

Warranty Policy Determination using Data-Mining Association Rules (Case study: Electronic Facilities Company)

Safar Fazli *

Associate Professor of Industrial Management, Imam Khomeini International University,
Qazvin, Iran, fazli@ikiu.ac.ir

Reyhaneh Jamaati Tafti

M.Sc. of Industrial Management, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran,
reyhaneh.jamaati@gmail.com

Abstract: Nowadays, varieties of warranties are presented by manufacturers. Improving the warranty policy imposes some costs on the producers. As a result, one needs to rely on factual and reliable data as well as the data on defects and repair when it comes to making warranty policy. To this end, this study uses data mining method. That is, an electronic equipment company's warranty data including 3500 defects reports within a 5-year period sample were mined, using association rules. This yielded significant patterns based on the data. Out of total derived rules and patterns, some rules describe the associations between the products and their defects and repairs better than others. So, having these information, we could determine the warranty policy for 24 products. The findings of this study can reduce warranty costs via optimization of warranty policies decisions.

Keywords: Data-mining, Warranty data, Warranty Policy, Association Rules, Warranty

Introduction: Buyers of products want assurance that the product will perform satisfactorily over its useful life when operated properly. This is achieved through post-sale support (also called product support) provided by the manufacturer.

Warranty is one of post-sale supports that serves as a way to promote the competitiveness capacity of the products. The complex competitive market and customers' demands have increased the competitions among the manufacturers in order to provide more customers with better warranties. Consequently, nowadays, varieties of warranties are presented by manufacturers. Effective management of product warranty requires proper evaluation of alternative warranty policies (Blischke & Murthy, 1992).

Offering better warranty policies conveys greater assurance to buyers and can result in greater sales. However, this increases the cost of servicing the warranty. As a result, one needs to rely on factual and reliable data as well as the data on defects and repair rather than estimation and guess when it comes to making warranty policy.

A producer can use the data gathered during the warranty period (generally called "warranty data") for various purposes. Since warranty data features a variety of failure modes, it can activate an early warning for design errors, highlight faults in the manufacturing process, and help enhance a product by understanding customer usage profile. This information can also help in estimating future expenses (Jeon & Sohn, 2015).

Warranty data are strictly confidential for most companies because they relate to product quality, reliability, and are therefore critical to consumers' product goodwill (Buddhakulsomsiri & Zakarian, 2009).

Materials and Methods: Product quality problems are monitored during the warranty period through the claims filed against the products. This process generates large volumes of warranty data records, such as product problems in the form of repair related labor codes, problem descriptions, actions taken, repair dates, and repair costs (labor and parts). Analyses of these data records may provide significant benefits to product manufacturers (Buddhakulsomsiri & Zakarian, 2009).

* Corresponding author

To this end, this study uses association rule method. The association rule (AR), which is a data-mining method, is used to determine the degree of relevance between variables (Jeon & Sohn, 2015).

In this paper, an electronic equipment company's warranty database including 3500 defects reports and resulting warranties within a 5-year period sample were mined, using association rules. This yielded significant patterns and rules based on the data. Data processing is done using SPSS Modeler 14.2 software.

Results and Discussion: The results were obtained from the implementation of the model by the software, including 475 association rules.

Out of total derived rules, 72 rules which describe the associations between the products and their defects and repairs better than others, were selected. These rules clarify the relationship between various products and their types of defects, the intensity of the defect, the number of the defect, the repeatability of the defect, reparability and the repair costs. This information provides the knowledge needed to decide on all variables in a warranty policy. And having this information, we could determine the warranty policy for 24 different products, in 4 categories of 'warranty period', 'warranty cost', 'Compensation method' and 'warranty dimensions'.

Conclusion: The findings of this study can decrease warranty costs via optimization of warranty policies decisions. Because, implementing these warranty policies reduces the manufacturer's risk of warranted products and reduces the cost of warranty service. Consequently, companies not only use the huge amount of stored data that contains valuable information about the various product failure and product warranties, but also will be interested both in the promotional benefits of the warranties in attracting customers, and in the benefits of reduction of the warranty costs by providing a good warranty policy for their products. This finally leads to increased profitability of the organization while achieving competitive advantage. The producers are recommended to reduce the warranty costs and to increase the profitability of production industries, using the proposed method as well as numerous data to make warranty policies in different firms.

References

- Blischke, W.R. & Murthy, D.N.P. (1992a) "Product warranty management – I: A taxonomy for warranty policies", *European Journal of Operational Research*, 62, 127–148.
- Buddhakulsomsiri, J. & Zakarian, A. (2009) "Sequential pattern mining algorithm for automotive warranty data", *Computers and Industrial Engineering*, 57(1), 137–147.
- Jeon, J. & Sohn, S.Y. (2015) "Product failure pattern analysis from warranty data using association rule and Weibull regression analysis: A case study", *Reliability Engineering and System Safety*, 133, 176–183.

تعیین سیاست وارانتهی با استفاده از قوانین انجمنی در داده کاوی (مطالعه موردی: شرکت تولیدی تجهیزات الکترونیکی)

صفر فضلی^{۱*}، ریحانه جماعتی تفتی^۲

۱- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، fazli@ikiu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، reyhaneh.jamaati@gmail.com

چکیده: امروزه پیشنهادهای وارانتهی متنوعی از سوی تولیدکنندگان ارائه می شود. با بهتر شدن سیاست وارانتهی، هزینه آن برای تولیدکننده افزایش می یابد؛ بنابراین برای تعیین سیاست وارانتهی روشی نیاز است که بر اطلاعات واقعی قابلیت اطمینان، شرایط خرابی و تعمیر محصول تکیه کند. برای این منظور در این مقاله از روش داده کاوی استفاده شده است. به این صورت که نمونه ای پنج ساله از داده های وارانتهی شرکت تولیدی تجهیزات الکترونیکی (که مشتمل بر ۳۵۰۰ خرابی محصولات است) با استفاده از قواعد انجمنی، کاوش و الگوهای با معنی میان آنها استخراج شده است. از میان قوانین و الگوهای کشف شده، برخی توصیف بهتری از ارتباط بین محصولات و شرایط خرابی و تعمیر آنها ارائه می دهند؛ بنابراین با استفاده از دانش به دست آمده از آنها، سیاست وارانتهی ۲۴ محصول مختلف شرکت تعیین شده است. نتایج این پژوهش به کاهش هزینه های وارانتهی از طریق بهینه کردن تصمیمات سیاست های وارانتهی کمک می کند.

واژه های کلیدی: داده کاوی، داده های وارانتهی، سیاست وارانتهی، قوانین انجمنی، وارانتهی

مقدمه

در بازار رقابتی امروز بسیاری از محصولات همراه با وارانتهی فروخته می‌شوند. وارانتهی محصول، قراردادی بین خریدار و تولیدکننده است. وارانتهی، تولیدکننده یا فروشنده را ملزم به تعمیر، جایگزینی یا فراهم کردن جبرانی برای خریدار در موارد خرابی محصول، در دوره زمانی از پیش تعیین شده‌ای (دوره وارانتهی^۱) می‌سازد. دو نقش مهم وارانتهی، نقش تبلیغاتی^۲ و نقش پشتیبانی^۳ آن است. وارانتهی‌ها نقش ابزار تبلیغاتی را دارند؛ به این صورت که در تبلیغ قابلیت اطمینان و کیفیت محصولی با دوره وارانتهی طولانی‌تر و بهتر، عمل می‌کنند. در نقش پشتیبانی نیز وارانتهی‌ها برای مشتریان تضمینی در برابر شکست محصول، در طول دوره وارانتهی فراهم می‌کنند (مورتی^۴ و بلیشک^۵، ۲۰۰۰). این تضمین، ریسک همراه با خرید محصول را کاهش می‌دهد.

