیگر تا تبدیلات پیچیده‌تر همچون تعریف صفات جدید با انجام عملیات‌های ریاضی و منطقی روی صفات موجود.

۴-۳-۵-۲ کاوش در داده‌ها

داده‌های تبدیل شده با استفاده از تکنیک‌ها و عملیات‌های داده‌کاوی مورد کاوش قرار می‌گیرند تا الگوهای مورد نظر کشف شوند.

۵-۳-۵-۲ تفسیر نتیجه

اطلاعات استخراج شده با توجه به هدف کاربر تجزیه و تحلیل و بهترین نتایج معین می‌گردند. هدف از این مرحله تنها ارایه نتیجه (به صورت منطقی و یا نموداری) نیست، بلکه پالایش اطلاعات ارایه شده به کاربر نیز از اهداف مهم این مرحله است.

۴-۳-۵-۲ عملیات‌های داده‌کاوی

در داده‌کاوی، چهار عمل اصلی انجام می‌شود که عبارتند از: مدل‌سازی پیش‌گویی‌کننده، تقطیع پایگاه داده‌ها، تحلیل پیوند و تشخیص انحراف

از عملیات‌های اصلی ذکر شده، یک یا بیش از یکی از آنها در پیاده‌سازی کاربردهای گوناگون داده‌کاوی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال برای کاربردهای خرده‌فروشی معمولاً از عملیات تقطیع و تحلیل پیوند

استفاده می‌شود. در حالی که برای تشخیص کلاهبرداری، می‌توان از هر یک از چهار عملیات مذکور استفاده نمود. علاوه بر این می‌توان از دنباله‌ای از عملیات‌ها برای یک منظور خاص استفاده کرد. مثلاً برای شناسایی مشتریان، ابتدا پایگاه تقطیع می‌شود و سپس مدل‌سازی پیشگویی‌کننده در قطعات ایجاد شده اعمال می‌گردد.

تکنیک‌ها، روش‌ها و الگوریتم‌های داده‌کاوی، راه‌های پیاده‌سازی عملیات‌های داده‌کاوی هستند. اگرچه هر عملیات نقاط ضعف و قوت خود را دارد، ابزارهای گوناگون داده‌کاوی عملیات‌ها را بر اساس معیارهای خاصی، انتخاب می‌کنند. این معیارها عبارتند از:

- تناسب با نوع داده‌های ورودی
- شفافیت خروجی داده‌کاوی
- مقاومت در مقابل اشتباه در مقادیر داده‌ها
- میزان صحت خروجی
- توانایی کار کردن با حجم بالای داده‌ها

۱-۴-۵-۲ مدل‌سازی پیش‌گویی‌کننده

مدل‌سازی پیش‌گویی‌کننده، شبیه تجربه یادگیری انسان در به کار بردن مشاهدات برای ایجاد یک مدل از خصوصیات مهم پدیده‌ها است. در این روش از تعمیم دنیای واقعی و قابلیت تطبیق داده‌های جدید با یک قالب کلی، استفاده می‌شود.

در این مدل، می‌توان با تحلیل یک پایگاه داده موجود، خصوصیات مجموعه‌های داده را تعیین کرد. این مدل با استفاده از روش یادگیری نظارت شده، شامل دو فاز آموزش و آزمایش ایجاد شده است. در فاز آموزش با استفاده از نمونه‌های عظیمی از داده‌های سابقه‌ای، مدلی ساخته می‌شود که به آن مجموعه آموزشی می‌گویند. در فاز آزمایش این مدل روی داده‌هایی که در مجموعه آموزشی قرار ندارند، اعمال می‌شود تا صحت و خصوصیات آن تایید گردد.

از کاربردهای عمده این مدل می‌توان به مدیریت مشتریان، تصویب اعتبار و بازاریابی مستقیم در خرده-فروشی اشاره کرد.

۲-۴-۵-۲ تقطیع پایگاه داده‌ها

هدف از تقطیع پایگاه داده‌ها، تقسیم آن به تعداد نامعینی از قطعات یا خوشه‌هایی از رکوردهای مشابه است. یعنی رکوردهایی که خصوصیات مشابه دارند و می‌توان آن‌ها را همگن فرض کرد. پیوستگی داخلی این قطعات بسیار زیاد است در حالی که همبستگی خارجی میان آن‌ها کم می‌باشد. در این مدل بر خلاف مدل قبل، از یادگیری نظارت نشده برای تعیین زیرشاخه‌های ممکن از جمعیت داده‌ای استفاده می‌شود. دقت تقطیع پایگاه داده‌ها از روش‌های دیگر کمتر است. بنابراین در مقابل خصوصیات نامربوط و افزونگی، حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد.

از کاربردهای این روش می‌توان به شناسایی مشتریان و بازاریابی مستقیم اشاره کرد.

۲-۴-۵-۳ تحلیل پیوند

در این روش پیوندهایی مرسوم به بستگی میان رکوردها و یا مجموعه‌ای از رکوردها بازشناسی می‌شوند. سه رده ویژه از تحلیل پیوند وجود دارد که عبارتند از:

- کشف بستگی
- کشف الگوهای متوالی
- کشف دنباله‌های زمانی مشابه

۲-۴-۵-۴ تشخیص/انحراف

داده‌کاوی فرآیندی است که طی آن با استفاده از انواع مختلف ابزار تحلیل داده به دنبال کشف الگوها و ارتباطات میان داده‌های موجود که ممکن است منجر به استخراج اطلاعات جدیدی از پایگاه داده گردند، می‌باشد. اولین و ساده‌ترین گام تحلیل داده در داده‌کاوی توضیح و شرح مشخص داده (از جمله معنی

داده و انحراف استاندارد کلمه) می‌باشد که این کار می‌تواند به وسیله نمودارها و گراف‌ها و همچنین کلماتی که با این کلمه ارتباط معنایی نزدیکی دارند انجام گردد در نتیجه جمع‌آوری، جستجو و انتخاب داده درست در این بخش بسیار مهم و حیاتی می‌باشد.

اما این کار به تنهایی کار خاصی انجام نمی‌دهد شما باید یک مدل پیش‌بینی‌کننده بر اساس الگوهای که از نتایج دانش به دست آورده شده بسازید سپس آزمایش کنید که آیا آن مدل با نمونه اصلی سازگار است. یک مدل خوب نباید با جهان واقع تفاوت چندانی داشته باشد.

آخرین گام نیز تشخیص صحت و سقم عملکرد مدل به صورت تجربی می‌باشد. برای مثال از یک بانک مربوط به مشتریان و پاسخ‌هایی که به یک پیشنهاد خاص داده‌اند یک مدل می‌سازید که بر اساس آن مشخص می‌شود که کدام حدس و انتظار بیشترین نزدیکی را با یک پیشنهاد مانند پیشنهاد قبلی دارد و این که آیا شما می‌توانید بر این حدس اعتماد کنید یا خیر؟

۵-۲-۵ الگوریتم‌های داده‌کاوی

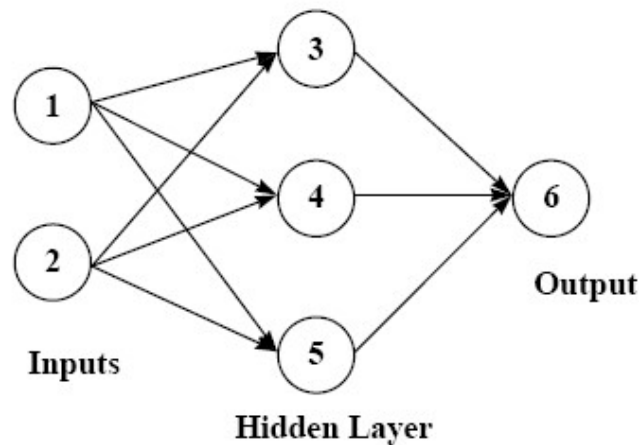
در ادامه برخی از الگوریتم‌ها و مدل‌هایی که برای کاوش داده استفاده می‌شود، بررسی شده است.

۱-۵-۲-۲ شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی به طور خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند چرا که آن‌ها ابزاری موثر برای مدل‌سازی مسائل بزرگ و پیچیده که ممکن است در آن‌ها صدها متغیر پیش‌بینی‌کننده که فعل و انفعالات زیادی دارند وجود داشته باشد. (شبکه‌های عصبی زیستی به‌طور غیرقابل مقایسه‌ای پیچیده‌تر هستند). شبکه‌های عصبی می‌توانند در مسائل طبقه‌بندی یا حدس‌های بازگشتی که در آن‌ها متغیر خروجی پیوسته است استفاده شوند.

یک شبکه عصبی با یک لایه داخلی شروع می‌شود که در آن هر گره به یک متغیر پیش‌گو منسوب می‌گردد. این گره‌های ورودی به یک تعداد از گره‌ها در لایه پنهان متصل می‌شوند. گره‌ها در لایه پنهان می‌توانند به گره‌هایی در یک لایه پنهان دیگر یا به یک لایه خروجی متصل شود. لایه خروجی خود شامل

یک یا بیشتر از متغیرهای جواب می‌باشد. در شکل ۲.۸ یک شبکه عصبی با یک لایه پنهان نشان داده شده است.



شکل ۲.۸: یک شبکه عصبی با یک لایه پنهان

۲-۵-۵-۲ درخت‌های انتخاب

درخت‌های انتخاب راهی برای نمایش یک سری از قوانین که به یک کلاس یا مقدار منجر می‌شود، می‌باشند. برای مثال شما ممکن است بخواهید درخواست‌های وام را برحسب ریسک اعتبار خوب یا بد طبقه‌بندی کنید. شکل ۲.۹ یک مدل ساده از یک درخت انتخاب به همراه توضیح در مورد تمام بسته‌های پایه آن یعنی گره انتخاب، شاخه‌ها و برگ‌های آن که این مساله را حل می‌کند، نشان می‌دهد.



شکل ۲.۹: یک مدل ساده از یک درخت انتخاب

اولین بسته گره بالایی تصمیم یا ریشه می‌باشد که یک بررسی جهت برقراری شرط خاصی می‌نماید. گره ریشه در این مثال "Income > \$40,000" می‌باشد. نتایج این بررسی منجر می‌شود که درخت به دو شاخه تقسیم گردد که هر یک نشان‌دهنده جواب‌های ممکن است. در این مورد بررسی شرط مذکور می‌تواند دارای جواب خیر یا بله باشد در نتیجه دو شاخه داریم.

براساس نوع الگوریتم هر گره می‌تواند دو یا تعداد بیشتری شاخه داشته باشد. برای مثال CART درخت-هایی با تنها دو شاخه در هر گره تولید می‌کند. چنین درختی یک درخت دودویی می‌باشد.

۳-۵-۵-۲ / استنتاج قانون

استنتاج قانون روشی برای به‌دست آوردن یک سری از قوانین برای طبقه‌بندی موارد می‌باشد. اگرچه درخت‌های تصمیم می‌توانند یک سری قوانین تولید کنند روش‌های استنتاج قانون یک مجموعه از قوانین وابسته که ضرورتاً درختی تشکیل نمی‌دهند را تولید می‌نماید. چون استنتاج‌کننده قوانین لزوماً انشعابی در هر سطح قرار نمی‌دهد و می‌تواند گام بعدی را تشخیص دهد. گاهی اوقات می‌تواند الگوهای مختلف و بهتری را برای طبقه‌بندی بیابد. برخلاف درختان قوانین تولیدی ممکن است تمام حالت‌های ممکن را پوشش ندهند.

۴-۵-۵-۲ / الگوریتم‌های ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک برای یافتن الگوها استفاده نمی‌شود. بلکه بیشتر به منظور راهنمایی در مورد فرآیند یادگیری الگوریتم‌های داده‌کاوی مانند شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوریتم‌های ژنتیک به‌عنوان یک روش جهت انجام یک جستجوی هدایت شده برای مدل‌های خوب در فضای حل مساله عمل می‌کند. این الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های ژنتیک نامیده می‌شوند چون به‌طور بی‌قاعده‌ای الگوی تکامل زیستی که در آن اعضای یک نسل بر سر انتقال خصوصیات خود به نسل بعد رقابت می‌کنند تا در نهایت بهترین

مدل یافت شده را دنبال کنند. اطلاعاتی که باید انتقال داده شود در قالب کروموزم‌ها که شامل پارامترهایی برای ساختن مدل می‌باشد قرار می‌گیرد.

۶-۵-۲ گام‌های اصلی داده‌کاوی

گام‌های اصلی داده‌کاوی جهت کشف دانش عبارتند از: تعریف مساله، ساختن پایگاه داده مربوط به داده-کاوی، جستجوی داده، آماده ساختن داده برای مدل‌سازی، ساختن مدل، ارزیابی مدل و ساخت مدل و نتایج. در ادامه گام‌های ذکر شده تبیین می‌گردد. در ابتدای امر پیش‌زمینه کشف دانش، فهم درست داده و مساله می‌باشد. بدون این فهم درست هیچ الگوریتمی صرف نظر از خبره بودن آن نمی‌تواند نتیجه مطمئنی حاصل نماید و همچنین پژوهشگر قادر نخواهد بود که مسائلی را که سعی در حل آن دارد تعریف کرده و همچنین داده را جهت کاوش آماده نماید و یا نتایج را به‌طور صحیح تفسیر نماید. برای استفاده بهتر از داده‌کاوی باید یک بیان واضح از هدف داشت.

ساختن پایگاه داده مربوط به داده‌کاوی به‌همراه دو گام بعدی هسته آماده‌سازی داده را تشکیل می‌دهند. درمجموع گام‌های گفته شده وقت و کار بیشتری از سایر گام‌ها می‌برند. ممکن است شما گام‌های تکراری در آماده‌سازی داده و ساختن مدل داشته باشید چرا که در هر مرحله ممکن است به نکته‌ای برسید که شما را بر آن دارد داده خود را بهبود بخشید. این گام‌های آماده‌سازی داده می‌تواند ۵۰ تا ۹۰ درصد وقت و کار از تمام فرآیند کشف دانش را به خود اختصاص دهد.

