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 competiveness 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.
AS 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 proifle. This information can also help in estimating futur. expenses (Jeon & Sohn, 2015).
Warranty data are strictly conifdential 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 ifled 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 gniifcant beneifts 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۹، پیاپی ۱۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷
دریافت: ۱۳۹٤/۱۲/۲۲ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۲/۱۲
صص: ٥٦-۳۷

تعیین سیاست وارانتی با استفاده از قوانین انجمنی در داده‌کاوی (مطالعه موردی: شرکت تولیدی تجهیزات الکترونیکی)

صفر فضلی [۱*]، ریحانه جماعتی تفتی [۲]

۱- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، fazli@ikiu.ac.ir
۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، reyhaneh.jamaati@gmail.com

چکیده: امروزه پیشنهادهای وارانتی متنوعی از سوی تولیدکنندگان ارائه می‌شود. با بهترشدن سیاست وارانتی، هزینهٔ آن برای تولیدکننده افزایش می‌یابد؛ بنابراین برای تعیین سیاست وارانتی روشی نیاز است که بر اطلاعات واقعیِ قابلیت اطمینان، شرایط خرابی و تعمیرِ محصول تکیه کند. برای این منظور در این مقاله از روش داده‌کاوی استفاده شده است. به این صورت که نمونه‌ای پنج‌ساله از داده‌های وارانتی 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 کشف‌شده، برخی توصیف بهتری از ارتباط بین محصولات و شرایط خرابی و تعمیر آنها ارائه می‌دهند؛ بنابراین با استفاده از دانش به‌دست‌آمده از آنها، سیاست وارانتی ۲٤ محصول مختلفِ شرکت تعیین شده است. نتایج این پژوهش به کاهش هزینه‌های وارانتی از طریق بهینه‌کردن تصمیمات سیاست‌های وارانتی کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: داده‌کاوی، داده‌های وارانتی، سیاست وارانتی، قوانین انجمنی، وارانتی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

*نویسنده مسئول

مقدمه

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

در ارائهٔ وارانتی برای محصول، ابتدا باید نوع سیاست وارانتی[۶] تعیین شود. سیاست‌های وارانتی مختلفی وجود دارند که باتوجه‌به ویژگی‌هایشان در دسته‌های مختلفی قرار می‌گیرند (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۲). سیاست وارانتی با پوشش بهتر، مثلاً با محدودهٔ وسیع‌تر یا دورهٔ طولانی‌تر، به بهترشدن 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 وارانتی است (مانا[۷] و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین تولیدکننده باید دربارهٔ سیاست وارانتی به‌گونه‌ای تصمیم‌گیری کند که بین هزینهٔ وارانتیِ بیشتر و سهم بازار بیشتر، موازنه برقرار شود (مورتی و بلیشک، ۲۰۰۰). از دید تولیدکنندگان، هزینهٔ وارانتی درصد مهمی از هزینهٔ کل محصول است؛ بنابراین سوال اصلی تولیدکنندگان کالا، تعیین سیاست وارانتی باتوجه‌به استراتژی‌های تولیدکننده به‌نحوی است که بیشترین منافع را عاید تولیدکننده کند. در بیشتر مواقع تولیدکنندگان در اختصاص بودجه برای ارائهٔ خدمات وارانتی محدودیت دارند و درصدد هستند تا با بودجهٔ موجود، سیاست وارانتی‌ای 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 وارانتی است. تولیدکنندگان رویکردهای معتبری را برای کنترل هزینه‌های وارانتی به کار می‌گیرند. راه ممکن برای کاهش هزینهٔ خدمات وارانتی، اتخاذ تصمیمات درست دربارهٔ سیاست‌های وارانتی، متناسب با شرایط مؤثر در ایجاد خرابی در محصول است. یکی از منابع مهم برای دستیابی به اطلاعات دربارهٔ این شرایط، داده‌های تاریخی وارانتی است؛ زیرا شامل اطلاعات واقعی از روند خرابی‌های محصول در گذشته است. ارائهٔ سیاست‌های وارانتی ایدئال و جذاب، بدون توجه به قابلیت اطمینان محصول و قطعات آن، ممکن است منجر به هزینهٔ وارانتی 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 بُروز خرابی‌ها و نوع آنها انجام شود و سپس متناسب با این برآوردها بهترین سیاست برای وارانتی ارائه شود. تولیدکننده می‌تواند از داده‌های جمع‌آوری‌شده در طول دورهٔ وارانتی (که به آن داده‌های وارانتی می‌گویند) برای اهداف مختلف استفاده کند؛ زیرا این داده‌ها حاوی اطلاعات مفیدی دربارهٔ 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 انجام‌شده برای رفع خرابی، تاریخ تعمیر، هزینهٔ تعمیر (قطعه و کارگر)، اپراتور تعمیرکننده و ... است (بوداکولسومسیری[۱۰] و ذکریان، ۲۰۰۹)؛ اما معمولاً حجم

این داده‌های جمع‌آوری‌شده 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 وارانتی، 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 دادهٔ قوی مانند داده‌کاوی برای کشف الگوها و روابط پنهان در میان انبوه داده‌های وارانتی جمع‌آوری‌شده است؛ درنتیجه از تفسیر نتایج حاصل از این الگوها، مناسب‌ترین سیاست وارانتی برای محصولات ارائه می‌شود. با این کار، مشتری و تولیدکننده هر دو از مزایای حاصل از ارائهٔ وارانتی بهره‌مند می‌شوند.