در ارائه وارانتهی برای محصول، ابتدا باید نوع سیاست وارانتهی^۶ تعیین شود. سیاست‌های وارانتهی مختلفی وجود دارند که باتوجه به ویژگی‌هایشان در دسته‌های مختلفی قرار می‌گیرند (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۲). سیاست وارانتهی با پوشش بهتر، مثلاً با محدوده وسیع‌تر یا دوره طولانی‌تر، به بهتر شدن تصویر کیفیت محصول کمک می‌کند و مزیت رقابتی تولیدکننده را افزایش می‌دهد؛ اما هم‌زمان هزینه‌های اضافی را برای تولیدکننده نیز در بر دارد. این هزینه، وابسته به قابلیت اطمینان محصول و نوع سیاست وارانتهی است (مانا^۷ و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین تولیدکننده باید درباره سیاست وارانتهی به گونه‌ای تصمیم‌گیری کند که بین هزینه وارانتهی بیشتر و سهم بازار بیشتر، موازنه برقرار شود (مورتی و بلیشک، ۲۰۰۰). از دید تولیدکنندگان، هزینه وارانتهی درصد مهمی از هزینه کل محصول است؛ بنابراین سوال اصلی تولیدکنندگان کالا، تعیین سیاست وارانتهی باتوجه به استراتژی‌های تولیدکننده به نحوی است که بیشترین منافع را عاید تولیدکننده کند. در بیشتر مواقع تولیدکنندگان در اختصاص بودجه برای ارائه خدمات وارانتهی محدودیت دارند و درصدد هستند تا با بودجه موجود، سیاست وارانتهی‌ای را پیاده کنند که بیشترین رضایت را برای مشتریان به ارمغان بیاورد؛ بنابراین یکی از مسائل مهم، تبادل بین سود و هزینه در تعیین سیاست وارانتهی است. تولیدکنندگان رویکردهای معتبری را برای کنترل هزینه‌های وارانتهی به کار می‌گیرند. راه ممکن برای کاهش هزینه خدمات وارانتهی، اتخاذ تصمیمات درست درباره سیاست‌های وارانتهی، متناسب با شرایط مؤثر در ایجاد خرابی در محصول است. یکی از منابع مهم برای دستیابی به اطلاعات درباره این شرایط، داده‌های تاریخی وارانتهی است؛ زیرا شامل اطلاعات واقعی از روند خرابی‌های محصول در گذشته است. ارائه سیاست‌های وارانتهی ایدئال و جذاب، بدون توجه به قابلیت اطمینان محصول و قطعات آن، ممکن است منجر به هزینه وارانتهی زیادی شود (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۲)؛ بنابراین روش کار باید به این صورت باشد که ابتدا برآورد نسبتاً دقیقی از قابلیت اطمینان محصول و قطعات آن، و شرایط مؤثر در بروز خرابی‌ها و نوع آنها انجام شود و سپس متناسب با این برآوردها بهترین سیاست برای وارانتهی ارائه شود. تولیدکننده می‌تواند از داده‌های جمع‌آوری شده در طول دوره وارانتهی (که به آن داده‌های وارانتهی می‌گویند) برای اهداف مختلف استفاده کند؛ زیرا این داده‌ها حاوی اطلاعات مفیدی درباره حالات متفاوت خرابی محصول هستند و در تخمین و پیش‌بینی خرابی‌های آینده از آنها کمک گرفته می‌شود (ژئون^۸ و سوهن^۹، ۲۰۱۵). این داده‌ها شامل مواردی نظیر شرح خرابی و مشکل، اقدامات انجام شده برای رفع خرابی، تاریخ تعمیر، هزینه تعمیر (قطعه و کارگر)، اپراتور تعمیرکننده و ... است (بوداکولسومسیری^{۱۰} و ذکریان، ۲۰۰۹)؛ اما معمولاً حجم

این داده‌های جمع‌آوری شده آن آنقدر زیاد است که اطلاعات مفید آن در میان حجم انبوه داده‌ها گم می‌شود؛ بنابراین نیاز به روشی است که در استخراج اطلاعات از میان داده‌های وارانته، بر محدودیت‌های ناشی از انبوهی و پیچیدگی داده‌ها غلبه کند. داده‌کاوی^{۱۱} روشی خودکار یا نیمه‌خودکار برای کشف اطلاعات با معنی از میان حجم انبوهی از داده‌ها است.

هدف اصلی این مطالعه، استفاده از ابزار تحلیل داده قوی مانند داده‌کاوی برای کشف الگوها و روابط پنهان در میان انبوه داده‌های وارانته جمع‌آوری شده است؛ در نتیجه از تفسیر نتایج حاصل از این الگوها، مناسب‌ترین سیاست وارانته برای محصولات ارائه می‌شود. با این کار، مشتری و تولیدکننده هر دو از مزایای حاصل از ارائه وارانته بهره‌مند می‌شوند.

ادامه مقاله در قالب بخش‌های زیر سازماندهی شده است. در بخش بعدی مفاهیم و نظریات موجود در زمینه سیاست‌های وارانته معرفی شده است. بخش سوم مقاله روش‌های استفاده‌شده در پژوهش را شرح می‌دهد. در بخش چهارم داده‌های واقعی برای اثبات کاربردپذیری روش در کارخانه تولیدی لوازم و تجهیزات الکترونیکی در ایران تحلیل می‌شود. در بخش پنجم نتایج مقاله و پیشنهادهایی برای مدیران ارائه می‌شود.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مفهوم سیاست وارانته: پیشنهادهای متفاوت ارائه وارانته را سیاست وارانته نامیده‌اند (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۳). منظور از سیاست وارانته، نوع خدمت ارائه‌شده به مشتری و نحوه ارائه آن است. تولیدکنندگان هنگام ارائه وارانته چند متغیر اساسی را مدنظر قرار می‌دهند. این متغیرها شامل نوع وارانته یا شیوه اصلاح، نحوه ارائه خدمات وارانته (از نظر هزینه‌های آن) و مدت وارانته هستند. سیاست‌های وارانته را براساس ویژگی‌های مختلف آنها به روش‌های متفاوت دسته‌بندی کرده‌اند. نمونه‌ای از دسته‌بندی سیاست‌های وارانته را هوانگ^{۱۲} و ژو^{۱۳} ارائه کرده‌اند. در این دسته‌بندی دو متغیر وجود دارد که انواع سیاست‌های وارانته را از هم متمایز می‌کند؛ دوره وارانته و نحوه ارائه وارانته. منظور از دوره وارانته طول دوره زمانی است که محصول تحت پوشش وارانته است. بر این اساس، دو سیاست دوره ثابت^{۱۴} و دوره تجدیدپذیر^{۱۵} وجود دارد. در وارانته‌هایی با دوره ثابت، دوره وارانته پس از اتمام زمان مشخص شده، تمام و محصول از ضمانت وارانته خارج می‌شود. در سیاست‌هایی با دوره تجدیدپذیر، هرگاه محصولی در دوره وارانته خود با خرابی مواجه شود، دوره وارانته تمدید و دوره جدید جایگزین دوره قبل می‌شود؛ بنابراین برای سیاست‌های تجدیدپذیر، دوره وارانته با هر بار شکست محصول از نو آغاز می‌شود؛ اما در سیاست‌های ثابت، محصول پس از خرابی در مدت زمانی که از دوره وارانته‌اش باقی مانده، دارای ضمانت است.

براساس شیوه ارائه خدمات وارانته نیز سیاست‌های مختلفی وجود دارد. منظور از نحوه ارائه خدمات وارانته، نحوه پرداخت هزینه‌های وارانته به وسیله تولیدکننده و مصرف‌کننده است. بر این اساس وارانته‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از وارانته رایگان، تسهیم هزینه و ترکیبی. در وارانته رایگان یا FRW^{۱۶}، ارائه خدمات به مشتری در طول دوره وارانته رایگان است. در سیاست تسهیم هزینه یا PRW^{۱۷} در دوره وارانته، تولیدکننده محصول را با دریافت بخشی از هزینه، اصلاح می‌کند؛ در واقع در این سیاست نسبت مشخصی از هزینه وارانته را

مشتری متحمل می‌شود. وارانتی با ترکیبی از دو وارانتی تعویض رایگان و تسهیم هزینه حاصل می‌شود (هوانگ و ژو، ۲۰۰۴).

دسته‌بندی دیگری که از سیاست‌های وارانتی بررسی شده است مربوط به پژوهش اسکندر^{۱۸} و همکاران است. این پژوهش وارانتی‌ها را براساس شیوه اصلاح نیز تقسیم‌بندی می‌کند. منظور از شیوه اصلاح، نوع خدمت ذکرشده در قرارداد وارانتی است که برای رفع خرابی محصول باید انجام گیرد. دو نوع خدمت از طرف تولیدکننده برای رفع خرابی محصول به مصرف‌کننده ارائه می‌شود. این خدمات شامل تعویض محصول و تعمیر محصول هستند. باتوجه به تعمیرپذیر بودن یا نبودن محصول راهکاری انتخاب می‌شود که مقرون به‌صرفه‌تر است (اسکندر و همکاران، ۲۰۰۵).

نمونه‌ای دیگر از دسته‌بندی سیاست‌های وارانتی در پژوهش بلیشک و مورتی وجود دارد. در این پژوهش جامع‌ترین دسته‌بندی از سیاست‌های وارانتی ارائه شده است (بلیشک و مورتی، ۱۹۹۲). در این دسته‌بندی علاوه بر تقسیم سیاست‌ها براساس دوره وارانتی و شیوه ارائه خدمات وارانتی، سیاست‌های وارانتی براساس تک‌بعدی یا دوبعدی بودن آن دسته‌بندی شده است. منظور از بُعد در سیاست وارانتی تعداد متغیرهای مشخص شده برای تعیین محدودیت‌های وارانتی است. سیاست یک‌بعدی^{۱۹} براساس زمان و سن کالا یا میزان استفاده و کارکرد آن بیان می‌شود. سیاست دوبعدی^{۲۰} هر دو متغیر زمان و میزان کارکرد را دربرمی‌گیرد؛ برای مثال درباره اتومبیل، وارانتی می‌تواند تنها شامل محدودیت زمان باشد (مثلاً دو سال)، که وارانتی تک‌بعدی نام دارد؛ درحالی‌که وارانتی دوبعدی محدودیت زمان و محدودیت میزان کارکرد را دارد (برای مثال دو سال یا ۳۰۰۰۰ کیلومتر کارکرد). با مطالعه مدل‌های ذکرشده و تلفیق نظریات موجود، مطابق شکل ۱ دسته‌بندی نسبتاً جامعی از سیاست‌های وارانتی ارائه شده است که در این مقاله، این دسته‌بندی به کار گرفته می‌شود.



شکل ۱- دسته‌بندی سیاست‌های وارانتی

از ترکیب هریک از حالت‌های بالا با همدیگر سیاست وارانتی حاصل می‌شود. از آنجایی که کلیه جایگشت‌های ممکن برای دسته‌بندی فوق $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 24$ است، ۲۴ سیاست وارانتی مختلف باتوجه به این دسته‌بندی ارائه می‌شود.

پیشینه پژوهش

بحث‌های تفصیلی و مرور جنبه‌های مختلف وارانتهی در پژوهش‌های بلیشک و مورتی، و مورتی و جمال‌الدین^{۲۱} یافت می‌شود. این پژوهش‌ها عمدتاً وارانتهی و جنبه‌های مختلف آن را معرفی می‌کنند (بلیشک و مورتی، ۱۹۹۲؛ مورتی و جمال‌الدین، ۲۰۰۲).