در جستجوی داده هدف شناسایی مهم‌ترین فیلدها در پیش‌بینی نتیجه و تعیین این که کدام یک از داده‌های بدست آمده مفید می‌باشد، است. در یک مجموعه داده‌ای با صدها یا حتی هزاران ستون جستجوی داده می‌تواند بسیار زمان‌بر باشد. یک واسط مناسب و جواب کامپیوتر سریع در این فاز مهم و حیاتی می‌باشند. آماده‌سازی داده برای مدل‌سازی آخرین گام آماده‌سازی داده قبل از ساخت مدل‌هاست. چهار قسمت مهم در این مرحله وجود دارد:

- انتخاب متغیرها

- انتخاب سطرها
- ساختن متغیرهای جدید
- تغییر شکل متغیرها

مرحله بعدی ساختن مدل داده‌کاوی می‌باشد. مهم‌ترین مساله برای یادآوری در مورد ساخت مدل آن است که این کار یک فرآیند تکراری است. برای جستجو به مدل‌های جایگزین جهت یافتن سودمندترین آن‌ها جهت حل مسائل نیاز می‌باشد. آن‌چه که در جستجوی یک مدل مناسب آموخته می‌شود، می‌تواند در بازگشتن به عقب و انجام برخی تغییرات در داده مورد استفاده و حتی بهبود بیان مساله، کمک شایانی کند. آماده‌سازی و آزمایش مدل داده‌کاوی احتیاج به این دارد که داده به حداقل دو گروه شکسته شود: یکی برای آماده‌کردن مدل و دیگری جهت تست مدل مربوطه. پایه‌ای‌ترین روش تست داده تایید اعتبار ساده می‌باشد. برای انجام این کار می‌بایست درصدی از پایگاه داده را به عنوان یک تست پایگاه داده کنار گذاشته و از آن در برآورد و ساخت مدل استفاده نمود. این درصد معمولاً بین ۵ تا ۳۳ می‌باشد. بعد از ساخت یک مدل باید نتایج آن را ارزیابی نموده و همچنین اهمیت آن را نیز توضیح داد. هنگامی که یک مدل ساخته و تایید اعتبار می‌شود می‌تواند در دو راه اصلی مورد استفاده قرار گیرد. راه اول برای تحلیل‌گر است که اعمالی را براساس دید ساده از مدل و نتایج آن معرفی می‌کند. راه دوم به کار بردن مدل‌ها در مجموعه داده‌ای مختلف است. این مدل می‌تواند برای مشخص نمودن رکوردها براساس گروه بندی آن‌ها و یا مقداردهی یک امتیاز مثلاً احتمال انجام یک عمل استفاده گردد. [اسدی، ۱۳۸۸]

۲-۳ پیشینه پژوهش

توسعه و کاربرد تکنیک‌های داده‌کاوی به عنوان یک ابزار کمک به تصمیم‌سازی در مدیریت نگهداری و تعمیرات بسیار نوپا است. به طوری که در سال ۲۰۰۹ میلادی، تنها سهم بسیار محدودی (نزدیک به ۸ درصد) از مطالعات داده‌کاوری در حوزه مدیریت نگهداری و تعمیرات بوده است. [چودهاری، ۲۰۰۹]

داده‌کاوی اجازه می‌دهد تا دانش به صورت خودکار یا نیمه‌خودکار از پایگاه داده‌ها استخراج شود. [کوکسال، ۲۰۱۱] در حال حاضر با توجه به اهمیت استراتژیک نگهداری پیش‌گیرانه و پیش‌بینی‌کننده، بسیاری از شرکت‌ها، داده‌کاوی برای نگهداری را به رسمیت شناخته‌اند. یانگ و همکاران در سال ۲۰۱۰ پیشنهاد می‌کنند که قوانینی را از بانک اطلاعاتی استخراج نموده تا خطاها، علل و اقدامات اصلاحی را در صنعت هواپیمایی به یکدیگر پیوند دهند. تلاش عمده این تیم در راستای پیوند دادن داده‌ها برای به دست آوردن یک تصویر کامل از آنچه در ناوگان در حال انجام است، بود. [یانگ، ۲۰۱۰]

در همان بخش، بودائی و همکاران در سال ۲۰۱۱ به دنبال این هستند که با استفاده از پیوند بین علائم دریافتی از ماشین و اقدامات اصلاحی، قوانین را مدل‌سازی کنند. [بودائی، ۲۰۱۱]

در حالی که ماکيو و همکاران در سال ۲۰۱۲ اثربخشی اقدامات نگهداری در ناوگان اتوبوس را با استفاده از همین روش ارزیابی می‌کنند. آن‌ها برای این منظور روشی پیشنهاد می‌دهند که شامل سه مرحله اصلی است: پردازش و ادغام داده‌ها، مرحله مدل‌سازی، وضع قوانین حاصل از مرحله مدل‌سازی. [ماکیو، ۲۰۱۲] ساموری و همکاران نیز در سال ۲۰۱۲ به دنبال قوانینی برای تلفیق آلارم‌ها و خرابی در قطارهای پرسرعت هستند و از روش استخراج قوانین وابستگی برای نیل به این هدف استفاده می‌کند. [بین، ۲۰۱۵]

از طرفی، مقررات انجمن BIN برای پیوند دادن وضعیت منابع و اقدامات لازم برای نگهداری ساخته شده‌اند. به این صورت که با بررسی وضعیت یک منبع یا تجهیز، می‌بایست برای فرایند نت آن برنامه‌ریزی نمود. استفاده از ابزارهای پایش وضعیت سیستم و همچنین استفاده از روش‌های داده‌کاوی برای نیل به این هدف، می‌تواند بسیار کارآمد باشد. [جاتنا، ۲۰۱۵]

گلور و همکاران در سال ۲۰۱۶ از روش داده‌کاوی برای شناسایی انحرافات کیفیت محصول مرتبط با خرابی‌ها استفاده می‌کنند. به این صورت که کیفیت محصولات را به صورت تابعی از وضعیت سلامت ماشین در نظر می‌گیرند و با استفاده از داده‌های دریافتی از ماشین و داده‌های مربوط به محصول تلاش می‌کنند زمان مناسب جهت انجام فرایند نت را به‌دست آورند. [گلور، ۲۰۱۶]

گراپوت در سال ۲۰۱۸ علاوه بر استفاده از روش استخراج قوانین وابستگی به تجزیه و تحلیل دانش استخراج شده و اعتبارسنجی آن با استفاده از تحلیل عینی و ذهنی و استفاده از دانش ضمنی کارکنان می‌پردازد. [گراپوت، ۲۰۱۸]

علی‌رغم این‌که در مبحث نت از روش‌های داده‌کاوی، کم استفاده شده، اما این روش در حوزه‌های دیگر بسیار به کارگرفته شده است. داده‌کاوی و کشف دانش در پایگاه داده‌ها از جمله موضوع‌هایی هستند که هم‌زمان با ایجاد و استفاده از پایگاه داده‌ها در اوایل دهه ۸۰ برای جستجوی دانش در داده‌ها شکل گرفت. شاید بتوان لوول (۱۹۸۳) را اولین شخصی دانست که گزارشی در مورد داده‌کاوی تحت عنوان «شبیه‌سازی فعالیت داده‌کاوی» ارائه نمود. هم‌زمان با او پژوهشگران و متخصصان علوم رایانه، آمار، هوش مصنوعی و یادگیری نیز به پژوهش در این زمینه و زمینه‌های مرتبط با آن پرداخته‌اند.

پژوهش جدی روی موضوع داده‌کاوی از اوایل دهه ۹۰ شروع شد. پژوهش‌ها و مطالعه‌های زیادی در این زمینه صورت گرفته، همچنین سمینارها، دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌هایی نیز برگزار شده است. نتایج پایه‌های نظری داده‌کاوی در تعدادی از مقاله‌های پژوهشی آورده شده است. مثلاً سال ۱۹۹۱ پیاتتسکی و شاپیرو^۱ «استقلال آماری قاعده‌ها در داده‌کاوی» را بررسی نموده‌اند. سال ۱۹۹۵ هافمن و نش استفاده از داده‌کاوی و انبار داده توسط بانک‌های آمریکا را بررسی نموده و بیان کردند که چگونه این سیستم‌ها برای بانک‌های آمریکا قدرت رقابت بیشتری ایجاد می‌کنند. چت فیلد مشکلات ایجاد شده توسط داده‌کاوی را بررسی نمود و همچنین مقاله‌ای تحت عنوان «مدل‌های خطی غیر دقیق داده‌کاوی و استنباط آماری» ارائه نمود. هندری نیز دیدگاه اقتصادسنجی روی داده‌کاوی را تهیه کرد. در این سال انجمن داده‌کاوی هم‌زمان با اولین کنفرانس بین‌المللی «کشف دانش و داده‌کاوی» شروع به کار کرد. این کنفرانس توسعه یافته چهار دوره آموزشی بین‌المللی در پایگاه‌های داده در سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۴ بود. انجمن مذکور، یک سازمان علمی به نام ACM- SIGKDD را ایجاد نمود. سال ۱۹۹۶ ایمیلنسکی^۲ و منیلا^۳ دیدگاهی از

^۱ piatetsky-shapiro

^۲ Imielnski

^۳ Mannila

داده‌کاوی به‌عنوان «پرس‌وجو کننده از پایگاه‌های استنتاجی^۱» را پیشنهاد کردند. فایاد، پیاتسکی-شاپیرو، اودورآسامی پیشرفت‌های کشف دانش و داده‌کاوی را عنوان کردند. در سال ۱۹۹۷ منیلا خلاصه‌ای از مطالعه روی اساس داده‌کاوی ارائه نمود. باربارا و همکاران نیز دیدگاه کاهش داده‌ها روی داده‌کاوی را در گزارش کاهش داده‌های نیوجرسی ارائه نمودند. همچنین می‌توان برای کاربرد داده‌کاوی در مدیریت مالی، تحلیل داده‌های مالی و مدل‌سازی مالی بنینگ و چاچ کز و هیگینز^۲ را ملاحظه نمود فریدمن نیز مقاله‌ای در ارتباط با مفهوم آمار و داده‌کاوی ارائه نمود. سال ۱۹۹۸ هند^۳ مقاله‌ای تحت عنوان «داده‌کاوی: آمار یا بیشتر؟» ارائه نمود. کلینبرگ^۴ پائودیمیترو و راغان^۵ دیدگاه اقتصادسنجی روی داده‌کاوی و عملکرد داده‌کاوی به عنوان یک مسئله بهینه را ارائه نمودند. در این سال نیز کنفرانس‌های ناحیه‌ای و بین‌المللی در مورد داده‌کاوی برگزار شد که از جمله می‌توان به کنفرانس آسیا و اقیانوسیه درباره کشف دانش و داده‌کاوی اشاره کرد. سال ۲۰۰۰ هند و همکاران و اسمیت بحث‌های مقایسه‌ای بین آمار و داده‌کاوی را ارائه کردند. سری و استاوا، کولی، رش پاند و تن استفاده از وب در کاوش داده‌ها و کاربردهای آن را ارائه کردند. سال ۲۰۰۲ کلادیو کانورسانو و همکاران «مدل آمیخته چندگانه جمع‌پذیر تعمیم‌یافته» برای داده‌کاوی را بررسی نمودند. پائلو و گیانلوکاپاسرون نیز، «داده‌کاوی ساختارهای پیوند برای مدل رفتار مصرف کننده» را ارائه نمودند.

نتایج بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که علی‌رغم اهمیت مسئله شناسایی الگوها و استخراج قوانین در فرایند نگهداری و تعمیرات ناوگان ریلی، همچنان مطالعات بسیار اندک و محدودی در این حوزه انجام شده است. از این‌رو، توسعه روش‌های عیب‌یابی مبتنی بر الگوریتم‌های کارا و بهره‌گیری از انبار اطلاعات در اختیار، در فرایند نگهداری و تعمیرات لکوموتیوها به‌عنوان یک منبع مهم، مورد توجه محققان و فعالان این حوزه قرار خواهد گرفت. بررسی این مسئله در کشور ایران، با توجه به نوپا بودن مطالعات در حوزه

¹ Inductive databases

² Benninga, Czaczkes, Higgins

³ Hand

⁴ Kleinberg

⁵ Paodimitriou, Raghavan

داده‌کاوی از اهمیت دو چندان برخوردار است. از این‌رو، مطالعه حاضر از جنبه‌های ذیل با مطالعات مشابه

در ادبیات موضوع دارای تمایز است:

- بررسی فرایند عیب‌یابی لکوموتیو در شرایط عملیاتی کشور ایران تحت تاثیر مقولات فنی و

محیطی

- در صنعت حمل‌ونقل ریلی نیز در کشورهای مختلف از روش‌های داده‌کاوی بیشتر در حوزه

نگهداری و تعمیرات زیرساخت‌های شبکه ریلی استفاده شده است و در حوزه ناوگان ریلی این

خلا کاملاً محسوس است.

فصل ۳ : روش انجام پژوهش

۳-۱ مقدمه

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، در این پژوهش هدف اصلی شناسایی و ارتقای فرایند عیب‌یابی لکوموتیوها با استفاده از تحلیل الگوی عیب‌یابی مبتنی بر اطلاعات عملکردی ماشین می‌باشد. به این صورت که از روش کاوش قوانین وابستگی جهت برقراری ارتباط معنادار بین داده‌های دریافتی از لکوموتیوها و عیوب اصلی آن‌ها استفاده می‌شود تا الگوها و قواعد معنادار جهت فرایند عیب‌یابی شناسایی شده و فرایند عیب‌یابی را سریع‌تر و صحیح‌تر نماید. مسئله اصلی این می‌باشد که بین آلازم‌های دریافتی از لکوموتیوها، علت ریشه‌ای خرابی‌ها و اقدامات تعمیراتی چه رابطه معناداری وجود دارد؟ با یافتن الگوها و قوانین مفید و استفاده از آن‌ها چه میزان می‌توان در هزینه‌های سازمان صرفه‌جویی نمود؟ و در مورد خرابی‌های رایج چطور می‌توان اقدامات اصلاحی موثر را بر روی لکوموتیوها پیاده‌سازی نمود؟

برای نیل به اهداف ذکر شده در بالا، در ابتدا داده‌های مورد نیاز از راه‌آهن ایران دریافت شده و پس از چند مرحله فیلتر نمودن آن‌ها و کدگذاری داده‌ها با استفاده از روش کاوش قوانین وابستگی و بهره‌گیری از نرم‌افزار SQL Server به استخراج قوانین پرداخته شد. در نهایت، قوانین کشف شده مورد بررسی و بازبینی قرار گرفته و با استفاده از دانش ضمنی کارکنان خبره سازمان، میزان صحت و اعتبار آن‌ها مورد سنجش قرار گرفت. در این فصل گام‌ها و روش‌های انجام پژوهش به ترتیب آورده شده است و در فصل بعدی نتایج حاصل از پژوهش بیان شده است.