ادامهٔ مقاله در قالب بخش‌های زیر سازماندهی شده است. در بخش بعدی مفاهیم و نظریات موجود در زمینهٔ سیاست‌های وارانتی معرفی شده است. بخش سوم مقاله روش‌های استفاده‌شده در پژوهش را شرح می‌دهد. در بخش چهارم داده‌های واقعی برای اثبات کاربردپذیری روش در کارخانهٔ 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 وارانتی: پیشنهادهای متفاوت ارائهٔ وارانتی را سیاست وارانتی نامیده‌اند (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۳). منظور از سیاست وارانتی، نوع خدمت ارائه‌شده به مشتری و نحوهٔ ارائهٔ آن است. تولیدکنندگان هنگام ارائهٔ وارانتی چند متغیر اساسی را مدنظر قرار می‌دهند. این متغیرها شامل نوع وارانتی یا شیوهٔ اصلاح، نحوهٔ ارائهٔ خدمات وارانتی (از نظر هزینه‌های آن) و مدت وارانتی هستند. سیاست‌های وارانتی را براساس ویژگی‌های مختلف آنها به روش‌های متفاوت دسته‌بندی کرده‌اند. نمونه‌ای از دسته‌بندی سیاست‌های وارانتی را هوانگ[۱۲] و ژو[۱۳] ارائه کرده‌اند. در این دسته‌بندی دو متغیر وجود دارد که انواع سیاست‌های وارانتی را از هم متمایز می‌کند؛ دورهٔ وارانتی و نحوهٔ ارائهٔ وارانتی. منظور از دورهٔ وارانتی طول دورهٔ زمانی است که محصول تحت پوشش وارانتی است. بر این اساس، دو سیاست دورهٔ ثابت[۱۴] و دورهٔ تجدیدپذیر[۱۵] وجود دارد. در وارانتی‌هایی با دورهٔ ثابت، دورهٔ وارانتی پس از اتمام زمان مشخص‌شده، تمام و محصول از ضمانت وارانتی خارج می‌شود. در سیاست‌هایی با دورهٔ تجدیدپذیر، هرگاه محصولی در دورهٔ وارانتی خود با خرابی مواجه شود، دورهٔ وارانتی تمدید و دورهٔ جدید جایگزین دورهٔ قبل می‌شود؛ بنابراین برای سیاست‌های تجدیدپذیر، دورهٔ وارانتی با هر بار شکست محصول از نو آغاز می‌شود؛ اما در سیاست‌های ثابت، محصول پس از خرابی در مدت زمانی که از دورهٔ وارانتی‌اش باقی مانده، دارای ضمانت است.

براساس شیوهٔ ارائهٔ خدمات وارانتی نیز سیاست‌های مختلفی وجود دارد. منظور از نحوهٔ ارائهٔ خدمات وارانتی، نحوهٔ پرداخت هزینه‌های وارانتی به‌وسیلهٔ تولیدکننده و مصرف‌کننده است. بر این اساس وارانتی‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از وارانتی رایگان، تسهیم هزینه و ترکیبی. در وارانتی رایگان یا FRW[۱۶]، ارائهٔ خدمات به مشتری در طول دورهٔ وارانتی رایگان است. در سیاست تسهیم هزینه یا PRW[۱۷] در دورهٔ وارانتی، تولیدکننده محصول را با دریافت بخشی از هزینه، اصلاح می‌کند؛ درواقع در این سیاست نسبت مشخصی از هزینهٔ وارانتی 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[18] و همکاران است. این پژوهش وارانتی‌ها را براساس شیوهٔ اصلاح نیز تقسیم‌بندی می‌کند. منظور از شیوهٔ 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. باتوجه‌به 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 دورهٔ وارانتی و شیوهٔ ارائهٔ خدمات وارانتی، سیاست‌های وارانتی براساس تک‌بعدی یا دوبعدی بودن آن دسته‌بندی شده است. منظور از بُعد در سیاست وارانتی تعداد متغیرهای مشخص‌شده برای تعیین محدودیت‌های وارانتی است. سیاست یک‌بعدی[19] براساس زمان و سن کالا یا میزان استفاده و کارکرد آن بیان می‌شود. سیاست دوبعدی[20] هر دو متغیر زمان و میزان کارکرد را دربرمی‌گیرد؛ برای مثال دربارهٔ اتومبیل، وارانتی می‌تواند تنها شامل محدودیت زمان باشد (مثلا 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 مطالعهٔ 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. ازآنجایی‌که کلیهٔ جایگشت‌های ممکن برای دسته‌بندی فوق ۲۴= ۲*۲*۳*۲ است، ۲۴ سیاست وارانتی مختلف باتوجه‌به این دسته‌بندی ارائه می‌شود.

پیشینهٔ پژوهش

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

بسیاری از مطالعات، رقابت سیاست‌های وارانتی را به‌وسیلهٔ تحلیل هزینهٔ وارانتی در هریک از سیاست‌ها بررسی کرده‌اند و در پی بهینه‌سازی متغیرهای وارانتی هستند؛ برای مثال آگراوال[۲۲] و همکاران قیمت بهینه و طول دورهٔ وارانتیِ بهینه را از طریق حل مسئلهٔ برنامه‌ریزی غیرخطی[۲۳] با تابع هدف بیشینه‌سازی سود به دست آورده‌اند. در این پژوهش توزیع نمایی[۲۴] برای توزیع دورهٔ عمر محصول در نظر گرفته شده است (آگراوال و همکاران، ۲۰۱٤). محمودی و شوندی، برای بهینه‌کردن پارامترهای قیمت، دورهٔ وارانتی و ظرفیت خدمت‌دهی مدلی ارائه داده‌اند که هم‌زمان سود تولیدکننده را بیشینه و زمان انتظار مشتریان در صف خدمت‌دهی وارانتی را کمینه می‌کند (محمودی و شوندی، ۱۳۹۳). در پژوهش دیگری، وارانتی سه‌سطحی بین تولیدکننده، مشتری و واحد خارجی از طریق تئوری بازی‌ها[۲۵] مدل‌سازی شده و قیمت فروش، دورهٔ وارانتی، قیمت وارانتی و هزینهٔ تعمیرِ بهینه به دست آمده است (اسماعیلی و همکاران، ۲۰۱٤).