بسیاری از مطالعات، رقابت سیاست‌های وارانتهی را به وسیله تحلیل هزینه وارانتهی در هریک از سیاست‌ها بررسی کرده‌اند و در پی بهینه‌سازی متغیرهای وارانتهی هستند؛ برای مثال آگراوال^{۲۲} و همکاران قیمت بهینه و طول دوره وارانتهی بهینه را از طریق حل مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی^{۲۳} با تابع هدف پیشینه‌سازی سود به دست آورده‌اند. در این پژوهش توزیع نمایی^{۲۴} برای توزیع دوره عمر محصول در نظر گرفته شده است (آگراوال و همکاران، ۲۰۱۴). محمودی و شوندی، برای بهینه‌کردن پارامترهای قیمت، دوره وارانتهی و ظرفیت خدمت‌دهی مدلی ارائه داده‌اند که هم‌زمان سود تولیدکننده را بیشینه و زمان انتظار مشتریان در صف خدمت‌دهی وارانتهی را کمینه می‌کند (محمودی و شوندی، ۱۳۹۳). در پژوهش دیگری، وارانتهی سه‌سطحی بین تولیدکننده، مشتری و واحد خارجی از طریق تئوری بازی‌ها^{۲۵} مدل‌سازی شده و قیمت فروش، دوره وارانتهی، قیمت وارانتهی و هزینه تعمیر بهینه به دست آمده است (اسماعیلی و همکاران، ۲۰۱۴).

این پژوهش‌ها عموماً یک فرضیه آماری را برای توزیع عمر یا توزیع زمان رسیدن به خرابی در محصولات می‌پذیرند. سپس درباره بهینه‌سازی متغیرهای وارانتهی براساس این فرضیه تصمیم‌گیری می‌کنند.

در دو دهه اخیر پژوهش‌های زیادی در زمینه تحلیل "داده‌های وارانتهی" انجام گرفته است. منظور از داده‌های وارانتهی، داده‌های جمع‌آوری شده در طول خدمت‌دهی به اقلام تحت دوره وارانتهی است که حاوی اطلاعات با ارزشی درباره کیفیت و قابلیت اطمینان محصول هستند. پژوهش‌ها در این زمینه با پژوهش سوزوکی^{۲۶} آغاز شده است (سوزوکی، ۱۹۸۵). مقاله کریم^{۲۷} و سوزوکی یکی از عالی‌ترین مقالات مروری است که انواع مدل‌ها و روش‌های آماری استفاده‌شده برای تحلیل داده‌های وارانتهی را خلاصه کرده است (کریم و سوزوکی، ۲۰۰۵). ناظمی و همکاران (۱۳۹۲) مدلی ارائه کردند؛ این مدل برای تعیین دوره وارانتهی بهینه درحالی مناسب است که سیاست ارائه وارانتهی، سیاست وارانتهی تجدیدپذیر باشد. در این مقاله براساس اطلاعات دوره وارانتهی خودروهایی فروخته‌شده و با در نظر گرفتن توزیع ویبول^{۲۸} برای زمان رسیدن به خرابی، پارامترهای توزیع برآورد و در نهایت دوره وارانتهی مناسب پیشنهاد می‌شود (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۲). تیموری و مزرعه‌فراهانی مدلی برای پیش‌بینی تقاضای قطعات یدکی ارائه کردند. در این مدل، مصرف قطعات یدکی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان قطعات، پیش‌بینی می‌شود. تخمین نرخ شکست قطعات در این مقاله نیز بر مبنای داده‌های وارانتهی انجام شده است (تیموری و مزرعه‌فراهانی، ۱۳۸۸). نصراللهی و همکاران سیاست وارانتهی تسهیم هزینه را بررسی کرده‌اند. در این مقاله مدل جدید سیاست وارانتهی تسهیم هزینه با توجه به نرخ بهره و تورم، و تعریف تابعی برای متغیر تصادفی نرخ هزینه، توسعه داده شده است. در نهایت نرخ شکست و هزینه‌های وارانتهی محصول با استفاده از داده‌های وارانتهی برآورد شده است (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۳).

با این حال مطالعات با هدف غلبه بر محدودیت‌های داده‌های وارانتهی کمیاب است. و^{۲۹} در سال ۲۰۱۳ به این نکته اشاره کرده است که داده‌های وارانتهی برخلاف اینکه حاوی اطلاعات مفید فراوانی برای تولیدکننده هستند، با

ویژگی‌هایی مانند حجم زیاد، فیلترشدن، گمشدن، از دست رفتن و ابهام محدود می‌شوند (وو، ۲۰۱۳)؛ در نتیجه زیادبودن و پیچیدگی این داده‌ها نیازمند ساده‌سازی، مرتب‌سازی و دسته‌بندی آنها از طریق پیش‌پردازش است. با اینکه تعدادی از پژوهش‌ها در زمینه تحلیل داده‌های وارانته انجام شده است، بیشتر آنها از روش‌های آماری برای تحلیل هزینه و قابلیت اطمینان استفاده کرده‌اند و تعداد کمی روش‌های داده‌کاوی را برای تحلیل داده‌های وارانته به کار گرفته‌اند. مقاله هاتز^{۳۰} و همکاران روش داده‌کاوی را برای برنامه‌ریزی وارانته و هزینه‌ها در صنعت خودرو اجرا کرده است (هاتز و همکاران، ۱۹۹۹). این مقاله بعداً روش‌های آماری و یادگیری ماشین را برای تحلیل هزینه‌های وارانته توسعه داده است (هاتز و همکاران، ۲۰۰۱). هان^{۳۱} و همکاران روش داده‌کاوی را برای تحلیل الگوهای خرابی انواع محصول و شرایط مختلف تولید برای روشن‌ساختن اقدامات تعمیر و نگهداری نیروی هوایی گره به کار برده‌اند (هان و همکاران، ۲۰۰۹). ژئون و سوهن از روش داده‌کاوی برای یافتن الگوهای معنادار خرابی‌ها، از بین داده‌های وارانته موتور دیزل سنگین استفاده کرده‌اند (ژئون و سوهن، ۲۰۱۵). در پژوهش دیگر، الگوریتم تولید قوانین انجمنی‌ای ارائه و سپس کاربردپذیری الگوریتم ارائه‌شده از طریق مطالعه موردی در صنعت اتومبیل‌سازی بررسی شده است. با استفاده از این الگوریتم روابط مفید بین "ویژگی‌های محصول" و "علت ایجاد خرابی" از میان داده‌های وارانته استخراج می‌شود. تفاوت اصلی این مقاله با پژوهش حاضر این است که مقاله مذکور بیشتر بر جنبه ایجاد و توسعه الگوریتمی برای استخراج قوانین انجمنی تمرکز دارد؛ در حالی که در این مقاله نحوه ایجاد قوانین با الگوریتم موضوعیت نداشته و هدف، استفاده از این ابزار برای مقاصدی چون تعیین سیاست وارانته و کاهش هزینه‌های وارانته است (بوداکولسومسیری و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهش دیگری از داده‌کاوی برای استخراج روابط بین خرابی‌های متوالی محصولات استفاده و روند تکرار خرابی در کارخانه خودروسازی تعیین شده است. این مقاله الگوریتم الگوکاوی متوالی را ارائه می‌دهد که به مهندسان محصول و مهندسان کیفیت اجازه استخراج دانش از پایگاه داده حجیم وارانته اتومبیل را می‌دهد (بوداکولسومسیری و ذکریان، ۲۰۰۹).

پس از بررسی مطالعات فوق مشخص می‌شود بیشتر پژوهش‌هایی که داده‌های وارانته با داده‌کاوی را تحلیل کرده‌اند، ارتباط بین وقوع خرابی‌ها و شرایط تولید را بیان کرده‌اند. این مقاله‌ها به دنبال تعیین الگوهای خرابی محصول براساس شرایط تولید یا براساس قابلیت اطمینان آنها هستند تا از طریق اصلاح شرایط تولید یا نت پیشگیرانه^{۳۲} هزینه‌های وارانته را ارائه دهند؛ اما پژوهش‌هایی با هدف مرتبط‌ساختن الگوهای خرابی محصول به سیاست‌های وارانته وجود ندارد.

اخیراً مقاله‌ای با هدف نشان دادن کاربردهای روش خاصی از داده‌کاوی به نام "خوشه‌بندی" در تحلیل بهینه داده‌های وارانته تألیف شده است. این مقاله با استفاده از خوشه‌بندی، تعداد خرابی‌های محصول در ۱۲ ماه آینده و میانگین زمان خرابی محصول را پیش‌بینی می‌کند؛ در نهایت به ذکر این نکته بسنده نکرده است که در اختیار داشتن چنین پیش‌بینی‌هایی منجر به تصمیمات درست در حوزه سیاست‌های وارانته و به‌ویژه طول دوره وارانته می‌شود؛ اما درخصوص تعیین سیاست وارانته نتایجی را ارائه نکرده است؛ در حالی که در پژوهش حاضر مزیت استفاده از روش‌های داده‌کاوی در تعیین سیاست وارانته با تعیین سیاست مشخص برای چندین محصول نشان داده شده است (اسرینیواسان و همکاران، ۲۰۱۶).