۳-۲ گردآوری و آماده‌سازی داده‌ها

در راه‌آهن ایران سیستم‌های اطلاعاتی مدیریت وجود دارد که داده‌های بخش‌های مختلف را گردآوری می‌کند. در بخش لکوموتیوها نیز برخی از لکوموتیوها دارای سیستم‌های پایش وضعیت می‌باشند. به این صورت که دائماً شرایط لکوموتیو رصد شده و در نرم‌افزار نصب شده بر روی آن ذخیره می‌گردد. پس از رسیدن لکوموتیو به مراکز تعمیراتی این اطلاعات تخلیه شده و جهت کاربردهای آتی ذخیره می‌گردد. علاوه‌براین، گزارش‌های روزانه لکوموتیورانان در مورد شرایط لکوموتیوهای در سیر به صورت روزانه ثبت

و ذخیره می‌گردد. از طرفی مراکز تعمیراتی با استفاده از گزارش‌های ارسال شده از سوی لکوموتیورانان و گزارش‌های ثبت شده در سیستم رایانه‌ای لکوموتیو، اقدام به انجام تعمیرات می‌نمایند. این مراکز تعمیراتی نیز گزارش عملکرد خود را به صورت روزانه درج می‌نمایند. در نتیجه داده‌های به کار برده شده در این پژوهش شامل داده‌های لکوموتیو، گزارش‌های لکوموتیورانان و گزارش‌های مراکز تعمیراتی می‌باشد. این داده‌ها به طور مستقیم از راه آهن اخذ گردید.

این پژوهش در حوزه لکوموتیوهای در گردش در محور تهران-مشهد انجام شد. با توجه به این که در این محور اغلب از لکوموتیوهای زیمنس جهت قطارهای مسافری استفاده می‌گردد و با توجه به اهمیت دوچندان انجام سریع و به موقع فرایند عیب‌یابی و تعمیرات لکوموتیوهای مسافری، لکوموتیوهای زیمنسی که در محور تهران-مشهد تردد می‌نمایند به عنوان مطالعه موردی استفاده گردید. داده‌های سیستم از ابتدای سال ۱۳۹۶ تا پایان سال ۱۳۹۸ (سه سال) دریافت شد و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در راه آهن ایران ۱۵۰ دستگاه لکوموتیو زیمنس وجود دارد که تمامی این لکوموتیوها در محور تهران-مشهد تردد می‌نمایند. در نتیجه جامعه و نمونه آماری تمام لکوموتیوهای زیمنس موجود در راه آهن ایران است.

داده‌های ذخیره شده شامل گزارش‌های خرابی در طول خط، سابقه آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیوها و گزارش‌های واحدهای تعمیراتی می‌باشد. در این پژوهش از روش کاوش قوانین وابستگی جهت بومی‌سازی تحلیل فرایند عیب‌یابی لکوموتیوها استفاده شده است.

داده‌های مربوط به این پژوهش از گزارش‌های مربوط به خرابی لکوموتیوهای زیمنس در ناحیه تحت مدیریت اداره کل راه آهن شمال شرق ۱، یعنی از ایستگاه گرمسار تا ایستگاه نقاب، استخراج شده است.

۱-۲-۳ فیلتر کردن و انتخاب داده‌ها

در مرحله اولیه، داده‌های دریافت شده از شرکت راه‌آهن، جدولی با ۱۲۲۹۸ داده می‌باشد. در شکل ۳.۱ چند داده از این جدول، برای نمونه نمایش داده شده است. این داده‌ها مربوط به کلیه گزارش‌های خرابی‌ها، توقف‌ها و مشکلات به وجود آمده در حین سیر قطارها می‌باشد. از جمله می‌توان به خرابی‌های خط، خطاهای راهبری، مشکلات سیر و حرکت و برخورد به موانع موجود در مسیر اشاره نمود. از آنجایی که در این پژوهش، هدف بررسی خرابی‌های لکوموتیوهای زیمنس می‌باشد، داده‌ها فیلتر شده و فقط داده‌های مربوط به خرابی‌های لکوموتیوهای زیمنس انتخاب شده‌است. (شکل ۳.۲) پس از فیلتر جدول اولیه و انتخاب داده‌ها، جدولی با ۹۸۳ داده تهیه شد.

ردیف	تاریخ	ساعت	مکان	شرح
1	15/02	15:22	۹۸۶	توقف لکوموتور
8	۸۳۰	۹۶-۱-۱	۴۰۶	توقف لکوموتور
9	۹۸۲	۹۶-۱-۱	۴۸۹	توقف لکوموتور
10	۱۵۵۲ ۱۶۴۵	۹۶-۱-۱	۳۶۸	توقف لکوموتور
11	۹۰۲ ۱۴۹	۹۶-۱-۱	۳۰۴	توقف لکوموتور
12	۱۱۶ ۵۴۷	۹۶-۱-۱	۲۷۰	توقف لکوموتور
13	۸۱۵ ۸۸۴	۹۶-۱-۱	۴۸۶	توقف لکوموتور
14	۱۵۷۶	۹۶-۱-۱	۴۸۶	توقف لکوموتور
15	۸۸۴ ۸۱۵	۹۶-۱-۲	۲۷۰	توقف لکوموتور
16	۵۱۶ ۵۴۷	۹۶-۱-۲	۳۷۲	توقف لکوموتور
17	۳۷۷	۹۶-۱-۲	۳۷۷	توقف لکوموتور

شکل ۳.۱: نمونه جدول داده‌های خام دریافت شده

D				C		B	A
اقدامات انجام شده				نوع عیب		دیزل	ردیف
دیزل ۱۵۱۷ از شاهرود امداد اعزام یا همان پانچ سرد و گرم ادامه سیر داد در شاهرود نیز بازدید شد. (۰۸:۴۳ الی ۰۸:۳۸) به علت گاز کارتل دویله سرد و گرم ادامه سیر و اعزام به تهران شد.				الارم ۱۱۵ خاموش شدن و عدم اجازه استارت		۱۵۴۳	۴۶
دیزل ۱۵۱۷ از روی سوکت تزکتور سبیلندر ۸۶ مرمت شد (کارکرد ۰۳:۰۳ الی ۰۳:۲۳) توقف مازاد به علت قطع برق دیزل به استیم بود که با ریست کردن دیزل بدک مرمت شد				الارم ۱۱۵ دیزل بدک ۱۶۲۸		۱۶۲۸ ۱۶۳۵	۴۷
تعمیرکار ابعاد اعزام شد دویله گرم و سرد ادامه سیر داد در سمنان دویله منفصل و ۱۶۱۵ به مسافری واگذار شد				الارم ۱۱۵ خاموش شدن دیزل		۱۶۲۲	۴۸
سمنان بازدید شد دویله منفصل و ۱۶۰۱ واگذار شد (۲۴:۱۲ الی ۲۴:۲۸) دیزل ۱۵۴۳ به علت گاز کارتل طی				الارم ۱۱۵ و عدم اجازه استارت		۱۵۴۳	۴۹
روی قطار بازدید سنسور آگروز ست B از مدار خارج و صافیهای کشکی سوخت تعویض شدند				الارم ۱۱۷		۱۵۸۹	۵۰
روی قطار بازدید شد سنسور آگروز ست A از مدار خارج شد				الارم ۱۱۷		۱۵۵۶	۵۱
سنسور آگروز ست B معیوب بود از مدار خارج و ادامه سیر داد				الارم ۱۱۷		۱۶۱۲	۵۲

شکل ۳.۲: نمونه جدول داده‌ها با فیلتر اولیه و انتخاب داده‌های مورد نیاز

۳-۲-۲ کدگذاری داده‌ها

با توجه به این که جهت استفاده از روش استخراج قوانین وابستگی و نرم‌افزار SQL Server می‌بایست از اعداد و ارقام استفاده نمود، در این مرحله داده‌های انتخاب شده در مرحله قبل کدگذاری شدند. در جداول ۳.۱ - ۳.۲ - ۳.۳ - ۳.۴ کدهای انتخاب شده و مفهوم هر کدام از آن‌ها آورده شده است. پس از تعیین کدهای مربوطه، پایگاه داده‌ها به صورت شکل ۳.۳ تغییر شکل می‌دهد.

کد	جنس	مفهوم
۷۷۱	ریشه خرابی	افت فشار هوای مخزن اصلی
۷۷۲	ریشه خرابی	وجود آب در مدار سوخت
۷۷۳	ریشه خرابی	مخلوط شدن سوخت و روغن
۷۷۴	ریشه خرابی	فشار گاز کارتل
۷۷۵	ریشه خرابی	خرابی سنسور اگزوز
۷۷۶	ریشه خرابی	پایین بودن سطح سوخت
۷۷۷	ریشه خرابی	گرفتگی مسیر سوخت
۷۷۸	ریشه خرابی	نشتی آب
۷۷۹	ریشه خرابی	از کار افتادن بلور موتورخانه
۷۷۱۰	ریشه خرابی	خرابی ایونت رکورد
۷۷۱۱	ریشه خرابی	خرابی کلیدهای روی کنسول
۷۷۱۲	ریشه خرابی	اتصال سالن ها
۷۷۱۳	ریشه خرابی	دمای پایین آب
۷۷۱۴	ریشه خرابی	خرابی انژکتور
۷۷۱۵	ریشه خرابی	خرابی سنسور روغن
۷۷۱۶	ریشه خرابی	آزاد نمودن کوپلینگ محور
۷۷۱۷	ریشه خرابی	دمای بالای روغن
۷۷۱۸	ریشه خرابی	خرابی ژنراتور
۷۷۱۹	ریشه خرابی	خرابی شارژ باتری
۷۷۲۰	ریشه خرابی	داغ نمودن کمپرسور
۷۷۲۱	ریشه خرابی	دمای بالای سوخت
۷۷۲۲	ریشه خرابی	مخلوط شدن آب و روغن
۷۷۲۳	ریشه خرابی	دمای بالای آب
۷۷۲۴	ریشه خرابی	خرابی سیستم ضدلغزش چرخ
۷۷۲۵	ریشه خرابی	نشتی روغن

جدول ۳.۱ کدهای در نظر گرفته شده برای ریشه اصلی خرابی‌ها

کد	جنس	مفهوم
۸۸۱	اثر خرابی	کندی سیر
۸۸۲	اثر خرابی	خاموش شدن
۸۸۳	اثر خرابی	افت فشار هوا
۸۸۴	اثر خرابی	ترمز شدن
۸۸۵	اثر خرابی	افت فشار هوای مخزن اصلی
۸۸۶	اثر خرابی	تخلیه آب موتور
۸۸۷	اثر خرابی	بالا رفتن دمای آب
۸۸۸	اثر خرابی	فشار بالای سوخت
۸۸۹	اثر خرابی	عدم تحریک
۸۸۱۰	اثر خرابی	فشار بالای روغن
۸۸۱۱	اثر خرابی	درجا زدن
۸۸۱۲	اثر خرابی	دمای بالای روغن
۸۸۱۳	اثر خرابی	از مدار خارج شدن ترمز دینامیک
۸۸۱۴	اثر خرابی	قطع و وصل برق سالن ها
۸۸۱۵	اثر خرابی	عدم ثبت اطلاعات
۸۸۱۶	اثر خرابی	خارج شدن کمپرسور از مدار
۸۸۱۷	اثر خرابی	استارت نخوردن
۸۸۱۸	اثر خرابی	روغن ریزی از محور
۸۸۱۹	اثر خرابی	از تحریک خارج شدن
۸۸۲۰	اثر خرابی	افتادن فیوز HEP
۸۸۲۱	اثر خرابی	افت فشار روغن
۸۸۲۲	اثر خرابی	کم کردن آب
۸۸۲۳	اثر خرابی	صدای غیر عادی
۸۸۲۴	اثر خرابی	پایین و بالا رفتن دور ژنراتور
۸۸۲۵	اثر خرابی	دشارژ شدن
۸۸۲۶	اثر خرابی	نشتی سوخت

جدول ۳.۲ کدهای در نظر گرفته شده برای اثرات خرابی‌ها

کد	جنس	مفهوم
۹۹۱	اقدام انجام شده	روشن کردن
۹۹۲	اقدام انجام شده	مرمت سوکت انژکتور
۹۹۳	اقدام انجام شده	ریست کردن
۹۹۴	اقدام انجام شده	بستن لوله هوای ۱۰ بار سالن ها
۹۹۵	اقدام انجام شده	بستن هوای Back up
۹۹۶	اقدام انجام شده	خارج کردن خشک کن
۹۹۷	اقدام انجام شده	تخلیه آب از مدار سوخت
۹۹۸	اقدام انجام شده	خارج کردن سنسور اگزوز از مدار
۹۹۹	اقدام انجام شده	تعویض فیلتر سوخت
۹۹۱۰	اقدام انجام شده	سوخت گیری
۹۹۱۱	اقدام انجام شده	توقف کردن. منتظر ماندن
۹۹۱۲	اقدام انجام شده	ریست فیوز ترمز دینامیک
۹۹۱۳	اقدام انجام شده	خارج کردن تک خط از HEP
۹۹۱۴	اقدام انجام شده	بستن شیر هیدرواستاتیک
۹۹۱۵	اقدام انجام شده	خارج کردن ترمز دینامیک از مدار
۹۹۱۶	اقدام انجام شده	تست کنتاکتور
۹۹۱۷	اقدام انجام شده	وصل کردن فیوز
۹۹۱۸	اقدام انجام شده	فرمت کردن کارت ایونت رکورد
۹۹۱۹	اقدام انجام شده	خارج نمودن بوژی از مدار
۹۹۲۰	اقدام انجام شده	تعریف قطر چرخ
۹۹۲۱	اقدام انجام شده	تست ترمز
۹۹۲۲	اقدام انجام شده	باز کردن شیر Back up
۹۹۲۳	اقدام انجام شده	تعویض یا شستن کابل WTB
۹۹۲۴	اقدام انجام شده	بستن شیر هوای ترمز اضطراری
۹۹۲۵	اقدام انجام شده	هواگیری کردن
۹۹۲۶	اقدام انجام شده	مرمت درب ایونت رکورد

جدول ۳.۳ کدهای در نظر گرفته شده برای اقدام‌های تعمیراتی انجام شده

کد	جنس	مفهوم
۱	وضعیت لکوموتیو پس از خرابی	در طول خط رفع عیب شده و به سیر ادامه داده است.
۰	وضعیت لکوموتیو پس از خرابی	در طول خط رفع عیب نشده و لکوموتیو امداد اعزام شده است.

جدول ۳.۴ کدهای در نظر گرفته شده برای وضعیت لکوموتیو پس از خرابی

ردیف	نوع عیب	اقدامات انجام شده	آلارم	آلارم	اثر	اثر	ریشه	اقدام	اقدام	میزان رفع در طول
۱۶	به علت خطای ۱۱۲ دیزل راهنمای ۱۵۲۲ دیزل پدک ۱۶۰۷ خاموش شد	توسط لکوموتیوران روشن به سیر ادامه داد در شاهرود توسط تعمیرکار باز دید ایونت گرفته شد دیزل پدک ۱۶۰۷ خطای کاذب موتوری داشت سیر بلا مانع اعلام شد (توقف شاهرود ۲۰/۱۴ الی ۳۰/۱۴ هنگام نماز)	۱۱۲							۱
۱۷	خاموش شدن	الارم ۱۱۲ (قطع واحد ارتباطی کنترلی دیزل) دیزل ۱۵۳۳ از شاهرود امداد اعزام شد (تعمیرکار از رفتن در معیت دیزل خود داری نمود) دوبله گرم و سرد ادامه سیر داد در	۱۱۲		۸۸۲					۰
۱۸	خاموش شدن دیزل ۱۵۵۶ راهنما به علت آلارم ۱۱۲ (قطع واحد الکترونیکی موتور با کامپیوتر)	توسط لکوموتیوران روشن و به سیر ادامه داد در ایستگاه شاهرود توسط تعمیرکار باز دید ایونت گرفته شد سیر بلا مانع اعلام شد	۱۱۲		۸۸۲			۹۹۱		۱
۱۹	الارم ۱۱۴	وجود آب در مدار سوخت متوقف موقتاً رفع عیب ادامه سیر شاهرود باز دید آب داخل مدار سوخت توسط راهبر تخلیه گردیده بود سیر بلا مانع.	۱۱۴				۷۷۲	۹۹۷		۱
۲۰	۲ بار خاموش شد به علت خطای ۱۱۵	توسط لکوموتیوران روشن به سیر ادامه داد مجدد خروجی دامغان خاموش، روشن و به دامغان مراجعت نمود دیزل ۱۵۲۳ از شاهرود با تعمیرکار امداد اعزام شد دیزل ۱۵۲۳ به	۱۱۵		۸۸۲			۹۹۱	۹۹۲	۱
۲۱	الارم ۱۱۵	بعلت آلارم ۱۱۵ و مخلوط شدن آب و گاز و لیل در ورودی گیلان متوقف دیزل امداد ۱۶۰۷ از شاهرود اعزام شد، و به صورت دوبله گرم و سرد به تهران اعزام گردید	۱۱۵				۷۷۲			۰
۲۲	الارم ۱۱۵	دیزل خاموش پس از روشن کردن دیزل تست ترمز ادامه سیر	۱۱۵		۸۸۲			۹۹۱		۱

شکل ۳.۳ پایگاه داده‌ها پس از کدگذاری

۳-۳ تحلیل داده‌ها و استخراج قانون

پس از فیلتر کردن، اصلاح و کدگذاری داده‌ها، با استفاده از روش کاوش قوانین وابستگی و نرم‌افزار SQL Server به تحلیل داده‌ها و کشف قوانین پرداخته شد. در ادامه به معرفی روش کاوش قوانین وابستگی و نرم‌افزار SQL Server پرداخته شده‌است. در فصل بعدی نیز نتایج حاصل از پژوهش و قوانین استخراج شده، نمایش داده شده‌است.

۳-۳-۱ روش کاوش قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری

در این پژوهش از روش کاوش قوانین وابستگی با استفاده از الگوریتم اپریوری استفاده شده است. کاوش قوانین وابستگی امکان استخراج الگوها و کشف قوانین و روابط بین آیتم‌ها در یک پایگاه داده را فراهم می‌سازد. با گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات، حجم داده‌های ذخیره شده در پایگاه داده‌ها به سرعت در حال افزایش است. از طرفی یافتن اطلاعات ارزشمند پنهان و به دست آوردن دانش از داده‌های ذخیره شده از اهمیت بالایی برخوردار است. [کوئینلن، ۱۹۹۳] این قوانین وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای را نشان می‌دهند. [میچل، ۲۰۰۵]

مجموعه $I = I_1, I_2, I_3, \dots$ به عنوان مجموعه اقلام و مجموعه D به عنوان مجموعه تراکنش‌های پایگاه داده در نظر گرفته می‌شوند. هر تراکنش شامل مجموعه‌ای از اقلام است. یعنی هر تراکنش T زیر مجموعه‌ای از I است. هر تراکنش شناسنامه‌ای به نام TID دارد. اگر A یک مجموعه از اقلام باشد، تراکنش T شامل A است اگر و فقط اگر $A \subseteq T$ باشد. یک قانون وابستگی گزاره‌ای است به صورت $A \Rightarrow B$ که A مقدم و B تالی نامیده می‌شود. و این قانون به گونه‌ای تعریف می‌شود که $A \subseteq I$ ، $B \subseteq I$ و $A \cap B = \emptyset$ باشد.

برای بررسی ارزش و معیار مقبولیت قوانین وابستگی دو پارامتر مهم یعنی پشتیبان و اطمینان قوانین مورد استفاده قرار می‌گیرند. پشتیبان درصدی از تراکنش‌های D است که شامل $A \cup B$ باشند. این درصد را به صورت احتمال بیان می‌کنیم و اطمینان، درصدی از تراکنش‌های D است که اگر شامل A هستند شامل B نیز باشند. روابط مربوط به این احتمالات در رابطه (۱-۰) بیان شده است.

$$\text{Support } (A \Rightarrow B) = P(A \cup B)$$

$$\text{Support } (A \Rightarrow B) = \frac{(\text{تعداد تراکنش‌ها شامل } A \text{ و } B)}{(\text{تراکنش‌ها تعداد کل})} \quad (۰-۱)$$

$$\text{Confidence } (A \Rightarrow B) = \text{Probability } (B \text{ if } A) = P(B | A)$$

$$\text{Confidence } (A \Rightarrow B) = \frac{(\text{تعداد تراکنش‌ها شامل } A \text{ و } B)}{(\text{تعداد تراکنش‌ها شامل } A)}$$

تاکنون الگوریتم‌های زیادی برای کشف قوانین وابستگی ارایه شده‌اند که تفاوت آن‌ها در نحوه کشف آیت‌های پرتکرار است. معروف‌ترین الگوریتم در کاوش قوانین وابستگی الگوریتم اپریوری است. برتری اصلی این الگوریتم حجم محاسباتی کمتر آن نسبت به روش‌های دیگر است. این الگوریتم از اصل اپریوری تبعیت می‌کند که براساس آن اگر یک مجموعه آیت پرتکرار باشد همه‌ی زیرمجموعه‌های آن نیز پرتکرار خواهند بود. به عبارت دیگر بر اساس این اصل، پشتیبان هر مجموعه آیت هرگز بزرگتر از پشتیبان هر یک از زیرمجموعه‌هایش نیست. به عنوان مثال اگر مجموعه {آلارم آتش‌سوزی با شماره ۲۲۹، اثر خاموش شدن با کد ۸۸۲، در طول خط رفع عیب شده‌است با کد ۱} پرتکرار باشد، آنگاه مجموعه {آلارم آتش‌سوزی با شماره ۲۲۹، اثر خاموش شدن با کد ۸۸۲} نیز پرتکرار است. با استفاده از این اصل می‌توان مجموعه آیت‌های پرتکرار را هرس نموده و قوانین وابستگی قوی را استخراج نمود.

در شکل ۳.۴ مثالی از ایجاد مجموعه آیت‌های پرتکرار با استفاده از الگوریتم اپریوری قابل مشاهده است. الگوریتم اپریوری برای ایجاد مجموعه آیت‌های پرتکرار به این ترتیب عمل می‌کند: ابتدا با یک دور خواندن پایگاه داده، مجموعه آیت‌های پرتکرار یک عضوی که تعداد تکرار آن‌ها در پایگاه داده از حد پایین تعیین شده یا کمترین پشتیبان بیشتر است، را مشخص می‌کند، L1 در شکل نشان‌دهنده مجموعه آیت‌های پرتکرار یک عضوی است. در L1 آیت {۴} از مجموعه آیت‌های اولیه حذف شده است، در واقع در این مثال کمترین پشتیبان یک در نظر گرفته شده است و تعداد تکرار آیت {۴} در پایگاه داده از حد پایین تعیین شده کمتر است. سپس الگوریتم اپریوری با استفاده از مجموعه آیت‌های پرتکرار یک عضوی، مجموعه آیت‌های دو عضوی را ایجاد می‌کند. C2 در شکل زیر نشان‌دهنده مجموعه آیت‌های دو عضوی است و با خواندن مجدد کل

پایگاه داده، مجموعه آیتم‌های پرتکرار دو عضوی را تعیین می‌کند. L2 نشان‌دهنده مجموعه آیتم‌های پرتکرار دو عضوی است که تعداد تکرار آن‌ها در پایگاه داده از کمترین پشتیبان بیشتر است. به همین ترتیب با استفاده از مجموعه آیتم‌های پرتکرار دو عضوی مجموعه آیتم‌های سه عضوی را ایجاد کرده و با خواندن دوباره پایگاه داده، مجموعه آیتم‌های پرتکرار سه عضوی تولید می‌شوند. L3 نشان‌دهنده مجموعه آیتم‌های پرتکرار سه عضوی است و این کار برای مجموعه‌های چهار عضوی و بیشتر انجام می‌گیرد. در واقع این الگوریتم یک روش افزایشی را به کار می‌گیرد به طوری که از دانش موجود در تولید مجموعه آیتم k تایی، برای به دست آوردن مجموعه آیتم $(k+1)$ تایی استفاده می‌کند. کارایی الگوریتم‌های کشف قوانین وابستگی، بستگی به یافتن مجموعه آیتم‌های پرتکرار دارد. و پس از آن قوانین وابستگی به سادگی قابل استخراج خواهند بود و قوانین وابستگی قوی از روی آیتم‌های پرتکرار تولید می‌شوند. جهت تولید قوانین برای هر مجموعه آیتم پرتکرار مانند l تمام زیرمجموعه‌های ناتهی آن تولید می‌شود و برای هر زیر مجموعه غیرتهی s از l قانونی به صورت رابطه ۲-۳ تولید می‌شود:

$$(۰-۲) \quad \text{کمترین اطمینان} \geq \frac{\text{فرکانس تکرار}(l)}{\text{فرکانس تکرار}(s)} \text{ اگر } s \Rightarrow (l - s)$$

به عنوان مثال برای الگوی پرتکرار $l = \{2, 3, 5\}$ قوانین تولید شده شامل قوانین ذکر شده در رابطه ۳-۳ است:

$$(۰-۳) \quad \begin{array}{ll} \{2\} \Rightarrow \{3, 5\} & \{2\} \Rightarrow \{3, 5\} \\ \{3\} \Rightarrow \{2, 5\} & \{5\} \Rightarrow \{2, 3\} \\ \{3\} \Rightarrow \{2, 5\} & \{5\} \Rightarrow \{2, 3\} \end{array}$$

در تصویر شکل ۳.۴ مراحل ایجاد مجموعه آیتم‌های پرتکرار با استفاده از الگوریتم اپریوری نشان داده شده است:

پایگاه داده		C_1		L_1	
TID	آیتم‌ها	آیتم‌ها	فرکانس تکرار	آیتم‌ها	فرکانس تکرار
۱۰۰	۱ ۳ ۴	{۱}	۲	{۱}	۲
۲۰۰	۲ ۳ ۵	{۲}	۳	{۲}	۳
۳۰۰	۱ ۲ ۳ ۵	{۳}	۳	{۳}	۳
۴۰۰	۲ ۵	{۴}	۱	{۵}	۳
		{۵}	۳		

C_2		L_2		C_3	
آیتم‌ها	فرکانس تکرار	آیتم‌ها	فرکانس تکرار	آیتم‌ها	فرکانس تکرار
{۱ ۲}	۱	{۱ ۳}	۲	{۲ ۳ ۵}	۲
{۱ ۳}	۲	{۲ ۳}	۲		
{۱ ۵}	۱	{۲ ۵}	۳		
{۲ ۳}	۲	{۳ ۵}	۲		
{۲ ۵}	۳				
{۳ ۵}	۲				

L_3	
آیتم‌ها	فرکانس تکرار
{۲ ۳ ۵}	۲

مراحل ایجاد مجموعه آیتم پرتکرار با استفاده از الگوریتم اپریوری

شکل ۳.۴ مراحل ایجاد مجموعه آیتم‌های پرتکرار با استفاده از الگوریتم اپریوری

۳-۳-۲ نرم‌افزار SQL Server

این بخش به معرفی مقدماتی نرم‌افزار SQL Server و طریقه وارد نمودن داده‌ها به آن می‌پردازد.

۳-۳-۲-۱ معرفی نرم‌افزار SQL Sever

SQL بر پایه زبان پرس‌وجو ساخت یافته می‌باشد و اجازه دستیابی و کنترل داده‌ها را می‌دهد. همچنین

SQL دارای استاندارد ANSI (انجمن استاندارد ملی آمریکا) می‌باشد.

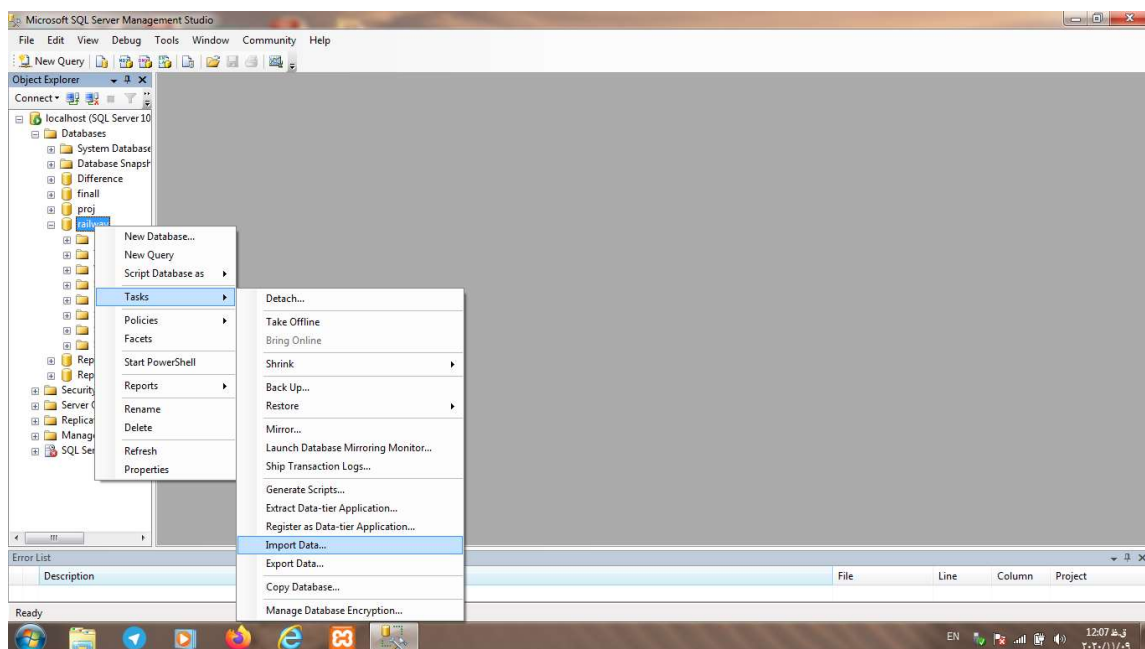
SQL قادر است:

- درخواست‌های پیوسته یک پایگاه‌داده را اجرا کند.
- دوباره اطلاعات را از پایگاه‌داده پس بگیرد.
- یک رکورد شامل اطلاعات را در پایگاه‌داده ذخیره کند.
- اطلاعات پایگاه‌داده را به‌روزرسانی کند.
- هر قسمت از اطلاعات را از پایگاه‌داده اصلاح یا حذف کند.

- یک پایگاه داده تازه بسازد.
- جداول حاوی اطلاعات جدید را به پایگاه داده اضافه کند.
- SQL اجازه تنظیم جداول و شیوه دستیابی به اطلاعات و نحوه نمایش اطلاعات را می دهد.

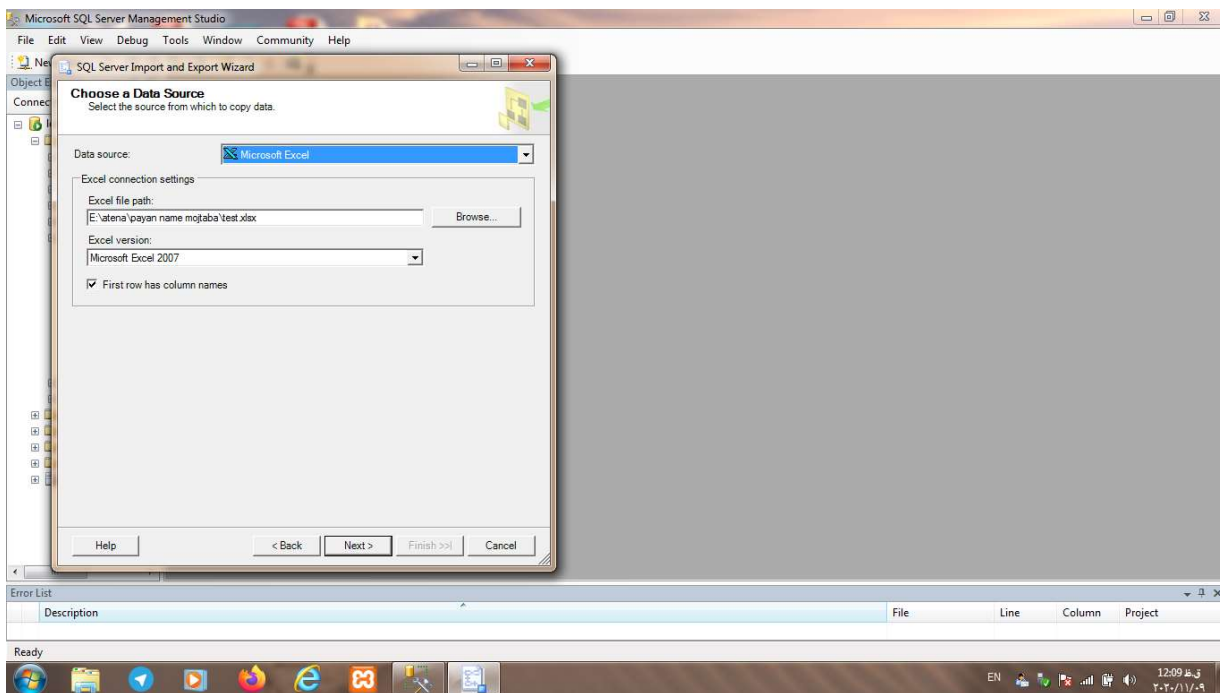
۳-۳-۲-۲ ساخت یک پایگاه داده

در ابتدا برای کار با این نرم افزار یک پایگاه داده به صورت شکل ۳.۵ ساخته می شود. از این پس تمامی عملیات داده کاوی در این پایگاه داده انجام می شود.



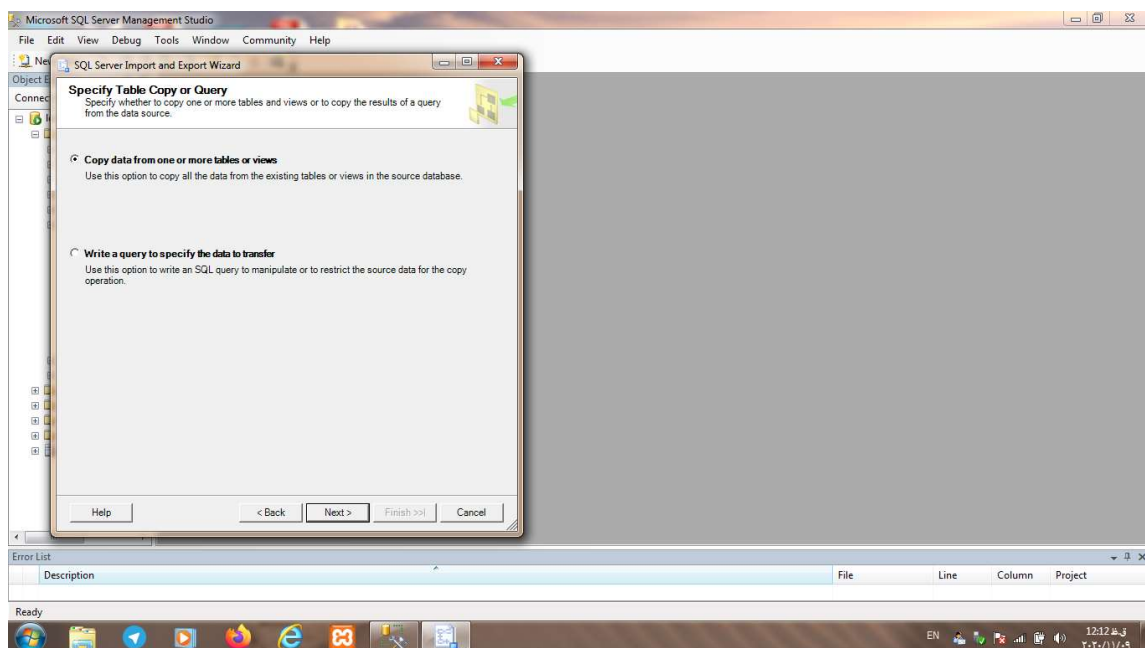
شکل ۳.۵ وارد نمودن پایگاه داده به نرم افزار SQL Server

پس از جمع آوری داده ها درون فایل Excel، باید این اطلاعات به محیط SQL Server انتقال داده شوند. این کار از طریق import کردن انجام شد و اطلاعات به یک جدول به نام Sheet1\$ وارد شدند. نحوه انجام این کار به صورت زیر می باشد: ابتدا با کلیک راست بر روی نام پروژه و انتخاب گزینه task و سپس انتخاب import data به صورت شکل ۳.۵ به وارد کردن جدول می پردازیم. در قسمت بعد با انتخاب گزینه Microsoft excel به عنوان data source و سپس انتخاب فایل مورد نظر در قسمت excel path مورد نظر را وارد می کنیم. (شکل ۳.۶)



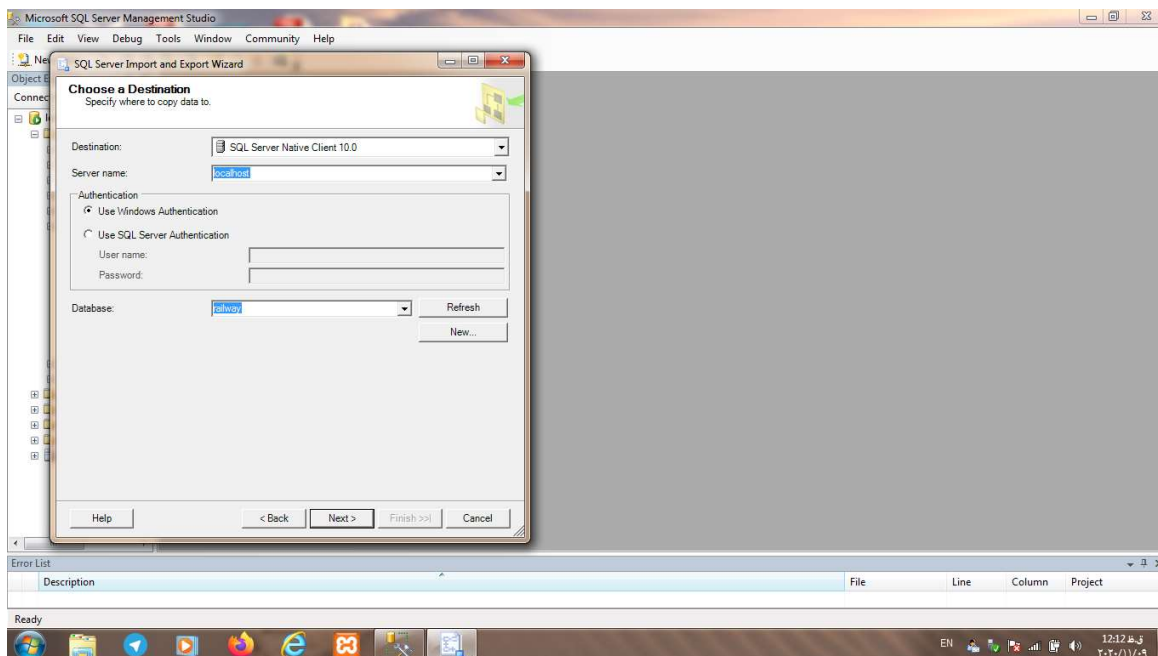
شکل ۳.۶ دومین مرحله وارد کردن جدول به SQL

با کلیک بر روی گزینه next به مرحله بعدی می‌رویم. در این مرحله مانند شکل ۳.۷ با انتخاب اولین گزینه داده‌ها کپی می‌شوند.



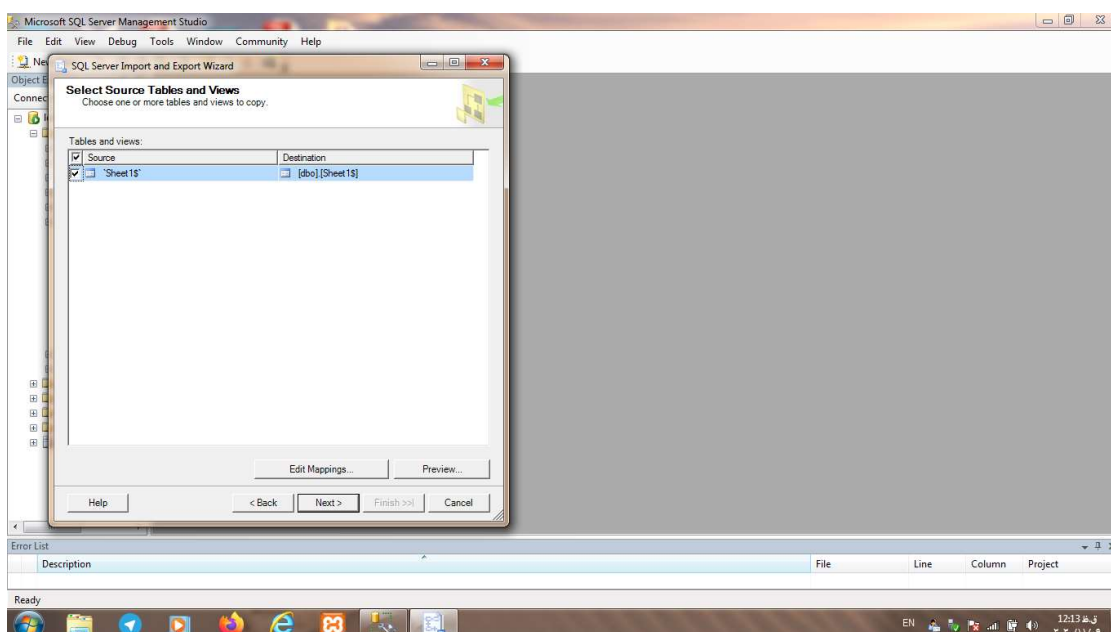
شکل ۳.۷ سومین مرحله وارد کردن جدول به SQL

در قسمت بعدی در قسمت server name، localhost و در قسمت data base پایگاه داده‌ای مورد نظر را وارد می‌کنیم. (شکل ۳.۸)



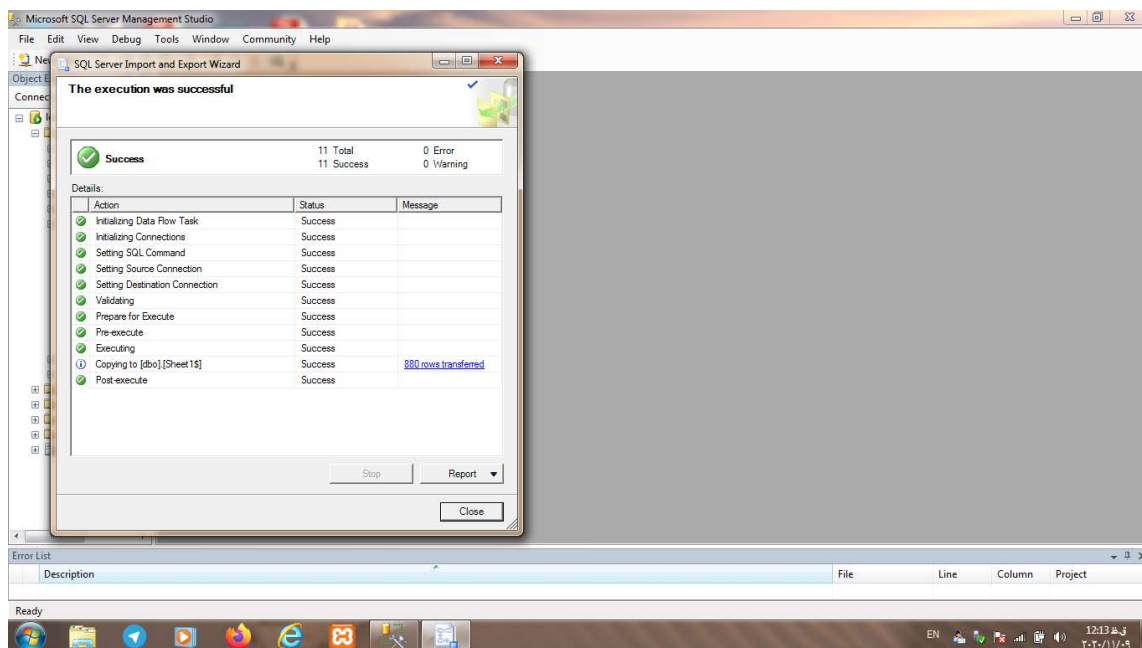
شکل ۳.۸ چهارمین مرحله وارد کردن جدول به SQL

همانطور که در شکل ۳.۹ نشان داده شده‌است، در قسمت source جدول را انتخاب کرده، و در قسمت destination جدول مورد نظر را وارد می‌کنیم.



شکل ۳.۹ پنجمین مرحله وارد کردن جدول به SQL

با کلیک بر روی گزینه next و همچنین در مرحله بعدی جدول با انتخاب finish به ادامه کار می پردازیم. در قسمت بعدی همان طور که در شکل ۳.۱۰ نشان داده شده است، باید تمامی گزینه ها موفقیت خود را اعلام کنند.



شکل ۳.۱۰ آخرین مرحله وارد کردن جدول به SQL

جدول مورد نظر با موفقیت در پایگاه داده انتقال داده شد.

۳-۴ امید ریاضی و برآورد هزینه

در نظریه احتمالات امید ریاضی یک متغیر تصادفی گسسته برابر است با مجموع حاصل ضرب احتمال وقوع هر یک از حالات ممکن در مقدار آن حالت. امید ریاضی یک متغیر تصادفی به صورت زیر تعریف می شود:

$$E[X] = \int x f_X(x) dx \quad (۴-۰)$$

که در آن $f_X(x)$ تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی X است. برای متغیرهای تصادفی گسسته تعریف بالا به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\mathbb{E}[X] = \sum_{i=1}^n x_i p_X(x_i) \quad (۵-۰)$$

فصل ۴ : تجزیہ و تحلیل نتائج پژوهش

۴-۱ مقدمه

مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده نحوه تجزیه و تحلیل، الگوی تحلیلی ساخته شده توسط محقق و روش انتخابی تجزیه و تحلیل است. الگوی تحلیلی که روش انتخابی برای تجزیه و تحلیل با توجه به آن انتخاب می‌شود، مشخص می‌کند چه اطلاعاتی و چگونه تجزیه و تحلیل شوند. روش یا روش‌های تجزیه و تحلیل تحقیق با توجه به اهداف، فرضیه‌ها و الگوی تحلیلی آن انتخاب می‌شوند. در ضمن به کارگیری ابزار مختلف در تجزیه و تحلیل نیز می‌تواند در دقت کار روش تجزیه و تحلیل موثر باشد. یعنی ضمن استفاده از بهترین روش، باید آن را همراه مناسب‌ترین ابزار به کار برد، زیرا انتخاب روش و ابزار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل، به طور کامل به روش‌ها و ابزار بستگی دارد. [قدسی‌پور، ۱۳۸۱]

در این پژوهش از تکنیک‌های داده‌کاوی استفاده شده است. ابتدا از روش کاوش قوانین وابستگی برای شناسایی روابط بین آیتم‌ها و استخراج قانون استفاده شده و سپس با استفاده از روابط مربوط به امید ریاضی، میزان صرفه‌جویی حاصل از استفاده از قوانین کشف شده محاسبه شده است.

۴-۲ آمار توصیفی

داده‌های این پژوهش از شرکت راه‌آهن ایران و اداره کل راه‌آهن شمال شرق ۱ دریافت گردید. در مرحله اولیه، داده‌های دریافت شده از شرکت راه‌آهن، جدولی با ۱۲۲۹۸ داده می‌باشد. این داده‌ها مربوط به کلیه گزارش‌های خرابی‌ها، توقف‌ها و مشکلات به وجود آمده در حین سیر قطارها می‌باشد. از جمله می‌توان به خرابی‌های خط، خطاهای راهبری، مشکلات سیر و حرکت و برخورد به موانع موجود در مسیر اشاره نمود. از آنجایی که در این پژوهش، هدف بررسی خرابی‌های لکوموتیوهای زیمنس می‌باشد، داده‌ها فیلتر شده و فقط داده‌های مربوط به خرابی‌های لکوموتیوهای زیمنس انتخاب شد. پس از فیلتر جدول اولیه و انتخاب داده‌ها، جدولی با ۹۸۳ داده تهیه شد.

۳-۴ آماده‌سازی داده‌ها

با توجه به این که نرم‌افزارهای تحلیلی داده‌کاوی انواع مشخصی از داده‌ها را می‌توانند به عنوان ورودی بپذیرند، قبل از شروع فرآیند داده‌کاوی داده‌ها جهت ورود به نرم‌افزار آماده‌سازی شدند. در فصل قبل جداول مربوط به کدهای تعیین شده برای داده‌ها ارائه گردید. از آن جا که شماره آلارم‌ها برای ورود به نرم‌افزار مشکلی نداشتند، نیازی به کدگذاری نداشته و همان شماره آلارم‌ها وارد نرم‌افزار SQL شدند.

۴-۴ پیاده‌سازی روش کاوش قوانین وابستگی با الگوریتم اپریوری

در این قسمت با استفاده از نرم‌افزار SQL Server، الگوریتم اپریوری بر روی داده‌ها پیاده‌سازی شده و در ادامه آورده شده است.

۱-۴-۴ مرحله اول

در اولین گام، تعداد تکرار آیتم‌ها با استفاده از نرم‌افزار به دست آورده شد. در این پژوهش با توجه به تعداد آیتم‌ها، میزان پشتیبان ۲ درصد در نظر گرفته شد. در نتیجه آیتم‌هایی که در ۲ درصد یا بیشتر داده‌ها تکرار شده باشند جزو آیتم‌های پرتکرار محسوب می‌گردند. در جداول ۴.۱ تا ۴.۵ آیتم‌های مختلف و میزان تکرار آن‌ها نمایش داده شده است.

جدول ۴.۱ میزان تکرار و پشتیبان آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیوهای زیرمنس

شماره آلام	تعداد تکرار	پشتیبان	شماره آلام	تعداد تکرار	پشتیبان
117	286	29.09	74	1	0.11
167	143	14.55	79	1	0.11
115	99	10.11	84	1	0.11
182	51	5.23	89	1	0.11
229	51	5.23	92	1	0.11
198	35	3.52	104	1	0.11
177	29	2.95	114	1	0.11
285	22	2.27	121	1	0.11
407	19	1.93	123	1	0.11
420	18	1.82	127	1	0.11
354	16	1.59	136	1	0.11
437	15	1.48	139	1	0.11
249	12	1.25	161	1	0.11
402	12	1.25	164	1	0.11
411	12	1.25	166	1	0.11
505	12	1.25	170	1	0.11
119	11	1.14	173	1	0.11
181	11	1.14	175	1	0.11
482	11	1.14	185	1	0.11
408	9	0.91	187	1	0.11
144	8	0.80	190	1	0.11
179	8	0.80	191	1	0.11
235	7	0.68	217	1	0.11
295	7	0.68	220	1	0.11
118	7	0.68	227	1	0.11
287	7	0.68	258	1	0.11
112	6	0.57	278	1	0.11
248	6	0.57	280	1	0.11
273	6	0.57	288	1	0.11

ادامه جدول ۴.۱ میزان تکرار و پشتیبان آلام‌های ظاهر شده در لکوموتیوهای زیمنس

پشتیبان	تعداد تکرار	شماره آلام	پشتیبان	تعداد تکرار	شماره آلام
0.11	1	297	0.45	4	131
0.11	1	332	0.45	4	145
0.11	1	348	0.45	4	186
0.11	1	359	0.45	4	290
0.11	1	363	0.45	4	401
0.11	1	367	0.45	4	132
0.11	1	385	0.34	3	105
0.11	1	391	0.34	3	279
0.11	1	412	0.34	3	298
0.11	1	419	0.34	3	307
0.11	1	422	0.34	3	375
0.11	1	427	0.34	3	386
0.11	1	428	0.34	3	513
0.11	1	431	0.23	2	122
0.11	1	432	0.23	2	125
0.11	1	433	0.23	2	128
0.11	1	435	0.23	2	130
0.11	1	438	0.23	2	137
0.11	1	468	0.23	2	236
0.11	1	469	0.23	2	274
0.11	1	480	0.23	2	330
0.11	1	491	0.23	2	423
0.11	1	507	0.23	2	441
0.11	1	512	0.11	1	4
0.11	1	515	0.11	1	44
0.11	1	517	0.11	1	54
0.11	1	520	0.11	1	60
			0.11	1	802

جدول ۴.۲ میزان تکرار و پشتیبان آثار ظاهر شده در لکوموتیوهای زیرممس

پشتیبان	تعداد تکرار	اثر
20.57	202	882
2.39	23	881
1.70	17	8814
1.70	17	884
1.36	13	889
1.25	12	883
0.91	9	8817
0.45	4	886
0.23	2	8811
0.23	2	8812
0.23	2	8813
0.23	2	8819
0.23	2	8823
0.23	2	8826
0.11	1	885
0.11	1	887
0.11	1	888
0.11	1	993
0.11	1	8810
0.11	1	8815
0.11	1	8816
0.11	1	8818
0.11	1	8820
0.11	1	8822
0.11	1	8825

جدول ۴.۳ میزان تکرار و پشتیبان ریشه خرابی‌ها در لکوموتیوهای زیمنس

پشتیبان	تعداد تکرار	ریشه خرابی‌ها
1.36	13	7718
1.25	12	774
1.02	10	777
0.68	7	775
0.68	7	773
0.57	6	7716
0.45	4	7721
0.45	4	7710
0.34	3	7723
0.34	3	7712
0.34	3	779
0.34	3	772
0.23	2	7717
0.23	2	7715
0.23	2	7714
0.23	2	778
0.11	1	7725
0.11	1	7724
0.11	1	7722
0.11	1	7720
0.11	1	7713
0.11	1	7711
0.11	1	776
0.11	1	771

جدول ۴.۴ میزان تکرار و پشتیبان وضعیت لکوموتیوهای زیمنس در طول خط

پشتیبان	تعداد تکرار	آیا در طول خط رفع عیب شده است؟
85.11	837	1
14.89	146	0

جدول ۴.۵ میزان تکرار و پشتیبان اقدامات تعمیراتی انجام شده بر روی لکوموتیوهای زیرمسن در طول خط

پشتیبان	تعداد تکرار	اقدام
18.86	185	998
17.84	175	993
9.20	90	991
3.75	37	9916
3.52	35	9912
3.41	34	9921
2.16	21	999
2.05	20	992
1.82	18	995
1.82	18	9915
1.14	11	9911
0.80	8	9910
0.68	7	9923
0.57	6	997
0.34	3	9913
0.34	3	9917
0.34	3	9925
0.34	3	9920
0.23	2	996
0.23	2	9919
0.11	1	994
0.11	1	8824
0.11	1	9914
0.11	1	9918
0.11	1	9922
0.11	1	9924
0.11	1	9926
0.11	1	9924
0.11	1	9926

۲-۴-۴ مرحله دوم

در گام دوم، تعداد تکرار جفت‌آیتم‌ها با استفاده از نرم‌افزار به‌دست آورده شد. در این مرحله نیز، با توجه به تعدد آیتم‌ها، میزان پشتیبان ۲ درصد در نظر گرفته شد. در نتیجه آیتم‌هایی که در ۲ درصد یا بیشتر داده‌ها تکرار شده باشند جزو آیتم‌های پرتکرار محسوب می‌گردند. از طرفی، میزان اطمینان ۶۰ درصد در نظر گرفته شده است. اگر جفت‌آیتمی بیشتر از میزان اطمینان و پشتیبان تکرار شده باشد، جز آیتم‌های پرتکرار محسوب می‌گردد. در جدول ۴.۶ میزان تکرار، پشتیبان و اطمینان جفت آیتم‌ها نمایش داده شده است. آیتم‌هایی که در جداول موجود نیست، تعداد تکرار آن‌ها صفر است.

۳-۴-۴ مرحله سوم

در گام بعدی، تعداد تکرار سه آیتم با یکدیگر با استفاده از نرم‌افزار به‌دست آورده شد. در این مرحله نیز، با توجه به تعدد آیتم‌ها، میزان پشتیبان ۲ درصد در نظر گرفته شد. در نتیجه آیتم‌هایی که در ۲ درصد یا بیشتر داده‌ها تکرار شده باشند جزو آیتم‌های پرتکرار محسوب می‌گردند. از طرفی، میزان اطمینان ۶۰ درصد در نظر گرفته شده است. اگر یک مجموعه سه آیتمی بیشتر از میزان اطمینان و پشتیبان تکرار شده باشد، جز آیتم‌های پرتکرار محسوب می‌گردد. در جدول ۴.۷ میزان تکرار، پشتیبان و اطمینان سه آیتم‌ها نمایش داده شده است. آیتم‌هایی که در جداول موجود نیست، تعداد تکرار آن‌ها صفر است. با توجه به این که برای چهار آیتم، هیچ مجموعه‌ای میزان پشتیبان مورد نظر را پوشش نمی‌دهد، این فرایند در همین مرحله به پایان می‌رسد.

جدول ۴.۷ میزان تکرار، پشتیبان و اطمینان سه آیتم‌ها

آیتم ۱	آیتم ۲	آیتم ۳	تعداد تکرار	پشتیبان	اطمینان
117	998	1	165	18.75	64.45
115	882	0	48	5.45	53.93
229	882	1	32	3.64	69.57

جدول ۴.۶ میزان تکرار، پشتیبان و اطمینان جفت آیتم‌ها

درصد اطمینان	اطمینان	پشتیبان	تعداد تکرار	آیتم ۲	آیتم ۱
88.67	0.89	25.80	227	1	117
100.00	1.00	18.86	166	1	998
64.45	0.64	18.75	165	998	117
99.22	0.99	14.43	127	1	167
62.43	0.62	12.84	113	1	882
100.00	1.00	9.20	81	1	991
43.65	0.44	8.98	79	991	882
83.15	0.83	8.41	74	882	115
37.57	0.38	7.73	68	0	882
61.80	0.62	6.25	55	0	115
100.00	1.00	5.23	46	1	182
100.00	1.00	5.23	46	1	229
32.03	0.32	4.66	41	993	167
38.20	0.38	3.86	34	1	115
100.00	1.00	3.75	33	1	9916
69.57	0.70	3.64	32	882	229
100.00	1.00	3.52	31	1	9912
100.00	1.00	3.41	30	1	9921
93.55	0.94	3.30	29	1	198
11.33	0.11	3.30	29	0	117
58.70	0.59	3.07	27	991	229
100.00	1.00	2.95	26	1	177
52.17	0.52	2.73	24	993	182
17.97	0.18	2.61	23	177	167
12.71	0.13	2.61	23	993	882
15.63	0.16	2.27	20	882	167
100.00	1.00	2.16	19	1	999
100.00	1.00	2.05	18	1	992
20.22	0.20	2.05	18	992	115

فصل ۵ : بحث و نتیجه گیری

۵-۱ مقدمه

مهم‌ترین مرحله در هر نوع تحقیق و پژوهش، مرحله بحث و نتیجه‌گیری است. بدیهی است که پژوهش در هر زمینه‌ای که انجام شود دارای هدف و انگیزه خاص است. لیکن آنچه مهم است نتایج و دستاوردهای حاصل از آن است که می‌توانند کاربرد پیدا کنند. نتایج و پیشنهادهای علاوه بر آن که از نظر کاربردی کردن پژوهش اهمیت دارد، در ایجاد و تقویت انگیزه در پژوهشگران و همچنین در هموار نمودن راه مطالعات و تحقیقات کاملاً موثر است. در این فصل به بررسی یافته‌های تحقیق و محدودیت‌ها پرداخته، سپس نتایج و درنهایت پیشنهادهای برای پژوهش‌های آتی در زمینه کشف الگوهای عیب‌یابی تجهیزات ارایه می‌شود.

۵-۲ نتایج حاصل شده

در این بخش نتایج حاصل شده از پژوهش، مفاهیم آن‌ها و نمودارهای مرتبط آورده شده است.

۵-۲-۱ آلارم‌ها، اثرات و اقدامات پرتکرار

در گام اول پژوهش آلارم‌ها، اثرات و اقدامات پرتکرار که حداقل میزان پشتیبان مورد نظر (۲ درصد) را دارا بودند، کشف شد. (جدول ۵.۱)

شناسایی آلارم‌ها، اثرات و اقدامات پرتکرار از جنبه‌های زیر مورد اهمیت می‌باشد:

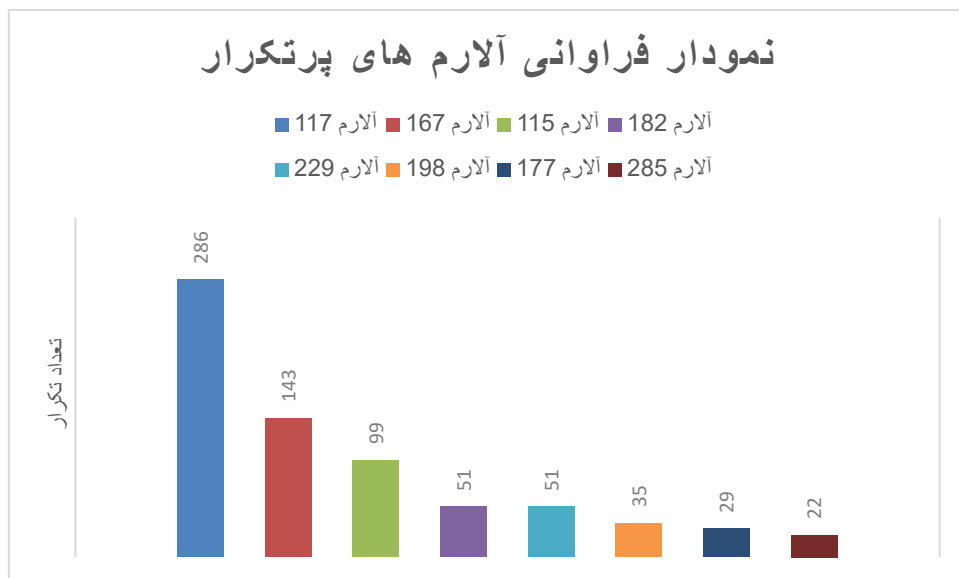
- تعداد آلارم‌های ظاهر شده در لکوموتیوها بسیار زیاد می‌باشد. در نتیجه آموزش همه‌ی آلارم‌ها به راهبران قطارها، کار دشوار و زمان‌بری می‌باشد. با شناسایی آلارم‌های پرتکرار می‌توان به صورت ویژه آموزش را متمرکز در آلارم‌ها و خرابی‌های پرتکرار نمود. به عنوان مثال می‌توان با مطالعه دقیق ۸ آلارم پرتکرار، حدود ۷۳ درصد از خرابی‌ها را شناسایی نمود.
- اقدامات تعمیراتی معمولاً بسیار متنوع بوده و آموزش همه‌ی آن‌ها به تعمیرکاران نیازمند صرف زمان و هزینه قابل توجهی می‌باشد. در نتیجه آگاهی از مهم‌ترین عملیات‌های تعمیراتی، به خصوص در زمان استخدام تعمیرکاران جدید، می‌تواند بسیار مفید و موثر واقع گردد.
- با شناسایی آلارم‌ها و خرابی‌های پرتکرار می‌توان برنامه‌ریزی لازم جهت انجام اقدامات اصلاحی

برروی لکوموتیوها را انجام داد.

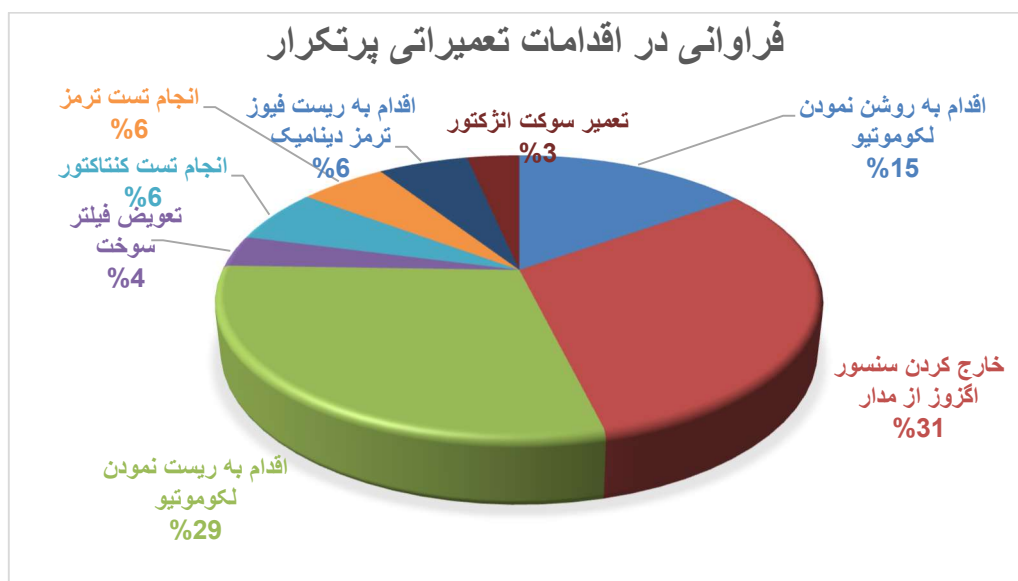
- شناسایی عیوب رایج، در برنامه‌ریزی موجودی انبار قطعات بسیار مفید خواهد بود.
- اطلاع از تعداد دفعات رفع عیب یا عدم رفع عیب لکوموتیوها در طول خط، در تصمیم‌گیری جهت تخصیص لکوموتیو ذخیره به ایستگاه‌های تشکیلاتی، تعداد آن‌ها و اعزام یا عدم اعزام تعمیرکار به طول خط جهت تعمیر لکوموتیو، موثر می‌باشد.
- با اطلاع از خرابی‌ها و آلام‌های رایج می‌توان در ایستگاه مبدا برنامه‌نت را طوری برنامه‌ریزی نمود که آن خرابی در طول خط و در هنگام سیر قطار رخ ندهد. این اقدام باعث کاهش توقف‌های خارج از برنامه قطارها و افزایش ایمنی و بهره‌وری می‌گردد.

آیتم	نوع آیتم	مفهوم آیتم	تعداد تکرار آیتم	درصد تکرار آیتم
115	آلارم	بروز ایراد جدی در موتور	89	10.11
117	آلارم	کاهش قدرت موتور	256	29.09
167	آلارم	خرابی فن مقاومت ترمز دینامیک	128	14.55
177	آلارم	از مدار خارج شدن مقاومت دینامیک	26	2.95
182	آلارم	کاهش میزان تولید هوای فشرده توسط کمپرسور	46	5.23
198	آلارم	شارژ نشدن باتری	31	3.52
229	آلارم	بروز آتش سوزی	46	5.23
285	آلارم	بروز ایراد جدی در مدار اصلی قدرت	20	2.27
882	اثر ظاهر شده	خاموش شدن لکوموتیو	181	20.57
881	اثر ظاهر شده	کندی سیر قطار	21	2.39
991	اقدام تعمیراتی	اقدام به روشن نمودن لکوموتیو	81	9.20
998	اقدام تعمیراتی	خارج کردن سنسور اگزوز از مدار	166	18.86
993	اقدام تعمیراتی	اقدام به ریست نمودن لکوموتیو	157	17.84
999	اقدام تعمیراتی	تعویض فیلتر سوخت	19	2.16
9916	اقدام تعمیراتی	انجام تست کنتاکتور	33	3.75
9921	اقدام تعمیراتی	انجام تست ترمز	30	3.41
9912	اقدام تعمیراتی	اقدام به ریست فیوز ترمز دینامیک	31	3.52
992	اقدام تعمیراتی	تعمیر سوکت انژکتور	18	2.05
1	وضعیت لکوموتیو پس از خرابی	در طول خط رفع عیب شده (گرم)	749	85.11
0	وضعیت لکوموتیو پس از خرابی	در طول خط رفع عیب نشده (سرد)	131	14.89

جدول ۵.۱ آلارم‌ها، اثرات و اقدامات پرتکرار



شکل ۵.۱ نمودار فراوانی آلارم های پرتکرار



شکل ۵.۲ فراوانی در اقدامات تعمیراتی پرتکرار

۲-۲-۵ قوانین استخراج شده

در این بخش قوانین استخراج شده با استفاده از نرم افزار، ارایه شده است. این قوانین شامل ۱۸ قانون دومولفه‌ای و ۲ قانون سه مولفه‌ای می باشد. میزان پشتیبان و اطمینان هر قانون نیز در جدول ۵.۲ نشان داده شده است.

جدول ۵.۲ قوانین استخراج شده

آیتم ۱	آیتم ۲	آیتم ۳	مفهوم	پشتیبان	اطمینان
117	1		در صورت بروز آلام ۱۱۷ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.	25.8	89
998	1		با اقدام به خارج کردن سنسور آگروز از مدار، لکوموتیو رفع عیب خواهد شد.	18.9	100
117	998		در صورت بروز آلام ۱۱۷ اقدام تعمیراتی مناسب، خارج کردن سنسور آگروز از مدار می باشد.	18.8	64
167	1		در صورت بروز آلام ۱۶۷ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.	14.4	99
882	1		در صورت خاموش شدن لکوموتیو، امکان ادامه سیر آن به صورت گرم وجود دارد.	12.8	62
991	1		در صورتی که پس از خاموش شدن لکوموتیو، اجازه روشن نمودن داده شود، امکان سیر به صورت گرم وجود دارد.	9.2	100
115	882		بروز آلام ۱۱۵ باعث خاموش شدن لکوموتیو می گردد.	8.4	83
115	0		بروز آلام ۱۱۵ باعث سرد شدن لکوموتیو در طول خط می گردد.	6.3	62
182	1		در صورت بروز آلام ۱۸۲ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.	5.2	100
229	1		در صورت بروز آلام ۲۲۹ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.	5.2	100
9916	1		با اقدام به تست کنتاکتور، لکوموتیو رفع عیب خواهد شد.	3.8	100
229	882		بروز آلام ۲۲۹ باعث خاموش شدن لکوموتیو می گردد.	3.6	70
9912	1		ریست کردن فیوز ترمز دینامیک، باعث گرم شدن لکوموتیو در طول خط خواهد شد.	3.5	100
9921	1		انجام تست ترمز باعث گرم شدن لکوموتیو در طول خط خواهد شد.	3.4	100
198	1		در صورت بروز آلام ۱۹۸ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.	3.3	94
177	1		در صورت بروز آلام ۱۷۷ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.	3.0	100
999	1		تعویض فیلتر سوخت، باعث ادامه سیر لکوموتیو به صورت گرم خواهد شد.	2.2	100
992	1		مرمت سوکت انژکتور، باعث ادامه سیر لکوموتیو به صورت گرم خواهد شد.	2.0	100
117	998	1	در صورت بروز آلام ۱۱۷ ، اقدام تعمیراتی مناسب، خارج کردن سنسور آگروز از مدار می باشد و این اقدام باعث ادامه سیر لکوموتیو به صورت گرم خواهد شد.	18.8	64
229	882	1	بروز آلام ۲۲۹ باعث خاموش شدن لکوموتیو می گردد. با روشن نمودن لکوموتیو می توان به سیر ادامه داد.	3.6	70

۳-۵ کاربرد قوانین استخراج شده

از قوانین استخراج شده در بخش قبل می‌توان در مدیریت برنامه‌ریزی سیر و حرکت قطارها، نیروی انسانی از جمله تعمیرکاران لکوموتیو، راهبران قطار و مامورین مانور و همچنین تصمیم‌گیری درخصوص اعزام یا عدم اعزام لکوموتیو امداد به طول خط استفاده نمود. به عنوان نمونه می‌توان با استفاده از قوانین ذکر شده در زیر، در هنگام بروز آلام‌های ۱۱۷، ۱۶۷، ۱۸۲، ۲۲۹، ۱۹۸ و ۱۷۷ از اعزام لکوموتیو امداد و تعمیرکار به طول خط اجتناب نمود:

- در صورت بروز آلام ۱۱۷ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.
 - در صورت بروز آلام ۱۱۷ اقدام تعمیراتی مناسب، خارج کردن سنسور اگزوز از مدار می‌باشد.
 - در صورت بروز آلام ۱۶۷ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.
 - در صورت بروز آلام ۱۸۲ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.
 - در صورت بروز آلام ۲۲۹ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.
 - با اقدام به تست کنتاکتور، لکوموتیو رفع عیب خواهد شد.
 - ریست کردن فیوز فن ترمز دینامیک، باعث گرم شدن لکوموتیو در طول خط خواهد شد.
 - انجام تست ترمز باعث گرم شدن لکوموتیو در طول خط خواهد شد.
 - در صورت بروز آلام ۱۹۸ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.
 - در صورت بروز آلام ۱۷۷ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد.
- در صورت مشاهده آلام‌های ذکر شده در بالا، تنها از طریق آموزش راهبران قطارها و راهنمایی آن‌ها با استفاده از تماس تلفنی می‌توان لکوموتیو را در طول خط گرم نمود و احتیاجی به اعزام لکوموتیو امداد و تعمیرکار به طول خط نمی‌باشد.

از طرفی، با توجه به قانون‌های زیر می‌توان این استنباط را نمود که بهتر است به محض مشاهده آلام ۱۱۵ کنترل فنی ناوگان به کنترل سیر و حرکت قطارها، واحد تعمیرات لکوموتیو و دپوی لکوموتیورانان هشدار آمادگی جهت اعزام لکوموتیو امداد و تعمیرکار را صادر نماید.

- بروز آلام ۱۱۵ باعث خاموش شدن لکوموتیو می‌گردد.
 - بروز آلام ۱۱۵ باعث سرد شدن لکوموتیو در طول خط می‌گردد.
- با استفاده از قانون‌های زیر می‌توان به نتایج قابل تاملی درخصوص آلام ۲۲۹ رسید:
- بروز آلام ۲۲۹ باعث خاموش شدن لکوموتیو می‌گردد.
 - درصورت بروز آلام ۲۲۹ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد. (با اطمینان ۱۰۰ درصد)
 - بروز آلام ۲۲۹ باعث خاموش شدن لکوموتیو می‌گردد. با روشن نمودن لکوموتیو می‌توان به سیر ادامه داد.

آلام ۲۲۹ مربوط به هشدار درخصوص آتش‌سوزی در لکوموتیو می‌باشد. قانون "درصورت بروز آلام ۲۲۹ لکوموتیو در طول خط گرم خواهد شد. (با اطمینان ۱۰۰ درصد)" نشان می‌دهد در طول سه سال گذشته تمام آلام‌های آتش‌سوزی کاذب بوده و با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده (شکل ۵.۳) می‌توان با اقدام پیش‌بینی شده در این خصوص، از خاموش شدن لکوموتیو و توقف قطار جلوگیری نمود. پس از آن می‌بایست کمک لکوموتیوران، لکوموتیو را بازدید نموده و از صحت آن اطمینان حاصل نماید.

با استفاده از قانون "درصورت بروز آلام ۱۱۷، اقدام تعمیراتی مناسب، خارج کردن سنسور اگزوز از مدار می‌باشد و این اقدام باعث ادامه سیر لکوموتیو به صورت گرم خواهد شد." می‌توان این برداشت را نمود که آلام ۱۱۷ بیشتر به دلیل خرابی سنسور اگزوز می‌باشد و با انجام اصلاحات فنی روی این سنسور، می‌توان از بسیاری از توقف‌های خارج از برنامه قطارها جلوگیری نمود.

Nr.	English
229	Smoke is detected at the brake rack.
	Diesel engine can only be started in emergency mode.
	Fire alarm brake rack
	Smoke is detected at the brake rack.
	If the button "Acknowledge Fire Alarm" at driver's desk is not pressed, the diesel engine is switched off automatically .
	Check origin of smoke and extinguish the fire if possible.
	Fire alarm can be reseted by the fire detection fault switch at auxiliary rack.
	Check whether service can be continued.
	Inform workshop.
	Smoke is detected at the brake rack.
	If the button "Acknowledge Fire Alarm" at driver's desk is not pressed, the diesel engine is switched off automatically .
	Stop locomotive at next opportunity:
	Check origin of smoke and extinguish the fire if possible.
	Fire alarm can be reseted by the fire detection fault switch at auxiliary rack.
	Check whether service can be continued.
	Inform workshop.

شکل ۵.۳ دستورالعمل شرکت سازنده در مورد آلام ۲۲۹

۵-۳-۱ تخمین میزان صرفه‌جویی اقتصادی حاصل شده در صورت استفاده از قانون‌های کشف شده

پیروی از الگوها و قوانین کشف شده علاوه بر مزیت‌هایی همچون افزایش بهره‌وری، افزایش ایمنی، افزایش رضایت مشتریان، کاهش زمان توقف خارج از برنامه قطارها و کاهش استهلاک منابع انسانی و تجهیزات سازمان، می‌تواند باعث صرفه‌جویی اقتصادی قابل ملاحظه‌ای برای سازمان گردد. با توجه به این‌که آیتم‌های پنهان و آشکار بسیاری زیادی در صنعت حمل و نقل ریلی دخیل هستند، تخمین و پیش‌بینی میزان صرفه‌جویی حاصل شده، دشوار می‌باشد. با این حال، در ادامه سعی شده است با استفاده از روابط امید ریاضی، میزان صرفه‌جویی حاصل شده در صورت استفاده از یکی از قوانین کشف شده تخمین زده شود.

قانون: بروز آلام ۲۲۹ باعث خاموش شدن لکوموتیو می‌گردد. با روشن نمودن لکوموتیو می‌توان به سیر ادامه داد.
میزان پشتیبان: ۳.۶ درصد میزان اطمینان: ۷۰ درصد

با استفاده از جداول و داده‌های خروجی از نرم‌افزار، مشخص می‌گردد که تعداد دفعات بروز آلام ۲۲۹ در طول سه سال گذشته ۴۶ بار بوده است. اگر میزان هربار توقف به طور میانگین ۲۰ دقیقه در نظر گرفته

شود و میزان خسارت وارد شده به سازمان به ازای هر دقیقه توقف قطار مبلغ ۵ میلیون ریال باشد، با استفاده از رابطه امید ریاضی و میزان احتمال ۷۰ درصد در قانون استخراج شده بالا داریم:

$$E[X] = \sum_{i=1}^n x_i p_X(x_i)$$

$$E = 0.7 * 46 * 20 * 5000000 + 0.3 * 46 * 20 * 0$$

$$E = 3220000000$$

این مبلغ اگر برای کل شبکه ریلی راه آهن جمهوری اسلامی و برای مدت ۱۰ سال در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:

$$E = 3220000000 * 0.4 * 19 * 10/3$$

$$E \approx 80000000000$$

با توجه به این که ناحیه شمال شرق ۱ از پردردترین نواحی راه آهن می باشد، در رابطه بالا از ضریب اصلاح ۰.۴ استفاده شده است تا عدد محاسبه شده به واقعیت نزدیک باشد. عدد ۱۹ نشان دهنده تعداد نواحی در سراسر ایران می باشد. عدد به دست آمده نشان می دهد با استفاده از یکی از قانون های استخراج شده و آموزش ساده به راهبران لکوموتیو، می توان در طول ۱۰ سال حداقل ۸۰ میلیارد ریال برای سازمان صرفه جویی نمود و از بسیاری از مخاطرات جلوگیری کرد. برای دیگر قوانین کشف شده نیز می توان با استفاده از همین روش، به صورت مشابه میزان صرفه جویی اقتصادی را تخمین زد.

۴-۵ پیشنهاد آتی

- از آنجا که این پژوهش فقط در محدوده اداره کل راه آهن شمال شرق ۱ و برای بازه زمانی سه ساله انجام شده است، پیشنهاد می گردد در پژوهش های آتی برای کل مناطق راه آهن ایران و برای بازه زمانی بزرگتر انجام گردد تا دقت قوانین کشف شده افزایش یابد.
- با توجه به کارایی روش مورد استفاده در این پژوهش، پیشنهاد می گردد در مورد دیگر لکوموتیو-های موجود در شبکه ریلی ایران نیز به صورت مشابه از این روش استفاده گردد.

- پیشنهاد می‌گردد در آینده قوانین استخراج شده به‌صورت جداگانه مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد و اقدامات اصلاحی مناسب بر روی لکوموتیوها انجام شود. و یا برای نیروی انسانی شاغل در راه‌آهن، برنامه‌ریزی آموزشی متناسب با قوانین در نظر گرفته شود.

۵-۵ محدودیت‌های پژوهش

- با توجه به این‌که روش این پژوهش به‌نحوی بوده که می‌بایست همه داده‌ها به صورت عددی باشند، فرایند آماده‌سازی داده‌ها زمان‌بر و مشکل بوده است.
- فعالیت علمی مشابه در زمینه پژوهش بسیار کم بوده است.
- در بسیاری از موارد برآورد میزان دقیق هزینه و خسارت در صنعت حمل‌ونقل ریلی ممکن نمی‌باشد. در نتیجه امکان محاسبه میزان دقیق صرفه‌جویی حاصل از استفاده از قانون‌های کشف شده، وجود نداشته و میزان محاسبه شده تخمینی می‌باشد.

افتخاریان، ح. (۱۳۸۷)، "نگهداری بهره ور جامع" جلد اول، چاپ اول، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، تهران.

اسدی، ر. (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد: "مقدمه ای بر داده کاوی و اکتشاف دانش"، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت

جی. ای. گل، (۱۳۷۴)، "تئوری های فرآیند مدیریت"، جلد اول، مترجم سهراب خلیلی شورینی، مرکز آموزش مدیریت دولتی، تهران.

حاج شیر محمدی، ع. (۱۳۹۸)، "برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری (مدیریت فنی در صنایع)" جلد اول، چاپ بیست و سوم، انتشارات ارکان دانش، تهران.

سید حسینی، م. (۱۳۹۰)، "برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات" جلد اول، چاپ چهارم، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، تهران.

قدسی پور، ح. (۱۳۸۱)، "مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره" جلد اول، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، تهران.

- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). *Fast algorithms for mining association rules*. Paper presented at the Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB.
- Baohui, J., Yuxin, W., & Zheng-qing, Y. (2011). *The research of data mining in ahm technology based on association rule*. Paper presented at the 2011 Prognostics and System Health Managment Confernece.
- Bin, Z., & Wensheng, X. (2015). *An Improved Algorithm for High Speed Train's Maintenance Data Mining Based on MapReduce*. Paper presented at the 2015 International Conference on Cloud Computing and Big Data (CCBD).
- Budai, G., Huisman, D., & Dekker, R. (2006). Scheduling preventive railway maintenance activities. *Journal of the Operational Research Society*, 57(9), 1035-1044 .
- Choudhary, A. K., Harding, J. A & .Tiwari, M. K. (2009). Data mining in manufacturing: a review based on the kind of knowledge. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(5), 501 .
- Djatna, T., & Alitu, I. M. (2015). An application of association rule mining in total productive maintenance strategy: an analysis and modelling in wooden door manufacturing industry. *Procedia Manufacturing*, 4, 336-343 .

- Durazo-Cardenas, I., Starr, A., Turner, C. J., Tiwari, A., Kirkwood, L., Bevilacqua, M., . . . Xu, Y. (2018). An autonomous system for maintenance scheduling data-rich complex infrastructure: Fusing the railways' condition, planning and cost. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 89, 234-253 .
- Glawar, R., Kemeny, Z., Nemeth, T., Matyas, K., Monostori, L., & Sihn, W. (2016). A holistic approach for quality oriented maintenance planning supported by data mining methods. *Procedia CIRP*, 57, 259-264 .
- Grabot, B. (2018). Rule mining in maintenance: Analysing large knowledge bases. *Computers & Industrial Engineering* .
- Harding, J., Shahbaz, M., & Kusiak, A. (2006). Data mining in manufacturing: a review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 128(4), 969-976 .
- Kajko-Mattsson, M., Forssander, S., & Olsson, U. (2001). *Corrective maintenance maturity model (CM/sup 3/): maintainer's education and training*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering. ICSE 2001.
- Kang, K., & Subramaniam, V. (2018). Integrated control policy of production and preventive maintenance for a deteriorating manufacturing system. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 266-277 .
- Köksal, G., Batmaz, İ., & Testik, M. C. (2011). A review of data mining applications for quality improvement in manufacturing industry. *Expert systems with Applications*, 38. 13467-13488 ,(10)
- Lidén, T., Kalinowski, T., & Waterer, H. (2018). Resource considerations for integrated planning of railway traffic and maintenance windows. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 8(1), 1-15 .
- Maquee, A., Shojaie, A. A., & Mosaddar, D. (2012). Clustering and association rules in analyzing the efficiency of maintenance system of an urban bus network. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 3(3), 175-183 .
- Mitchell, A. (2005). *Spatial measurements & statistics*: ESRI Press.
- Quinlan, J. (1993). C4. 5: Programs for machine learning. Morgan Kaufmann, San Francisco. *C4. 5: Programs for machine learning. Morgan Kaufmann, San Francisco* .-
- Rasch, A. A. (2000). *Erfolgspotential Instandhaltung: Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements* (Vol. 21): Erich Schmidt Verlag GmbH & Co KG.
- Ruschel, E., Santos, E. A. P., & Loures, E. d. F. R. (2017). Industrial maintenance decision-making: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 45, 180-194 .
- Xiong, L. (2001). Data mining: concepts and techniques .
- Young, T., Fehskens, M., Pujara, P., Burger, M., & Edwards, G. (2010). *Utilizing data mining to influence maintenance actions*. Paper presented at the 2010 IEEE AUTOTESTCON.
- Zhang, Y., D'Ariano, A., He, B., & Peng, Q. (2019). Microscopic optimization model and algorithm for integrating train timetabling and track maintenance task scheduling. *Transportation Research Part B: Methodological*, 127, 237-278 .

Abstract

Railway is one of the basic economic and communication infrastructures of cities and countries. The role that railways play in the exchange of goods and passengers, is very important in the economic prosperity of countries and the provision of facilities for citizens. One of the main concerns of managers is to increase productivity by reducing costs, as the costs of constructing lines, supplying the railway fleet, and carrying out maintenance and repair activities in railways are very high. Due to the advancement of technology in recent years, the volume of information stored and maintained in organizations is increasing day by day. In a way that can be used using various methods, including methods based on data mining, the patterns and rules contained in this data and used to improve organizations.

Using data mining technique, the present study discovers meaningful rules of data from locomotives, as a complex technical system, with the aim of improving the efficiency of the troubleshooting process. In this research, the method of association rule mining using Apriori algorithm has been used. Association rule mining makes it possible to extract patterns and discover rules and relationships between items in a database.

The result of this research is the discovery of 20 frequent incidents in passenger locomotives, 18 cases of two-component law and 2 cases of three-component law that can be used in training railway operational personnel of the Islamic Republic of Iran (especially train drivers and locomotive repairmen), the process of troubleshooting and repairing locomotives, reducing off-schedule stops and reducing rail costs are very effective.

.....

Keywords: Rail Industry, Locomotive, Maintenance, Troubleshooting Patterns, Data Mining, Association rule mining



Shahrood University of
Technology

Faculty of Management

M.A. Thesis in management group

Pattern Analysis of Failure Detection Based on the Machine Performance Data (Case Study: Rail Industry)

By: Seyyed Mojtaba Mortazavifar

Supervisor:
Dr. Aliakbar Hasani

October 2020