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

در دو دههٔ اخیر پژوهش‌های زیادی درزمینهٔ تحلیل "داده‌های وارانتی" انجام گرفته است. منظور از داده‌های وارانتی، داده‌های جمع‌آوری‌شده در طول خدمت‌دهی به اقلام تحت دورهٔ وارانتی است که حاوی اطلاعات با ارزشی دربارهٔ کیفیت و قابلیت اطمینان محصول هستند. پژوهش‌ها در این زمینه با پژوهش سوزوکی[۲۶] آغاز شده است (سوزوکی، ۱۹۸۵). مقالهٔ کریم[۲۷] و سوزوکی یکی از عالی‌ترین مقالات مروری است که انواع مدل‌ها و روش‌های آماری استفاده‌شده برای تحلیل داده‌های وارانتی را خلاصه کرده است (کریم و سوزوکی، ۲۰۰۵). ناظمی و همکاران (۱۳۹۲) مدلی ارائه کردند؛ این مدل برای تعیین دورهٔ وارانتی بهینه درحالتی مناسب است که سیاست ارائهٔ وارانتی، سیاست وارانتی تجدیدپذیر باشد. در این مقاله براساس اطلاعات دورهٔ وارانتی خودروهای فروخته‌شده و با در نظر گرفتن توزیع ویبول[۲۸] برای زمان رسیدن به خرابی، پارامترهای توزیع برآورد و درنهایت دورهٔ وارانتی 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 برمبنای داده‌های وارانتی انجام شده است (تیموری و مزرعه فراهانی، ۱۳۸۸). نصراللهی و همکاران سیاست وارانتی تسهیم هزینه را بررسی کرده‌اند. در این مقاله مدل جدید سیاست وارانتی تسهیم هزینه باتوجه‌به نرخ بهره و تورم، و تعریف تابعی برای متغیر تصادفی نرخ هزینه، توسعه داده شده است. درنهایت نرخ شکست و هزینه‌های وارانتی محصول با استفاده از داده‌های وارانتی برآورد شده است (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۳).

بااین‌حال مطالعات با هدف غلبه بر محدودیت‌های داده‌های وارانتی کمیاب است. وو[۲۹] در سال ۲۰۱۳ به این نکته اشاره کرده است که داده‌های وارانتی 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)؛ درنتیجه زیادبودن و پیچیدگی این داده‌ها نیازمند ساده‌سازی، مرتب‌سازی و دسته‌بندی آنها از طریق پیش‌پردازش است. با اینکه تعدادی از پژوهش‌ها در زمینهٔ تحلیل داده‌های وارانتی 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 وارانتی به کار گرفته‌اند. مقاله هاتز[۳۰] و همکاران روش داده‌کاوی را برای برنامه‌ریزی وارانتی و هزینه‌ها در صنعت خودرو اجرا کرده است (هاتز و همکاران، ۱۹۹۹). این مقاله بعداً روش‌های آماری و یادگیری ماشین را برای تحلیل هزینه‌های وارانتی توسعه داده است (هاتز و همکاران، ۲۰۰۱). هان[۳۱] و همکاران روش داده‌کاوی را برای تحلیل الگوهای خرابیِ انواع محصول و شرایط مختلف تولید برای روشن‌ساختن اقدامات تعمیر و نگهداری نیروی هوایی کُره به کار برده‌اند (هان و همکاران، ۲۰۰۹). ژئون و سوهن از روش داده‌کاوی برای یافتن الگوهای معنادار خرابی‌ها، از بین داده‌های وارانتی موتور دیزل سنگین استفاده کرده‌اند (ژئون و سوهن، ۲۰۱۵). در پژوهش دیگر، الگوریتم تولید قوانین انجمنی‌ای ارائه و سپس کاربردپذیری الگوریتم ارائه‌شده از طریق مطالعهٔ موردی در صنعت اتومبیل‌سازی بررسی شده است. با استفاده از این الگوریتم روابط مفید بین "ویژگی‌های محصول" و "علت ایجاد خرابی" از میان داده‌های وارانتی استخراج می‌شود. تفاوت اصلی این مقاله با پژوهش حاضر این است که مقالهٔ مذکور بیشتر بر جنبهٔ ایجاد و توسعهٔ الگوریتمی برای استخراج قوانین انجمنی تمرکز دارد؛ درحالی‌که در این مقاله نحوهٔ ایجاد قوانین با الگوریتم موضوعیت نداشته و هدف، استفاده از این ابزار برای مقاصدی چون تعیین سیاست وارانتی و کاهش هزینه‌های وارانتی است (بوداکولسومسیری و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهش دیگری از داده‌کاوی برای استخراج روابط بین خرابی‌های متوالی محصولات استفاده و روند تکرار خرابی در کارخانهٔ خودروسازی تعیین شده است. این مقاله الگوریتم الگوکاوی متوالی را ارائه می‌دهد که به مهندسان محصول و مهندسان کیفیت اجازهٔ استخراج دانش از پایگاه دادهٔ حجیم وارانتی اتومبیل را می‌دهد (بوداکولسومسیری و ذکریان، ۲۰۰۹).

