Archive of SID

توسعه رویکردهای داده‌کاوی به‌منظور برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیش‌گویانه خودروهای سبک دفاعی؛ ص ۱۳۶-۱۱۱

رضا کامران راد[۱]، فرشید فرخی زاده[۲]

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۴/۰۷

چکیده

زمینه و هدف: خودروها به‌عنوان یکی از پر تقاضاترین تجهیزات در یک سازمان دفاعی، در صورت عدم سرویس‌دهی به‌موقع و کارآمد به‌عنوان تهدیدی برای آن سازمان قلمداد می‌شوند. از سوی دیگر با توجه به افزایش چشم‌گیر داده‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات این وسایل در سازمان موردمطالعه، در این پژوهش از تکنیک داده‌کاوی برای افزایش مشهود نرخ تبدیل داده‌ها به اطلاعات و کشف دانش به‌منظور جلوگیری از توقف مأموریت‌ها استفاده شده است. هدف از مقاله حاضر ارائه معماری دسته‌بندی داده‌های تولیدشده از مراجعات و خرابی‌های خودروهای سواری سازمان موردمطالعه و پیش‌بینی فواصل میان خرابی آن‌ها از طریق روش داده‌کاوی به‌منظور برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات آن‌ها است.

روش: بر این اساس داده‌های موردنیاز برای یک نمونه شامل ۱۵۰ دستگاه خودرو سبک استخراج شد. با توجه به هدف تحقیق متغیرهای سال ساخت خودرو، مسافت طی شده و علت خرابی به‌عنوان متغیرهای ورودی و فواصل بین خرابی به‌عنوان متغیرهای خروجی تعیین گردید.

یافته‌ها: با اتکا به اصول داده‌کاوی و از طریق نرم‌افزار اس پی اس اس مادلر[۳] به گروه‌بندی خودروها بر اساس فواصل بین خرابی (کیلومتر) با الگوریتم درخت سی اند آر[۴] پرداخته شد و الگوی نت پیشگیرانه ای ارایه شد که بر اساس خصوصیات فیزیکی و تابع عمر سیستم بوده و درنهایت باعث افزایش عمر سیستم و کاهش هزینه نت می‌گردد.

نتیجه‌گیری: بر اساس تحلیل خروجی‌ها گروه نگهداری و تعمیرات سازمان موردمطالعه باید برنامه سرویس و بازدید خودروها را بر اساس گروه‌بندی انجام‌شده در پژوهش و با توجه به پیشنهادهای ارائه‌شده تنظیم کند.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی، نگهداری و تعمیرات، نت پیش‌گویانه، خودروهای سبک دفاعی، الگوریتم داده‌کاوی.

۱ استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. (نویسنده مسئول)،r.kamranrad@semnan.ac.ir

۲ استادیار گروه مهندسی نت دفاعی، دانشکده علوم و مهندسی دفاعی، دانشگاه افسری و تربیت پاسداری امام حسین (ع)، تهران، ایران.kpfarokhi@ihu.ac.ir

3 SPSSModeler

4 C&R

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و بیان مسئله

مدت زیادی است که از عمر دانش برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات (نت) می‌گذرد و در این مدت فواید بسیار زیادی از کاربرد آن در صنایع مختلف مشهود بوده است. در حال حاضر علم نگهداری و تعمیرات (نت) بستری مساعد برای دستیابی به بهبود کیفی و در پی آن، بهبود سود را فراهم آورده است (فرخی زاده و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۳). اکنون اکثر قریب به‌اتفاق مهندسین و مدیران در بخش صنایع و خدمات، توجه و علاقه فراوان نسبت به بهره‌گیری از این دانش را ابراز می‌دارند. توجه به مدیریت و مهندسی در نت موجب کاهش چشمگیر هزینه‌های تعمیرات بین ۲۵ الی ۴۰ درصد بودجه‌های سالیانه را شامل می‌گردد که این مبلغ رقم قابل‌توجهی خواهد بود. به سبب سودآوری و پربار بودن نتایج حاصل از اعمال دانش برنامه‌ریزی نت، استفاده از فناوری روز و استفاده از سیستم‌های نرم‌افزاری در جهت مدیریت مکانیزه در بخش‌های مختلف سازمان‌ها، بر کسی پوشیده نیست. مدیریت، برنامه‌ریزی و کنترل در نگهداری و تعمیرات به این منظور انجام می‌گیرد که با تعیین نیازها و با اتخاذ روش‌های مناسب و اقتصادی و تهیه منابع لازم بتوان فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات و ماشین‌آلات سازمان را اعمال کرد، بنابراین وجود یک سیستم تجزیه‌وتحلیل داده‌های نگهداری و تعمیرات مناسب با استفاده از تکنیک داده‌کاوی می‌تواند دستیابی به اهداف فوق را میسر و هموار سازد (فراهانی و روغنیان، ۱۳۹۰: ۲).

طی سالیان گذشته، با توجه به توسعه فناوری اطلاعات و سامانه‌هایی در موضوعات مختلف لجستیکی مانند نگهداری و تعمیر، انبارداری، کنترل اموال، ارزیابی آمادگی و... میزان و سرعت دسترسی به اطلاعات به‌طور فوق‌العاده ای افزایش‌یافته است لذا مدیران عالی باید بتوانند عوامل مؤثر بر خرابی تجهیزات دفاعی و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را در راستای افزایش میزان آمادگی آن‌ها مدیریت کنند و همچنین زمان و نحوه مناسب نگهداری و تعمیرات را به شکلی که بیشترین منافع و کمترین هزینه را برای سازمان در برداشته باشد، تعیین نمایند. با توجه به مطالب مطرح‌شده پیرامون مدیریت نگهداری و تعمیرات، آماده و در دسترس نگه‌داشتن تجهیزات دفاعی در هر زمان موردنیاز است. تصمیم‌گیری پیرامون این موضوع نیازمند دانشی است که منطبق بر واقعیت سازمان باشد. از طرف دیگر کسب دانش مفید نیازمند استفاده و تحلیل صحیح از داده‌ها است. لذا استفاده از داده‌ها و اطلاعات و چگونگی کار با آن‌ها در طول مراحل پیاده‌سازی راهبردهای نت به‌ویژه نت پیش‌گویانه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در یک بررسی اولیه از جامعه موردمطالعه، عدم سرویس‌دهی یک دستگاه خودرو سواری علاوه بر ریسک آماده‌به‌کار نبودن برای مأموریت‌های محوله، روزانه هزینه فرصت تقریبی ۲۵۰,۰۰۰ تومان به سازمان تحمیل خواهد کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

نظر به وجود راهبردهای متفاوت نگهداری و تعمیرات، نت پیشگیرانه مؤثرترین راهبرد در جهت پیشگیری از تجهیزات دفاعی مدنظر شناخته شده است که مبنای آن پیش‌بینی خرابی‌های بالقوه در آینده می‌باشد (اسماعیلی‌راد و زینال‌همدانی، ۱۳:۱۳۹۰). در این میان داده‌کاوی ابزار مناسب برای دسته‌بندی و پیش‌بینی خرابی‌ها است که مهندسان و کارکنان بخش نگهداری و تعمیرات می‌توانند با به‌کارگیری آن در جهت کشف دانش از داده‌های نگهداری و تعمیرات و کشف الگوهای پیش‌بینی از ایجاد هزینه‌های فوق جلوگیری نموده و در راستای افزایش رضایتمندی استفاده کنند. داده‌کاوی را می‌توان به‌عنوان یک نوع از کشف دانش برای حل مسئله در زمینه خاص تعریف کرد. در پژوهش حاضر الگوریتم درخت سی اند ار جهت پیش‌بینی خرابی‌ها معرفی می‌شود (باستوس و همکاران[1]، ۲۰۱۴).

توقف و تأخیر در انجام مأموریت‌ها ناشی از خرابی تجهیزات همواره یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران در سازمان‌های صنعتی و خدماتی و بخصوص در سازمان‌های دفاعی با مأموریت‌های اردویی و آموزشی محسوب می‌شود چراکه خرابی تجهیزات و درنتیجه آن توقف مأموریت می‌تواند گاهی دارای هزینه‌های هنگفتی باشد بنابراین افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی تعمیرات در سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه از روش‌ها و با اهدافی که کاهش تعداد دفعات خرابی تجهیزات ازجمله آن‌ها است دنبال می‌شود.