روش‌شناسی پژوهش

داده‌کاوی: داده‌کاوی، کاوش و تحلیل حجم عظیم داده‌ها با روش‌های خودکار و نیمه‌خودکار برای کشف الگوها و قوانین بامعنی است (بری^{۳۳} و لینوف^{۳۴}، ۱۹۹۷). این روش ابتدا در حوزه بازاریابی و کنترل کیفیت به کار گرفته شده و به حوزه‌های مختلف دیگر مانند داده‌کاوی در داده‌های تصادف‌ها (بایام^{۳۵} و همکاران، ۲۰۰۵)، پیش‌بینی بازده بازار سهام (انکه^{۳۶} و تاورنونگ^{۳۷}، ۲۰۰۵) و داده‌کاوی در علوم پزشکی (کاسیاک^{۳۸} و همکاران، ۲۰۰۵) توسعه پیدا کرده است. داده‌کاوی حوزه میان‌رشته‌ای است که حوزه‌های مختلف پایگاه داده، آمار، یادگیری ماشین و سایر زمینه‌های مرتبط را با هم تلفیق کرده تا دانش ارزشمند نهفته در حجم بزرگ داده‌ها را استخراج کند. با رشد کامپیوتر و استفاده از آن در دو دهه اخیر، تقریباً همه سازمان‌ها حجم عظیمی داده در پایگاه داده خود ذخیره کرده‌اند. این سازمان‌ها به فهم این داده‌ها و یا کشف دانش مفید آنها نیاز دارند (غضنفری و همکاران، ۱۳۸۷).

هدف داده‌کاوی، عبارت است از ایجاد درک از حجم زیادی از داده‌ها که در اغلب موارد به صورت هدایت‌نشده جمع‌آوری شده‌اند. دانش تولیدشده با داده‌کاوی باید قابل فهم، معتبر، جدید و مفید باشد (شهرابی و ذوالقدر شجاعی، ۱۳۸۸).

انتخاب روش داده‌کاوی، به دو عامل بستگی دارد؛ وظیفه خاصی که اجرای آن از داده‌کاوی انتظار می‌رود و داده‌هایی که برای تحلیل در دسترس قرار دارند. قبل از تصمیم درباره روش داده‌کاوی باید مسئله تجاری مدنظر به گونه‌ای تجزیه شود که آن را به کمک یک یا تعدادی از وظایف داده‌کاوی بررسی کرد. همچنین باید درک صحیحی از محتوای داده‌ها و انواع آنها به دست آورد (شهرابی، ۱۳۹۰). با در نظر گرفتن الزامات فوق از میان روش‌های داده‌کاوی، روش قوانین انجمنی برای به‌کارگیری در این پژوهش انتخاب شده است.

قوانین انجمنی: قوانین انجمنی^{۳۹} (AR) یکی از روش‌های هدایت‌نشده داده‌کاوی است. با استفاده از این روش روابط و وابستگی‌های جالبی یافت می‌شوند که در مجموعه‌های بزرگ داده‌ها موجود هستند. بیشتر اوقات کشف قوانین جالب و سودمند، منبع اطلاعاتی را برای افراد فراهم می‌آورد تا به کمک آن تصمیم‌گیری کنند. تحلیل وابستگی یا تحلیل تلازمی، مطالعه ویژگی‌ها یا خصوصیتی است که با یکدیگر همراه بوده و به دنبال استخراج قواعد از میان این خصوصیات است. قواعد انجمنی ماهیتاً قواعد احتمالی هستند و به شکل اگر، آنگاه و به همراه دو معیار پشتیبان^{۴۰} و اطمینان^{۴۱} تعریف می‌شوند (هونگبو^{۴۲}، ۲۰۱۰).

[اطمینان، پشتیبان] $A \Rightarrow B$

برای آنکه مفید و جالب بودن قانون به صورت کمی بیان شود، از دو معیار سنجش استفاده می‌شود؛ این دو معیار عبارتند از:

پشتیبان: یعنی نسبت تعداد تراکنش‌هایی که شامل A و B هستند به تعداد کل تراکنش‌ها (احتمال آنکه A و B با هم رخ دهند):

$$(A \Rightarrow B) = P(A \cap B) \quad (1)$$

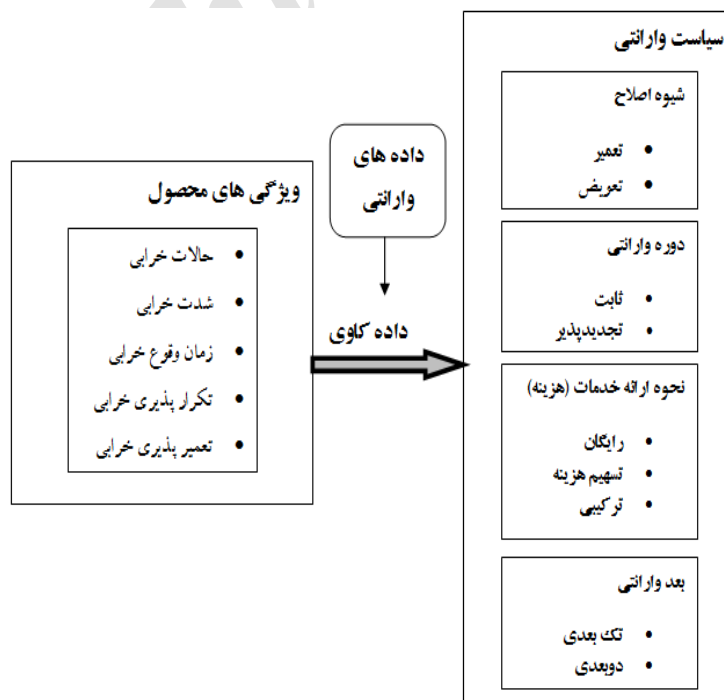
اطمینان: یعنی نسبت تعداد تراکنش‌هایی که شامل A و B هستند به تراکنش‌هایی که A را شامل می‌شوند (احتمال B به شرط A). اطمینان قدرت دلالت قانون و میزان وابستگی یک قلم خاص را به دیگری بیان می‌کند.

$$P(B|A) (A \Rightarrow B) = \text{اطمینان} \quad (۲)$$

قانون وابستگی درخور توجه است، اگر مقادیر حداقل اطمینان و پشتیبان را برآورده سازد. این مقادیر حداقل به وسیله کاربر (فردی که در زمینه مربوطه تجربه است) تعیین می‌شود (شهرابی و ذوالقدر شجاعی، ۱۳۸۸). مطالعات زیادی از AR برای تحلیل داده‌های وارانته استفاده کرده‌اند؛ زیرا این، ابزار تصمیم‌گیری ساده‌ای است که روابط جالب توجه را نشان می‌دهد (هان و همکاران، ۲۰۰۹؛ بوداکولسومسیری و ذکریان، ۲۰۰۹؛ بوداکولسومسیری و همکاران، ۲۰۰۶).

در این پژوهش از الگوریتم آپریوری^{۴۳} برای استخراج قوانین انجمنی استفاده شده است. این الگوریتم از مهم‌ترین الگوریتم‌ها در این زمینه است و حجم محاسباتی کمتری نسبت به روش‌های دیگر دارد.

مدل مفهومی پژوهش: شکل ۲، مدل مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد؛ این شکل چگونگی رسیدن به سیاست‌های وارانته از داده‌های وارانته را توصیف می‌کند. داده‌های وارانته با استفاده از روش قوانین انجمنی داده‌کاوی، کاوش می‌شوند تا اطلاعاتی درباره حالات خرابی، شدت خرابی، زمان‌های وقوع خرابی، تکرارپذیری و تعمیرپذیری خرابی‌ها و هر نوع اطلاعات دیگری که در تعیین سیاست وارانته مفید است، از درون آنها استخراج شود. سپس این اطلاعات مبنای تصمیم‌گیری درباره سیاست وارانته محصولات با توجه به ابعاد مختلف این سیاست‌ها قرار می‌گیرند.



شکل ۲- مدل مفهومی پژوهش

تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

مطالعه موردی: شرکت تولیدی تجهیزات الکترونیکی: مطالعه موردی این پژوهش در شرکت تولیدی تجهیزات الکترونیکی انجام شده است^{۴۴}. این شرکت دارای محصولات مختلف با کاربردهای متنوعی است. علی‌رغم اینکه محصولاتی نظیر تجهیزات رایانه‌ای، صوتی و تصویری، سیستم‌های اتوماسیون اداری و تجهیزات بانکداری را تولید می‌کند، استراتژی مستدل و منطقی برای تعیین سیاست وارانتهی برای محصولات مختلف خود ندارد؛ از این رو هزینه‌های وارانتهی شرکت نسبتاً زیاد است. برای رفع این مشکل، در این پژوهش پایگاه داده وارانتهی (که حاوی مطالب مفیدی درباره الگوهای خرابی محصول است) بررسی و تحلیل می‌شود و در نهایت با استفاده از دانش به‌دست‌آمده، سیاست وارانتهی مناسب برای محصولات شرکت ارائه می‌شود. برای ایجاد چنین دانشی مسئله داده‌کاوی تعریف می‌شود. هدف داده‌کاوی در این پژوهش کشف الگوهایی میان داده‌های وارانتهی شرکت است. سپس مسئله داده‌کاوی در قالب مسئله استخراج قوانین انجمنی تعریف می‌شود.

معرفی پایگاه داده وارانتهی شرکت: شرکت بررسی شده تمامی اطلاعات مرتبط با محصول خراب و اطلاعات مرتبط با رفع خرابی را در این پایگاه داده ثبت می‌کند. نمونه بررسی شده در این پژوهش، داده‌های وارانتهی مربوط به ۳۵۰۰ خرابی در بازه زمانی پنج‌ساله از سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ است که از پایگاه داده وارانتهی شرکت استخراج شده است. فیله‌های مختلفی در پایگاه داده وارانتهی ذخیره شده است. نمونه‌ای از فیله‌ها و توضیح آن‌ها در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- نمونه‌ای از فیله‌های پایگاه داده وارانتهی و توضیح آن‌ها

فیلدها	توضیح فیلدها
ردیف	شماره مربوط به هر شکایت ناشی از خرابی که برای دریافت وارانتهی گزارش می‌شود.
کد محصول	کد محصولی که خرابی برای آن واقع شده است، که یکی از ۲۴ کد موجود است.
نوع وارانتهی	نوع وارانتهی محصول خراب که یکی از سه حالت تعمیر رایگان، تعمیر غیررایگان و تعویض غیر رایگان است.
تاریخ وقوع خرابی	تاریخ اعلام خرابی به شرکت به وسیله مشتری که در بازه ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۲/۱۲/۲۹ است.
نوع خرابی	نوع خرابی واقع شده برای محصول که در یکی از دسته‌های الکترونیکی، مکانیکی، نرم‌افزاری است.
نحوه شکایت مشتری	نحوه شکایت مشتری و اعلام خرابی به شرکت که یا تماس تلفنی است یا مراجعه حضوری.
نام مشتری	نام خانوادگی مشتری مدعی برای دریافت خدمات وارانتهی.
نوع اصلاح محصول	اقدام انجام گرفته برای رفع خرابی اعلام شده به وسیله مشتری که یا تعمیر است یا تعویض.
هزینه رفع خرابی	هزینه اقدامات اصلاحی برای رفع خرابی با در نظر گرفتن هزینه قطعه و کارگر.
تاریخ رفع خرابی	تاریخ رفع خرابی محصول که در بازه ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۲/۱۲/۲۹ است.
کد کارگر رفع کننده خرابی	کد کارگر انجام دهنده اقدامات برای رفع مشکل محصول که یکی از ۱۵ کد موجود است.
قیمت محصول	قیمت فروش محصول خراب شده.
تاریخ خرید	تاریخ خرید محصول که در بازه ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۲/۱۲/۲۹ است.

آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها: آماده‌سازی داده شامل کلیه مراحل است که رکوردها و متغیرها را برای ساخت مدل (قواعد انجمنی) آماده می‌کند. مرحله آماده‌سازی داده‌ها مهم‌ترین و زمان‌برترین مرحله در پروژه‌های داده‌کاوی است. داده‌ای دارای کیفیت است که صحیح، کامل، سازگار، به‌روز، قابل قبول، باارزش، تفسیرشدنی و در دسترس باشد. اجزای اصلی پیش‌پردازش داده‌ها شامل اقداماتی از جمله پاک‌سازی، یکپارچه‌سازی، تبدیل و کاهش هستند (غضنفری و همکاران، ۱۳۸۷). در داده‌های موجود فیلدهای نام مشتری، نوع شکایت مشتری، کد کارگر، نوع وارانته و تاریخ رفع خرابی به دلیل کم اهمیت بودن حذف می‌شوند. از روی ستون تاریخ‌های وقوع خرابی، فیلد "تعداد خرابی" استخراج می‌شود. دو ستون هزینه اصلاح و قیمت محصول نیز ترکیب و در قالب فیلد جدید (که "نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول" نام می‌گیرد) به جدول داده‌ها اضافه می‌شوند. از طرفی برای ساخت قوانین انجمنی و استفاده از الگوریتم‌های این مدل، از داده‌هایی استفاده نمی‌شود که در قالب تاریخ بیان شده‌اند. پس دو ستون تاریخ خرید و تاریخ‌های وقوع خرابی حذف و داده‌های این دو ستون در قالب دو فیلد جدید "مدت زمان طی شده تا اولین خرابی" و "مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی" (که فاصله بین تاریخ خرید و تاریخ خرابی است) به جدول داده‌ها اضافه می‌شوند. طی این اقدامات ۱۲ فیلد موجود تبدیل به ۷ فیلد نهایی شده است. درخاتمه به دلیل اینکه الگوریتم‌های قوانین انجمنی تنها از داده‌های گسسته طبقه‌ای استفاده می‌کنند، کلیه داده‌ها از حالت پیوسته به حالت طبقه‌ای تبدیل می‌شوند. در جدول ۲ فیلدهای باقیمانده به همراه طبقه‌بندی‌های آنها مشاهده می‌شوند.

جدول ۲- فیلدهای نهایی پایگاه داده وارانته و طبقه‌بندی آنها

نام متغیر	تعداد ارزش‌های مختلف	شرح
کد محصول	۲۴	H-1, V-1, M-2, Z-1, D-1, T-3, L-2, L-1, M-1, T-1, S-1, T-2, E-1, CH-1, F-1, U-1, D-2, K-1, CH-5, CH-4, CH-3, E-2, CH-2, T-4
نوع خرابی	۳	مکانیکی، الکترونیکی، نرم‌افزاری.
تعداد خرابی	۴	۱ و ۲ و ۳ و ۴.
نوع اصلاح	۲	تعمیر، تعویض.
نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول	۴	کمتر از ۱۵ درصد، از ۱۵ تا ۳۰ درصد، بیش از ۳۰ درصد، ۱۰۰ درصد.
مدت زمان طی شده تا اولین خرابی	۴	قبل از ۳ ماه، از ۳ تا ۶ ماه، از ۶ تا ۹ ماه، از ۹ ماه تا یک سال.
مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی	۴	قبل از ۳ ماه، از ۳ تا ۶ ماه، از ۶ تا ۹ ماه، از ۹ ماه تا یک سال.

پس از انجام فعالیت‌های ذکر شده، بانک داده‌ها در قالب فایل اکسل با ۳۵۰۰ رکورد و ۷ متغیر برای ساخت مدل قواعد انجمنی آماده شده است.

تعیین سیاست وارانته محصولات با استفاده از قوانین انجمنی: پس از شناخت داده‌ها و آماده‌سازی آنها، مدل‌سازی انجام می‌شود. برای مدل‌سازی از الگوریتم آپریوری برای استخراج قوانین انجمنی استفاده می‌شود. برای استخراج قوانین با این الگوریتم از نرم‌افزار SPSS Modeler 14.2 استفاده شده است. سپس پارامترهای الگوریتم آپریوری تعریف می‌شوند. آستانه پشتیبان ۵ درصدی و آستانه اطمینان ۸۰ درصدی برای این پژوهش تعیین شده است. سپس مدل ساخته شده اجرا می‌شود. نتایج به دست آمده از این تحلیل ۴۷۵ قانون وابستگی است.

ایجاد مدل به‌معنای پایان پروژه نیست و دانش حاصل شده به سازماندهی نیاز دارد تا به شکلی ارائه شود که بهره‌وران از آن استفاده کنند. در این قسمت قوانین به‌دست‌آمده از داده‌کاوی براساس نوع ارتباطات مختلف موجود بین ویژگی‌های محصول دسته‌بندی شده است و از بین ۴۷۵ قانون استخراج شده با نرم‌افزار، تنها قوانینی انتخاب می‌شوند که حاوی اطلاعاتی درباره متغیرهای مدنظر هستند. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، در تعیین سیاست وارانتهی برای محصول، باید ۴ ویژگی نوع یا شیوه اصلاح، دوره وارانتهی، هزینه یا نحوه ارائه خدمات بیان شود.

تعیین استراتژی شیوه اصلاح محصول (تعمیر / تعویض) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط: تولیدکننده باید استراتژی تعمیر- تعویض مناسبی را انتخاب کند که هزینه‌های وارانتهی را کم کند (اسکندر و همکاران، ۲۰۰۵). برای گرفتن تصمیم درباره انتخاب راهکار تعمیر یا تعویض، ۳ عامل باید بررسی شود. این سه عامل به شرح زیر هستند:

۱. سیاست‌گذار باید معین کند هزینه تعمیر چند درصد از قیمت محصول است. هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، (یعنی تفاوت زیادی بین هزینه تعمیر و تعویض محصول وجود نداشته باشد) تعویض به‌صرفه‌تر است. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی به دست می‌آید. این قواعد "نوع محصول" را به "نسبت هزینه تعمیر به قیمت محصول" مرتبط می‌کنند. جدول ۳ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۳- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول و هزینه تعمیر

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتهی استخراج‌شده از قانون
۱	کد محصول = CH-2	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر
۳	کد محصول = CH-4	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = از ۱۵ تا ۳۰ درصد	٪۸۰	تعمیر
۹	کد محصول = L-2	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر
۱۱	کد محصول = T-3	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر
۱۴	کد محصول = L-1	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر
۱۶	کد محصول = S-1	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر
۲۲	کد محصول = F-1	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر
۲۹	کد محصول = T-1	نسبت هزینه اصلاح به قیمت محصول = کمتر از ۱۵ درصد	٪۱۰۰	تعمیر

۲. سیاست‌گذار باید معین کند، آیا محصول تعمیرپذیر هست یا خیر؟ اگر محصولی تعمیر شده باشد ولی تعداد خرابی‌های بعدی آن زیاد است، این محصول تعمیرپذیر نیست و بهتر است در همان خرابی اول تعویض شود. از طرفی، اگر محصولی تعویض شده باشد و خرابی‌های بعدی آن به صفر رسیده است، تعویض برای این محصول اطمینان بیشتری دارد. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی به دست می‌آید. این قواعد "نوع محصول" و "نوع اصلاح" را به "تعداد خرابی" مرتبط می‌کنند. جدول ۴ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۴- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول، نوع اصلاح و تعداد خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتهی استخراج‌شده از قانون
۶۸	کد محصول= CH-3 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۵,۷۱۴	تعمیر
۸۵	کد محصول= M-1 و نوع اصلاح= تعویض	تعداد خرابی = یک	٪۸۰	تعویض
۲۴۹	کد محصول= U-1 و نوع اصلاح= تعویض	تعداد خرابی = یک	٪۸۵,۷۱۴	تعویض
۲۶۹	کد محصول= T-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	تعمیر
۲۷۱	کد محصول= D-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	تعمیر
۲۷۴	کد محصول= Z-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۸/۸۸۹	تعمیر
۳۰۷	کد محصول= M-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۰	تعمیر
۳۱۱	کد محصول= V-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۰	تعمیر
۳۴۰	کد محصول= H-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	تعمیر
۴۰۰	کد محصول= T-4 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۳/۳۳۳	تعمیر
۴۱۲	کد محصول= E-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	تعمیر
۴۱۶	کد محصول= CH-5 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۳/۳۳۳	تعمیر
۴۲۰	کد محصول= K-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۴/۶۱۵	تعمیر
۴۲۷	کد محصول= D-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪۸۰	تعمیر

۳. اگر محصولی در ابتدای دوره وارانتهی خود دچار خرابی شود و علی‌رغم تعمیر، تعداد خرابی‌های بعدی‌اش بالا باشد، یعنی تعویض برای این محصول بهتر از تعمیر است. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی به دست می‌آید. این قوانین "نوع محصول"، "نوع اصلاح" و "مدت زمان طی شده تا اولین خرابی" را به "تعداد خرابی" مرتبط می‌کنند. جدول ۵ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۵- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول، نوع اصلاح، مدت زمان طی شده تا اولین خرابی و تعداد خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتهی استخراج‌شده از قانون
۲۵۰	کد محصول= CH-1 و نوع اصلاح= تعمیر و مدت زمان طی شده تا اولین خرابی= کمتر از ۳ ماه	تعداد خرابی= چهار	٪۱۰۰	تعویض
۲۵۸	کد محصول= E-1 و نوع اصلاح= تعمیر و مدت زمان طی شده تا اولین خرابی= کمتر از ۳ ماه	تعداد خرابی= سه	٪۸۰	تعویض

لازم به ذکر است، اگر سه عامل فوق به راهکارهای متفاوتی برای محصول منجر شوند، قانونی که شاخص اطمینان بالاتری دارد قانون معتبرتری است و مبنای تصمیم‌گیری درباره راهکار تعمیر یا تعویض قرار می‌گیرد. اگر شاخص اطمینان نیز برای دو یا چند قانون برابر باشد، انتخاب راهکار تعمیر یا تعویض به‌عهد تصمیم‌گیرنده گذاشته می‌شود تا با استفاده از شاخص‌های با اهمیت دیگری، تصمیم‌گیری کند؛ برای مثال اگر برای تصمیم‌گیرنده هزینه، اولویت بالاتری دارد، تعمیر را انتخاب می‌کند تا در هزینه صرفه‌جویی شود؛ ولی اگر برای وی مهم است که ریسک، خرابی‌های بعدی را کاهش دهد و حاضر به قبول این ریسک نیست، تعویض را انتخاب می‌کند.

تعیین استراتژی دوره وارانتهی محصول (ثابت/ تجدیدپذیر) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط: تصمیم درباره

دوره وارانتهی وابسته به این است که محصول هرچند وقت یک بار خراب می‌شود. برای انتخاب راهکار دوره ثابت یا تجدیدپذیر، ۲ عامل باید بررسی شود. این دو عامل به شرح زیر هستند.

۱. اگر تمامی خرابی‌های محصول در مدت زمان کمی پس از خرید اتفاق می‌افتد و پس از آن محصول خرابی ندارد، شکستی که برای این محصول رخ می‌دهد، در ابتدای دوره وارانتهی و به دلیل ناتوانایی مشتری در استفاده درست از محصول رخ می‌دهد؛ پس دوره وارانتهی این محصول می‌تواند تا حد ممکن طولانی شود؛ زیرا در باقیمانده دوره وارانتهی، محصول خرابی نخواهد داشت. در این حالت، انتخاب راهکار دوره تجدیدپذیر، به دلیل جذابیت بیشتر برای مشتری مناسب‌تر خواهد بود. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی (که "نوع محصول"، را به "مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی" مرتبط می‌کنند) به دست می‌آید. جدول ۶ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۶- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول و مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتهی استخراج شده از قانون
۷۵	کد محصول = L-2	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۵۴	کد محصول = D-1	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۶۶	کد محصول = Z-1	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۶۸	کد محصول = M-2	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۷۰	کد محصول = V-1	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۷۲	کد محصول = H-1	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۷۳	کد محصول = T-4	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۱۷۵	کد محصول = E-2	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۲۰۰	کد محصول = CH-5	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۲۰۵	کد محصول = K-1	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۸۴/۶۱۵	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۲۵۲	کد محصول = F-1	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۲۵۶	کد محصول = D-2	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۲۶۰	کد محصول = CH-2	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۲۹۲	کد محصول = CH-4	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۳۱۰	کد محصول = T-3	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)
۳۲۳	کد محصول = CH-3	مدت زمان طی شده تا آخرین خرابی = کمتر از ۳ ماه	٪۸۰	تجدیدپذیر (تا حد ممکن طولانی)

۲. اگر اولین خرابی محصولی پس از گذشت زمان زیادی از خرید رخ داده است، یعنی چنین محصولی قبل از یک دوره زمانی مشخص خرابی ندارد و اگر قرار باشد این محصول شکست بخورد، پس از گذشت یک دوره مشخص از استفاده و به دلایلی مانند زوال محصول، شکست می‌خورد. در چنین شرایطی به صرفه است که دوره وارانتهی طوری تعیین شود که تا قبل از رسیدن به دوره شکست، دوره وارانتهی اش تمام شده باشد. در این حالت وضع یک راهکار دوره ثابت، برای تولیدکننده بهترین راهکار است. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی به دست می‌آید؛ به نحوی که "نوع محصول" را به "مدت زمان طی شده تا اولین خرابی" مرتبط می‌کنند. جدول ۷ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۷- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول و مدت زمان طی شده تا اولین خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانته استخراج شده از قانون
۱۷۱	کد محصول = S-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۲۰۱	کد محصول = T-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۶ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (۶ ماه)
۳۷۴	کد محصول = L-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۳۷۶	کد محصول = M-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۳۷۹	کد محصول = U-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۴۱۴	کد محصول = CH-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۶ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (۶ ماه)
۴۱۸	کد محصول = E-1	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۶ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (۶ ماه)
۴۲۲	کد محصول = T-2	مدت زمان طی شده تا اولین خرابی = از ۶ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (۶ ماه)

تعیین استراتژی هزینه وارانته محصول (رایگان / تسهیم هزینه / ترکیبی) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط:

از نظر مصرف‌کننده، وارانته رایگان سیگنال بهتری از کیفیت محصول است. باین حال این وارانته در معرض سوءاستفاده مشتری قرار دارد و برای تولیدکننده هزینه بالایی دارد. سیاست تسهیم هزینه، مشوق تکرار خرید است، خطر سوءاستفاده مشتری را خنثی می‌کند و برای محصولاتی مناسب‌تر است که با سال‌خوردگی در معرض زوال قرار می‌گیرند. وارانته‌های ترکیبی ویژگی‌های مطلوب وارانته‌های رایگان و تسهیم هزینه را ترکیب می‌کنند (شفیعی و چوکوا^{۴۵}، ۲۰۱۳). برای تصمیم‌گرفتن درباره انتخاب راهکار هزینه وارانته، ۲ عامل باید بررسی شود. این دو عامل به شرح زیر هستند.

۱. سیاست‌گذار باید تعداد خرابی‌های محصول را برآورد کند. اگر تعداد پایین باشد، تولیدکننده ریسک هزینه‌ای کمتری برای ارائه وارانته به صورت رایگان دارد. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی (که "نوع محصول"، را به "تعداد خرابی" مرتبط می‌کنند) به دست می‌آید. جدول ۸ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۸- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول و تعداد خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانته استخراج شده از قانون
۱۳	کد محصول = CH-3	تعداد خرابی = یک	٪۸۵/۷۱۴	رایگان
۱۹	کد محصول = CH-4	تعداد خرابی = یک	٪۸۰	رایگان
۸۱	کد محصول = L-2	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	رایگان
۸۳	کد محصول = T-1	تعداد خرابی = یک	٪۸۸/۸۸۹	رایگان
۱۴۸	کد محصول = M-1	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	رایگان
۱۵۱	کد محصول = U-1	تعداد خرابی = یک	٪۱۰۰	رایگان
۴۳۵	کد محصول = CH-2	تعداد خرابی = چهار	٪۸۱/۸۱۸	تسهیم هزینه

۲. سیاست‌گذار باید نوع خرابی‌های رایج در محصول را شناسایی کند. اگر خرابی‌های متداول در محصول، از نوع خرابی‌هایی باشد که تنها تولیدکننده اصلی به دلیل انحصارات تکنولوژیکی می‌تواند آن را تعمیر کند، تولیدکننده می‌تواند قیمت بالاتری برای وارانته تعیین کند و مشتریان نیز علاقه‌مند به پرداخت این هزینه هستند (چان^{۴۶} و تانگ^{۴۷}، ۱۹۹۵)؛ پس در این حالت می‌توان از راهکار وارانته‌های تسهیم هزینه استفاده کرد. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی (که "نوع محصول"، را به "نوع خرابی" مرتبط می‌کنند) به دست می‌آید. جدول ۹ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ۹- قوانین نشان‌دهنده رابطه بین نوع محصول و نوع خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتهی استخراج شده از قانون
۹۸	کد محصول = T-3	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۱۰۴	کد محصول = D-2	نوع خرابی = مکانیکی	٪۸۰	تسهیم هزینه
۱۰۵	کد محصول = S-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۸۰	تسهیم هزینه
۱۵۳	کد محصول = CH-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۵۱	کد محصول = T-4	نوع خرابی = نرم افزاری	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۵۵	کد محصول = K-1	نوع خرابی = نرم افزاری	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۵۹	کد محصول = CH-5	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۶۲	کد محصول = H-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۶۴	کد محصول = V-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۶۷	کد محصول = M-2	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۸۴	کد محصول = F-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۸۵	کد محصول = Z-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۸۹	کد محصول = L-1	نوع خرابی = مکانیکی	٪۸۰	تسهیم هزینه
۲۹۰	کد محصول = T-2	نوع خرابی = مکانیکی	٪۸۰	تسهیم هزینه
۲۹۷	کد محصول = E-1	نوع خرابی = نرم افزاری	٪۸۰	تسهیم هزینه
۳۰۳	کد محصول = D-1	نوع خرابی = نرم افزاری	٪۸۰	تسهیم هزینه
۳۷۱	کد محصول = E-2	نوع خرابی = نرم افزاری	٪۸۰	تسهیم هزینه

تعیین استراتژی تعداد بُعد وارانتهی محصول (تک‌بعدی / دوبعدی) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط: این ویژگی در تعامل با دوره وارانتهی است. راه ممکن این است که به‌جای کوتاه‌کردن دوره وارانتهی یک بُعد یا محدودیت جدید به سیاست وارانتهی اضافه شود. از این طریق ضمن تلاش برای کم‌کردن هزینه‌های وارانتهی، جذابیت وارانتهی نیز به‌دلیل طولانی‌بودن دوره وارانتهی، حفظ می‌شود و از بین نمی‌رود. در این پژوهش تعیین استراتژی تعداد بُعد، مستقیماً از روی قواعد انجمنی جداگانه‌ای صورت نگرفته است؛ بلکه با استفاده از همان قواعدی که در جدول ۶ و ۷ بیان شد، دوره وارانتهی محصولات تعیین شده است. سپس با توجه به اینکه بُعد وارانتهی در تعامل با دوره وارانتهی است، پس از تعیین دوره وارانتهی محصولات، دوره‌هایی که به‌اندازه کافی برای مشتری جذابیت دارند (مثل محصولاتی که دوره تجدیدپذیر تا حد ممکن طولانی دارند) بدون تغییر می‌مانند و بُعد جدیدی به آنها اضافه نمی‌شود؛ در نتیجه استراتژی تعداد بُعد آنها به‌صورت تک‌بعدی مشخص می‌شود؛ اما محصولاتی که دوره وارانتهی تعیین شده برای آنها ۶ ماه یا کمتر است باعث جذاب‌نبودن برای مشتری می‌شود؛ به این دلیل که دوره آن کوتاه است. از طرفی افزایش این دوره موجب افزایش هزینه تولیدکننده می‌شود؛ در نتیجه در این محصولات دوره وارانتهی تا یک سال (یا حتی بیشتر) افزایش می‌یابد تا جذابیت آن برای مشتری زیاد شود. در عوض بُعد جدید تعداد ساعات کارکرد به آن اضافه می‌شود تا به‌طور ضمنی افزایش ایجادشده در دوره وارانتهی را محدود کند (زیرا در عمل ۲۰۰۰ ساعت کارکرد به‌طور میانگین برابر همان دوره وارانتهی ۶ ماهه است؛ ولی در ظاهر این نوع بیان وارانتهی جذابیت بیشتری برای مشتری دارد). در نتیجه استراتژی تعداد بُعد این محصولات به‌صورت دوبعدی مشخص می‌شود.

تصمیم‌گیری درباره چهار متغیر اصلی که در یک سیاست وارانتهی بیان می‌شوند با استفاده از قوانین حاصل از داده‌کاوی انجام شد و سیاست وارانتهی پیشنهادی برای ۲۴ محصول شرکت به شرح جدول ۱۰ استخراج شد.

جدول ۱۰- سیاست وارانتهی محصولات

نام محصول	سیاست وارانتهی بهینه
دستگاه فوتوکپی	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
چاپگر فروشگاهی	تعویض/تسهیم هزینه/دوره ثابت (یک سال)/دو‌بعدی (۲۰۰۰ ساعت کارکرد)
چک‌خوان بانکی	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
تفکیک‌کننده چک	تعمیر/رایگان/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
چاپگر اسلیپ	تعمیر/رایگان/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
چاپگر دفترچه	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
اسکنر فروشگاهی	تعویض/تسهیم هزینه/دوره ثابت (یک سال)/دو‌بعدی (۲۰۰۰ ساعت کارکرد)
اسکنر چک	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
صندوق فروشگاهی	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره ثابت (۹ ماه)/تک‌بعدی
تجهیزات انرژی خورشیدی	تعمیر/رایگان/دوره ثابت (یک سال)/دو‌بعدی (۲۰۰۰ ساعت کارکرد)
دستگاه تصفیه‌کننده هوا	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره ثابت (یک سال)/دو‌بعدی (۲۰۰۰ ساعت کارکرد)
تجهیزات اطلاع‌رسانی دیجیتال	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
تین کلابنت	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
تخته هوشمند	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
ماشین حساب	تعویض/رایگان/دوره ثابت (۹ ماه)/تک‌بعدی
مانیتورهای صنعتی	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
ویدئو وال	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
مانیتور LCD	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره ثابت (۹ ماه)/تک‌بعدی
مانیتور LED	تعمیر/رایگان/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
دیتا پروژکتور	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
دستگاه پخش DVD	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
تجهیزات ذخیره‌سازی اطلاعات	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
کیوسک	تعمیر/تسهیم هزینه/دوره تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)/تک‌بعدی
تجهیزات USB DVB-T	تعویض/رایگان/دوره ثابت (۹ ماه)/تک‌بعدی

بحث و نتیجه‌گیری

دانستن تعداد خرابی‌ها، شدت وقوع، زمان وقوع و شرایط تعمیر آنها برای انتخاب سیاست بهینه وارانتهی ضروری است. سازگاری سیاست وارانتهی با تعداد خرابی‌های محصول مسئله بسیار مهمی است؛ این اهمیت به دلیل تأثیری است که بر هزینه‌های وارانتهی دارد (هوانگ و ژو، ۲۰۰۴)؛ بنابراین یک راه برای کاهش هزینه‌های وارانتهی، تعیین سیاست وارانتهی براساس ویژگی‌های مربوط به خرابی‌های محصول است. این ویژگی‌ها از داده‌های وارانتهی و سوابق خرابی‌های گذشته محصول استخراج می‌شود. در این پژوهش این ویژگی‌ها با استفاده از قواعد انجمنی داده‌کاوی

استخراج شدند و سپس سیاست وارانتهی متناسب با هر محصول ارائه شد. چندین دلیل وجود دارد که نشان‌دهنده مزیت داده‌کاوی در تحلیل داده‌های وارانتهی نسبت به روش‌های آماری است. یکی از این دلایل جمع‌آوری داده‌ها در طول سالیان و در زمان‌های مختلف است. داده‌های خرابی تاریخی، اغلب غیردقیق یا ناکامل هستند؛ در نتیجه مقدار کافی از داده‌ها برای برآورد دقیق و صحیح از پارامترهای مدل وجود ندارد. برخلاف روش‌های آماری که با افزایش تعداد داده‌ها، به دلیل افزایش نواقص و پیچیدگی داده‌ها کارایی آنها کم می‌شود، داده‌کاوی در بهره‌برداری از داده‌های وارانتهی بر مشکلات ناشی از انبوهی داده‌ها غلبه می‌کند. روش‌های آماری نیاز به فرضیات دارند و درستی یا نادرستی نتایج و تصمیمات نهایی به درست بودن فرض اولیه وابسته است؛ درحالی‌که داده‌کاوی از هیچ فرضی درباره داده‌ها استفاده نمی‌کند و در نتیجه نتایج آن واقعی‌تر است. موضوع تحلیل بالا به پایین و پایین به بالا، مسئله دیگری است که سبب برتری داده‌کاوی نسبت به روش‌های آماری در تحلیل داده‌های وارانتهی می‌شود. روش بالا به پایین یا روش تحلیل تأییدی، نوعی تأیید فرضیه‌ها است و سعی می‌کند تا آگاهی درباره یک پدیده ویژه را افزایش دهد. در روش‌های آماری سعی می‌شود روابطی را تأیید کند که از قبل بین داده‌ها وجود داشته است؛ درحالی‌که داده‌کاوی (که نوعی تحلیل پایین به بالا یا تحلیل مکاشفه‌ای است) سعی می‌کند تا اطلاعات مفیدی از اطلاعات قبلی (که توجهی به آنها نبوده است) کشف کند.

در این پژوهش نشان داده شد که استفاده از ابزار داده‌کاوی به‌خوبی دانش لازم برای تصمیم‌گیری درباره متغیرهای مختلف موجود در یک سیاست وارانتهی را در اختیار قرار می‌دهد. این دانش شامل دانش مربوط به نوع خرابی‌ها، تعداد خرابی‌ها، شدت خرابی‌ها، تکرارپذیری و تعمیرپذیری خرابی‌ها و هزینه اصلاح خرابی‌ها هستند. پیشنهاد می‌شود پروژه‌های مشابه در سایر بخش‌های شرکت و یا با اهداف متفاوت تعریف و از سرمایه داده‌های جمع‌آوری شده حداکثر بهره‌برداری شود. با توجه به اینکه این پژوهش، پژوهشی کاربردی است، نتایج آن به‌صورت یک سیستم سایه‌ای، به موازات کار کارشناسان وارانتهی کاربرد دارد. به این معنا که نتایج داده‌کاوی بر کارهای بعدی و پروژه‌های بعدی تعریف‌شده در زمینه‌های مرتبط، تأثیرگذار است و اطلاعاتی در اختیار آنها قرار می‌دهد.

برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود به مسئله ریسک‌پذیری مشتری و نگرش مشتری درباره ارتباط بین وارانتهی و قابلیت اطمینان محصول در تصمیم‌گیری درباره سیاست‌های وارانتهی توجه شود. بحث وارانتهی انعطاف‌پذیر که به مشتری امکان می‌دهد تا از بین چند سیاست وارانتهی مناسب‌ترین را انتخاب کند، از مباحثی است که کمتر به آن توجه شده است. روش‌های داده‌کاوی به پردازش مستقیم متن غیرساخت‌یافته قادر نیستند. استفاده از الگوریتم‌های متن‌کاوی برای استخراج دانش از گزارشات متنی وارانتهی مفید است. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابه با استفاده از الگوریتم‌های متن‌کاوی در نظر گرفته شوند. در این مقاله با هدف کاهش هزینه‌های وارانتهی، سیاست وارانتهی محصولات تعیین شد؛ اما میزان کاهش هزینه محاسبه نشده است. پیشنهاد می‌شود مطالعاتی با هدف محاسبه هزینه وارانتهی، قبل و بعد از انجام داده‌کاوی برای تعیین سیاست وارانتهی انجام تا میزان کاهش هزینه‌ها به‌صورت کمی و دقیق نشان داده شود.

References

- Aggrawal, D. and Anand, A. and Singh, O. and Singh, J. (2014) "Profit maximization by virtue of price & warranty length optimization", *Journal of High Technology Management Research*, 25, 1-8.
- Bayam, E. and Liebowitz, J. and Agresti, W. (2005) "Older drivers and accidents: A meta analysis and data mining application on traffic accident data", *Expert Systems with Applications*, 29, 598–629.
- Berry, M.J.A. and Linoff, G. (1997) *Data mining techniques*, New York, John Wiley & Sons.
- Blischke, W.R. and Murthy, D.N.P. (1992a) "Product warranty management – I: A taxonomy for warranty policies", *European Journal of Operational Research*, 62, 127–148.
- Buddhakulsomsiri, J. and Siradeghyan, Y. and Zakarian, A. and Li, X. (2006) "Association rule generation algorithm for mining automotive warranty data", *International Journal of Production Researches*, 44(14), 2749–2770.
- Buddhakulsomsiri, J. and Zakarian, A. (2009) "Sequential pattern mining algorithm for automotive warranty data", *Computers and Industrial Engineering*, 57(1), 137–147.
- Chun, Y.H. and Tang, K. (1995) "Determining the optimal warranty price based on the producer's and customers' risk preferences", *European Journal of Operational Research*, 85:1, 97-110.
- Enke, D. and Thawornwong, S. (2005) "The use of data mining and neural networks for forecasting stock market returns", *Expert Systems with Applications*, 29, 927–940.
- Esmaili, M. and Shamsi, N. and Asgharizadeh, E. (2014) "Three-level warranty service contract among manufacturer, agent and customer: A game-theoretical approach", *European Journal of Operational Research*, 239, 177–186.
- Ghazanfari, M. and TeimourPour, B. and Alizadeh, S. (2008) "Data mining and knowledge discovery", *Iran University of Science and Technology Publication*, 2nd Edition.
- Han, H.K. and Kim, H.S. and Sohn, S.Y. (2009) "Sequential association rules for forecasting failure patterns of aircrafts in Korean air force", *Expert Systems with Applications*, 36:2, 1129–1133.
- Hongbo, D. (2010) *Data mining techniques and applications*, Course technology cengage learning.
- Hotz, E. and Grimmer, U. and Heuser, W. and Nakhaeizadeh, G. and Wieczorek, M. (2001) "REVIMINER, A KDD-environment for deviation detection and analysis of warranty and goodwill cost statements in automotive industry", In Proceedings of the 7th international conference on knowledge discovery and data mining, August 26-29, San Francisco, ACM, 431–437.
- Hotz, E. and Nakhaeizadeh, G. and Petzsche, B. and Spiegelberger, H. (1999) "A data mining support environment for the planning of warranty and goodwill costs in the automobile industry", In Proceedings of the 5th international conference on knowledge discovery and data mining, August 15-18, San Diego, ACM, 417–419.
- Huang, Y.S. and Zhuo, Y.F. (2004) "Estimation of future breakdowns to determine optimal warranty policies for products with deterioration", *Reliability Engineering & System Safety*, 84, 163-168.
- Iskandar, B.P. and Murthy, D.N.P. and Jack, N. (2005) "A new repair-replace strategy for items sold with a two-dimensional warranty", *Computers and Operations Research*, 32, 669-682.
- Jeon, J. and Sohn, S.Y. (2015) "Product failure pattern analysis from warranty data using association rule and Weibull regression analysis: A case study", *Reliability Engineering and System Safety*, 133, 176–183.

- Karim, M.R. and Suzuki, K. (2005) "Analysis of warranty claim data: a literature review", *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22(7), 667–686.
- Kusiak, A. and Dixon, B. and Shah, S. (2005) "Predicting survival time for kidney dialysis patients: A data mining approach", *Computers in Biology and Medicine*, 35, 311–327.
- Mahmoudi, A. and Shavandi, H. (2014) "A Bi-Objective Model for Optimizing Price, Warranty Length, and Service Capacity Within Queuing Framework: Genetic Algorithm and Fuzzy System", *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 25(2), 131-142.
- Manna, D.K. and Pal, S. and Sinha, S. (2007) "A use-rate based failure model for two dimensional warranty", *Computers & Industrial Engineering*, 52, 229–240.
- Murthy, D.N.P. and Blischke, W.R. (2000) "Strategic warranty management: a life-cycle approach", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 47(1), 40–54.
- Murthy, D.N.P. and Djameludin, I. (2002) "New product warranty: A literature review", *International Journal of Production Economics*, 79, 231–260.
- Nasrollahi, M. and Asgharizadeh, E. and Jafarnezhad, A. and Saniee Monfared, M. (2014) "Development of a new Pro-rata warranty policy for estimating costs", *Industrial Management Journal*, 6(1), 137-150.
- Nazemi, J. and Momeni, H.A. and Rashidi Kameh, H. (2014) "Warranty Period Determination Model, Case Study on Power-Train System", *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 24(4), 461-473.
- Shafiee, M. and Chukova, S. (2013) "Maintenance models in warranty: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 229, 561-572.
- Shahrabi, J. (2011) "Data mining", *Jahad Daneshgahi of Amirkabir University of Technology Publication*, 2nd Edition.
- Shahrabi, J. (2011) "Data mining 2", *Jahad Daneshgahi of Amirkabir University of Technology Publication*.
- Shahrabi, J. and Zolghadr Shojaee, A. (2009) "Advanced Data mining: Concepts and Algorithms", *Jahad Daneshgahi of Amirkabir University of Technology Publication*.
- Srinivasan, R. and Manivannan, S. and Ethiraj, N. and Prasanna Devi, S. and Vinu Kiran, S. (2016) "Modelling an Optimized Warranty Analysis methodology for fleet industry using data mining clustering methodologies", *Procedia Computer Science*, 87, 240 – 245.
- Suzuki, K. (1985) "Estimation of lifetime parameters from incomplete field data", *Technometrics*, 27:3, 263–271.
- Suzuki, K. (1985) "Nonparametric estimation of lifetime distribution form a record of failures and follow-ups", *Journal of American Statistical Association*, 80, 68–72.
- Teimoury, E. and Mazra'eh Farahani, M. (2009) "A Model for Spare parts' Demand Forecasting Based on Reliability, Operational Environment and Failure Interaction of Parts ", *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 20(1), 55-64.
- Wu, S. (2013) "A review on coarse warranty data and analysis", *Reliability Engineering and System Safety*, 114, 1–11.

- 1 Warranty period
- 2 Promotion role
- 3 Protection role
- 4 Murthy
- 5 Blischke
- 6 Warranty policy
- 7 Manna
- 8 Jeon
- 9 Sohn
- 10 Buddhakulsomsiri
- 11 Data mining
- 12 Huang
- 13 Zhuo
- 14 fixed
- 15 renewal
- 16 Free Replacement Warranty
- 17 Pro-Rata Warranty
- 18 Iskandar
- 19 One dimensional
- 20 Two dimensional
- 21 Djamaludin
- 22 Aggrawal
- 23 Nonlinear programming
- 24 Exponential distribution
- 25 Game theory
- 26 Suzuki
- 27 Karim
- 28 Weibull distribution
- 29 Wu
- 30 Hotz
- 31 Han
- 32 preventive maintenance
- 33 Berry
- 34 Linoff
- 35 Bayam
- 36 Enke
- 37 Thawornwong
- 38 Kusiak
- 39 Association Rule
- 40 Support
- 41 Confidence
- 42 Hongbo
- 43 Apriori
- 44 برای رعایت امانت در داده های پژوهش از ذکر نام شرکت خودداری شده است.
- 45 Chukova
- 46 Chun
- 47 Tang