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

اخیرا مقاله‌ای با هدف نشان‌دادن کاربردهای روش خاصی از داده‌کاوی به نام "خوشه‌بندی" در تحلیل بهینهٔ داده‌های وارانتی تألیف شده است. این مقاله با استفاده از خوشه‌بندی، تعداد خرابی‌های محصول در ۱۲ ماه آینده و میانگین زمان خرابی محصول را پیش‌بینی می‌کند؛ درنهایت به ذکر این نکته بسنده نکرده است که در اختیار داشتن چنین پیش‌بینی‌هایی منجر به تصمیمات درست در حوزهٔ سیاست‌های وارانتی و به‌ویژه طول دورهٔ وارانتی می‌شود؛ اما درخصوص تعیین سیاست وارانتی نتایجی را ارائه نکرده است؛ درحالی‌که در پژوهش حاضر مزیت استفاده از روش‌های داده‌کاوی در تعیین سیاست وارانتی با تعیین سیاستِ 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 حوزهٔ بازاریابی و کنترل کیفیت به کار گرفته شده و به حوزه‌های مختلف دیگر مانند داده‌کاوی در داده‌های تصادف‌ها (بایام[۳۵] و همکاران، ۲۰۰۵)، پیش‌بینی بازدهٔ بازار سهام (انکه[۳۶] و تاورنونگ[۳۷]، ۲۰۰۵) و داده‌کاوی در علوم پزشکی (کاسیاک[۳۸] و همکاران، ۲۰۰۵) توسعه پیدا کرده است. داده‌کاوی حوزهٔ 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 دههٔ اخیر، تقریباً همهٔ سازمان‌ها حجم عظیمی داده در پایگاه دادهٔ 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 به‌صورت 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؛ وظیفهٔ خاصی که اجرای آن از داده‌کاوی انتظار می‌رود و داده‌هایی که برای تحلیل دردسترس قرار دارند. قبل از تصمیم دربارهٔ روش داده‌کاوی باید مسئلهٔ تجاری مدنظر به‌گونه‌ای تجزیه شود که آن را به‌کمک 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 (AR)[۳۹] یکی از روش‌های هدایت‌نشدهٔ 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 به‌کمک آن تصمیم‌گیری کنند. تحلیل وابستگی یا تحلیل تلازمی، مطالعهٔ ویژگی‌ها یا خصوصیاتی است که با یکدیگر همراه بوده و به‌دنبال استخراج قواعد از میان این خصوصیات است. قواعد انجمنی ماهیتاً قواعد احتمالی هستند و به‌شکل اگر، آنگاه و به‌همراه دو معیار پشتیبان[۴۰] و اطمینان[۴۱] تعریف می‌شوند (هونگبو[۴۲]، ۲۰۱۰).

$A \Rightarrow B$ [اطمینان، پشتیبان]

برای آنکه مفید و جالب‌بودن قانون به‌صورت 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 به‌تعداد کل تراکنش‌ها (احتمال آنکه A و B با هم رخ دهند):

$$(A \Rightarrow B) = P(A \cap B) \text{ پشتیبان} \qquad (۱)$$

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

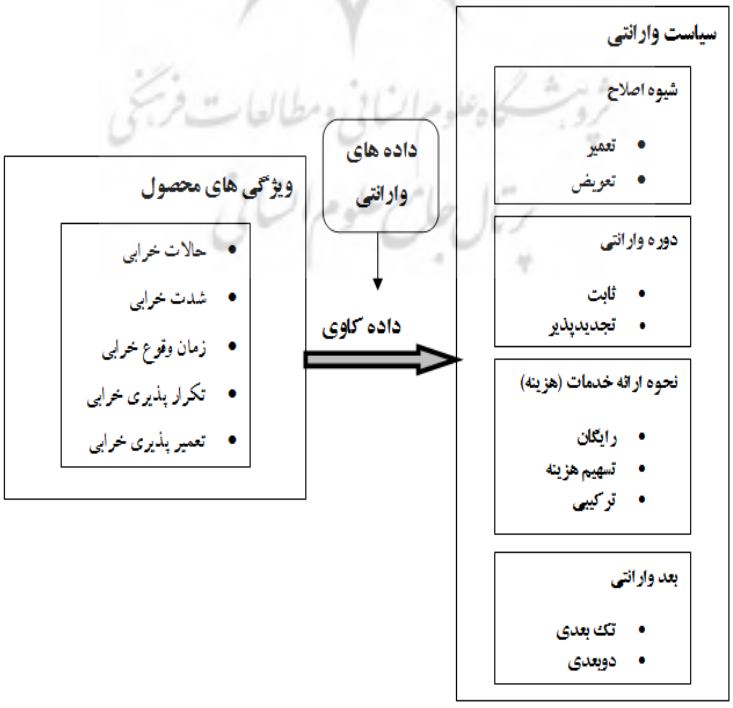
$$\text{اطمینان}=P(B|A) \quad (A \Rightarrow B) \qquad (۲)$$

قانون وابستگی درخور توجه است، اگر مقادیر حداقل اطمینان و پشتیبان را برآورده سازد. این مقادیر حداقل به‌وسیلهٔ کاربر (فردی که در زمینهٔ مربوطه خبره است) تعیین می‌شود (شهرابی و ذوالقدر شجاعی، ۱۳۸۸).

مطالعات زیادی از AR برای تحلیل داده‌های وارانتی استفاده کرده‌اند؛ زیرا این، ابزارِ تصمیم‌گیری ساده‌ای است که روابط جالب‌توجه را نشان می‌دهد (هان و همکاران، ۲۰۰۹؛ بوداکولسومسیری و ذکریان، ۲۰۰۹؛ بوداکولسومسیری و همکاران، ۲۰۰٦).

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 وارانتی از داده‌های وارانتی را توصیف می‌کند. داده‌های وارانتی با استفاده از روش قوانین انجمنی داده‌کاوی، کاوش می‌شوند تا اطلاعاتی دربارهٔ حالات خرابی، شدت خرابی، زمان‌های وقوع خرابی، تکرارپذیری و تعمیرپذیری خرابی‌ها و هر نوع اطلاعات دیگری که در تعیین سیاست وارانتی مفید است، از درون آنها استخراج شود. سپس این اطلاعات مبنای تصمیم‌گیری دربارهٔ سیاست وارانتی محصولات باتوجه‌به ابعاد مختلف این سیاست‌ها قرار می‌گیرند.