در دنیای امروز داده‌ها و اطلاعات به‌عنوان ثروت سازمانی محسوب می‌شوند و همواره شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگ و موفق دنیا به دنبال استفاده مناسب‌تر و تجاری‌تر از این منابع می‌باشند. موضوع ازآن‌جهت مهم است که از یک‌سو سازمان‌ها و شرکت‌ها به مدد بهره‌گیری از کامپیوترها و سیستم‌های اطلاعاتی حجم انبوهی از داده‌های ارزشمند در حوزه‌های مختلف ازجمله سیستم نگهداری و تعمیرات، تولید و ... شده‌اند و از سوی دیگر با پیچیده شدن محیط‌های کسب‌وکار، ماهیت و حجم داده‌های سازمانی بسیار متفاوت گشته و نگاه یکپارچه مدیریتی به آن‌ها ضروری می‌گردد. یکی از راه‌حل‌هایی که سازمان‌های موفق دنیا در این زمینه اتخاذ می‌نمایند، ایجاد یک سیستم جامع داده‌ای و آماری و به‌کارگیری صحیح تکنیک‌های داده‌کاوی و کشف دانش است. در این پژوهش سعی بر آن است با استفاده از پایگاه داده‌ای که درنتیجه ثبت دستور کارهای تعمیراتی در سیستم نگهداری و تعمیرات به دست می‌آید و همچنین استفاده از الگوریتم درخت تصمیم سی اند آر و پی اس اس مادلر و با تحلیل داده‌ها و کشف دانش ارزشمند نهفته در حجم بزرگی از داده‌ها، الگوی مناسبی جهت افزایش اثربخشی

1 Bastos P., Lopes I., Pires L

www.SID.ir

Archive of SID

برنامه‌ریزی تعمیرات ارائه شود.

در این پژوهش سعی شده است تا با کاربرد داده‌کاوی و با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم با دستیابی به موارد زیر اثربخشی برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه افزایش داده شود:

أ. ارائه الگوی مناسب جهت افزایش اثربخشی در برنامه‌ریزی تعمیرات پیشگیرانه،
ب. شناسایی تجهیزات دارای بیشترین دفعات خرابی به‌منظور برنامه‌ریزی اثربخش تعمیرات پیشگیرانه،
ج. شناسایی خرابی‌های متداول در انواع تجهیزات به‌منظور برنامه‌ریزی اثربخش تعمیرات پیشگیرانه.

مبانی نظری

نگهداری و تعمیرات

منظور از نگهداری و تعمیرات مجموعه فعالیت‌ها و عملیاتی است که در جهت حفظ، کنترل و افزایش عمر مفید تجهیزات، دستگاه و تأسیسات (دارایی‌های فیزیکی) در شرایط مطلوب و یا تغییر آن‌ها به شرایط مطلوب و تا حد امکان مطابق با استاندارد قابل‌قبول است و این امر مستلزم ایجاد یک نظام نگهداری و تعمیرات با به‌کارگیری راهبردهای مناسب آن است که با توجه به شرایط و ویژگی‌های سازمانی و تجهیزات بکار گرفته‌شده برای انجام مأموریت‌های محوله انتخاب می‌شوند. در اینجا به‌تناسب موضوع به تعدادی از انواع راهبردهای متداول در نگهداری و تعمیرات به شرح زیر اشاره می‌شودمی‌شود: نگهداری و تعمیرات بر اساس شکست (BM)، نگهداری و تعمیرات اضطراری (EM)، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)، نگهداری و تعمیرات بر اساس شرایط (CBM) (سیدحسینی، ۱۳۸۰: ۱۲۵).

داده‌کاوی و کشف دانش

داده‌کاوی و کشف دانش در پایگاه داده‌ها ازجمله موضوع‌هایی هستند که هم‌زمان با ایجاد و استفاده از پایگاه داده‌ها در اوایل دهه ۸۰ میلادی برای جستجوی دانش در داده‌ها شکل گرفت (پری آذر ۷۶:۱۳۸۵). امروز در اکثر سازمان‌ها داده‌ها به‌سرعت در حال جمع‌آوری و ذخیره شدن می‌باشند. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های موجود استفاده مؤثر از این داده‌ها و تحلیل آن‌ها است زیرا در بسیاری از مواقع اطلاعات مفیدی در داده‌ها نهفته است که به‌راحتی مشهود نیستند. به دلیل افزونی داده‌ها و فقر دانش فرآیند کشف دانش مطرح شد که یک فرایند علمی جهت شناسایی الگوهای معتبر، نوین، بالقوه مفید و قابل‌فهم از داده‌ها است. مهم‌ترین بخش فرایند

www.SID.ir

Archive of SID

کشف دانش داده‌کاوی است که با استفاده از الگوریتم‌های تعیین‌شده حقایق موجود در مجموعه داده‌ها را کشف می‌کند (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴).

جدول (۱): مقایسه داده‌کاوی و علم آمار

روش داده‌کاوی و کشف دانش	روش‌های آماری
بدون فرض اولیه	داشتن فرض اولیه
در انواع مختلفی از داده‌ها کاربرد دارند نه‌فقط داده‌های عددی	تنها برای داده‌های عددی کاربرد دارند
در محدوده وسیع‌تری از داده‌ها	در محدوده کوچکی از داده‌ها
عملکرد داده‌کاوی به داده‌های درست‌شده و پاک‌سازی‌شده بستگی دارد	حذف خطاهای تصادفی، داده‌های نامشخص و فیلتر کردن داده‌های نامناسب
استفاده از شبکه عصبی	روش‌های رگرسیون و استفاده از معادلات
استفاده از مصورسازی داده	استفاده از چارت‌های دوبعدی و سه‌بعدی
استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی	استفاده از روابط ریاضی
در یادگیری غیر نظارتی کاربرد بیشتری دارد	در توصیف‌های آماری کاربرد دارد

فرآیند داده‌کاوی

در دنیای توسعه‌یافته امروز، دانش داده‌کاوی به‌طور گسترده‌ای در علوم مختلف در جهت رفع مشکلات مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. تاکنون تعاریف متعددی از داده‌کاوی ارائه شده است، مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی است که متغیرهای چندگانه یک پدیده تحت بررسی را به‌طور هم‌زمان تحلیل می‌نماید (هان و کمبر[1]، ۲۰۰۶). در فرایند 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 گزارش دهی و پردازش و تحلیل برخط، مدل‌سازی مبتنی بر نظریه و مدل‌سازی مبتنی برداده، وجود دارد.

مدل‌سازی مبتنی بر داده، عمده‌ترین روش و وجه تمایز داده‌کاوی محسوب می‌شود. در این

1. Han & Kamber

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش بیشتر از مدل‌سازی مبتنی بر داده استفاده شده است. تکنیک‌های این روش طبقه‌بندی و پیشگویی، خوشه یابی، مصورسازی داده‌ها، شبکه‌های عصبی، فواید جمعی، درخت تصمیم‌گیری و مانند آن می‌باشند. با استفاده از این روش‌ها دانش پنهان در داده‌ها کشف می‌شود (لاروس[1]، ۲۰۰۴). تکنیک داده‌کاوی به رابطه هم‌زمان دو یا چند پدیده مربوط می‌شوند (فایاد[2] و همکاران، ۱۹۹۶).

ویژگی‌های منحصربه‌فرد داده‌کاوی را می‌توان به‌صورت زیر برشمرد: (هیر[3]، ۲۰۰۵)

أ. نه‌تنها بر فاز تحلیل، بلکه بر طراحی، مطالعه و جمع‌آوری داده نیز تأکید و تأثیر دارد.
ب. داده‌کاوی طی سؤالات مشخص و پیچیده، پاسخ‌های دقیق و واضح را از داده‌های جمع‌آوری‌شده استخراج می‌کند.
ج. مزیت اصلی و تفاوت آن با سایر تکنیک‌ها در این است که به‌جای ارائه راه‌حل کلی، پاسخ‌های دقیق متناسب باهدف را در اختیار محققان قرار می‌دهد.
د. امکان سنجش اثر متغیرهای مستقل را بر روی متغیرهای وابسته در یک مدل تحلیل حساسیت، فراهم می‌کند.
ه. به مدیران کمک می‌کند که تأثیر سناریوهای آتی را مورد ارزیابی قرار دهند و با مدل‌سازی گزینه‌های متعدد و کمک به تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت به انتخاب مسیر صحیح بپردازند.
و. حجم بسیار وسیع داده‌ها را به‌گونه‌ای مؤثر خلاصه می‌کنند و از افزونگی اطلاعات می‌کاهند. تجزیه و تحلیل ها می‌توانند اطلاعات را به مهم‌ترین عوامل و متغیرها خلاصه نمایند و یا با خوشه‌بندی، اطلاعات را به بخش‌های مختلف تقسیم‌بندی نمایند.

