کشف الگوهای پنهان و مفید از داده‌های سامانه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات، با پیش‌بینی هزینه‌ها و نقاط پرت

مصطفی یوسفی طزرجان[1*]، سعید رمضانی[2]

دانشگاه جامع علمی کاربردی دانشگاه جامع امام حسین (ع)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸

چکیده

پس از گذشت چند سال از پیاده‌سازی نرم‌افزارهای مدیریت نت (CMMS)[3]، ارائه تحلیل‌های مستدل از داده‌های جمع‌آوری شده در این سامانه‌ها، نه تنها ضروری است، بلکه در این حوزه رمز ادامه حیات سیستم‌های نرم‌افزاری نیز خواهد بود. استفاده از داده‌های خرابی و هزینه‌ای تجهیزات، می‌تواند علاوه بر شناخت نارسایی‌ها در پیاده‌سازی سیستم‌های نت، در تعیین الگوهای مطلوب و نامطلوب نت تجهیزات، نقش کلیدی ایفا کند. تشخیص روند خرابی‌ها و عوامل مؤثر در آن مانند نوع مأموریت و شرایط جغرافیایی کیفیت قطعات و ... به دسته‌بندی بهتر خرابی تجهیزات و تعیین نرم‌های هزینه‌ای مبتنی بر نوع مأموریت یگان‌ها کمک خواهد نمود و در نهایت مدیران را برای اتخاذ تصمیم‌های مناسب، با دقت بیشتری یاری خواهد کرد و باعث ارائه پیشنهادهای بهبود برای سامانه‌های مورد استفاده و مدیران تصمیم‌گیر خواهد شد.

داده‌کاوی می‌تواند با ارائه تصویری از شاخص‌های مؤثر بر آمادگی تجهیزات، وضعیت تجهیزات را از نظر نگهداری و تعمیرات نمایش دهد. از این تصویر در برآورد هزینه‌های نگهداری و تعمیرات و بودجه‌های تعمیراتی می‌توان استفاده نمود. همچنین با دانستن اینکه خرابی‌های خاص، معمولاً در چه عمرهایی و تحت چه شرایطی اتفاق می‌افتد، می‌توان برای برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات و ارزیابی نقاط قوت و ضعف در یگان/رده‌ها استفاده نمود. این موضوع در اجرای اقدامات پیرامون آموزش و فرهنگ‌سازی در نگهداری و تعمیرات نیز مؤثر خواهد بود، زیرا فرماندهان و کارشناسان با در اختیار داشتن این تحلیل‌ها در نگهداری و استفاده از تجهیزات، دقت بیشتری خواهند کرد.

در این مقاله ضمن معرفی برخی از کاربردهای داده‌کاوی در نگهداری و تعمیرات سعی شده است در قالب مطالعه موردی روی داده‌های برخی از تجهیزات دفاعی با استفاده از داده‌کاوی، قواعد پنهان موجود در داده‌های سیستم‌های نرم‌افزاری نگهداری و تعمیرات را کشف نمود. با توجه به مدل‌های خوشه‌بندی داده‌های مورد مطالعه، شبکه عصبی، درخت‌های تصمیم‌گیری، مصورسازی و آمار توصیفی تحلیل شده و برخی از نتایج آن بیان شده است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد الگوهای خاصی متناسب با نوع مأموریت و نحوه استفاده از تجهیزات در تعداد و هزینه خرابی‌ها وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات، داده‌کاوی، شبکه عصبی، استخراج قواعد، سیستم پشتیبان تصمیم.

۱- مقدمه

بسیاری از سازمان‌ها برای سیستم‌های مختلف خود، پایگاه داده ایجاد می‌کنند. این پایگاه داده‌ها می‌تواند برای کارشناسان جهت توصیف وضعیت کنونی سازمان و در نهایت جهت تصمیم‌گیری‌های راهبردی مفید باشد. از این‌رو داده‌کاوی یا کشف و استخراج سریع و دقیق اطلاعات با ارزش از این پایگاه‌های داده، ازجمله مواردی است که هر سازمان برای دستیابی به اهداف خود به آن نیاز دارد. داده‌کاوی دانش را از داده‌ها استخراج می‌کند و با تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها، الگوها شناسایی می‌شود.

از هزینه‌های اصلی چرخه عمر می‌توان به هزینه‌های نگهداری و تعمیرات و از رده خارج کردن و جایگزینی تجهیزات اشاره کرد. لذا سازمان باید به‌جای اینکه فقط

۱*- عضو هیأت علمی دانشگاه جامع علمی کاربردی، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: yousofi@uast.ac.ir، کرج، جهانشهر، بلوار مولانا، بین خیابان کسری شمالی و فرمانداری شمالی، قطعه ۱۳۹۷، ساختمان نیلوفر، دانشگاه جامع علمی کاربردی واحد استانی البرز.

۲- عضو هیأت علمی دانشکده فنی و مهندسی و مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی دانشگاه جامع امام حسین (ع)، پست‌الکترونیکی: ramezani_sr@ind.iust.ac.ir

3- Computerize Maintenance Management System

هزینه‌های اولیه محصول را در تصمیم‌گیری‌های خود در نظر بگیرد، به هزینه‌هایی هم که در آینده در ارتباط با آن محصول روی خواهد داد، توجه کرده و از طریق پیش‌بینی و تخمین این نوع هزینه‌ها بتواند تصمیمات صحیح‌تری اتخاذ کند. هزینه‌های خرید و هزینه‌های جانبی کالاهای سرمایه‌ای در سازمان‌های دفاعی، بسیار بالا است. در سیستم‌های نظامی، گاهی تا ۷۰ درصد هزینه‌های چرخه عمر را فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات تشکیل می‌دهند و بسته به نوع تجهیزات، هزینه مالکیت تجهیز در طول عمر آن بین ۱۰ تا ۱۰۰ برابر هزینه خرید اولیه آن، بسته به نوع صنعت، می‌تواند متغیر باشد [۱].

طی سالیان گذشته، با توجه به توسعه سامانه‌هایی در موضوعات مختلف لجستیکی مانند نگهداری و تعمیرات، انبارداری، کنترل اموال، ارزیابی آمادگی و ... اطلاعات زیادی در آنها ثبت شده است. لذا مدیران عالی باید بتوانند عوامل مؤثر بر خرابی تجهیزات و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را در راستای افزایش میزان آمادگی آنها، مدیریت نمایند. همچنین زمان و نحوه مناسب نگهداری و تعمیرات را به‌طوری‌که بیشترین منافع و کمترین هزینه را برای سازمان در بر داشته باشد، تعیین کنند. برای رسیدن به جواب این سؤالات و شناخت مشکلات، موارد پراهمیت، خرابی‌های بسیار پرهزینه و الگوهای موجود در روند نگهداری و تعمیرات تجهیزات می‌توان از داده‌های جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزارهای کاربردی سازمان استفاده کرد. این داده‌ها می‌توانند علاوه بر موضوع اصلی خودشان و استفاده‌ای که از آنها شده است، به سازمان در شناسایی روندهای خرابی، آمادگی و هزینه تجهیزات کمک نمایند. در نتیجه، بهبود تصمیم‌ها و شناسایی تخلف‌ها و اشتباه‌های احتمالی، دسته‌بندی تجهیزات و ارزیابی یگان‌ها به نحو مناسب و کمک به مدیران برای اتخاذ تصمیم‌های مناسب را به دنبال دارد. از سوی دیگر می‌تواند نکات اصلاحی را برای بهینه‌تر شدن سامانه‌های مزبور پیشنهاد داده و موجب ارتقاء کارایی سامانه نت مکانیزه شود.

در این مقاله سعی شده الگوهای هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات شناسایی و مدل هوشمندی برای پیش‌بینی هزینه‌ها در تجهیزات مورد مطالعه، ارائه شود. بعد از کشف الگوها و رابطه‌ها، از بین آنها الگوهای جالب، مفید و غیر بدیهی شناسایی می‌شود. سرانجام با مراجعه به خبرگان و متخصصان، علت این رابطه‌ها و الگوها شناسایی و تحلیل می‌شود. این الگوها ابزار مناسبی برای پیش‌بینی و تصمیم‌سازی خواهد بود.

۲- داده‌کاوی

داده‌های زیادی در اجرای نرم‌افزارهای مدیریت نت (CMMS)، جمع‌آوری شده است [۲]. فناوری‌های زیادی برای جمع‌آوری و ذخیره داده‌ها وجود دارند که منجر به تولید حجم عظیمی از داده‌ها و رشد سریع هر ساله آنها می‌شود. سیستم‌های پایگاه داده با فراهم کردن ابزارها و روش‌های علمی، بستر لازم برای مدیریت و دسترسی سیستماتیک و مؤثر به این حجم از داده را تسهیل کرده‌اند. داده‌کاوی فرآیند تحلیل حجم زیادی از داده‌ها به‌منظور استخراج اطلاعات مفید، با اهمیت، الگوها و قوانین با معنی، با استفاده از ابزارهای پیشرفته خودکار و نیمه خودکار است. "داده‌کاوی فرآیند کشف روابط ناشناخته و الگوها در داده است". طبق نظریه بری و لینوف[1] [۲] داده‌کاوی پل ارتباطی میان علم آمار، علم کامپیوتر، هوش مصنوعی، الگوشناسی، فراگیری ماشین و مصورسازی است. امروزه، اکثر سازمان‌ها از لحاظ داده‌ها بسیار غنی می‌باشند، چرا که آنها حجم عظیم و روزافزون داده‌ها را ذخیره نموده‌اند. عموماً سازمان‌ها از این کوه داده‌ها برای ارائه آمار و گزارش‌ها استفاده می‌کنند. داده‌کاوی فرآیند استخراج دانش از داده‌ها است. این امر از طریق کشف الگوهای موجود در داده‌ها انجام می‌گیرد[۳و۴]. داده‌ها اغلب حجیم می‌باشند و به‌تنهایی قابل استفاده نیستند، بلکه دانش نهفته در داده‌ها قابل استفاده است؛ بنابراین بهره‌گیری از قدرت فرآیند داده‌کاوی جهت شناسایی الگوها و مدل‌ها و نیز ارتباط عناصر مختلف در پایگاه داده جهت کشف دانش نهفته در داده‌ها و نهایتاً تبدیل داده به اطلاعات ضروری است [۷ و ۶،۵]. داده‌کاوی برای افراد و شرکت‌هایی که بخواهند حجم زیادی داده را تجزیه‌وتحلیل کنند و روندها و الگوهای مفید موجود در آنها را کشف کنند، مفید است. با داده‌کاوی می‌توان به سؤالاتی از این دست پاسخ داد که: "در ماه آینده الگوهای خرابی و هزینه تعمیراتی در هر یک از رده‌های سازمانی، چگونه و چرا تغییر می‌کند؟ پیچیدگی فرآیندهای سازمانی، هزینه‌های بالای عملیات و وسعت تشکیلات سازمانی، لزوم شیوه‌های تصمیم‌گیری مناسب و اخذ تصمیمات مستدل را برای مدیران روشن می‌سازد. مدیران

1- Berry and Linoff

نیازمند ابزاری کارا، مطمئن و علمی برای یاری آنان در انجام تصمیمات هستند. ابزارهای کمی و ابزارهای ریاضی در این راستا کارساز و ثمربخش است. ابزارهای داده‌کاوی، ضمن پیشگویی رفتارها و روندهای آینده، مدیران را در تصمیم‌گیری مناسب یاری می‌کنند. ابزارهای داده‌کاوی می‌تواند به سؤالاتی که در گذشته، زمان زیادی برای جوابگوئی به آنها لازم بود، پاسخ دهد.

۲-۱- ویژگی‌های داده‌کاوی

ویژگی‌های منحصربه‌فرد داده‌کاوی را می‌توان به‌صورت زیر برشمرد[۸]:

- نه فقط بر فاز تحلیل، بلکه بر طراحی، مطالعه و جمع‌آوری داده نیز تأکید و تأثیر دارد.
- داده‌کاوی طی سؤالات مشخص و پیچیده، پاسخ‌های دقیق و واضح را از داده‌های جمع‌آوری شده استخراج می‌کند.
- مزیت اصلی و تفاوت آنها با سایر تکنیک‌ها در این است که به‌جای ارائه راه‌حل کلی، پاسخ‌های دقیق متناسب با هدف را در اختیار محقق قرار می‌دهد.
- در یک مدل تحلیل حساسیت، امکان سنجش اثر متغیرهای مستقل را بر متغیرهای وابسته فراهم می‌کند.
- به مدیران کمک می‌کند که تأثیر سناریوهای آتی را مورد ارزیابی قرار داده و با مدل‌سازی گزینه‌های متعدد و کمک به تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت به انتخاب مسیر صحیح بپردازند.
- حجم بسیار وسیع داده‌ها را به‌گونه‌ای مؤثر خلاصه می‌کنند و از افزونگی اطلاعات می‌کاهند. این آنالیزها می‌توانند اطلاعات را به مهم‌ترین فاکتورها و متغیرها خلاصه نمایند و یا با خوشه‌بندی، اطلاعات را به بخش‌های مختلف تقسیم‌بندی کنند.

این قابلیت‌ها به‌عنوان یکی از ملزومات آنالیز محیط‌های آشفته که پیچیدگی و تعدد عوامل، پیش‌بینی آن را عملاً غیرممکن می‌سازد، تبدیل گشته است.

۲-۲- ابزارهای داده‌کاوی

داده‌کاوی اطلاعات را استخراج نموده و داده‌ها را به دانش حیاتی و مهم در ارتباط با کسب و کار تبدیل می‌نماید. این ابزارها سایر سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری را کامل نموده و گاه جایگزین آنها می‌گردند.

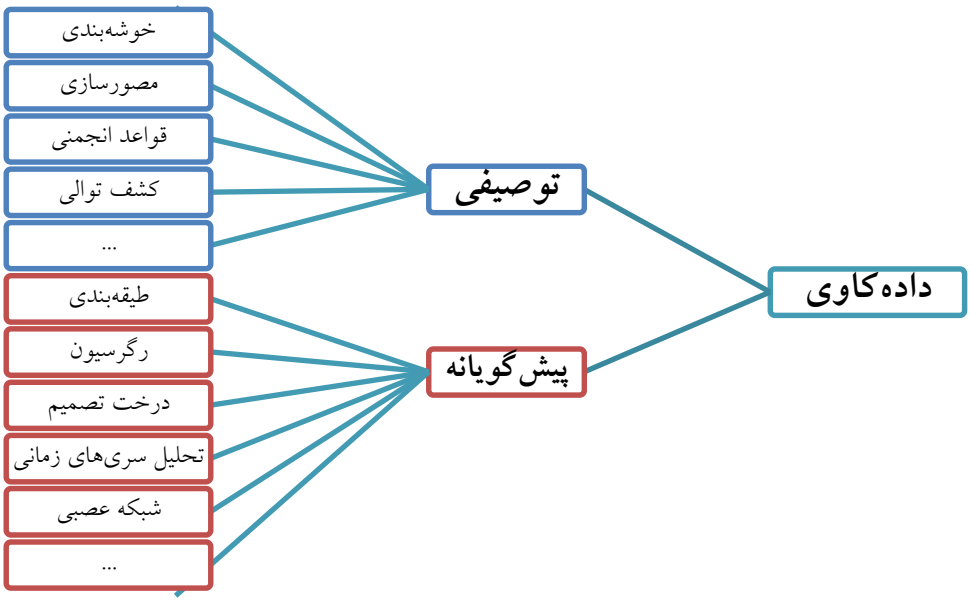
در یک طبقه‌بندی کلی، داده‌کاوی به دو نوع توصیفی و پیش‌گویانه تقسیم می‌شود. داده‌کاوی توصیفی یا توصیف‌کننده، اطلاعات جدید و غیربدیهی را بر اساس مجموعه داده‌های موجود ارائه می‌دهد. در این روش، هدف کلی به‌دست آوردن شناخت توصیفی از سیستم‌های تجزیه‌وتحلیل شده توسط الگوها و روابط بین داده‌های انباره داده‌ها[1] تحت عناوینی مثل کشف الگوی ترتیبی، کشف قانون وابستگی و خوشه‌بندی می‌باشد. داده‌کاوی پیش‌گویانه مدلی از سیستم را ارائه می‌دهد که شامل به‌کارگیری متغییرها و فیلدها در انباره داده‌ها جهت پیشگویی مقادیر ناشناخته است. در داده‌کاوی پیش‌گویانه هدف کلی داده‌کاوی ایجاد مدلی است که به‌عنوان یک برنامه، می‌توان از آن برای طبقه‌بندی و تشخیص و کشف خطا استفاده کرد. شکل (۱) طبقه‌بندی داده‌کاوی را نشان می‌دهد.

۲-۳- فرآیند داده‌کاوی

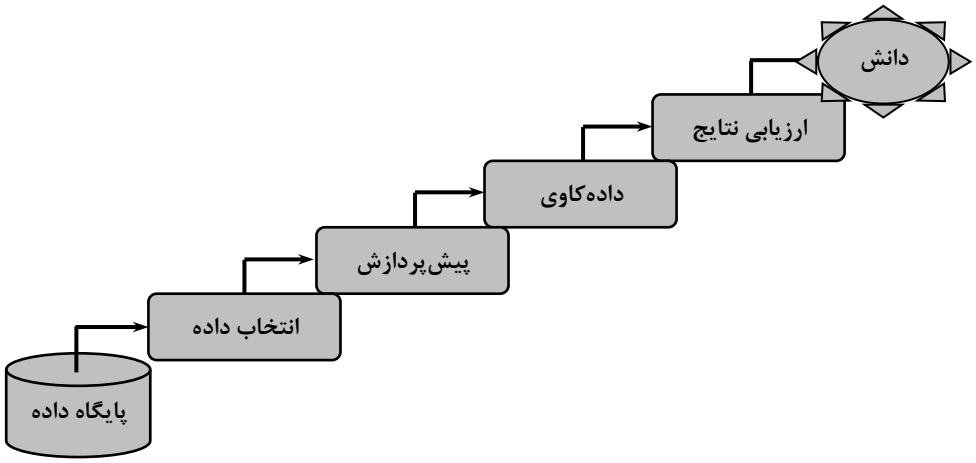
در فرآیند داده‌کاوی، با توجه به متغیرها و اهداف داده‌کاوی، از ابزارها و روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. متغیرها می‌توانند وابسته یا مستقل، گسسته یا پیوسته بوده و با مقیاس‌های اسمی، فاصله‌ای، رتبه‌ای و یا نسبی اندازه‌گیری شده باشند. با توجه به اهداف داده‌کاوی، روش‌های گزارش‌دهی و پردازش تحلیل برخط، مدل‌سازی مبتنی بر نظریه و مدل‌سازی مبتنی بر داده، وجود دارند.

عمده‌ترین روش و وجه تمایز داده‌کاوی، مدل‌سازی مبتنی بر داده، محسوب می‌شود. در این تحقیق بیشتر از مدل‌سازی مبتنی بر داده استفاده شده است. از تکنیک‌های این روش طبقه‌بندی و پیشگویی می‌توان به خوشه‌یابی، مصورسازی داده‌ها، شبکه‌های عصبی، قواعد جمعی، درخت تصمیم‌گیری و... اشاره کرد. با استفاده از این روش‌ها دانش پنهان در داده‌ها کشف می‌شود [۵]. در مسائل واقعی چندین متغیر به‌طور هم‌زمان بر پاسخ تأثیر می‌گذارند، از این‌رو آنالیزهای چندمتغیره جواب‌های دقیق‌تری را فراهم می‌کنند. در شکل (۲) فرآیند کشف دانش از پایگاه داده‌ها ارائه شده است [۶].

1- Data Warehouse



شکل (۱): طبقه‌بندی داده‌کاوی



شکل (۲): فرآیند تبدیل داده به دانش

مهم‌ترین مرحله فرآیند کشف دانش از پایگاه داده‌ها، داده‌کاوی است. فرآیند کشف دانش در مراحلی به‌صورت تکرارشونده صورت می‌گیرد. داده‌های خام از منابع مختلف جمع‌آوری شده و پس از استخراج به انبار داده‌ها وارد می‌شوند. در بخش مهیاسازی داده‌ها، داده‌ها از انبار خارج شده و به‌صورت یک فرمت مناسب برای داده‌کاوی درمی‌آیند. در بخش کشف الگو با روش‌های داده‌کاوی الگوریتم‌هایی استخراج شده و از این الگوریتم‌ها برای ساخت الگو استفاده می‌شود. در بخش تجزیه‌وتحلیل الگو، الگوها به یک دانش مفید و قابل استفاده تبدیل می‌شوند و پس از بهبود آنها، الگوهایی که کارا محسوب می‌شوند در یک سیستم اجرایی به‌کار گرفته خواهند شد. موفقیت در هر مرحله از داده‌کاوی به‌طور کامل متأثر از گام‌های قبل می‌باشد، به‌گونه‌ای که اگر هر کدام از مراحل قبلی به درستی انجام نپذیرد، نتایج حاصل از داده‌کاوی نه تنها ممکن است مفید نباشد، بلکه ممکن است گمراه کننده هم باشد.

۳- کاربردهای داده‌کاوی در لجستیک و به‌طور خاص در نگهداری و تعمیرات

داده‌کاوی، به مفهوم جستجوی معنا در حجم‌های بزرگ داده است. هر چند داده‌کاوی می‌تواند بر پایگاه داده عملیاتی اجرا شود، اما ضروری است که حجم‌هایی از داده‌ها از بازارهای داده[۱] یا انبار داده[۲] گرفته شود. سرعت‌های

۱- Data Marts: بازار داده یک مقیاس کوچک از انبار داده‌هاست.

۲- Data Warehousing: مخازن مقادیر عظیمی از داده‌های تاریخی و عملیاتی مشتری

پردازش بالا و هزینه‌های کم ذخیره‌سازی، داده‌کاوی را به‌صرفه ساخته است. داده‌کاوی می‌تواند برای سؤالات متصور در زمینه‌های مختلف لجستیک و مدیریت تجهیزات، جواب‌هایی را ارائه دهد. برای مثال سؤالاتی مانند:

- نرم هزینه‌های تجهیزات در مناطق مختلف چگونه است؟
- چگونه می‌توان هزینه‌های عمده تعمیراتی گروه‌های مختلف تجهیزاتی را شناسایی کرد؟
- کدام تجهیزات دارای پتانسیل هزینه بالاتری در سال‌های آینده هستند؟
- کدام نوع تجهیزات، کاراتر و به‌صرفه‌تر هستند؟
- برای هر کدام از این دسته‌بندی‌ها در حوزه‌های تجهیزاتی، چه نرم‌های تعمیراتی معتبر است؟
- چگونه می‌توان الگوها، نرم‌ها و استانداردها را بر پایه تحلیل سوابق نت متناسب با شرایط هر بخش، تعیین کرد؟
- چگونه می‌توان، فرآیند تعیین تکلیف و خرید تجهیزات را با استفاده از تحلیل داده‌های موجود در سامانه‌ها به شکلی هدفمند، با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، هدایت نمود؟
- چه الگوهایی در خرابی‌ها و هزینه‌ها وجود دارد؟
- تجهیزات را چگونه می‌توان با توجه به شاخص‌های آمادگی و شرایط به‌کارگیری و محیطی دسته‌بندی نمود؟
- چه عواملی بر آمادگی تجهیزات تأثیرگذار است و چگونه می‌توان با توجه به این عوامل آمادگی تجهیزات را برای یک دوره بعد در یک رده خاص، پیش‌بینی نمود؟
- چگونه می‌توان از تحلیل داده‌های آمادگی تجهیزات، به برآورد و تخصیص بهینه هزینه‌های تعمیراتی کمک نمود؟ و چگونه از هر دوی این موارد می‌توان راهکاری در جهت ارتقاء آمادگی تجهیزات یافت؟
- چگونه می‌توان رده‌ها را از نظر نیاز به تجهیزات در خوشه‌های مشخص دسته‌بندی نمود؟
- چه اقداماتی در اصلاح فیلدهای اطلاعاتی سامانه‌های نت در جهت توسعه تحلیل داده‌ای می‌توان پیشنهاد کرد؟
- چگونه می‌توان از نقاط قوت به‌عنوان فرصت در اصلاح سامانه‌های نت و ارتقاء سطح به‌کارگیری آنها استفاده کرد؟
- آیا به‌طور کل می‌توان از داده‌های پیش رو، تحلیل‌های معتبری را استخراج نمود؟ در چه شرایطی می‌توان رضایت نسبی از سطح اعتبار داده‌ها داشت؟
- چگونه در فرآیندهای لجستیکی، تحلیل اطلاعات حاصل از داده‌های بانک‌های سامانه‌ها می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری فرماندهان و مدیران کمک نماید؟

داده‌کاوی به مدیریت فرآیندهای لجستیک اعم از خرید، نت، تعیین تکلیف و ... کمک می‌کند. با داده‌کاوی می‌توان وابستگی‌های بین داده‌ها را شناسایی کرد. برای مثال داده‌کاوی می‌تواند نشان دهد رده‌هایی که در شرایط عملیاتی خاص قرار دارند یا با شرایط خاص محیطی از نظر عوارض زمین مواجه هستند، دارای هزینه‌های تعمیراتی بیشتری خواهند بود؛ اما اگر رده‌ای دارای این شرایط نباشد و در عین حال هزینه‌های تعمیراتی آن در برخی اقلام به‌طور غیرعادی بالاتر از نرم باشد، آن وقت باید مورد تحلیل قرار گیرد و علل ریشه‌ای آن کشف و برطرف گردد. با توجه به وجود بانک‌های اطلاعاتی از سوابق به‌کارگیری و نگهداری تجهیزات، می‌توان از داده‌کاوی برای تشخیص عوامل مهمی همچون از رده خارج کردن تجهیزات و تصمیم‌گیری در خصوص نحوه و زمان مناسب جایگزینی، فروش و اسقاط تجهیزات استفاده نمود. با توجه به ثبت عمر و سال ساخت تجهیزات در سامانه‌های نت و در نظر گرفتن شرایط به‌کارگیری، می‌توان از داده‌کاوی برای تخمین عمر مفید تجهیزات و انجام برنامه‌ریزی بلندمدت برای تعیین تکلیف، تغییر کاربری یا خروج تجهیزات از سازمان، استفاده کرد. همچنین داده‌کاوی می‌تواند به تعیین نرم‌ها، الگوها و استانداردها کمک کند. با محاسبه و تعیین نرم‌ها و استانداردها، تصمیم‌گیری در حوزه‌های مختلف آمادی، بر مبنایی مشخص و یکسان قابل انجام است. داده‌کاوی می‌تواند ابزاری برای تعیین نرم‌ها و استانداردها بر اساس داده‌ها و روندهای موجود سازمان باشد.

سطح مورد درخواست آمادگی‌ها، مبنای تعداد تجهیزات عملیاتی و سازمانی می‌باشد. با برآورد صحیح میزان آمادگی تجهیزات به روش‌های داده‌کاوی می‌توان تعداد تجهیزات مورد نیاز رده/یگان را تعیین نمود. علاوه بر این با روش‌های پیش‌بینی در داده‌کاوی می‌توان عمر، کارایی و آمادگی

تجهیزات موجود در یگان‌ها را تعیین کرد و بر اساس آن در جهت تأمین یا خرید و ... برنامه‌ریزی کرد. همچنین می‌توان از نتایج آن برای انتخاب اقلام مناسب از بین برندهای مختلف و پیمانکاران و تجهیزات مشابه با عمر و کارایی بالاتر نیز استفاده کرد. از کاربردهای داده‌کاوی پیش‌بینی تعداد و نوع تجهیزات و قطعات مورد نیاز است که کمک شایان توجهی در برآورد، تأمین و خرید مناسب و به‌موقع دارد. با بررسی روند آمادگی تجهیزات و سیستم‌ها، نوع شرکت‌ها و تولیدکنندگان، فناوری‌های مختلف و ارزیابی آمادگی آنها می‌توان درباره ادامه استفاده از اقلام موجود یا استفاده از فناوری جدید تصمیم گرفت. همچنین با کنار هم گذاشتن میزان آمادگی و برآورد هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات و هزینه‌های به‌کارگیری، می‌توان درباره هزینه‌های دوره عمر تجهیزات با برندهای خاص و فناوری‌های مختلف، نیز تصمیم‌گیری کرد. این موضوع در تصمیم‌گیری برای تثبیت الگوی موجود یا جایگزینی و معرفی الگوی جدید به مدیران کمک می‌کند. با داده‌کاوی می‌توان تحلیل نمود که از نظر مجموع هزینه‌های چرخه عمر[1] تجهیزات، کدام برای سازمان مناسب‌تر است. از داده‌کاوی می‌توان برای تعیین اعتبارات لازم برای خرید و تأمین تجهیزات و نحوه تخصیص مناسب آن به یگان‌ها استفاده کرد. همچنین بر اساس عمر سپری شده و میزان آمادگی تجهیزات می‌توان بودجه نگهداری و تعمیرات را پیش‌بینی نمود. بر اساس عمر تخمینی تجهیزات، می‌توان تاریخ انقضاء آنها را نیز پیش‌بینی کرد.

مدیران لجستیک باید تصویر مناسبی از وضعیت تجهیزات داشته باشند تا بتوانند تصمیم‌های مناسب و هدفمند را اتخاذ کنند. داده‌کاوی می‌تواند کاربردهای زیر را در خصوص نگهداشت تجهیزات به‌همراه داشته باشد:

- ارائه تصمیم مناسب و منطقی و تحلیل لازم برای خرید، جایگزینی و تأمین تجهیزات سازمان و تجهیز و توسعه یگان‌ها؛
- قابل استفاده در تعیین تکلیف و تصمیم‌گیری درباره خروج اقلام از سازمان؛
- تعیین عوامل مؤثر بر کارایی، آمادگی و عمر مفید تجهیزات؛

در ادامه به‌اختصار کاربردهای این مدل در فرآیندهای آمادی بیان می‌شود.

1- Life Cycle Costing

۳-۱-کاربرد داده‌کاوی در نگهداری و تعمیرات

با بهره‌گیری از ابزارهای داده‌کاوی طراحی مدل‌های توصیفی، تشریحی، پیش‌بینی و کنترلی تسهیل گردیده است. این ابزارها با کاربرد وسیع و با شناخت عوامل مؤثر بر وقایع، امکان تحلیل، برنامه‌ریزی، کنترل و نظارت هدفمند را میسر می‌سازند. برخی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه عبارت‌اند از:

- استخراج دانش از داده‌های نگهداری و تعمیرات با استفاده از بازخورهای تجربی [۲] و [۹]
- کاربرد خوشه‌بندی فازی در تعیین رده‌های تعمیراتی [۱۰]
- کاربرد داده کاوی در نگهداری و تعمیرات [۱۱] و [۱۲] و [۱۳] و [۱۴]
- کاربرد داده کاوی در سیستم نگهداری و تعمیرات برای افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی تعمیرات مطالعه موردی شرکت پتروشیمی شازند [۱۵]
- افزایش اثربخشی سیستم نگهداری و تعمیرات نیروگاهی با استفاده از داده‌کاوی و شبکه عصبی؛ مطالعه موردی: شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی [۱۶]
- کاربرد داده‌کاوی در تعیین خطوط مبنای رفتار فرسایشی موتورها با استفاده از نتایج آنالیز روغن [۱۷]
- کاربرد داده‌کاوی در تشخیص و پیش‌بینی هوشمند عیوب [۱۸]
- کاربرد آنالیز ارتعاشات و شبکه عصبی ویولت[2] در تشخیص و پیش‌بینی هوشمند عیوب مکانیکی، مطالعه موردی تعیین عمر باقیمانده یاتاقان چیلر [۱۹]

۳-۲- کاربرد ابزارهای داده‌کاوی (خوشه‌بندی، شبکه عصبی و ...) در لجستیک

طاهری، معماریانی و حیدری در مقاله‌ای [۱۰] به معرفی خوشه‌بندی فازی و کاربرد آن درتعیین رده‌های تعمیراتی[3] و معرفی نرم‌افزار FCM[4] پرداختند. در این مقاله، الگوریتمی توسعه داده شده که می‌توان بر اساس آن فعالیت‌های رده‌های تعمیراتی را در یک یگان تعمیراتی

2- Wavelet
3- Level of Maintenance
4- FuzzyControl Model

مشخص نمود. کارا[1] و همکاران در سال ۲۰۰۸ در مقاله‌ای مدلی برای ارزیابی محصولات در طول عمر بهینه خود ارائه نمودند. آنها خرابی‌های قطعات مختلف را در شش موتور الکتریکی و یک جعبه دنده خوشه‌بندی کردند. در مطالعه آنها داده‌ها در چهار خوشه قرار گرفت [۲۰].

رمضانی و همکاران در مقاله‌ای[۱۹] به تشخیص و پیش‌بینی هوشمند عیوب پرداختند. در خلال سال‌های اخیر، نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط (CBM) [2]و مدیریت سلامت و پیش‌بینی (PHM)[3]به‌عنوان فناوری‌های چشمگیری که تأثیر عمیقی بر فعالیت‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات در حوزه‌های نظامی و تجاری دارند، ظهور یافته‌اند. سازمان‌های صنعتی و نظامی همواره به دنبال افزایش قابلیت اطمینان و در دسترس بودن تجهیزات خود می‌باشند. هدف اصلی حداکثر کردن زمان کارکرد بدون خطا و حداقل کردن هزینه‌های نگهداری و تعمیرات و عملیات است. با انجام این کار، قابلیت اطمینان به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت. در ضمن فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، بهتر زمان‌بندی شده و زمان از کار افتادگی تجهیزات را کاهش می‌دهد و کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های چرخه عمر و افزایش عمر مفید باقیمانده[4] مشاهده خواهد شد. با چنین رویکردی است که بسیاری از «سیستم‌های تشخیص عیوب» امروزی، در حال توسعه به «سیستم‌های پیش‌بینی عیوب» می‌باشند [۲۱].

شبکه عصبی موجک (WNN) [5] به‌عنوان مدلی برای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه عصبی موجک ابزاری است که ویژگی‌های پیچیده یا نشانه‌های عیوب را ترسیم می‌کند و به علت خواص چند وجهی و دیگر مشخصه‌های جذاب آن در تشخیص و پیش‌بینی عیوب کاربرد یافته است. شبکه‌های عصبی موجک پویا (DWNN) [6] توسط سوو[7] برای بررسی مسائل طبقه‌بندی/پیش‌بینی پیشنهاد شده‌اند [۲۱]. تیان و همکاران در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای از شبکه‌عصبی برای تخمین عمر استفاده نمودند [۲۲]. الگوریتم شبکه عصبی استفاده شده در بخش اول، با استفاده از داده‌های تاریخی خرابی‌ها، یادگیری صورت می‌گیرد و در بخش دوم پیش‌بینی عمر باقیمانده برای نمونه‌های جدید انجام می‌شود.

محمد و همکاران در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای از شبکه عصبی برای پیش‌بینی عمر ماشین‌آلات دوار استفاده کردند. آنها از سیگنال ارتعاش برای تخمین عمر یاتاقان‌های ماشین‌آلات دوار استفاده کردند[۲۳].

۴- مدل‌سازی در متدولوژی داده‌کاوی

پایگاه‌های داده، غنی از اطلاعات پنهان هستند که می‌توان از آنها در تصمیم‌گیری‌های هوشمندانه، استفاده بهینه نمود. هدف این مقاله، کاوش در پایگاه اطلاعات داده‌های هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، به‌منظور کشف الگوهای حاکم بر وضعیت نگهداری و تعمیرات، کشف دانش و ارائه قواعد استنتاج شده از این الگوها، به‌منظور کمک به تحلیلگران و کارشناسان در مورد نگهداری و تعمیرات است. در نمودار (۱) این مقاله، مدل داده‌کاوی انجام شده به‌صورت مختصر آمده است.

۴-۱- آماده‌سازی داده‌ها برای داده‌کاوی

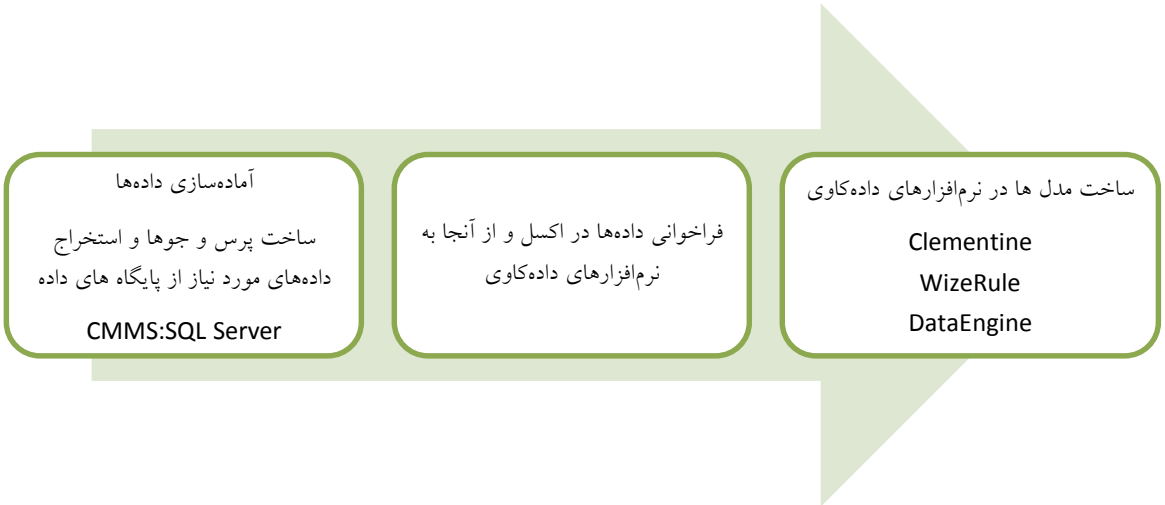
اولین گام‌ها در داده‌کاوی اخذ داده‌ها از پایگاه داده، یکپارچه‌سازی و تجمیع آنها، انتخاب داده‌ها و آماده‌سازی برای اجرای تکنیک‌های مدنظر است. به این منظور داده‌های نرم‌افزار CMMS تجمیع شده و فیلدهای مورد نظر استخراج می‌شوند. نمودار (۲) مراحل انجام کار را نشان می‌دهد.

۴-۲- مصورسازی

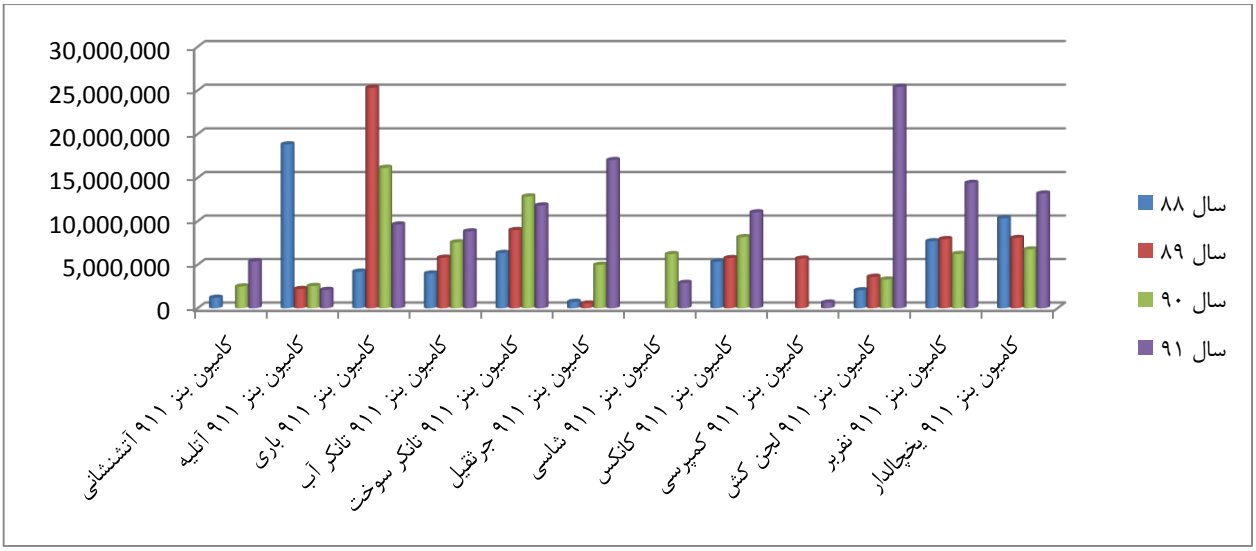
با مصورسازی بهتر می‌توان الگوها را کشف و تفسیر کرد. الگوهایی که در یک متن یا جدول هستند به‌سختی می‌توانند تفسیر شوند، در صورتی که با نمودارها و چارت‌ها خیلی راحت‌تر می‌توان این الگوها را شناسایی و تفسیر کرد[۵]. یک شکل می‌تواند در عرض چند ثانیه اطلاعات زیادی را به ما بدهد و می‌توان به سرعت اطلاعات مهمی را از آن استخراج کرد. نمودار (۳) متوسط هزینه‌های تعمیرات برای تجهیزات از نوع کامیون بنز ۹۱۱ را در سال‌های ۸۸ تا ۹۱ نشان می‌دهد.

1- Kara
2- Condition based maintenance
3- Prognostic and health management
4- Remaining Useful Life
5- Wavelet Neural Network
6- Dynamic Wavelet Neural Network
7- Tsui et al

نمودار (۱): مدل داده‌کاوی در این تحقیق



نمودار (۲): مراحل آماده‌سازی داده‌ها



نمودار (۳): متوسط هزینه‌های تعمیرات برای تجهیزات

۴-۳- درخت تصمیم‌گیری

درخت تصمیم‌گیری[1]، روشی در داده‌کاوی که در شرایط واقعی و کاربردی، به‌عنوان یک راه‌حل قدرتمند برای دسته‌بندی مسائل به‌کار می‌رود. مدل‌های درخت تصمیم، امکان توسعه سیستم‌های دسته‌بندی، جهت پیش‌بینی و دسته‌بندی مشاهدات آتی را بر اساس یک مجموعه قوانین تصمیم‌گیری ایجاد می‌نماید. درخت تصمیم‌گیری، تکنیک‌های استقرایی هستند که برای کشف قوانین طبقه‌بندی برای یک مشخصه از یک مجموعه داده به‌وسیله تقسیمات سیستماتیک اطلاعات مجموعه داده، استفاده می‌شود. درخت‌های تصمیم‌گیری برای داده‌کاوی هدایت شده و طبقه‌بندی‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد و رکوردها را به مجموعه‌های یادگیری و جدا از هم که هرکدام نیز از قواعد ساده‌ای بر یک یا چند فیلد تشکیل شده‌اند، تقسیم می‌کند. درخت تصمیم‌گیری را می‌توان به‌صورت قاعده اگر آنگاه (If → Then) نیز بیان کرد.

۴-۴- خوشه‌بندی

خوشه‌بندی[2] تقسیم‌بندی جمعیتی ناهمگون به تعدادی از زیرمجموعه‌هایی که بیشتر همگون هستند، می‌باشد که به آن خوشه اطلاق می‌شود. هدف از خوشه‌بندی، یافتن گروه‌هایی است که با یکدیگر بسیار متفاوت‌اند، ولی اعضای این گروه‌ها بسیار شبیه به هم هستند. "خوشه‌بندی، یک جمعیت نامنظم را به مجموعه‌ای از زیرگروه‌های منظم تقسیم‌بندی می‌کند. فرق آن با طبقه‌بندی[3] در این است که در خوشه‌بندی، طبقه‌ها یا کلاس‌ها از قبل مشخص نیست [۳]. "در خوشه‌بندی طوری طبقه‌ها ساخته می‌شود که تشابه اطلاعات هر گروه به‌صورت داخلی، بیشینه و تشابه با عناصر گروه‌های دیگر کمینه است. خوشه‌بندی، الگوها را از داده‌ها استخراج می‌کند. این الگوها باید توسط افراد خبره بررسی و به دانش مفید تبدیل شوند [۵]. برای خوشه‌بندی از دو نوع عمده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی تحت عنوان الگوریتم‌های سلسله مراتبی و الگوریتم‌های غیرسلسله مراتبی استفاده می‌شود. در خوشه‌بندی سلسله مراتبی، سلسله مراتب خوشه‌بندی از کوچک به بزرگ تشکیل می‌شود. مزیت این روش این است که فرد خبره می‌تواند به‌راحتی انتخاب کند که بهترین خوشه‌بندی برای یک مسئله داده شده با توجه به دانش دامنه خود کدام است. در خوشه‌بندی غیر سلسله مراتبی یک تصمیم قبلی برای تعداد خوشه‌ها یا حداقل نزدیکی لازم برای رکوردهای درون یک خوشه لازم است و فرد خبره نمی‌تواند مانند روش سلسله مراتبی بهترین خوشه‌بندی را از بین خوشه‌بندی‌های مختلف انتخاب کند.

۴-۵- شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی[4] روش محاسبه‌ای متفاوت با روش‌های متداول دارند که از روی عملکرد مغز و شبکه عصبی انسان‌ها الگوبرداری و مدل‌سازی شده است. محاسباتی که با روش‌های معمولی انجام می‌شود از نوع برنامه‌ریزی شده است و در آنها

1- Decision Tree
2- Clustering
3- Classification
4- Neural Networks

الگوریتم‌ها و مجموعه‌هایی از قواعد به‌کار می‌روند تا مسئله را حل کنند. در روش‌های متداول اگر الگوریتمی در دست نباشد یا الگوریتم پیچیده باشد، راه‌حلی برای مسئله وجود ندارد؛ اما در محاسباتی که شبکه عصبی اجرا می‌کند به الگوریتم و مجموعه قواعد نیاز نیست. شبکه عصبی بر اساس یک سری داده آموزشی، نحوه پاسخ‌گویی را فرا می‌گیرد، آنگاه در مرحله عمل بر هر یک از ورودی‌ها حتی اگر جدید باشند، پاسخ مناسب می‌دهد. شبکه عصبی به‌وسیله اتصال خروجی یک یا چند نرون به ورودی یک یا چند نرون تشکیل می‌شود. سپس ورودی‌ها تشکیل یک لایه می‌دهند. مهم‌ترین قسمت یک شبکه عصبی مرحله یادگیری است. در فرآیند یادگیری وزن‌های $w_1, w_2, ..., w_n$ به‌صورت مناسب پیدا می‌شود. برای این کار از یک مجموعه نمونه تحت عنوان مجموعه یادگیری، استفاده می‌شود تا وزن‌های مناسب به‌دست آمده و از انواع شبکه‌های عصبی در داده‌کاوی استفاده شود. از شبکه‌های عصبی کوهونن و آرت[1] برای طبقه‌بندی و خوشه‌بندی و از پرسپترون[2] عموماً برای طبقه‌بندی و تشخیص الگو استفاده می‌شود. از پرسپترون چند لایه‌ای می‌توان برای پیش‌بینی، مدل‌سازی فرآیند، کنترل عملیات و پردازش تصویر استفاده نمود. همچنین پرسپترون چند لایه‌ای می‌تواند روابط غیرخطیر نیز تخمین بزند. در شبکه عصبی یک مدل کلی تولید می‌شود که روابط ناشناخته و عموماً غیرخطی پنهان در بین داده‌های ورودی را بر اساس بهبود وزن‌ها در هر تکرار می‌یابد، به‌طوری که بهترین نتیجه خروجی (کارایی) حاصل شود. در هر تکرار بهبود باید بر اساس یک مقیاس باشد. این مقیاس عموماً کم کردن حداکثر خطا و یا کم کردن ریشه میانگین مربعات خطا و یا ترکیبی از هر دو است.

۵- تحلیل‌ها و نتایج

با توجه به کاربرد وسیع سامانه‌های CMMS و ارزیابی آمادگی تجهیزات، حجم بسیار زیادی از داده‌ها جمع‌آوری شده است. سازمان برای موضوعات لجستیکی ازجمله نگهداری و تعمیرات، ارزیابی آمادگی تجهیزات و ... توسعه یافته است. طی سالیان استفاده از آنها، این سامانه‌ها اطلاعات زیادی را ثبت کرده‌اند. در این مقاله، داده‌کاوی برای تحلیل داده‌های تجهیزات خودرویی، شناوری و پدافند اجرا شد. در ادامه بخشی از نتایج داده‌کاوی با تأکید بر عوامل هزینه‌ای و شناخت روندهای هزینه‌ای و یافتن و بررسی رکوردهای خارج از الگو ارائه می‌شود. در این میان تأکید بیشتر بر داده‌های مرتبط با هزینه‌های نگهداری و تعمیرات است. داده‌کاوی به‌گونه‌ای مؤثر این داده‌ها را خلاصه می‌کند و از افزونگی اطلاعات می‌کاهد. این آنالیزها می‌توانند اطلاعات را به مهم‌ترین فاکتورها و متغیرها خلاصه نمایند و یا با خوشه‌بندی، اطلاعات را به بخش‌های مختلف تقسیم‌بندی نمایند. لذا به مدیران کمک می‌کند که تأثیر عوامل مختلف مؤثر نگهداری و تعمیرات بر آمادگی تجهیزات را مورد ارزیابی قرار دهند و با مدل‌سازی و کمک به تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، به انتخاب مسیر صحیح بپردازند.

در این مقاله از روش‌های مختلف استفاده شده است که نتایج این تحلیل‌ها یکدیگر را تأیید می‌نمایند. این موضوع اعتبار نتایج به‌دست آمده رانشان می‌دهد. همچنین این امر باعث خواهد شد که نتایج روش‌های مختلف بررسی و مورد استفاده قرار گیرد. به‌جای استفاده از یک الگوریتم باید محیطی را فراهم ساخت تا بتوان از الگوریتم‌ها یا متغیرهای مختلف استفاده نمود تا فرد بررسی‌کننده توان استفاده از مناسب‌ترین الگوریتم را داشته باشد. علاوه بر این برای ارزیابی اعتبار مدل‌هایی که از شبکه عصبی و درخت تصمیم‌گیری حاصل می‌شوند، مجموعه داده‌ها به دو مجموعه یادگیری و آزمون تقسیم می‌شود. برای این منظور یک فیلد به پایگاه داده اضافه شده و در آن اعداد تصادفی بین صفر و یک قرار داده می‌شود. سپس از روی این پایگاه داده مجموعه یادگیری شامل رکوردهای دارای عدد تصادفی بیش از ۰,۲۵ که تقریباً ۷۵ درصد داده‌ها را شامل می‌شود و مجموعه آزمون شامل بقیه رکوردها که تقریباً ۲۵ درصد داده‌ها را شامل می‌شود، ساخته می‌شود. برای یادگیری و مدل‌سازی از مجموعه یادگیری و برای آزمون اعتبار مدل‌های به‌دست آمده از مجموعه آزمون استفاده شده است.

۵-۱- نقاط خارج از الگو

یکی از تحلیل‌هایی که به شناخت نقاط آسیب‌پذیر سازمان کمک می‌کند، نقاط خارج از الگو است. این موارد که با تکنیک‌های مختلف به‌دست می‌آیند می‌تواند در بازرسی و نظارت مؤثر و هدفمند مفید واقع شود. در پژوهش انجام شده نقاط خارج از الگوی زیادی کشف شد از آن جمله:

1- Kuhonen & Art
2- Prespetron

- پلاک‌های نادرست را برای ماشین‌آلات و خودروها: پلاک تجهیزات باید منحصربه‌فرد باشد اما برخی اوقات بر اثر خطای کاربران، به تجهیزات مختلف کد یکسان اختصاص یافته است.
- پلاک‌هایی که در چند یگان هزینه داشته‌اند: پلاک‌هایی که هزینه آنها در بیش از یک یگان ثبت شده باعث خطای محاسبات می‌شود. لذا این داده‌ها صرفاً برای یک یگان لحاظ می‌شود.
- تجهیزات دارای هزینه بالاتر از الگو
- هزینه کمتر از الگو: با توجه به نقص ورود داده‌ها نقاط خارج از الگوی کمتر از مقدار ثبت شده، زیاد است.

۵-۲- استخراج قواعد

قواعد موجود با روش‌های مختلف استخراج شدند. این قواعد همگی مفید نیستند و بعضاً بدیهی می‌باشند، لذا از بین آنها قواعدی که در راستای اهداف، از زمینه‌های کاربردی قوی‌تری برخوردار هستند، انتخاب می‌شوند. در ادامه به برخی از نتایج به‌دست آمده در تجهیزات شناوری اشاره می‌شود.

- ۱۸٫۵ درصد از حکم کارها انجام نشده یا نیمه تمام است.
- نفر ساعت حکم کارهایی که توسط گروه تحرک انجام می‌شود حدود دو برابر دیگر گروه‌ها است.
- گروه‌های برق، بدنه و تأسیسات از لحاظ زمانی در یک رنج هستند.
- در سال‌های اخیر (ID>2812) مدت زمان نفر ساعت حکم کارهای گروه تحرک افزایش یافته است.
- تجهیز الف[1] از الگوی بقیه تجهیزات تبعیت نمی‌کند. در بررسی بیشتر مشخص شد علت آن است که از آبان ۸۸ به بعد حکم کارها ثبت نشده است. تجهیزات ب و ج دارای حکم کار ثبت شده صحیح در سیستم نیستند و داده‌های تستی برای آنها ثبت شده است و در عمل سیستم برای آنها اجرا نشده است.

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل انجام گرفته در بانک‌های اطلاعاتی نرم‌افزارهای نت و سامانه ارزیابی آمادگی تجهیزات، برخی از نتایج زیر به‌دست آمد:

- به‌دلیل عدم یادگیری صحیح نرم‌افزار در برخی از رده‌ها، تعدادی از داده‌ها معتبر نبوده و در مواردی اشتباهات تایپی در ورود اطلاعات وجود دارد. به نظر می‌رسد با آموزش تکمیلی و ارائه این اشتباهات به اپراتورهای این رده/یگان‌ها، بتوان سطح صحت اطلاعات را افزایش داد.
- هزینه‌های تعمیراتی در راستای تعیین نرم‌های تعمیراتی دارای مشکلاتی هستند که دسترسی به نرم را با شرایط خاصی میسر خواهند نمود. اگر بدون توجه به شرایط خاص تجهیزات، محل به‌کارگیری، نوع مأموریت تجهیز و ... صرفاً میانگین هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سال‌های گذشته باشد و روند آن به‌عنوان نرم لحاظ شود، خطای زیادی در نرم خواهد بود؛ اما به‌کارگیری تکنیک‌های داده‌کاوی به‌خصوص خوشه‌بندی، داده‌های هزینه‌ها را دسته‌بندی کرده و برای هر دسته نرم قابل محاسبه خواهد بود. با این روش، تجهیزات دارای مشابهت‌های کارکردی، عملیاتی و جغرافیایی بسته به نوع و میزان تأثیرگذاری بر هزینه‌های نگهداری و تعمیرات شناسایی شده و نرم آن محاسبه می‌شود. در این رویکرد دسته‌بندی‌ها بر اساس داده‌ها و هزینه‌های واقعی توسط تکنیک‌های داده‌کاوی شناسایی می‌شوند.
- با توجه به محدودیت منابع، تخصیص بهینه منابع ضرورتی اساسی بوده و تخصیص بهینه منابع نیازمند توجه به عمر مفید و عمر اقتصادی تجهیزات است. وجود یک سیستم تعیین عمر اقتصادی تجهیزات بر پایه هزینه‌های چرخه عمر موجب کاهش خطاهای انسانی، دقت، شفافیت و سرعت بیشتر در تعیین عمر اقتصادی تجهیزات، کاهش هزینه‌ها و ریسک تصمیم‌گیری و افزایش کارایی سازمان می‌شود.
- تکرار و توسعه اجرای داده‌کاوی در سال‌های آینده ضروری است و موجب ارائه تصمیم بهینه در خصوص تجهیزات و پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در خصوص تشویق و تنبیه، بازرسی، ارزیابی عملکرد و ... کاربران تجهیزات نیز خواهد بود.

پیشنهاد می‌گردد که با توجه به اهمیت تحلیل اطلاعات بانک‌های سامانه‌های نت و نقش حیاتی آن در اجرایی شدن و پذیرش نرم‌افزار توسط رده‌ها به‌عنوان یک ابزار لازم‌الاجرا، حتماً ساختار سازمانی و کارشناس خاص تحلیل اطلاعات در

۱- با توجه به اهمیت حفظ موضوعات امنیتی، نام تجهیز حذف شده است.

اداره نت و ستادها، تربیت شوند تا با به‌کارگیری و ارسال این تحلیل‌ها برای رده‌ها به‌عنوان چشم سیستم همواره در حال رصد رده/یگان‌ها و ارزیابی آنها در این حوزه باشند. در این غیر این‌صورت به‌دلیل عدم استفاده از داده‌های تجمیع شده در سامانه‌های نت، این نرم‌افزارها کم‌کم به کناری رانده شده و از سطح اپراتورهای نت، بالاتر نمی‌روند.

منابع

[۱] نجمی محمدرضا، صراف جوشقانی حسن، "***تحلیل دوره عمر مهمات (ایدهٔ استراتژی‌های عمر سازمانی)***"، کنفرانس بین‌المللی نگهداری و تعمیرات، ۱۳۸۴

[2] Paula Potes Ruiz, Bernard KamsuFoguem, Bernard Grabot, ***"Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback, Knowledge-Based Systems"***. Volume 68, Pages 4-20, September 2014.

[3] Han, J. and Kamber, M.***"Data Mining Concepts and Techniques"***.Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

[4] Hand D. J.***"Data Mining: Statistics and More?"***, The American Statistician, Vol.52, No. 2, 1998.

[5] Mendonca, M. and Sunderhaft, N.L., ***"Mining Software Engineering Data Survey"***. www.dacs.dtic.mil/techs/datamining/index.html, 1999.

[6] Fayyad, U. and G. Piatetsky-Shapiro and P. Smyth, ***"From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases"***, American Association for Artificial Intelligence, 1996.

[7] Baraglia R. and P. Palmerini., ***"A web usage mining system"***. IEEE International Conference on Information Technology: Coding and Computing, (2002).

[8] Hair،Joseph F.***"Multivariate Data Analysis"***.Prentice Hall, 2005.

[9] Paula Potes-Ruiz, Bernard Kamsu-Foguem, Bernard Grabot. ***"Improving maintenance strategiesfrom experience feedback"***. MIM 2013, Saint Petersburg, Russia, Jun 2013.

[۱۰] طاهری، محسن. معماریانی، عزیزالله. حیدری، ناصر.***"کاربرد خوشه‌بندی فازی در تعیین رده‌های تعمیراتی"***. فصلنامه لجستیک، ۱۳۸۰.

[۱۱] پری آذر، محمود. زائری، محمدسعید. شهرابی، جمال.***"کاربرد داده‌کاوی در نگهداری و تعمیرات"***. اولین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مؤسسه پژوهشی داده‌پردازان گیتا، ۱۳۸۶.

[۱۲] اسماعیلی راد، احسان. همدانی، علی.***"کاربرد تکنیک‌های داده کاوی در نگهداری و تعمیرات"***. فصلنامه بهبود، ۱۳۸۸.

[۱۳] سهرابی، علی حسین. حمزه لویی کهریزی، میلاد. ولی ئی، معصومه.***"ارائه یک راهکار جهت استفاده از تکنیک‌های داد ه کاوی در فرایند نگهداری و تعمیرات"***. همایش منطقه‌ای علوم کامپیوتر، مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دورود، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دورود، ۱۳۹۱.

[۱۴] غفاری، علی.***"افزایش اثربخشی سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات کامپیوتری به‌وسیله داده‌کاوی"***. دومین همایش علوم و فناوری‌های نوین در صنعت پالایش، اصفهان، پژوهشکده شهید اعتباری، ۱۳۹۰.

[۱۵] فراهانی، رضا. روغنیان، عماد.***"کاربرد داده کاوی در سیستم نگهداری و تعمیرات برای افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی تعمیرات مطالعه موردی شرکت پتروشیمی شازند"***. هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱.

[۱۶] ظریف سرباز سفیدگر، ریحانه سهرابی، محمد کریم.***"افزایش اثربخشی سیستم نگهداری و تعمیرات نیروگاهی با استفاده از داده کاوی و شبکه عصبی؛ مطالعه موردی: شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی"***. بیست و نهمین کنفرانس بین‌المللی برق،۱۳۹۳.

[۱۷] رمضانی، سعید. معماریانی، عزیزالله. مسعودی، علیرضا. نورنگ، احمد.***"کاربرد داده کاوی در تعیین خطوط مبنای رفتار فرسایشی موتورها با استفاده از نتایج آنالیز روغن"***. اولین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر،۱۳۸۶.

[۱۸] یوسفی طزرجان، مصطفی. رمضانی، سعید. رنجبر، فاطمه.***"کاربرد داده کاوی در تشخیص و پیش‌بینی هوشمند عیوب"***. دومین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر،۱۳۸۷.

[۱۹] رمضانی، سعید. یوسفی طزرجان، مصطفی. مغان، مهدی.***"کاربرد آنالیز ارتعاشات و شبکه عصبی Wavelet در تشخیص و پیش‌بینی هوشمند عیوب مکانیکی، مطالعه موردی: تعیین عمر باقی‌مانده یاتاقان چیلر"***. ششمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، ۱۳۸۹.

[20] Kara, S., et al.***"Assessment of products for optimal lifetime"***. CIRP Annals - Manufacturing Technology, **۵۷(۱)**: p. **۴-۱**, 2008.

[21] George Vachtsevanos, Frank L. Lewis, Michael Roemer, Andrew Hess, Biqing Wu, ***"Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems"***. 2006.

[22] Tian, Z., L. Wong, and N. Safaei, ***"A neural network approach for remaining useful life prediction utilizing both failure and suspension histories"***. Mechanical Systems and Signal Processing, **۲۴(۵)**: p. **۱۵۵۵-۱۵۴۲**, 2010.

[23] Mahamad, A.K., S. Saon, and T. Hiyama, ***"Predicting remaining useful life of rotating machinery based artificial neural network"***. Computers & Mathematics with Applications, **۶۰(۴)**: p. 1078-1087, 2010.