شکل ۲- مدل مفهومی پژوهش

تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

مطالعهٔ موردی: شرکت تولیدی تجهیزات الکترونیکی: مطالعهٔ 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 وارانتی برای محصولات مختلف خود ندارد؛ ازاین‌رو هزینه‌های وارانتی شرکت نسبتاً زیاد است. برای رفع این مشکل، در این پژوهش پایگاه دادهٔ وارانتی (که حاوی مطالب مفیدی دربارهٔ الگوهای خرابی محصول است) بررسی و تحلیل می‌شود و درنهایت با استفاده از دانش به‌دست‌آمده، سیاست وارانتی مناسب برای محصولات شرکت ارائه می‌شود. برای ایجاد چنین دانشی مسئلهٔ داده‌کاوی تعریف می‌شود. هدف داده‌کاوی در این پژوهش کشف الگوهایی میان داده‌های وارانتی شرکت است. سپس مسئلهٔ داده‌کاوی در قالب مسئلهٔ استخراج قوانین انجمنی تعریف می‌شود.

معرفی پایگاه دادهٔ وارانتی شرکت: شرکت بررسی‌شده تمامی اطلاعات مربوط به وارانتی را در پایگاه داده‌ای ذخیره می‌کند؛ به این صورت که شرکت تمامی اطلاعات مرتبط با محصول خراب و اطلاعات مرتبط با رفع خرابی را در این پایگاه داده ثبت می‌کند. نمونهٔ بررسی‌شده در این پژوهش، داده‌های وارانتی مربوط به ۳۵۰۰ خرابی در بازهٔ زمانی پنج‌ساله از سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ است که از پایگاه دادهٔ وارانتی شرکت استخراج شده است. فیلدهای مختلفی در پایگاه دادهٔ وارانتی ذخیره شده است. نمونه‌ای از فیلدها و توضیح آن‌ها در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- نمونه‌ای از فیلدهای پایگاه دادهٔ وارانتی و توضیح آن‌ها

فیلدها	توضیح فیلدها
ردیف	شمارهٔ مربوط به هر شکایت ناشی از خرابی که برای دریافت وارانتی گزارش می‌شود.
کد محصول	کد محصولی که خرابی برای آن واقع شده است، که یکی از ۲۴ کد موجود است.
نوع وارانتی	نوع وارانتی محصول خراب که یکی از سه حالت تعمیر رایگان، تعمیر غیررایگان و تعویض غیر رایگان است.
تاریخ وقوع خرابی	تاریخ اعلام خرابی به شرکت به‌وسیلهٔ مشتری که در بازه ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۲/۱۲/۲۹ است.
نوع خرابی	نوع خرابی واقع‌شده برای محصول که در یکی از دسته‌های الکترونیکی، مکانیکی، نرم‌افزاری است.
نحوهٔ شکایت مشتری	نحوهٔ شکایت مشتری و اعلام خرابی به شرکت که یا تماس تلفنی است یا مراجعه حضوری.
نام مشتری	نام خانوادگی مشتری مدعی برای دریافت خدمات وارانتی.
نوع اصلاح محصول	اقدام انجام‌گرفته برای رفع خرابی اعلام‌شده به‌وسیلهٔ مشتری که یا تعمیر است یا تعویض.
هزینهٔ رفع خرابی	هزینهٔ 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 انجام‌دهندهٔ اقدامات برای رفع مشکل محصول که یکی از ۱۵ کد موجود است.
قیمت محصول	قیمت فروش محصول خراب‌شده.
تاریخ خرید	تاریخ خرید محصول که در بازه ۱۳۸۸/۱/۱ تا ۱۳۹۲/۱۲/۲۹ است.

آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها: آماده‌سازی داده شامل کلیهٔ مراحلی است که رکوردها و متغیرها را برای ساخت مدل (قواعد انجمنی) آماده می‌کند. مرحلهٔ آماده‌سازی داده‌ها مهم‌ترین و زمان‌برترین مرحله در پروژه‌های داده‌کاوی است. داده‌ای دارای کیفیت است که صحیح، کامل، سازگار، به‌روز، قابل‌قبول، باارزش، تفسیرشدنی و دردسترس 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 وارانتی و تاریخ رفع خرابی به‌دلیل کم اهمیت بودن حذف می‌شوند. از روی ستون تاریخ‌های وقوع خرابی، فیلد "تعداد خرابی" استخراج می‌شود. دو ستون هزینهٔ 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. ازطرفی 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 طی‌شده تا اولین خرابی" و "مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی (" که فاصلهٔ 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 به‌دلیل اینکه الگوریتم‌های قوانین انجمنی تنها از داده‌های گسستهٔ طبقه‌ای استفاده می‌کنند، کلیهٔ داده‌ها از حالت پیوسته به حالت طبقه‌ای تبدیل می‌شوند. در جدول ۲ فیلدهای باقیمانده به‌همراه طبقه‌بندی‌های آنها مشاهده می‌شوند.

جدول ۲- فیلدهای نهایی پایگاه دادهٔ وارانتی و طبقه‌بندی آنها

نام متغیر	تعداد ارزش‌های مختلف	شرح
کد محصول	٢٤	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	٣	مکانیکی، الکترونیکی، نرم‌افزاری.
تعداد خرابی	٤	۱و ۲و ۳و ٤.
نوع اصلاح	٢	تعمیر، تعویض.
نسبت هزینهٔ اصلاح به قیمت محصول	٤	کمتر از ۱۵ درصد، از ۱۵ تا ۳۰ درصد، بیش از ۳۰ درصد، ۱۰۰ درصد.
مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی	٤	قبل از ۳ ماه، از ۳ تا ٦ ماه، از ٦ تا ۹ ماه، از ۹ ماه تا یک سال.
مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی	٤	قبل از ۳ ماه، از ۳ تا ٦ ماه، از ٦ تا ۹ ماه، از ۹ ماه تا یک سال.