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

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

1. Larose
2. Fayyad
3. Hair

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم‌ها، نوع شرکت‌ها و تولیدکنندگان، فناوری‌های مختلف و ارزیابی آمادگی آن‌ها می‌توان در مورد 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 ازنظر مجموع هزینه‌های چرخه عمر تجهیزات، کدام برای سازمان مناسب‌تر است. از داده‌کاوی می‌توان برای تعیین اعتبارات لازم برای خرید و تأمین تجهیزات و نحوه تخصیص مناسب آن به یگان‌های دفاعی استفاده کرد. همچنین بر اساس عمر سپری‌شده و میزان آمادگی تجهیزات دفاعی می‌توان بودجه نگهداری و تعمیرات را پیش‌بینی نمود. بر اساس عمر تخمینی تجهیزات، می‌توان تاریخ انقضای آن‌ها را نیز پیش‌بینی نمود. مدیران پشتیبانی باید تصویر مناسبی از وضعیت تجهیزات داشته باشند تا بتوانند تصمیم‌های مناسب و هدفمند را اتخاذ نمایند. داده‌کاوی می‌تواند کاربردهایی در خصوص نگهداشت تجهیزات را به همراه داشته باشد که عبارت‌اند از:

أ. ارائه تصمیم مناسب و منطقی و تحلیل لازم برای خرید، جایگزینی و تأمین تجهیزات دفاعی سازمان و تجهیز و توسعه یگان‌ها،
ب. تعیین تکلیف و تصمیم‌گیری درباره خروج اقلام از سازمان،
ج. تعیین عوامل مؤثر بر کارایی، آمادگی و عمر مفید تجهیزات دفاعی.

گروه‌بندی و درخت تصمیم

درک تفاوت میان خوشه‌بندی و طبقه‌بندی مهم است. در طبقه‌بندی با الگوهای از پیش تعیین‌شده مواجه هستیم و مسئله نام‌گذاری یک الگوی جدید مطرح است (ژاین و همکاران، ۱۹۹۹). هر دسته شامل یک خصوصیت قابل پیش‌بینی است که کلاس نام دارد. این روش یک الگوریتم یادگیری با سرپرست است. الگوریتم‌ها برای یادگیری نیاز به یک هدف دارند و تمام خصوصیات ورودی به‌طور یکسان هدف هستند. رایج دسته‌بندی شامل شبکه‌های عصبی، رگرسیون و درخت تصمیم می‌باشند (ژیونگ و همکاران[1]، ۲۰۱۳) در خوشه‌بندی، مسئله گروه‌بندی یک مجموعه الگوهای نامعین به خوشه‌های معنی‌دار است (افشار و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۸). بیشتر الگوریتم‌های خوشه‌بندی مدل را در تعداد تکرارهای معین می‌سازند (ژیونگ و همکاران، ۲۰۱۳). داده‌های هر خوشه با یکدیگر مشابه و متفاوت از سایر خوشه‌ها هستند. معیار

1 Xiong T., Wang S., Mayers A., Monga E

www.SID.ir

Archive of SID

شباهت نزدیکی نقاط در فضا بر اساس تابع فاصله است. فاصله اقلیدسی مهم‌ترین مقیاس برای ارزیابی میزان نزدیکی داده‌ها است (چاکرابارتی و همکاران[1]، ۲۰۰۹)

درخت‌های تصمیم ابزارهای قدرتمند و ویژه برای طبقه‌بندی و پیشگویی هستند. جذابیت درخت تصمیم در مقابل سایر مدل‌ها از قبیل شبکه‌های عصبی بر اساس یک قالب قابل‌فهم است که قوانین در آن نشان داده می‌شود. در برخی از کاربردها موضوع اصلی دقت طبقه‌بندی یا پیشگویی است. در بعضی موارد نوع کارکرد مدل مهم نیست بلکه توانایی تبیین علت تصمیم‌گیری ضروری و مهم است. در حوزه نگهداری و تعمیرات به‌منظور مجاز بودن مسئول نگهداری برای ایجاد یک سیستم صحیح عملیات نگهداری، مهم عملی و قابل‌فهم بودن مدل است. درخت تصمیم این اطلاعات را بر اساس یک نمایش قابل‌فهم فراهم می‌کند (باستوس و همکاران، ۲۰۱۴)

پیشینه پژوهش

با توجه به اینکه هدف اصلی تحقیق حاضر ارائه و توسعه یک سیستم پیشگویی در جهت پیش‌بینی خرابی خودروها در سازمان موردمطالعه است بنابراین در جدول شماره دو، خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام شده در داخل و خارج از کشور که مرتبط با موضوع و روش پژوهش می‌باشد ارائه شده است.

1 Chakrabarti S. et al

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): مرور پیشینه تحقیق

پژوهشگر/پژوهشگران	سال انجام پژوهش	عنوان پژوهش	یافته‌ها
فریور و همکاران[1]	۲۰۱۱	داده‌کاوی برای کنترل کیفیت: تشخیص سوراخ در روند حفاری	برای کشف ضایعات فرآیند سوراخ‌کاری قطعات صنعتی در یک کارخانه از روش داده‌کاوی استفاده نمودند و طبقه‌بندی انجام شده از ضایعات بر مبنای یادگیری با سرپرست بود.
باستوس و همکاران[2]	۲۰۱۴	کاربرد داده‌کاوی در سیستم نگهداری و تعمیرات برای پیش‌بینی خرابی	مدل پیش‌بینی خرابی دستگاه‌های چند واحد صنعتی را بر اساس الگوریتم CART و با نرم‌افزار RapidMiner ارائه کردند.
بوخش و همکاران[3]	۲۰۱۸	یک رویکرد یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی نگهداری و تعمیرات دارایی‌های راه‌آهن	سهم اصلی این مقاله، استفاده از داده‌های تولیدشده از سیستم معروف SAP ERP، به‌منظور تهیه طبقه‌بندی‌هایی است که قادر به کمک به مدیران زیرساخت در تصمیم‌گیری‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات در آینده باشند.
کیرانمای و لاکسمی[4]	۲۰۱۸	داده‌کاوی برای طبقه‌بندی مشکلات کیفیت برق با استفاده از نرم‌افزار WEKA و تأثیر ویژگی‌ها بر دقت طبقه‌بندی	این مقاله طبقه‌بندی مشکلات کیفیت برق مانند افت ولتاژ، تورم، قطع و عدم تعادل با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی: J48، درخت تصادفی و درختان جنگل تصادفی را ارائه می‌دهد.

1 Ferreiro and et.al.

2 Bastos and et.al.

3 Bukhsh and et.al.

4 Kiranmai & Laxmi

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهشگر/پژوهشگران	سال انجام پژوهش	عنوان پژوهش	یافته‌ها
ریزگی و همکاران[1]	۲۰۱۸	استفاده از روش‌های داده‌کاوی برای پیش‌بینی متوالی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات	روش پیشنهادی این پژوهش وقوع فعالیت نگهداری و تعمیرات بعدی را با اطلاعات مربوط به قطعات یدکی مصرف‌شده پیش‌بینی می‌کند. یک مطالعه موردی واقعی صنعتی در این مقاله ارائه‌شده است و به‌خوبی توجه شده است که نتایج تجربی با استفاده از داده‌کاوی، پیش‌بینی نگهداری و تعمیر را روشن می‌کنند.
لی و همکاران[2]	۲۰۱۹	علوم داده برای ارتعاش ناهمسانی و نگهداری و تعمیرات پیش‌بینی کننده یاتاقان‌های دوار	رویکرد داده‌های علوم، داده‌کاوی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی عمر باقیمانده یک قطعه یدکی (بلبرینگ) در موتور الکتریکی را نشان می‌دهد.
کالازاس و پاپوتسیداکیس[3]	۲۰۲۱	پیش‌بینی نگهداری و تعمیرات با استفاده از یادگیری ماشین و داده‌کاوی: یک روش پیشگام اجراشده در راه‌آهن یونان	این مقاله با استفاده از داده‌های غیرفعال ذخیره‌شده از یک شرکت راه‌آهن یونان و از روش داده‌کاوی و همچنین تکنیک‌های یادگیری ماشین برای ایجاد پشتیبانی تصمیم‌گیری راهبردی و تهیه یک برنامه کنترل و خطر برای قطارها استفاده می‌کند.
فخار، دقایقی و قنبردزفولی	۱۳۸۹	ارائه یک راهکار جهت استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی در فرآیند نگهداری و تعمیرات	در این پژوهش یک معماری جهت طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر روش‌های داده‌کاوی ارائه‌شده است. این سیستم که به‌صورت نامتمرکز عمل می‌کند قادر است، با طبقه‌بندی تجهیزات بر اساس سابقه تعمیراتی آن‌ها، بهترین زمان برای تعمیر تجهیزات را پیشنهاد نماید.