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

تعیین سیاست وارانتی 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. آستانهٔ پشتیبان ۵ درصدی و آستانهٔ اطمینان ۸۰ درصدی برای این پژوهش تعیین شده است. سپس مدل ساخته‌شده اجرا می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از این تحلیل ٤٧٥ قانون وابستگی است.

ایجاد مدل به‌معنای پایان پروژه نیست و دانش حاصل‌شده به سازماندهی نیاز دارد تا بـه شـکلی ارائـه شـود کـه بهره‌وران از آن استفاده کنند. در این قسمت قوانین به‌دست‌آمده از داده‌کاوی براساس نوع ارتباطات مختلف موجـود بین ویژگی‌های محصول دسته‌بندی شده است و از بین ٤٧٥ قانونِ استخراج‌شده با نرم‌افـزار، تنهـا قـوانینی انتخـاب می‌شوند که حاوی اطلاعاتی دربارهٔ متغیرهای مدنظر هستند. همان‌طورکه پیش‌تر بیان شد، در تعیین سیاست وارانتـی برای محصول، باید ٤ ویژگیِ نوع یا شیوهٔ اصلاح، دورهٔ وارانتی، هزینه یا نحوهٔ ارائه خدمات بیان شود.

تعیین استراتژی شیوهٔ اصلاح محصول (تعمیر/ تعویض) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط: تولیدکننـده بایـد استراتژی تعمیر- تعویض مناسبی را انتخاب کند که هزینه‌های وارانتی را کم کند (اسکندر و همکاران، ۲۰۰۵). برای گرفتن تصمیم دربارهٔ انتخاب راهکار تعمیر یا تعویض، ۳ عامل باید بررسی شود. این سه عامل به‌شرح زیر هستند:

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

جدول ۳- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول و هزینهٔ تعمیر

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

۲. سیاست‌گذار باید معین کند، آیا محصول تعمیرپذیر هست یا خیر؟ اگر محصـولی تعمیـر شـده باشـد ولـی تعداد خرابی‌های بعدی آن زیاد است، این محصول تعمیرپذیر نیست و بهتـر اسـت در همـان خرابـی اول تعـویض شود. از طرفی، اگر محصولی تعویض شده باشد و خرابی‌های بعدی آن به صفر رسـیده اسـت، تعـویض بـرای ایـن محصول اطمینان بیشتری دارد. دانش لازم در این زمینه با استفاده از قواعد انجمنی به دست می‌آید. این قواعد "نـوع محصول" و "نوع اصلاح" را به "تعداد خرابی" مرتبط می‌کنند. جدول ٤ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ٤- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول، نوع اصلاح و تعداد خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتی استخراج‌شده از قانون
٦٨	کد محصول= CH-3 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٥,٧١٤	تعمیر
٨٥	کد محصول= M-1 و نوع اصلاح= تعویض	تعداد خرابی = یک	٪٨٠	تعویض
٢٤٩	کد محصول= U-1 و نوع اصلاح= تعویض	تعداد خرابی = یک	٪٨٥,٧١٤	تعویض
٢٦٩	کد محصول= T-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪١٠٠	تعمیر
٢٧١	کد محصول= D-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪١٠٠	تعمیر
٢٧٤	کد محصول= Z-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٨/٨٨٩	تعمیر
٣٠٧	کد محصول= M-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٠	تعمیر
٣١١	کد محصول= V-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٠	تعمیر
٣٤٠	کد محصول= H-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪١٠٠	تعمیر
٤٠٠	کد محصول= T-4 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٣/٣٣٣	تعمیر
٤١٢	کد محصول= E-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪١٠٠	تعمیر
٤١٦	کد محصول= CH-5 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٣/٣٣٣	تعمیر
٤٢٠	کد محصول= K-1 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٤/٦١٥	تعمیر
٤٢٧	کد محصول= D-2 و نوع اصلاح= تعمیر	تعداد خرابی = یک	٪٨٠	تعمیر

۳. اگر محصولی در ابتدای دورهٔ وارانتی 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 طی‌شده تا اولین خرابی" را به "تعداد خرابی" مرتبط می‌کنند. جدول ۵ این قوانین را نشان می دهد.

جدول۵- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول، نوع اصلاح، مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی و تعداد خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتی استخراج‌شده از قانون
٢٥٠	کد محصول= CH-1 و نوع اصلاح= تعمیر و مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= کمتر از ۳ ماه	تعداد خرابی= چهار	٪١٠٠	تعویض
٢٥٨	کد محصول= E-1 و نوع اصلاح= تعمیر و مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= کمتر از ۳ ماه	تعداد خرابی= سه	٪٨٠	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 دربارهٔ راهکار تعمیر یا تعویض قرار می‌گیرد. اگر شاخص اطمینان نیز برای دو یا چند قانون برابر باشد، انتخاب راهکار تعمیر یا تعویض به‌عهدهٔ 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 دورهٔ وارانتی محصول (ثابت/ تجدیدپذیر) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط: تصمیم دربارهٔ دورهٔ وارانتی وابسته به این است که محصول هرچند وقت یک بار خراب می‌شود. برای انتخاب راهکار دورهٔ 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 دورهٔ وارانتی و به‌دلیل ناتوانایی مشتری در استفاده درست از محصول رخ می‌دهد؛ پس دورهٔ وارانتی این محصول می‌تواند تا حد ممکن طولانی شود؛ زیرا در باقیماندهٔ دورهٔ وارانتی، محصول خرابی نخواهد داشت. در این حالت، انتخاب راهکار دورهٔ تجدیدپذیر، به‌دلیل 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 ٦ این قوانین را نشان می‌دهد.

جدول ٦- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول و مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتی استخراج‌شده از قانون
۷۵	کد محصول= L-2	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱۵٤	کد محصول= D-1	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱٦٦	کد محصول= Z-1	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱٦۸	کد محصول= M-2	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱۷۰	کد محصول= V-1	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱۷۲	کد محصول= H-1	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱۷۳	کد محصول= T-4	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۱۷۵	کد محصول= E-2	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۲۰۰	کد محصول= CH-5	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۲۰۵	کد محصول= K-1	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۸٤/٦۱۵	تجدیدپذیر(تاحد ممکن طولانی)
۲۵۲	کد محصول= F-1	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۲۵٦	کد محصول= D-2	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۲٦۰	کد محصول= CH-2	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۲۹۲	کد محصول= CH-4	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۳۱۰	کد محصول= T-3	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۱۰۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)
۳۲۳	کد محصول= CH-3	مدت زمان طی‌شده تا آخرین خرابی= کمتر از ۳ ماه	٪۸۰	تجدیدپذیر (تاحد ممکن طولانی)

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

جدول ۷- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول و مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتی استخراج شده از قانون
۱۷۱	کد محصول= S-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۲۰۱	کد محصول= T-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ٦ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (٦ ماه)
۳۷٤	کد محصول= L-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۳۷٦	کد محصول= M-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
۳۷۹	کد محصول= U-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ۹ ماه تا یک سال	٪۱۰۰	ثابت (۹ ماه)
٤۱٤	کد محصول= CH-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ٦ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (٦ ماه)
٤۱۸	کد محصول= E-1	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ٦ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (٦ ماه)
٤۲۲	کد محصول= T-2	مدت زمان طی‌شده تا اولین خرابی= از ٦ تا ۹ ماه	٪۱۰۰	ثابت (٦ ماه)

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

از نظر مصرف‌کننده، وارانتی رایگان سیگنال بهتری از کیفیت محصول است. بااین‌حال این وارانتی در معرض سوءاستفادهٔ مشتری قرار دارد و برای تولیدکننده هزینه بالایی دارد. سیاست تسهیم هزینه، مشوق تکرار خرید است، خطر سوءاستفادهٔ مشتری را خنثی می‌کند و برای محصولاتی مناسب‌تر است که با سال‌خوردگی در معرض زوال قرار می‌گیرند. وارانتی‌های ترکیبی ویژگی‌های مطلوب وارانتی‌های رایگان و تسهیم هزینه را ترکیب می‌کنند (شفیعی و چوکووا[٤٥]، ۲۰۱۳). برای تصمیم‌گرفتن دربارهٔ انتخاب راهکار هزینهٔ وارانتی، ۲ عامل باید بررسی شود. این دو عامل به‌شرح زیر هستند.

۱. سیاست‌گذار باید تعداد خرابی‌های محصول را برآورد کند. اگر تعداد پایین باشد، تولیدکننده ریسک هزینه‌ای کمتری برای ارائهٔ وارانتی به‌صورت 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 می دهد.

جدول ۸- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول و تعداد خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتی استخراج‌شده از قانون
۱۳	کد محصول= CH-3	تعداد خرابی= یک	٪۸۵/۷۱٤	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
۱٤۸	کد محصول= M-1	تعداد خرابی= یک	٪۱۰۰	رایگان
۱۵۱	کد محصول= U-1	تعداد خرابی= یک	٪۱۰۰	رایگان
٤۳۵	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 تولیدکنندهٔ اصلی به‌دلیل انحصارات تکنولوژیکی می‌تواند آن را تعمیر کند، تولیدکننده می‌تواند قیمت بالاتری برای وارانتی تعیین کند و مشتریان نیز علاقه‌مند به پرداخت این هزینه هستند (چان[٤٦] و تانگ[٤٧]، ۱۹۹۵)؛ پس در این حالت می‌توان از راهکار وارانتی‌های 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 می دهد.

جدول ۹- قوانین نشان‌دهندهٔ رابطهٔ بین نوع محصول و نوع خرابی

شماره قانون	بخش پیشین	بخش نتیجه	شاخص اطمینان	سیاست وارانتی استخراج‌شده از قانون
۹۸	کد محصول= T-3	نوع خرابی= مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۱۰٤	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
۲٦۲	کد محصول= H-1	نوع خرابی= مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲٦٤	کد محصول= V-1	نوع خرابی= مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲٦۷	کد محصول= M-2	نوع خرابی= مکانیکی	٪۱۰۰	تسهیم هزینه
۲۸٤	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 وارانتی محصول (تک‌بعدی/ دوبعدی) با استفاده از قوانین انجمنی مرتبط: این ویژگی در تعامل با دورهٔ وارانتی است. راه ممکن این است که به‌جای کوتاه‌کردن دورهٔ وارانتی یک بُعد یا محدودیت جدید به سیاست وارانتی اضافه شود. از این طریق ضمن تلاش برای کم‌کردن هزینه‌های وارانتی، جذابیت وارانتی نیز به‌دلیل طولانی‌بودن دورهٔ وارانتی، 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 ٦ و ۷ بیان شد، دورهٔ وارنتی محصولات تعیین شده است. سپس باتوجه‌به اینکه بُعد وارانتی در تعامل با دورهٔ وارانتی است، پس از تعیین دورهٔ وارانتی محصولات، دوره‌هایی که به‌اندازه کافی برای مشتری جذابیت دارند (مثل محصولاتی که دورهٔ تجدیدپذیر تا حد ممکن طولانی دارند) بدون تغییر می‌مانند و بُعد جدیدی به آنها اضافه نمی‌شود؛ درنتیجه استراتژیِ تعداد بُعد آنها به‌صورت تک‌بعدی مشخص می‌شود؛ اما محصولاتی که دورهٔ وارانتی تعیین‌شده برای آنها ٦ ماه یا کمتر است باعث جذاب‌نبودن برای مشتری می‌شود؛ به این دلیل که دورهٔ آن کوتاه است. از طرفی افزایش این دوره موجب افزایش هزینهٔ تولیدکننده می‌شود؛ درنتیجه در این محصولات دورهٔ وارانتی تا یک سال (یا حتی بیشتر) افزایش می‌یابد تا جذابیت آن برای مشتری زیاد شود. درعوض بُعد جدیدِ تعداد ساعات کارکرد به آن اضافه می‌شود تا به‌طور ضمنی افزایش ایجادشده در دورهٔ وارانتی را محدود کند (زیرا در عمل ۲۰۰۰ ساعت کارکرد به‌طور میانگین برابر همان دورهٔ وارانتی ٦ ماهه است؛ ولی در ظاهر این نوع بیان وارانتی جذابیت بیشتری برای مشتری دارد). درنتیجه استراتژی تعداد بُعد این محصولات به‌صورت دوبعدی مشخص می‌شود.