1 Rezig and et.al.

2 Lee and et.al.

3 Kalathas & Papoutsidakis

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهشگر/پژوهشگران	سال انجام پژوهش	عنوان پژوهش	یافته‌ها
سلیمانی، سپهری و حاج فتحعلی ها	۱۳۸۹	ارائه مدلی در نگهداری و تعمیرات قطار با استفاده از تلفیق روش تصمیم‌گیری AHP و داده‌کاوی	در این پژوهش با بررسی داده‌کاوی در حمل‌ونقل ریلی، در هر سه حوزه (مسیر ریلی، ماشین‌آلات ریلی و مدیریت سیستم ریلی)، چارچوب‌هایی تدوین شده است که ارتباط جمعی تکنیک داده‌کاوی و حمل‌ونقل ریلی را نشان می‌دهد.
فراهانی و روغنیان	۱۳۹۰	کاربرد داده‌کاوی در سیستم نگهداری و تعمیرات برای افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی تعمیرات (مطالعه موردی: شرکت پتروشیمی شازند)	در این پژوهش سعی شده است با استفاده از پایگاه داده‌ای که در نتیجه ثبت فعالیت‌های تعمیراتی در سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات کامپیوتری به‌دست‌آمده است و همچنین استفاده از متدولوژی استاندارد داده‌کاوی و تکنیک‌های آن مانند خوشه‌بندی و همچنین با استفاده از نرم‌افزار Clementine با تحلیل داده‌ها و کشف دانش ارزشمند نهفته در حجم بزرگی از داده‌ها، الگوی مناسبی جهت افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی تعمیرات ارائه شده است.
رمضانی، مسعودی و معماریانی	۱۳۹۰	کاربرد داده‌کاوی در تعیین خطوط مبنای رفتار فرسایشی موتورها	در این پژوهش به تحلیل و بررسی مؤلفه‌های مؤثر در وضعیت موتور کامیون بنز ۲۶۲۸ می‌پردازد که این مؤلفه‌ها کدام هستند و میزان تأثیر آن‌ها چقدر است که در قالب یک مدل داده‌کاوی مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج آن بیان‌شده است و درنهایت مدلی هوشمند جهت تشخیص و پیش‌بینی عیوب در موتورهای موردمطالعه ارائه شده است.
عباسی و همکاران	۱۳۹۲	معرفی روشی برای نگهداری و تعمیرات مشروط با در نظر گرفتن تعداد و نوع خطاها	یک روش ابتکاری بر اساس نوع و پراکندگی خطاها به‌منظور نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شبکه توزیع برق ارائه کردند. سپس علل ایجاد عیوب را شناسایی و راهکارهای رفع آن‌ها را پیشنهاد نمودند.

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهشگر/پژوهشگران	سال انجام پژوهش	عنوان پژوهش	یافته‌ها
یوسفی طرزجان و رمضانی	۱۳۹۴	کشف الگوهای پنهان و مفید از داده‌های سامانه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات، با پیش‌بینی هزینه‌ها و نقاط پرت	در این پژوهش 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 نماید. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد الگوهای خاصی متناسب با نوع مأموریت و نحوه استفاده از تجهیزات در تعداد و هزینه خرابی‌ها وجود دارد.
کریمی و افشارکاظمی	۱۳۹۵	پیش‌بینی خرابی و برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات خودپردازهای بانکی با روش داده‌کاوی	ارائه معماری دسته‌بندی داده‌های تولیدشده از تراکنش‌ها و خرابی‌های خودپردازهای یکی از بانک‌های کشور و پیش‌بینی فواصل میان خرابی آن‌ها از طریق روش داده‌کاوی به‌منظور برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات آن‌ها است.
ساجدی‌نژاد و لطفی	۱۳۹۸	مدلی برای بهینه‌سازی زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای سیستم‌های چندجزیی با استفاده از الگوریتم ژنتیک	در این مقاله یک مدل بهینه زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات (نت) پیشگیرانه غیر ادواری برای سیستم‌های چندجزیی (سری – موازی)، بر مبنای حداکثر قابلیت دسترسی اجزای سیستم (که تعیین بازه بازرسی بهینه را به همراه دارد) ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

روش شناسی پژوهش

محققانی که تنها روابط دوبه‌دو را در نظر می‌گیرند و از داده‌کاوی استفاده نمی‌کنند، ابزار قدرتمندی را از دست می‌دهند که می‌تواند اطلاعات سودمندی را در اختیار آنان قرار دهد. در مسائل واقعی چندین متغیر به‌طور هم‌زمان بر روی پاسخ تأثیر می‌گذارند، ازاین‌رو تجزیه‌وتحلیل‌های چند متغیره جواب‌های دقیق‌تری را فراهم می‌کنند.

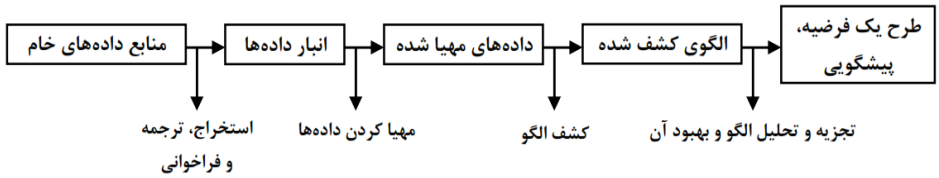
تکنیک‌های داده‌کاوی ازجمله تکنیک‌های نوین علمی هستند که در توصیف، تشریح، پیش‌بینی و کنترل پدیده‌ها به کار می‌روند[1]. این تکنیک‌ها به اندازه‌گیری، تشریح و پیش‌بینی درجه وابستگی میان متغیرها می‌پردازند. روش‌های داده‌کاوی نه‌تنها بر جنبه‌های تحلیلی مطالعات، بلکه در طراحی و ابزارهای جمع‌آوری داده برای تصمیم‌گیری و حل مسائل نیز تأثیر می‌گذارند. می‌توان فرایند داده‌کاوی را طی مراحل زیر به‌صورت شکل شماره یک نشان داد: (پانگ و استینباچ[2]، ۲۰۰۵)

در بسیاری از موارد، داده‌کاوی را مترادف با اصطلاح "کشف دانش در پایگاه داده" قلمداد می‌کنند. درحالی‌که بعضی نیز داده‌کاوی را یکی از مراحل فرایند کشف دانش در پایگاه داده تعریف می‌کنند. فرایند کشف دانش در مراحلی به‌صورت تکرارشونده صورت می‌گیرد. داده‌های خام از منابع مختلفی جمع‌آوری می‌شوند و از طریق استخراج به انبار داده‌ها وارد می‌شوند. در بخش مهیاسازی داده‌ها، داده‌ها از انبار خارج‌شده و به‌صورت یک فرمت مناسب برای داده‌کاوی درمی‌آیند. در بخش کشف الگو با روش‌های داده‌کاوی الگوریتم‌های استخراج‌شده و از این الگوریتم‌ها برای ساخت الگو استفاده می‌شود. در بخش تجزیه‌وتحلیل، الگوها به یک دانش مفید و قابل‌استفاده تبدیل می‌شوند و بعد از بهبود آن‌ها، الگوهایی که کارا محسوب می‌شوند، در یک سیستم اجرایی به کار گرفته خواهند شد.

1. MIT GmbH
2. Pang & Steinbach

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱): فرآیند داده‌کاوی

روش‌های متفاوتی برای پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات پیش‌گویانه وجود دارد. برای پیش‌بینی خرابی آینده خودروهای سازمان موردمطالعه نیاز به آگاهی از وضعیت فعلی خودروها و همچنین عملکرد گذشته آن‌ها در یک دوره زمانی است. این موضوع زمانی محقق می‌شود که رکوردهای مربوط به عملکرد خودروها ازجمله میزان مسافت طی شده (کیلومتر) و رده استفاده‌کننده، رکوردهای مربوط به خرابی (عدم سرویس‌دهی) ازجمله نوع خرابی و فاصله بین خرابی، همچنین داده‌های مربوط به نگهداری و رفع خرابی آن‌ها، وجود داشته باشد.

خودروهای سازمان موردمطالعه تعداد ۲۲۷ دستگاه از سه نوع سبک، نیمه سنگین و سنگین بودند که در سازمان موجود و مورداستفاده جهت انجام مأموریت‌های آموزشی و اردویی هستند. سامانه‌ای با عنوان سامانه مانیتورینگ خودروها طراحی شده است که عملکرد خودروها در دو سطح نگهداری و تعمیرات زیر قابل‌تفکیک را اندازه گیری می کند.

سطح هشدار: در این سطح عملکرد خودروها ثبت می‌شود. همچنین در صورت عدم سرویس‌دهی، زمان و علت آن در سامانه ثبت می‌گردد.

سطح رفع خرابی (تعمیرات اضطراری): با توجه به نوع خرابی و در دسترس بودن قطعات موردنیاز جهت جایگزینی، تیم نگهداری و تعمیرات نسبت به انجام تعمیرات (اضطراری) اقدام می‌نمایند. بعد از انجام تعمیرات و سرویس‌های موردنیاز، داده‌های مربوط به زمان، نوع اقدام و مسئول رفع خرابی در سامانه ثبت می‌شود.

هدف از این پژوهش جایگزینی نگهداری و تعمیرات پیش‌گویانه با نگهداری و تعمیرات اضطراری از طریق ایجاد الگوی پیش‌بینی فواصل زمانی خرابی خودروها است؛ اما با توجه به تعداد خودروها و همچنین تنوع آن‌ها چنانچه از هر دستگاه بیش از یک خرابی ثبت گردد، یک پایگاه داده بزرگ ایجاد خواهد شد. ازاین‌رو و به‌منظور استخراج نتایج دقیق‌تر با توجه به سهم بالای خودروهای سبک از جامعه موردمطالعه که شامل خودروهای نیمه سنگین و سنگین هم می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین آمار و اطلاعات خرابی ثبت‌شده در سامانه نت خودرویی جامعه موردمطالعه در یک دوره ۱۱ ماهه صرفاً جهت این دسته از خودروها شامل ۱۵۰ دستگاه جهت بازه زمانی اردیبهشت تا اسفندماه سال ۱۳۹۹ استخراج و موردبررسی قرار گرفته است.

آماده‌سازی داده‌ها

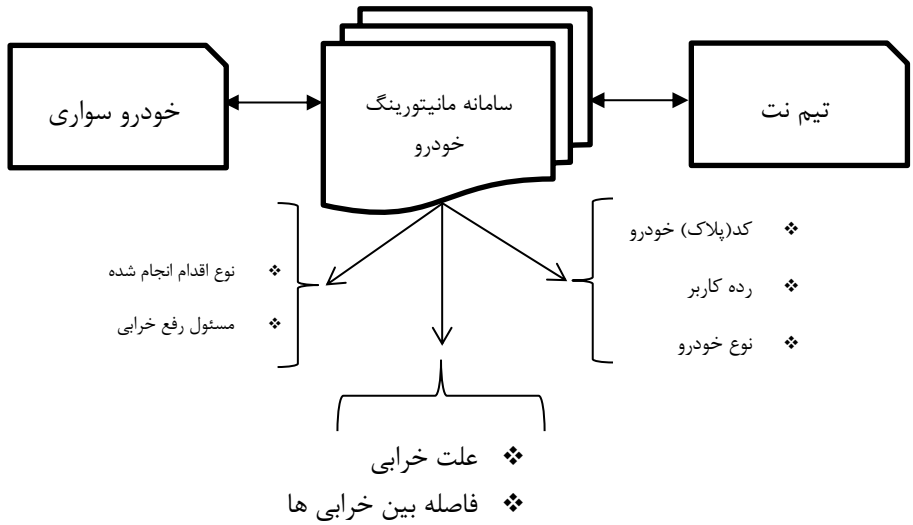
این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحل داده‌کاوی است. پردازش داده‌ها می‌تواند نقش بسزایی در دسترسی نتایج به‌دست‌آمده داشته باشد (بشیر موسوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۹). برای آماده‌سازی داده‌ها دو وظیفه وجود دارد:

۱. حذف داده‌های غیرعادی و ساماندهی داده‌ها به یک‌شکل استاندارد که برای پردازش با تکنیک‌های داده‌کاوی آماده شوند،
۲. آماده‌سازی مجموعه داده‌هایی که به بهترین عملکرد داده‌کاوی منجر شود (ژیونگ و همکاران، ۲۰۱۳).

داده‌هایی که در سامانه مانیتورینگ خودروها ثبت می‌شوند در سه دسته داده‌های مربوط به مشخصات و موقعیت خودروها شامل کد (پلاک) ماشین، رده کاربر، نوع خودرو و مسافت پیموده شده؛ داده‌های مربوط به خرابی شامل زمان و علت خرابی و داده‌های مربوط به رفع خرابی شامل نوع اقدام انجام شده، مسئول و زمان رفع خرابی می‌باشد. مدل طرح واره ای دسته‌های متغیرها به شرح شکل شماره دو می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲): داده‌های موجود در بانک اطلاعاتی خودروها

به‌منظور دسته‌بندی خرابی‌ها داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اس پی اس اس مادلر وارد شد. ازآنجایی‌که متغیرهای «فاصله بین خرابی‌ها» و «میزان مسافت پیموده شده» دارای مقادیر کمی بوده و از مهم‌ترین متغیرهای تحقیق به شمار می‌روند، ازاین‌رو رکوردهای ثبت‌شده متغیرهای مزبور از منظر وجود داده‌های مفقودشده و پرت موردبررسی قرار گرفت. در خصوص کشف داده‌های پرت از روش انحراف معیار استفاده شد و در هیچ‌یک از متغیرها مقداری خارج از دامنه محاسبه‌شده مشاهده نشد.

به‌منظور دسته‌بندی خرابی‌ها داده‌های جمع‌آوری‌شده در نرم‌افزار وارد شد؛ اما با توجه به تعداد بالای متغیرها و از طرفی نتایج مورد انتظار از انجام پژوهش متغیرهای "نوع اقدام انجام‌شده "، "مسئول رفع خرابی " و "زمان رفع خرابی " به دلیل نداشتن ارتباط با نتایج خروجی حذف شدند. همچنین با توجه به ضریب همبستگی ۰,۱۲۳ که بین متغیر رده کاربر و سایر متغیرها به‌دست‌آمده آمد، متغیر موردنظر هم حذف شد. همچنین با توجه به ثبت خرابی‌ها بر اساس زمان وقوع و زمان رفع و همچنین مسافت طی شده (کیلومتر) آن‌ها، داده‌های مربوط به این متغیر به واحد روز و کیلومتر تبدیل شد.

با توجه به اینکه متغیرهای "فاصله بین خرابی‌ها " و "مسافت پیموده شده " دارای مقادیر کمی بوده و جزء مهم‌ترین متغیرهای پژوهش هستند، بنابراین رکوردهای ثبت‌شده آن‌ها از منظر

www.SID.ir

Archive of SID

وجود یا عدم وجود داده‌های پرت[1] موردبررسی قرار گرفتند. در خصوص کشف این‌گونه داده‌ها (داده‌های پرت) از روش انحراف معیار استفاده شد، به عبارتی محدوده داده‌ها با اختلاف سه انحراف معیار موردبررسی قرار گرفت و در هیچ‌کدام از متغیرها مقداری خارج از دامنه محاسبه‌شده مشاهده نشد.

یافته ها

پردازش در نرم‌افزار بر اساس متغیرهای "کد (پلاک) خودرو "، "نوع خودرو "، "مسافت پیموده شده "، "سال ساخت خودرو "، "علت خرابی " و "فاصله بین خرابی‌ها " انجام شد.

با توجه به هدف پژوهش، متغیرهای سال ساخت خودرو، مسافت پیموده شده و علت خرابی خودرو به‌عنوان متغیرهای ورودی و فواصل بین خرابی‌ها به‌عنوان متغیر خروجی تعیین شد. پس از انتخاب بانک اطلاعاتی جمع‌آوری شده در نرم‌افزار به شناسایی مدل‌ها و الگوریتم‌های مناسب برای دسته‌بندی خودروها پرداخته شد. بر اساس خروجی به‌دست‌آمده سه مدل به ترتیب ضریب همبستگی جهت مدل‌سازی به شرح جدول شماره سه برآورد شد.

جدول (۳): مدل‌سازهای برآورد شده

مدل	زمان ساخت (دقیقه)	همبستگی	تعداد فیلدهای استفاده‌شده	خطای نسبی
C&R Tree	<۱	۰,۶۷۷	۳	۰,۵۴۱
CHAID	<۱	۰,۶۴۳	۳	۰,۵۸۷
Liner	<۱	۰,۶۰۵	۳	۰,۶۳۴

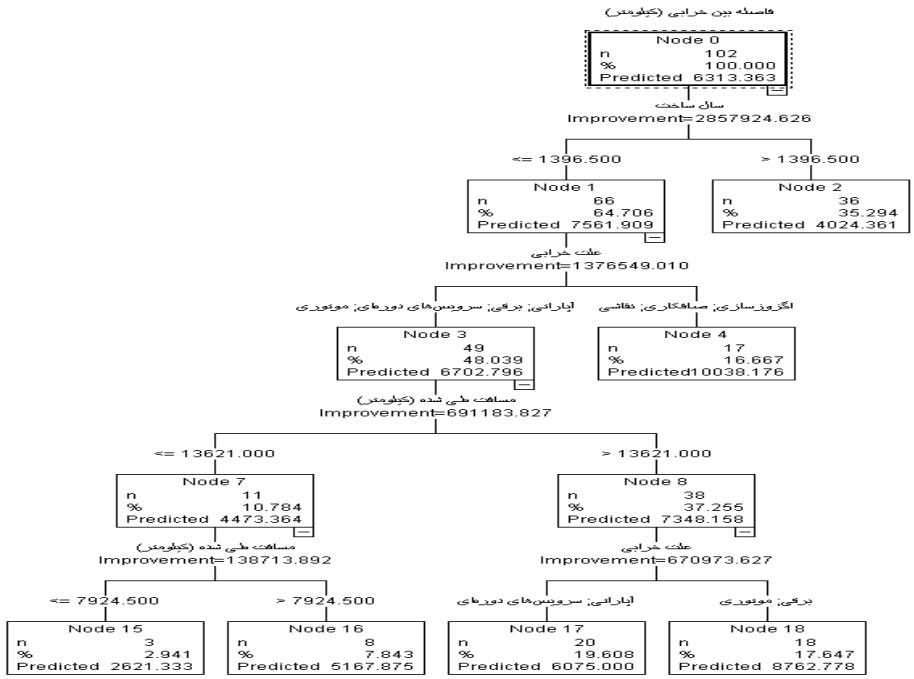
با توجه به خروجی به‌دست‌آمده، به دلیل وجود همبستگی بالاتر و خطای نسبی کمتر نسبت به سایر مدل‌ها، مدل‌های C&R Tree و CHAID جهت طبقه‌بندی داده‌ها انتخاب شد.

1. Outliers

www.SID.ir

Archive of SID

در مدل C&R Tree تعداد ۱۰ دسته در قالب ۱۹ گره[1] با توجه به متغیرهای سال ساخت خودرو، میزان مسافت طی شده و نوع خرابی خودروها ایجاد گردید. خطای میانگین ۰٫۰۳۱ محاسبه شد. نتایج خروجی به شرح شکل شماره سه است.



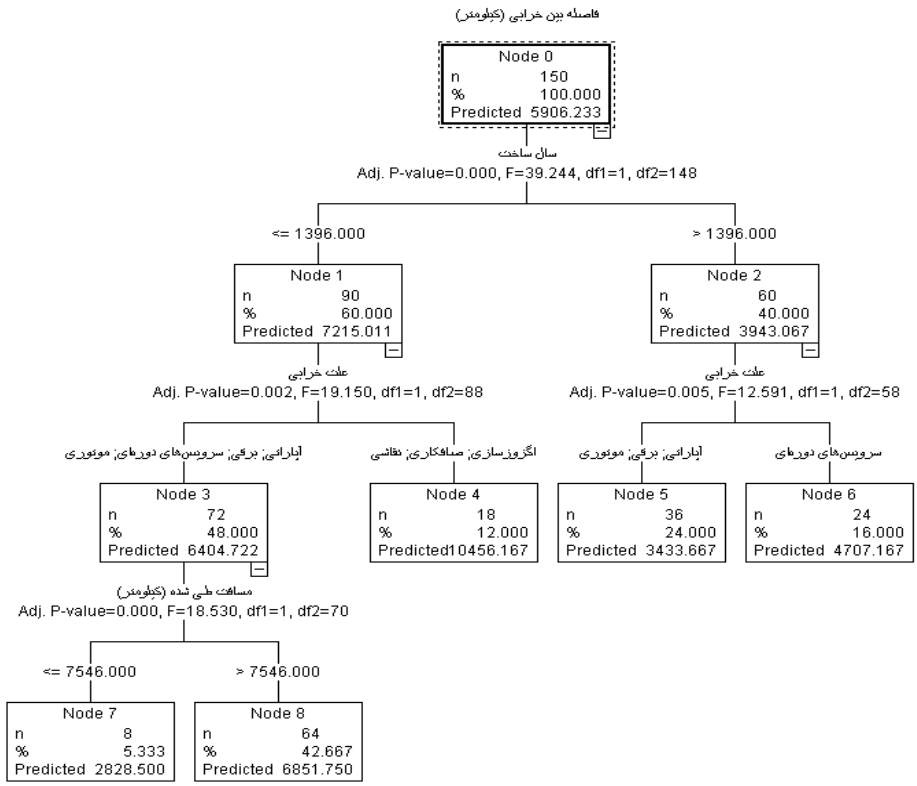
شکل (۳): خروجی‌های مدل C&R Tree

در مدل CHAID تعداد هست دسته در قالب نه گره با توجه به متغیرهای سال ساخت خودرو، میزان مسافت طی شده و نوع خرابی خودروها ایجاد گردید. خطای میانگین ۰٫۰۳۲ محاسبه شد. نتایج خروجی به شرح شکل شماره چهار است.

1. Node

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴): خروجی‌های مدل CHAID

با توجه به موارد و محاسبات مطرح‌شده در قسمت‌های قبلی و همچنین خطای میانگین کمتر و تعداد دسته‌های بیش‌تر درروش C&R Tree نسبت به CHAID بنابراین روش C&R Tree جهت طبقه‌بندی استفاده شد.

با توجه به خروجی‌های الگوریتم C&R Tree میانگین فواصل خرابی خودروها در هر یک از ۱۰ دسته به ترتیب برابر با ۷،۵۶۱،۹۰۹، ۶،۷۰۲،۷۹۶، ۴،۴۷۳،۳۶۴، ۲،۶۲۱،۳۳۳، ۵،۱۶۷،۸۷۵، ۷،۳۴۸،۱۵۸، ۶،۰۷۵، ۸،۷۶۲،۷۷۸، ۱۰،۰۳۸،۱۷۶، ۴،۰۲۴،۳۶۱ کیلومتر محاسبه شد؛ اما در جهت برنامه‌ریزی بهتر گروه نگهداری و تعمیرات با توجه به نزدیکی میانگین فاصله خرابی‌ها در دسته‌های متوالی، دسته‌های اول تا چهارم را در یک گروه، دسته پنجم در یک گروه، دسته ششم

www.SID.ir

Archive of SID

و هفتم در یک گروه و دسته‌های هشتم تا دهم نیز هرکدام به‌صورت جداگانه در یک گروه مجزا قرار داده شد. با تجزیه‌وتحلیل خروجی‌های نرم‌افزار مشخصات هر گروه به شرح جدول شماره چهار ارائه شده است.

جدول (۴): تحلیل خروجی‌ها مدل درخت تصمیم سی اند آر، در نرم‌افزار

گروه		کل خودروها	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
دسته‌بندی‌ها		اول تا دهم	اول تا چهارم	پنجم	ششم و هفتم	هشتم	نهم	دهم
تعداد خودروها		۱۵۰	۸	۱۱	۲۹	۲۴	۱۸	۶۰
درصد خودروها		۱۰۰	۶	۷	۱۹	۱۶	۱۲	۴۰
میانگین فاصله خرابی‌ها (کیلومتر)		۵۹۰۹,۶۵۲	۲۶۲۱,۳۳۳	۵۱۶۷,۸۷۵	۶۰۷۵	۸۷۶۲,۷۷۸	۱۰۰۳۸,۱۷۶	۴۰۲۴,۳۶۱
درصد خودروهای ستادی		۵۳	۱۰۰	۷۳	۰	۰	۲۲	۱۰۰
درصد خودروهای ۱۳۹۵		۲۷	۱۰۰	۷۳	۳۴	۳۳	۳۳	۰
درصد خودروهای ۱۳۹۶		۳۳	۰	۲۷	۶۶	۶۷	۶۷	۰
درصد خودروهای ۱۳۹۷		۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۶۷
درصد خودروهای ۱۳۹۸		۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳
درصد خرابی‌ها	آپاراتی	۷	۰	۰	۷	۰	۰	۱۳
	برقی	۱۸	۲۵	۲۸	۰	۴۲	۰	۲۰
	سرویس‌های دوره‌ای	۳۸	۲۵	۳۶	۹۳	۰	۰	۴۰
	موتوری	۲۵	۵۰	۳۶	۰	۵۸	۰	۲۷
	اگزوزسازی	۴	۰	۰	۰	۰	۳۹	۰
	صافکاری	۳	۰	۰	۰	۰	۲۲	۰
	نقاشی	۵	۰	۰	۰	۰	۳۹	۰

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به خروجی‌های جدول شماره پنج، کمترین فاصله بین خرابی‌ها برای خودروهای با سال ساخت ۱۳۹۶ و بیش‌ترین آن برای خودروهای با سال ساخت ۱۳۹۸ است. همچنین بیش‌ترین خرابی‌ها در گروه اول، دوم و ششم از نوع خرابی دسته یک و در گروه پنجم از نوع خرابی دسته دو می‌باشند. در ضمن دسته‌بندی خودروها بدین شکل است که ۵۳ درصد آن‌ها از نوع ستادی و ۴۷ درصد صفی می‌باشند که بیش‌ترین میزان توزیع خودروهای ستادی در گروه‌های اول، دوم و ششم و کم‌ترین میزان توزیع آن مربوط به گروه‌های سوم و چهارم است.

همواره می‌توان از اطلاعات جمع‌آوری‌شده پیرامون تجهیزات دفاعی، دانش مفیدی جهت ارائه راهکار برای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه آن‌ها ارائه کرد. هرچقدر اطلاعات جمع‌آوری‌شده قدیمی‌تر و حجیم‌تر باشد دقت دانش کشف‌شده نیز بالاتر است. این موضوع ازآن‌جهت اهمیت پیدا می‌کند که عملکرد تجهیزات دفاعی متأثر از نحوه نگهداری آن‌ها است. تمامی مقادیر اطلاعات از عملگرهای تعمیر و نگهداری برای افزایش کارایی سیستم پیش‌بینی و نگهداری مورداستفاده قرار نمی‌گیرند. به نظر می‌رسد که در این حوزه، داده‌کاوی گامی مؤثر و روبه‌جلویی است. سیستم‌های پیش‌بینی به مواردی می‌پردازند که منجر به افزایش دقت پیش‌بینی و درنهایت بهبود مراحل کار می‌شوند. نقطه ابداعی این سیستم، توانایی طبقه‌بندی اطلاعات تجهیزات دفاعی از محیط‌های مختلف و ارائه یک راهکار مناسب جهت تصمیم‌گیری پیرامون فرایند نت پیشگیرانه است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از پژوهش حاضر ارائه روش طبقه‌بندی و پیش‌بینی فاصله بین خرابی‌ها در خودروهای یک مرکز آموزش عالی دولتی کشور است. در این راستا اطلاعات خرابی یک نمونه ۱۵۰ عددی از خودروهای سبک این مجموعه طی ۱۱ ماه از اردیبهشت تا اسفندماه سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری‌شده است. بعد از پیش‌پردازش و آماده‌سازی متغیرها، با استفاده از نرم‌افزار داده‌کاوی به دسته‌بندی خودروها پرداخته شد. بر این مبنا، متغیرهای سال ساخت خودرو، میزان مسافت طی شده و نوع خرابی‌ها به‌عنوان متغیرهای ورودی و فاصله بین خرابی (کیلومتر) به‌عنوان متغیر خروجی تعیین شد.

نظر به همبستگی بالای محاسبه‌شده بین متغیرها در روش C&R Tree و از طرفی خطای میانگین کم‌تر، این روش جهت دسته‌بندی خودروها مناسب شناخته شد.

خروجی شامل ۱۰ دسته بر اساس میزان مسافت طی شده، سال ساخت خودروها و نوع خرابی‌ها ایجاد شد. در پژوهش باستوس و همکاران که به پیش‌بینی خرابی ماشین‌آلات

www.SID.ir

Archive of SID

پرداخته‌شده بود، مقایسه‌ای در خصوص مدل‌های پیش‌بینی انجام نشده است.

با تحلیل خروجی‌ها و بر اساس فاصله بین خرابی‌ها (کیلومتر)، خودروها در شش گروه دسته‌بندی و پیشنهادهایی جهت نگهداری بهتر هرکدام از گروه‌ها به شرح زیر ارائه شد.

بر این اساس گروه نگهداری و تعمیرات باید برنامه نگهداری خودروها را به طریقی تنظیم کنند که خرابی خودروهای گروه دوم، چهارم و پنجم بهبود یابند. همچنین با توجه به نوع مأموریت‌های این مرکز دفاعی و درصد بالای خودروهای صفی مربوط به گروه‌های سوم و چهارم، سرویس و نگهداری و آماده‌به‌کار بودن خودروهای این دو گروه باید دقیق‌تر از سایر گروه‌ها تنظیم شود. از طرف دیگر با توجه به اینکه تمام خودروهای با سال ساخت ۱۳۹۵ در گروه اول قرارگرفته‌اند، بنابراین تعمیر و تعویض به‌موقع قطعات خودروهای این گروه می‌تواند بهبود فراوانی در فاصله بین خرابی‌ها ایجاد کند.

ازآنجایی‌که بیش‌تر خرابی خودروهای گروه اول، دوم و ششم از نوع خرابی‌های دسته یک و در گروه پنجم از نوع خرابی‌های دسته دو است؛ بنابراین بازدید موتوری و سرویس‌های دوره‌ای منظم خودروهای گروه‌های اول، دوم و ششم نسبت به سایر گروه‌ها باید بیش‌تر شود و اینکه برای رده‌های گروه پنجم خودروها نامه‌نگاری لازم در خصوص برخورد مناسب با راننده و یا حتی‌الامکان تغییر راننده صورت پذیرد که این موضوع به‌احتمال‌زیاد باعث بهبود فاصله بین خرابی‌ها می‌شود.

نتایج نشان می‌دهند که در نظر گرفتن سه پارامتر سرویس، تأمین و تعویض به‌طور هم‌زمان باعث کاهش هزینه نت و افزایش قابلیت دسترسی تجهیزات می‌شود و این برنامه‌ریزی سودمندتر از حالتی است که تنها پارامتر تعویض و یا فقط دو پارامتر تعمیر و تعویض را در نظر بگیریم.

چگونگی طراحی مدل و روش حل پیشنهادی، انعطاف‌پذیر بوده و با تغییرات جزئی برای هر سیستمی قابل انطباق و پیاده‌سازی است.

الگوی نت پیشگیرانه ارائه شده برای سایر سیستم‌های واقعی دیگر مناسب بوده زیرا محتویات مدل برنامه ارائه‌شده بر اساس خصوصیات فیزیکی و تابع عمر سیستم بوده و درنهایت باعث افزایش عمر سیستم و کاهش هزینه نت می‌گردد.

با مقایسه نتایج نهایی پژوهش فعلی با پژوهش انجام‌شده قبلی مثل تحقیقات معین‌زاد و محمودیان در خصوص خودپردازهای بانکی و همچنین باستوس و همکاران در خصوص پیش‌بینی خرابی ماشین‌آلات، درمی‌یابیم که جنبه‌های نوآوری و تمایز پژوهش فعلی عبارت‌اند از: الف- در

www.SID.ir

Archive of SID

نظر گرفتن سال تولید خودروها که در پژوهش‌های قبلی نبود، ب- حوزه پژوهشی کاملاً متفاوت، ج- مقایسه بین مدل‌های پیش‌بینی و انتخاب بهترین مدل، د- تحلیل خروجی‌ها بر اساس فاصله زمانی خرابی‌ها که در پژوهش‌های قبلی این امر یا ملاحظه نشد و یا کم‌رنگ بود.

در این بخش پیشنهادهایی برای مطالعات آتی در راستای نتایج این پژوهش آورده شده است که ازجمله آن می‌توان به در نظر گرفتن فعالیت‌های چندحالته، احتمالی سازی فعالیت‌های مدل و اثر ملاحظات فصلی و زمانی بر نت، در مدل‌سازی سیستم اشاره نمود. از دیگر مسائلی که می‌تواند کاربردی کردن این مدل و سایر مدل‌های مشابه را با چالش مواجه نماید، عدم وجود پارامترهای ورودی و داده‌های مستند و دقیق برای بهینه‌سازی است، بنابراین باید به این نکته بسیار توجه شود.

همچنین پیشنهاد می‌گردد که با استفاده از الگوی ارائه‌شده علاوه بر شناسایی تجهیزاتی که نیاز به انجام تعمیرات پیشگیرانه و یا اصلاح نحوه انجام تعمیرات پیشگیرانه دارند، در زمان اورهال نیز با استفاده از الگوی ارائه‌شده، برای هر واحد، تجهیزاتی که نیاز به تعمیرات اساسی دارند شناسایی‌شده و بر اساس آن جهت انجام اورهال، برنامه‌ریزی مؤثری انجام شود. در پایان یادآور می‌شود، اساساً نگهداری و تعمیرات، تنها حوزه نت پیشگیرانه را شامل نمی‌شود و باوجود برنامه‌ریزی‌های این‌چنینی، مدیران، کارشناسان و مسئولان نت از نقش پررنگ‌تری نسبت به سایر پارامترهای دیگر حتی "ماهیت خرابی " برخوردار خواهند بود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

اسماعیلی‌راد، احسان؛ همدانی، علی (۱۳۸۸)، ***کاربرد تکنیک‌های داده‌کاوی در نگهداری و تعمیرات***، نشریه بهبود، (۲۵)۹، صص ۱۶-۱۱.

افسر، امیر؛ هوشدار محجوب، رحمت؛ مینایی بیدگلی، بهروز (۱۳۹۲)، ***خوشه‌بندی اعتباری مشتریان برای ارائه تسهیلات متناسب***، پژوهش‌های مدیریت در ایران، (۴)۱۷، صص ۲۴-۱.

بشیری موسوی، سید علیرضا؛ افسر، امیر؛ محجوبی فرد، ارش (۱۳۹۴)، ***تحلیل ارزش مشتری در بانک با استفاده از تکنیک داده‌کاوی و تحلیل سلسله مراتبی فازی***، پژوهش‌های مدیریت در ایران، (۱)۱۹، صص ۴۳-۲۳.

پری‌آذر، محمود؛ زائری، محمدسعید؛ شهرابی، جمال (۱۳۸۶)، ***انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات توسط تکنیک‌های آنالیز فاکتور و تحلیل سلسله مراتبی***، اولین کنفرانس داده‌کاوی ایران، تهران، https://civilica.com/doc/۳۳۰۱۰

رمضانی، سعید؛ مسعودی، علیرضا؛ معماریانی، عزیزالله (۱۳۹۰)، ***کاربرد داده‌کاوی در تعیین خطوط مبنای رفتار فرسایشی موتورها***، نشریه علمی مدیریت زنجیره تأمین، (۳۱)۱۳، صص ۵۵-۴۲.

ساجدی‌نژاد، آرمان؛ لطفی، میثم (۱۳۹۸)، ***مدلی برای بهینه‌سازی زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای سیستم‌های چندجزیی با استفاده از الگوریتم ژنتیک***، مطالعات مدیریت صنعتی، (۵۵)۱۷، صص ۱۶۰-۱۳۷.

سلیمانی، نفیسه؛ سپهری، محمدمهدی؛ حاج فتحهلیها، عباس (۱۳۸۹)، ***ارائه‌ی مدلی در نگهداری و تعمیرات قطار با استفاده از تلفیق روش تصمیم‌گیری AHP و داده‌کاوی***، ششمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، تهران، https://civilica.com/doc/۸۷۹۶۹

سیدحسینی، سیدمحمد (۱۳۸۰)، ***برنامه‌ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات در بخش صنایع و خدمات (و مقدمه‌ای بر TPM)***، سازمان مدیریت صنعتی، تهران، ایران.

فخار، بابک؛ دقایقی، علی؛ قنبر دزفولی، احسان (۱۳۸۹)، ***ارائه یک راهکار جهت استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی در فرآیند نگهداری و تعمیرات***، اولین کنفرانس ملی محاسبات نرم و فن‌آوری اطلاعات، ماهشهر، https://civilica.com/doc/۱۳۲۸۰۵

www.SID.ir

Archive of SID

فراهانی، رضا؛ روغنیان، عماد (۱۳۹۱)، ***کاربرد داده‌کاوی در سیستم نگهداری و تعمیرات برای افزایش اثربخشی برنامه‌ریزی تعمیرات مطالعه موردی شرکت پتروشیمی شازند***، هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، https://civilica.com/doc/۱۷۲۹۸۷

فرخی زاده، فرشید؛ مقدسی، محمد؛ گودرزی، شاهین (۱۳۹۶)، ***اولویت‌بندی راهبردهای بهینه نگهداری و تعمیرات در صنایع نساجی با رویکرد الکتره***، نشریه علمی مدیریت زنجیره تأمین، (۵۶)۱۹، صص ۶۶-۵۳.

کریمی، محمد؛ افشار کاظمی، محمدعلی (۱۳۹۵)، ***پیش‌بینی خرابی و برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات خودپردازهای بانکی با روش داده‌کاوی***، پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، (۳)۱، صص ۱۳۰-۱۱۳.

یوسفی طزرجان، مصطفی؛ رمضانی، سعید (۱۳۹۴)، ***کشف الگوهای پنهان و مفید از داده‌های سامانه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات، با پیش‌بینی هزینه‌ها و نقاط پرت***، نشریه علمی مدیریت زنجیره تأمین، (۴۸)۱۷، صص ۳۷-۲۶.

Abbasi M. Samadi M. Safari M. A. Faraj R. (2013). "***Introducing a method for conditional maintenance and repairmen by considering number and type of errors***", 2nd Sird Regional Conference, Iran, Tehran.

Bastos P. Lopes I. Pires L. (2014). "***Application of data mining in a maintenance system for failure Prediction***", Journal of Safety, Reliability and Risk Analysis, 3(7): 933-940.

Bukhsh, Z.A. Saaed, A. Stipanovic, I. (2018). "***A machine learning approach for maintenance prediction of railway assets***", Transp. Res. Arena.

Chakrabarti S. et al. (2009). "***Data mining, know it all***", United States, Morgan Kaufmann; Elsevier, eBook.

Daniel, T. Larose, Chantal D. Larose, (2005). "***Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining***", Second Edition, Wiley Publication, MIT GmbH, 2006.

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

Ferreiro S. Sierra B. Irigoien A. Gorritxategi E. (2011). "***Data mining for quality control: Burr detection in the drilling process***", Computers & Industrial Engineering, 60 (4), 801-810.

Hair, Joseph F. (2005). "***Multivariate Data Analysis***", Prentice Hall.

Han.J, Kamber.M, (2006). "***Data Mining Concept And Techniques***".second edition.

www.SID.ir

Jain A. K. Murty M. N. Flynn P. J, (1999). "***Data clustering: A Review***", International Journal of ACM Computing Surveys, 31(3): 299-322.

Kalathas I. & Papoutsidakis M. (2021). "***Predictive Maintenance Using Machine Learning and Data Mining: A Pioneer Method Implemented to Greek Railways***", MDPI, 2-18.

Kiranmai, S.A. Laxmi, A.J. (2018). "***Data mining for classification of power quality problems using WEKA and the effect of attributes on classification accuracy***", Prot. Control. Mod. Power Syst. 3, 29.

Lee, C.Y. Huang, T. S. Liu, M.K. Lan, C.Y. (2019). "***Data Science for Vibration Heteroscedasticity and Predictive Maintenance of Rotary Bearings***", Energies, 12, 801.

Pang-Ning Tan, Steinbach, (2005). "***Introduction to Data Mining***".

Rezig, S. Achour, Z. Rezg, N. (2018). "***Using Data Mining Methods for Predicting Sequential Maintenance Activities***", Appl. Sci. 8, 2184.

Xiong T. Wang S. Mayers A. Monga E. (2013). "***Personal bankruptcy prediction by mining credit card data***", International journal of Expert Systems with Applications, 40(2): 665-676.

www.SID.ir