تصمیم‌گیری دربارهٔ چهار متغیر اصلی که در یک سیاست وارانتی بیان می‌شوند با استفاده از قوانین حاصل از داده‌کاوی انجام شد و سیاست وارانتی پیشنهادی برای ۲٤ محصول شرکت به‌شرح جدول ۱۰ استخراج شد.

جدول۱۰- سیاست وارانتی محصولات

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

بحث و نتیجه گیری

دانستن تعداد خرابی‌ها، شدت وقوع، زمان وقوع و شرایط تعمیر آنها برای انتخاب سیاست بهینهٔ وارانتی ضروری است. سازگاری سیاست وارانتی با تعداد خرابی‌های محصول مسئلهٔ بسیار مهمی است؛ این اهمیت به‌دلیل تأثیری است که بر هزینه‌های وارانتی دارد (هوانگ و ژو، ۲۰۰٤)؛ بنابراین یک راه برای کاهش هزینه‌های وارانتی، تعیین سیاست وارانتی براساس ویژگی‌های مربوط به خرابی‌های محصول است. این ویژگی‌ها از داده‌های وارانتی و سوابق خرابی‌های گذشتهٔ محصول استخراج می‌شود. در این پژوهش این ویژگی‌ها با استفاده از قواعد انجمنی داده‌کاوی

استخراج شدند و سپس سیاست وارانتی متناسب با هر محصول ارائه شد. چندین دلیل وجود دارد که نشان‌دهندهٔ مزیت داده‌کاوی در تحلیل داده‌های وارانتی 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؛ درنتیجه مقدار کافی از داده‌ها برای برآورد دقیق و صحیح از پارامترهای مدل وجود ندارد. برخلاف روش‌های آماری که با افزایش تعداد داده‌ها، به‌دلیل افزایش نواقص و پیچیدگی داده‌ها کارایی آنها کم می‌شود، داده‌کاوی در بهره‌برداری از داده‌های وارانتی بر مشکلات ناشی از انبوهی داده‌ها غلبه می‌کند. روش‌های آماری نیاز به فرضیات دارند و درستی یا نادرستی نتایج و تصمیمات نهایی به درست‌بودن فرض اولیه وابسته است؛ درحالی‌که داده‌کاوی از هیچ فرضی دربارهٔ داده‌ها استفاده نمی‌کند و درنتیجه نتایج آن واقعی‌تر است. موضوع تحلیل بالا به پایین و پایین به بالا، مسئلهٔ دیگری است که سبب برتری داده‌کاوی نسبت به روش‌های آماری در تحلیل داده‌های وارانتی می‌شود. روش بالا به پایین یا روش تحلیل تأییدی، نوعی تأیید فرضیه‌ها است و سعی می‌کند تا آگاهی دربارهٔ یک پدیدهٔ 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 دربارهٔ متغیرهای مختلف موجود در یک سیاست وارانتی را در اختیار قرار می‌دهد. این دانش شامل دانش مربوط به نوع خرابی‌ها، تعداد خرابی‌ها، شدت خرابی‌ها، تکرارپذیری و تعمیرپذیری خرابی‌ها و هزینهٔ اصلاح خرابی‌ها هستند.

پیشنهاد می‌شود پروژه‌های مشابه در سایر بخش‌های شرکت و یا با اهداف متفاوت تعریف و از سرمایهٔ داده‌های جمع‌آوری‌شده حداکثر بهره‌برداری شود. باتوجه‌به اینکه این پژوهش، پژوهشی کاربردی است، نتایج آن به‌صورت یک سیستم سایه‌ای، به‌موازات کار کارشناسان وارانتی کاربرد دارد؛ به این معنا که نتایج داده‌کاوی بر کارهای بعدی و پروژه‌های بعدیِ تعریف‌شده در زمینه‌های مرتبط، تأثیرگذار است و اطلاعاتی در اختیار آنها قرار می‌دهد.

برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود به مسئلهٔ ریسک‌پذیری مشتری و نگرش مشتری دربارهٔ ارتباط بین وارانتی و قابلیت اطمینان محصول در تصمیم‌گیری دربارهٔ سیاست‌های وارانتی توجه شود. بحث وارانتی انعطاف‌پذیر که به مشتری امکان می‌دهد تا از بین چند سیاست وارانتی 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 وارانتی مفید است. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابه با استفاده از الگوریتم‌های متن‌کاوی در نظر گرفته شوند. در این مقاله با هدف کاهش هزینه‌های وارانتی، سیاست وارانتی محصولات تعیین شد؛ اما میزان کاهش هزینه محاسبه نشده است. پیشنهاد می‌شود مطالعاتی با هدف محاسبهٔ هزینهٔ وارانتی، قبل و بعد از انجام داده‌کاوی برای تعیین سیاست وارانتی انجام تا میزان کاهش هزینه‌ها به‌صورت کمّی 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.

Esmaeili, 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-Abjective Model for Optimizing Price, Warranty Length, and Service Capacity Within Queuing Framework: Genetic Algorithm and Fuzzy System", *Inernational Journal of Indsutrial 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 Djamaludin, 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", *Inernational Journal of Indsutrial 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 "**,** *Inernational Journal of Indsutrial 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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی