International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2016)
September 2016, Volume 27, Number 3
pp. 309-321

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

Simulation of RFID Technology Application and Business Intelligence to Improve Supply Chain Management in the Automotive Industry

Yahya Zare Mehrjerdi*, Mohammad Saber Falahnejad & Amir Hossein Najimoghadam

Yahya Zare Mehrjerdi, *Department of Industrial Engineering, Yazd University*
Mohammad Saber Falahnejad, *Department of Industrial Engineering, Yazd University*
Amir Hossein Najimoghadam, *Department of Industrial Engineering, Yazd University*

Keywords

supply chain,
Radio Frequency ID,
Business intelligence,
Simulation,
Analysis,
Automotive

ABSTRACT

The use of RFID technology and automation business processes (business intelligence), reduce costs, reduce errors, increase the accuracy of data collection and Speed up the analysis and decision-making. Tags in the simulation model for the record the basic information will be added to the parts and After entering the vehicle to the unit after sales services, collection the information and edits with the repairs addition, Vehicle after leaving the service unit, all of data for analysis and decision making in business intelligence systems are stored. This research will be a useful way to identify superior suppliers and to determine their strengths and weaknesses to enable automakers with a choice and the correct ranking of suppliers existing to provide the required parts, parts makers are well aware of the quality your parts according to the production process to improve also the dealers after sales services based on exact client and Mode repairs will be measured. To demonstrate some of the scheme benefits, simulation of RFID and business intelligence showed that if BI decisions by using accurate data quickly run, queue serve customers 62% reduced that this improvements is the result of suppliers priority setting and changes in the services.

© 2016 IUST Publication, IJIEPM Vol. 27, No. 3, All Rights Reserved

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۳، جلـــد ۲۷، پاییز ۱۳۹۵
صفحـــه ۳۲۱-۳۱۰

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

شبیه‌سازی کاربرد تکنولوژی RFID و هوش تجاری در بهبود مدیریت زنجیره تأمین صنایع خودرو

یحیی زارع مهرجردی*، محمدصابر فلاح نژاد و امیرحسین ناجی مقدم

کلمات کلیدی

زنجیره تأمین،
شناسه فرکانس رادیویی،
هوش تجاری،
شبیه‌سازی،
تجزیه و تحلیل،
خودرو

چکیده:

استفاده از تکنولوژی شناسه‌فرکانس‌رادیویی و اتوماسیون فرایند کاری (هوش تجاری) موجب کاهش هزینه‌ها، کاهش خطا، افزایش دقت جمع‌آوری اطلاعات و افزایش سرعت تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری می‌شود. در مدل شبیه‌سازی ابتدا تگ‌هایی برای ثبت اطلاعات اولیه به قطعات اضافه می‌شود و این اطلاعات پس از ورود خودروها به واحد خدمات پس از فروش، جمع‌آوری و با اضافه شدن نوع تعمیرات ویرایش می‌شود، پس از خروج خودرو از واحد خدماتی، تمامی داده‌ها برای تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری در سیستم هوش تجاری ذخیره می‌شود. این پژوهش می‌خواهد راهی مناسب برای شناسایی تأمین-کنندگان برتر و نقاط قوت و ضعف آنها مشخص نماید تا خودروسازان بتوانند با یک انتخاب و رتبه‌بندی درست از بین تأمین‌کنندگان موجود، قطعات مورد نیاز را فراهم نمایند، قطعه‌سازان نیز از کیفیت قطعات خود مطلع شوند تا بر اساس آن فرایند تولیدشان را بهبود دهند همچنین عملکرد نمایندگی‌های خدمات پس از فروش بر اساس آمار دقیق مراجعه‌کننده‌ها و نحوه تعمیرات سنجیده می‌شود. برای نشان دادن قسمتی از مزایای طرح، شبیه‌سازی شناسه‌فرکانس‌رادیویی و هوش‌تجاری در این پژوهش نشان داد که اگر تصمیمات هوش تجاری با استفاده از داده‌های دقیق به سرعت اجرا شود، صف خدمت‌دهی به مشتریان ۶۲ درصد کاهش می‌یابد که این بهبود نتیجه تعیین اولویت تأمین‌کننده‌ها و تغییرات واحد خدماتی است.

۱. مقدمه

همزمان با توسعه علم و تکنولوژی چند دهه گذشته، استفاده از روش‌های مدرن در کسب سریع اطلاعات شتاب یافته که استفاده از تکنولوژی شناسه فرکانس رادیویی[۱] یکی از روش‌های تعیین‌کننده برای بهبود مزیت رقابتی شرکت‌ها به شمار می رود [۱] درضمن این تکنولوژی جزو ده تکنولوژی اصلی فناوری اطلاعات[۲] در جهان محسوب گردیده است [۲].

از بین صنایع بزرگ، پیشرفت‌های صنعت خودروسازی شرایط رقابتی را برای شرکت‌های خودروساز فراهم کرده است، لذا رقابتی‌تر شدن بازارها، فروپاشی مرزهای تجاری، جهانی شدن اقتصاد و در نهایت افزایش سطح توقعات و الزامات مشتریان، موجب افزایش توجه به تکنولوژی‌های نوین گردید. در تکنولوژی شناسه‌فرکانس‌رادیویی که از آن به عنوان انقلاب دوم پس از اینترنت یاد می‌شود، کیفیت و کارایی داده‌ها دو مزیت کلیدی است و از آنجایی که نگهداری اطلاعات صحیح برای هر خودرو نگرانی اصلی تولیدکنندگان خودرو می‌باشد، این صنعت یکی از مهم‌ترین حوزه‌هایی است که به استفاده از چنین فناوری حساسی به منظور ردیابی هر یک از قطعات نیاز دارد.

مدیریت زنجیره تأمین به سه بخش اصلی تقسیم می‌شود: ۱- ردیابی و شناسایی کالا ۲- آسان‌سازی ارتباطات و کسب اطلاعات به موقع ۳- سرعت بخشیدن به فرایندهای بارگیری، چک کردن، شمارش و دنبال کردن کالاها [۳] که تکنولوژی شناسه‌فرکانس‌رادیویی می‌تواند فرایند هر سه بخش را بهبود

تاریخ وصول: ۹۲/۰۷/۲۲
تاریخ تصویب: ۹۳/۱۰/۱۶

محمد صابر فلاح نژاد، استادیار و عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد؛ saber9876@yahoo.com

امیرحسین ناجی مقدم، کارشناس ارشد مهندسی صنایع، صنایع، دانشگاه یزد؛ amirhoseinnaji@stu.yazd.ac.ir

*نویسنده مسئول مقاله: **دکتر یحیی زارع مهرجردی**، دانشیار و عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد؛ yazm2000@yahoo.com

دهد. در زنجیره تأمین روی روابط عرضه‌کننده و فروشنده همچنین روابط فروشنده و خریدار مطالعاتی انجام گردیده تا بتوان عملکرد تأمین‌کنندگان را بهبود داد[۴]، بطور خاص برای شناسایی درون سازمانی روابط زنجیره خودرو، روابط بین تأمین‌کننده و خریدار شناسایی شده است[۵] که براساس این پژوهش اگر نمایندگی خدمات پس از فروش کیفیت قطعات هرکدام از تأمین‌کنندگان را بر اساس آمار خرابی خودروها به اطلاع آنها برساند، می‌تواند موجب بهبود عملکردشان شود همچنین در حال حاضر مشتریان اطلاعات جامعی از تأمین‌کنندگان ندارند ولی براساس این پژوهش اگر داده‌هایی که در نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش توسط تکنولوژی شناسه فرکانس رادیویی جمع‌آوری می‌شود در اختیار مشتریان قرار گیرد، می‌تواند در انتخاب و خریدشان بسیار تأثیرگذار باشد. در مورد انتخاب تأمین‌کننده نیز مطالعاتی انجام گرفته که عملکرد به موقع در محیط‌های تولید را مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۶] که در این پژوهش برای رسیدن به عملکرد به موقع از تکنولوژی شناسه‌فرکانس‌رادیویی استفاده شد تا اطلاعات و داده‌ها بصورت دقیق و سریع جمع‌آوری شود و پس از تجزیه و تحلیل روی آنها، در اولین زمان تصمیم‌گیری و اجرا شود همچنین در زمینه صرفه‌جویی انرژی در صنعت خودرو مطالعاتی انجام‌گرفته [۷] که درصورت استفاده از تکنولوژی شناسه فرکانس رادیویی و هوش تجاری می‌توان نیروی کار را در واحدهای مختلف زنجیره تأمین کاهش داد همچنین بطور خودکار گلوگاه‌های سیستم تولید را مشاهده کرد.

۲. روش پیاده‌سازی

نحوه پیاده‌سازی تکنولوژی شناسه فرکانس رادیویی و هوش تجاری در زنجیره تأمین صنایع خودروسازی این‌گونه است که نخست ارسال سفارش‌ها از تأمین‌کننده قطعات و تحویل اتوماتیک آن به خودروساز مورد بررسی قرار می‌گیرد. عملیات با اعلام «سفارش خرید» توسط خودروساز آغاز می‌شود، با دریافت «سفارش خرید»، تأمین‌کننده کالای سفارشی را آماده کرده و برچسب شناسه فرکانس رادیویی که برای آن سفارش خاص برنامه‌ریزی شده را بر روی آن نصب می‌نماید. قبل از ارسال باید اطلاعات زیر روی تگ‌ها ذخیره شود:

- نوع مواد اولیه قطعه
- تأمین‌کننده مواد اولیه
- تاریخ تولید قطعه
- مشخصات تولیدکننده
- قیمت قطعه
- تاریخ تحویل قطعه به خودروسازان یا فروشگاه‌های قطعات یدکی
- آن قطعه خاص برای چه خودروهایی مناسب است.

به محض ارسال قطعات، عملیات زیر بطور خودکار انجام می‌شود:

- تأیید ارسال قطعات به ازای «سفارش خرید»
- ارسال آگهی به سایت خودروساز به منظور اعلام آمادگی جهت تحویل قطعات سفارش شده
- بروزرسانی موجودی تأمین‌کننده

با ورود قطعات سفارش شده به انبار خودروساز و پس از دریافت خودکار قطعات، عملیات زیر انجام می‌شود:

- مطابقت دادن قطعات دریافت شده با «سفارش خرید»
- در صورت تطابق قطعات با سفارش خرید، عملیات «بستن سفارش خرید» و «دریافت قطعات» و درغیر این صورت «ارسال پیغام خطا» و «شرح جزییات خطا» انجام می‌گیرد.
- بروزرسانی موجودی

هنگامی‌که قطعات به انبار خودروساز می‌رسد، ورود قطعات تجهیزشده به برچسب شناسه‌فرکانس‌رادیویی بطور خودکار تشخیص داده شده و اطلاعات آن با خواندن برچسب قطعات به سیستم مدیریت خودروساز ارسال می‌شود. در سیستم مدیریت خودروساز تغییرات لازم اعمال‌شده و پیغام «دریافت قطعات سفارش شده» بطور خودکار اعلام شده و به این ترتیب موجودی در همان لحظه بروزرسانی می‌شود. از جمله کاربردهای هوش تجاری در این بخش را می‌توان موارد زیر را نام برد:

- لحظه به لحظه آمار موجودی را نشان می‌دهد. (مانیتورینگ)
- آمار خرابی‌ها و برگشتی‌های قطعات را ثبت می‌کند و در زمان تعریف‌شده نمودارهایی را برای اطلاع‌رسانی به مدیریت تهیه می‌کند.
- با تجزیه و تحلیل درصد خرابی‌ها و نوع خرابی‌ها، می‌تواند درجه کیفی قطعات را تخمین بزند.
- در زمان ثبت سفارش بعدی، براساس درجه کیفی قطعات تأمین‌کنندگان مختلف ثبت سفارش را انجام می‌دهد.
- بر اساس معیارهای تعیین‌شده (میزان موجودی، مدت زمان تحویل قطعات و ...) میزان و زمان سفارش را تعیین می‌کند.

اکثر خرابی‌ها با مرور زمان مشخص می‌شود به همین دلیل برای رسیدن به درجه کیفی قطعات، مرحله آخر زنجیره تأمین (خدمات پس از فروش) نقش اصلی را اجرا می‌کند. به این صورت که در زمان مراجعه مشتری به نمایندگی خدمات پس از فروش، فرایند زیر اجرا می‌شود:

- ابتدا اطلاعاتی مختصر از قطعات خودرو مانند نوع قطعات و میزان کارکرد و سابقه تعمیرات به صاحب خودرو داده می‌شود.

- تعمیرکار بر اساس اطلاعات در دسترس خودرو، شروع به تعمیرات می‌کند و اطلاعات قطعات تعویضی یا تعمیری را به تگ خودرو اضافه می‌کند.
- برای نشان دادن نوع تعمیراتی که روی خودرو انجام شده، در هنگام خروج خودرو تگ‌ها خوانده می‌شود و در کوتاه‌ترین زمان و دقیق به اطلاع مشتری رسانده می‌شود.
- در صورتی که قطعه‌ای تعمیر یا تعویض شده باشد، تمام اطلاعات آن به سیستم مدیریت همان قطعه ساز و خودروساز ارسال می‌شود تا بتوانند با تجزیه و تحلیل آن، تصمیمات مورد نیاز را اتخاذ کنند.

در کنار پذیرش خودروها باید مواردی دیگر نیز بطور خودکار و در زمان از پیش تعیین‌شده انجام شود:

- تهیه پشتیبان[۳] از سیستم قبل از انجام پذیرش خودرو
- بروزرسانی قیمت قطعات
- تهیه گزارش قطعات معیوب
- ساخت فایل مبالغ گارانتی ماه قبل و بروزرسانی آن در سیستم نمایندگی

پس از خارج شدن خودروها از نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش، بطور خودکار گزارش‌هایی به شرح زیر به اعضای زنجیره تأمین فرستاده می‌شود:

- برای هرکدام از تأمین‌کنندگان، اطلاعات قطعات معیوب از جمله نام کارخانه قطعه‌ساز، تاریخ تولید، تاریخ خرابی و کیلومتر کارکرد فرستاده می‌شود تا به استناد آن کیفیت تولیدات خود را بهبود دهند.
- برای خودروساز اطلاعات قطعات تأمین‌کنندگان فرستاده می‌شود تا به استناد آن اولویت خرید از تأمین‌کنندگان درصورت لزوم تغییر کند.

برای مدیریت نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش، گزارش‌هایی از جمله متوسط زمان پذیرش و تعمیر خودروها و درصد خودروهایی که از گرفتن خدمات انصراف دادند، فرستاده می‌شود تا عملکرد کارکنان سنجیده شود.

۳. جامعه آماری

درصورتی که آمار خرابی‌های مختلف خودرو به همراه اطلاعات قطعات تعویضی بدرستی ثبت شود، تجزیه و تحلیل فراوانی را از جنبه‌های مختلف می‌توانیم صورت دهیم. ولی در حال حاضر به دلیل نبود فناوری شناسه فرکانس رادیویی در زنجیره تأمین صنایع خودرو، برای جمع‌آوری کامل اطلاعات محدودیت‌هایی را داریم. برای تشریح قسمتی از مزایای طرح به یکی از نمایندگی‌های خدمات پس از فروش ایران‌خودرو مراجعه شد تا مشخصات مراجعین که در حال حاضر بطور دستی ثبت می‌شود را جمع‌آوری و روی اطلاعات در دسترس تجزیه و تحلیل صورت دهیم.

در جمع‌آوری اطلاعات به دلیل مشکلات سیستم فعلی، مشخصات مراجعین بطور جامع گزارش نمی‌شد و باید برای مشاهده جزئیات هر خودرو، شماره کارت در سیستم درج می‌شد تا فقط اطلاعات یک خودرو نمایش داده شود، به همین دلیل نیاز به زمان نسبتاً زیادی برای نمونه‌برداری بود. در این جامعه آماری جزئیات خودروها از جمله شماره کارت، تاریخ تحویل خودرو، نوع خودرو، تاریخ پذیرش، تاریخ ترخیص، گارانتی و نوع تعمیرات خودروها جمع‌آوری شد.

برای اینکه بتوان با نرم‌افزار Minitab جداول و نمودارهایی را استخراج کرد و به دلیل اینکه نوع تعمیرات انجام‌شده روی خودروها کیفی است، در مرحله اول تعمیرات به ۵ گروه مختلف تقسیم شد که به ترتیب مکانیکی، برقی، جلوبندی، صافکاری-نقاشی و CNG می‌باشند. در مرحله دوم نوع تعمیرات کدبندی و به ترتیب کدهای ۱ تا ۵ اختصاص داده شد. در نهایت برای خودروهایی که تعمیراتی روی آنها صورت نگرفته و انصراف دادند، کد صفر درنظر گرفته شد.

۳-۱. تجزیه و تحلیل خودروها

براساس داده‌های نمایندگی خدمات پس از فروش، اطلاعات خودروهای ۲۰۶، پارس، GLX و سمند را درنظر گرفتیم تا قسمتی از مزایای جمع‌آوری اطلاعات خودروها را نشان دهیم (باید در نظر بگیریم که درصورت استفاده از فناوری شناسه فرکانس رادیویی، اطلاعات جامع تر و دقیق‌تری جمع‌آوری می‌شد همچنین با هوش تجاری تجزیه و تحلیل‌ها گسترده‌تر صورت می‌گرفت). بطور خلاصه از داده‌های نمایندگی خدمات پس از فروش موارد تفکیک شده بر اساس نوع خودرو به شرح زیر بدست آمد:

- خودرو ۲۰۶:

از خودروهایی که وارد خدمات‌پس‌ازفروش ایران‌خودرو شدند ۲۲٪ از مدل‌های مختلف ۲۰۶ بودند که بطور متوسط حدود ۷۰۰۰۰ کیلومتر کار کرده بودند. بعد از عیب‌یابی حدود ۱۸٪ آنها به دلایلی که عمده‌ترین آنها نبود قطعات یدکی و یا کمبود زمان کافی برای تعمیرات است، انصراف دادند. برای تعمیرات حدود ۳۹٪ خودروهای ۲۰۶ مشکلات مکانیکی و حدود ۳۶٪ آنها مشکل برقی داشتند و مابقی به واحدهای جلوبندی، صافکاری-نقاشی و CNG ارجاع داده شدند.

- خودرو GLX:

از خودروهایی که وارد خدمات‌پس‌ازفروش ایران‌خودرو شدند ۳۳٪ خودرو GLX بودند که بطور متوسط حدود ۸۸۰۰۰ کیلومتر کار کرده بودند. بعد از عیب‌یابی حدود ۹٪ آنها به دلایلی

که عمده‌ترین آنها نبود قطعات یدکی ویا کمبود زمان کافی برای تعمیرات است، انصراف دادند. برای تعمیرات حدود ۴۲٪ خودروهای GLX مشکلات مکانیکی و حدود ۴۰٪ آنها مشکل برقی داشتند و مابقی به واحدهای جلوبندی، صافکاری-نقاشی و CNG ارجاع داده شدند.

- خودرو پارس:

از خودروهایی که وارد خدمات‌پس‌ازفروش ایران‌خودرو شدند ۱۵٪ از مدل‌های مختلف پارس بودند که بطور متوسط حدود ۱۲۱۰۰۰ کیلومتر کار کرده بودند. بعد از عیب‌یابی حدود ۲۱٪ آنها به دلایلی که عمده‌ترین آنها نبود قطعات یدکی ویا کمبود زمان کافی برای تعمیرات است، انصراف دادند. برای تعمیرات حدود ۳۲٪ خودروهای پارس مشکلات مکانیکی و حدود ۳۲٪ آنها مشکل برقی داشتند و مابقی به واحدهای جلوبندی، صافکاری-نقاشی و CNG ارجاع داده شدند.

- خودرو سمند:

از خودروهایی که وارد خدمات‌پس‌ازفروش ایران‌خودرو شدند ۳۰٪ از مدل‌های مختلف سمند بودند که بطور متوسط حدود ۷۴۰۰۰ کیلومتر کار کرده بودند. بعد از عیب‌یابی حدود ۳٪ آنها به دلایلی که عمده‌ترین آنها نبود قطعات یدکی ویا کمبود زمان کافی برای تعمیرات است، انصراف دادند. برای تعمیرات حدود ۴۷٪ خودروهای سمند مشکلات مکانیکی و حدود ۳۴٪ آنها مشکل برقی داشتند و مابقی به واحدهای جلوبندی، صافکاری-نقاشی و CNG ارجاع داده شدند.

تمامی مقادیر بصورت یکپارچه در جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱. مشخصات خودروهای مراجعه کننده به خدمات پس از فروش

نوع خودرو	درصد مراجعه	متوسط کیلومتر کارکرد	خدمات پس از فروش			
			انصراف	مکانیکی	برقی	جلوبندی، صافکاری- نقاشی و CNG
۲۰۶	٪۲۲	۷۰۰۰۰	٪۱۸	٪۳۹	٪۳۶	٪۷
GLX	٪۳۳	۸۸۰۰۰	٪۹	٪۴۲	٪۴۰	٪۹
پارس	٪۱۵	۱۲۱۰۰۰	٪۲۱	٪۳۲	٪۳۲	٪۱۵
سمند	٪۳۰	۷۴۰۰۰	٪۳	٪۴۷	٪۳۴	٪۱۶

در کل خودروهایی که برای تعمیرات به نمایندگی خدمات پس از فروش ایران خودرو مراجعه کردند به گروه‌های زیر تقسیم شدند:

- ٪۱۱ انصراف دادند
- ٪۴۱ مشکلات مکانیکی داشتند
- ٪۳۶ مشکلات برقی خودرو داشتند
- ٪۲ به جلوبندی مراجعه کردند
- ٪۹ از خدمات صافکاری و نقاشی نمایندگی استفاده کردند
- ٪۱ دارای مشکلات CNG بودند

۳-۲. تحلیل پارامترها

نوع خودرو: همانطور که آمار نشان می‌دهد، خودرو GLX بیشتر از ۳ خودرو دیگر به نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش مراجعه کرده است و بعد از آن به ترتیب خودروهای سمند، ۲۰۶ و پارس قرار دارند. این آمار ممکن است به دلایل مختلفی باشد، از جمله اینکه شاید آمار نوع خاصی از خودرو در کشور و یا در آن منطقه که نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش حضور دارد، بیشتر باشد و یا واقعاً خرابی‌های خودروها متفاوت باشد. درنتیجه تا زمانی که داده‌های تولید و فروش بطور کامل جمع‌آوری نشود نمی‌توان بطور قطع تصمیم‌گیری کرد.

کیلومتر کارکرد: اینکه خودرویی پس از کارکرد بیشتری دچار مشکل می‌شود، می‌تواند نکته مثبتی برای آن خودرو باشد. براساس آمار، خودروهای پارس نسبت به ۳ خودرو دیگر دارای کیلومتر کارکرد بیشتری بودند و پس از آن خودروهای GLX، سمند و ۲۰۶ قرار دارد. ولی مسلماً باز هم نمی‌توان سریع نتیجه‌گیری کرد، زیرا احتمالاً قسمتی از این آمار به دلیل تفاوت خریداران و نوع استفاده از خودرو در شهر یا جاده است.

انصراف خودروها: از بین ۴ نوع خودرو، سمند دارای کمترین درصد انصراف است و پس از آن GLX، ۲۰۶ و پارس قرار دارند. این آمار نشان می‌دهد که از نظر وجود قطعات یدکی و زمان مورد نیاز تعمیر، خودرو سمند شرایط بهتری نسبت به سه خودرو دیگر دارد.

تعمیرات مکانیکی: خودرو سمند به نسبت دچار مشکلات مکانیکی بیشتری شده و پس از آن GLX، ۲۰۶ و پارس قرار دارند که به عواملی از جمله طراحی خودرو، جنس قطعات و شرایط محیطی برمی‌گردد.

تعمیرات برقی خودرو: بر اساس آمار، مشکلات برقی ۴ خودرو پارس، GLX، سمند و ۲۰۶ در سطح یکدیگر است، فقط اگر بخواهیم رده‌بندی کنیم، خودرو GLX مشکلات برقی بیشتری دارد و پس از آن بترتیب ۲۰۶، سمند و پارس قرار دارند.

- در صورت جمع‌آوری اطلاعات قطعات خودرو بطور کامل، می‌توان از کیفیت قطعات با تولیدکننده‌های مختلف آمار دقیقی بدست آورد. این اطلاعات می‌تواند در زنجیره تأمین تا تأمین‌کننده‌های مواد اولیه قطعه نیز بازخورد داشته باشد. بطور نمونه اگر لنت ترمزهایی که توسط تولیدکننده‌های مختلف تولیدشده را در نظر بگیریم، می‌توان با ثبت اطلاعاتی از جمله تاریخ نصب و تعویض آن روی خودرویی خاص، متوسط طول عمر آن لنت ترمز را بدست آورد. پس از جمع‌آوری آمار لنت ترمزها مشخص می‌شود که کیفیت و عمر لنت ترمزهای تولیدشده توسط هر تولیدکننده بصورت کمی چه میزان است. وقتی آمار قطعات به خودروسازان و مشتریان می‌رسد، به سرعت از فروش قطعات با کیفیت پایین کاسته می‌شود. همزمان با خودروسازان و مشتریان، خود قطعه‌ساز نیز از این آمار مطلع می‌شود که می‌تواند با بازگشت به زنجیره تولید خود به نتیجه برسد که آیا مشکل از کارخانه و کارکنان خود بوده یا از کیفیت مواد اولیه است و درنهایت روند کار خود را بهبود دهد.

مزایای ثبت اطلاعات قطعات خودرو:

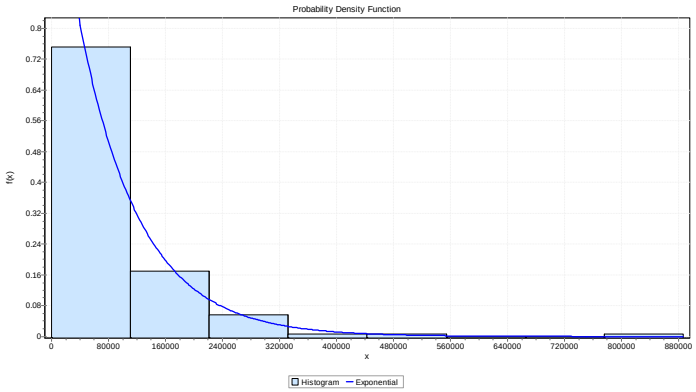
- با مرور زمان قیمت‌ها واقعی و متعادل می‌شود
- به کیفیت قطعات لحظه به لحظه افزوده می‌شود
- تولیدکننده‌های واقعی در بازار باقی می مانند
- قیمت‌ها بر اساس کیفیت واقعی قطعه شکل می‌گیرد
- فرصت‌طلبانی که با عرضه قطعات بی‌کیفیت به درآمدهایی می‌رسند، از بازار کنار می روند

خریداران با اطمینان بیشتری قطعات مورد نیاز خود را تهیه می‌کنند

۴. برازش داده ها

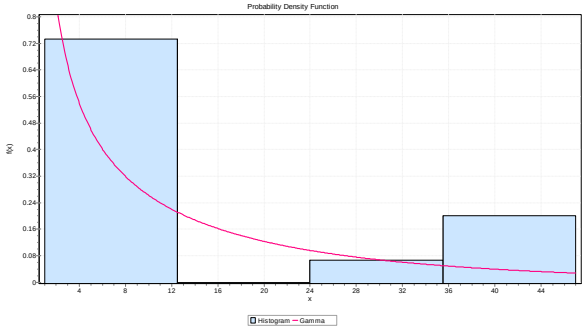
به منظور تعیین توزیع داده‌های ورودی به نرم‌افزار Simul8، از داده‌های جمع‌آوری شده در خدمات‌پس‌ازفروش ایران‌خودرو استفاده شده است.

با استفاده از نرم‌افزار Eesy-Fit نمودارهای زیر برای برازش داده‌ها بدست آمده است:



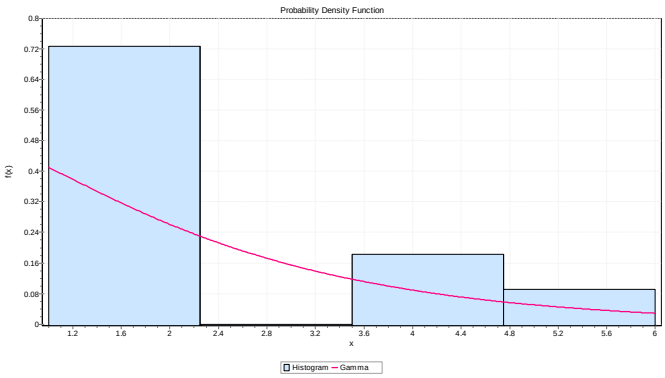
شکل ۱. نمودار برازش کیلومتر کارکرد

بر اساس شکل ۱ برای کیلومتر کارکرد خودروها تابع توزیع نمایی با پارامتر (۵-)^۱۰*۱/۱۷۸۴ برازش شده است.



شکل ۲. نمودار اول برازش فاصله زمانی تا انصراف مشتریان از گرفتن خدمات

با در نظر گرفتن زمان‌های جمع‌آوری شده، تعدادی داده پرت دربین داده‌ها وجود داشت که در شکل ۲ قابل‌مشاهده است، به همین دلیل برای بالا بردن دقت برازش حدود ۵ درصد آن حذف شد سپس نمودار برازش پایین بدست آمد:

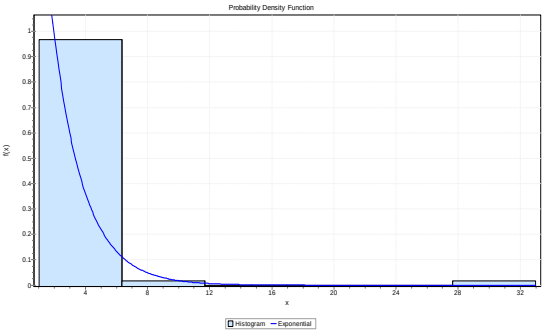


شکل ۳. نمودار دوم برازش فاصله زمانی تا انصراف مشتریان از گرفتن خدمات

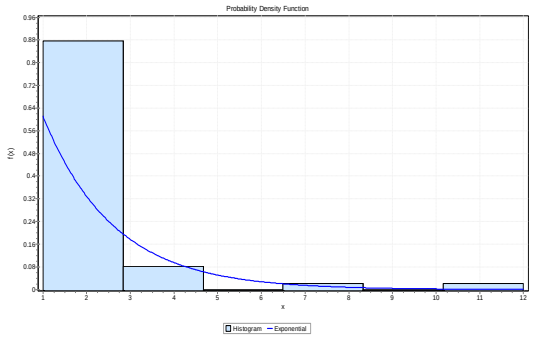
نمودار دومی که از برازش داده‌های فاصله زمانی تا انصراف مشتریان از گرفتن خدمات بدست آمده، تابع توزیع گاما را نشان می‌دهد و پارامترهای α و β آن بترتیب ۱/۲۵ و ۱/۶ است.

برای واحدهای برقی و مکانیکی خودرو نیز شکل‌های ۴ و ۵ بدست آمده است:

بر اساس شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب برای زمان تعمیرات مکانیکی و برقی خودرو، تابع توزیع نمایی با پارامترهای ۰/۵ و ۰/۶۲ برازش شده است.

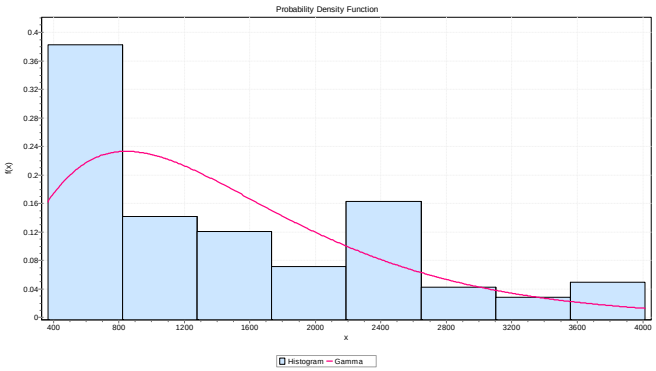


شکل ۴. نمودار برازش زمان تعمیرات مکانیکی خودرو



شکل ۵. نمودار برازش زمان تعمیرات برقی خودرو

با محاسبه زمان کارکرد خودروها (از زمانی که خودرو تولید می‌شود تا مراجعه مشتری برای گرفتن خدمات) نمودار برازش داده‌ها بصورت شکل ۶ بدست آمده است که توزیع گاما را نشان می‌دهد و پارامترهای α و β آن بترتیب ۲/۳۲۹۷ و ۶۳۶/۶۹ است.



شکل ۶. نمودار برازش زمان کارکرد خودروها

برای آنکه قسمتی از بهبودها را در زنجیره تأمین بر اساس آمار فناوری شناسه‌فرکانس‌رادیویی و تجزیه و تحلیل‌های هوش تجاری نشان دهیم، از روش شبیه‌سازی استفاده شده است که به آن می‌پردازیم.

۵. شبیه‌سازی

شبیه‌سازی قابلیت فشردن زمان و گسترش زمان را دارد، گاه در یک بررسی لازم است که حرکت زمان را متوقف کرده و نتایج بدست آمده تا آن لحظه را مطالعه کرد یا در هر یک از دفعات تکرار، تنها مقادیر بعضی از پارامترها را به منظور دریافت اثر آنها بر رفتار سیستم و نتایج حاصل تغییر داد، که این امکان فقط در شبیه‌سازی ممکن است. برای همین منظور از مدل شبیه‌سازی در این پژوهش استفاده شده است تا بتوان اطلاعات تگ‌های شناسه‌فرکانس‌رادیویی را با تعریف برچسب[۴]، شبیه‌سازی کرد و در آخرین مرکزکاری[۵] جمع‌آوری و در پایگاه داده برای تجزیه و تحلیل ثبت شود.

۵-۱. مفروضات طرح

- زیرساخت شناسه فرکانس رادیویی و هوش تجاری در محل تأمین‌کنندگان مواد اولیه و قطعات، خودروسازان و نمایندگی‌های خدمات پس از فروش فراهم است.
- تگ‌های شناسه فرکانس رادیویی متناسب برای نصب بر روی قطعات است.
- تگ‌های شناسه فرکانس رادیویی نصب شده روی قطعات و خودرو، در محیط‌های سخت و خشن، در باران و زیر آفتاب از خودشان مقاومت نشان نمی‌دهند.
- ۴ نوع خودرو پارس، ۲۰۶، GLX و سمند بدلیل آمار بیشتر تولید درنظر گرفته شد.
- بعد از تولید خودروها، واحدی به عنوان مشتری درنظر گرفته شد تا با تعریف شناسه‌ای روی آن، میزان کیلومتر کارکرد خودرو در خروجی نرم‌افزار ثبت شود.
- بعد از واحد پذیرش خدمات پس از فروش، ۳ واحد خدماتی درنظر گرفته شد و روی هرکدام از آنها نیز شناسه‌ای برای تفکیک خدمات تعریف شده است.
- در پایان واحدی برای ثبت اطلاعات تمامی شناسه‌ها (تگ‌های شناسه فرکانس رادیویی) در نظر گرفته شد تا داده‌ها برای تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری به سیستم هوش تجاری فرستاده شود.

۵-۲. آزمایش و اعتبارسنجی مدل[۶]

با مقایسه نتایج ارائه‌شده مدل و آنچه در واقعیت رخ داده است، به ارزیابی مدل ارائه‌شده پرداخته شد. برای اعتبارسنجی مدل دو رویکرد درنظر گرفته شده است که عبارتند از:

- رویکرد تقسیم مدل و تشریح جزییات
- رویکرد مشاهده روند حرکت قطعات و خودروها در مدل و بررسی منطقی بودن آن

سرعت اجرای مدل شبیه‌سازی کاهش داده شد و روند اجرا بررسی شد. مشکلی در اجرای مدل دیده نشد، یعنی قطعات از هر سه تأمین‌کننده به خودروساز فرستاده می‌شد و تمامی خودروها با استفاده از قطعات ورودی، ساخته شده و تحویل مشتری داده می‌شد همچنین پذیرش خودروها یک به یک انجام می‌گرفت و در هربار اجرای سیستم، میزان ورودی قطعات و خروجی خودروها مقایسه شد تا اختلاف چشمگیری نداشته باشد.

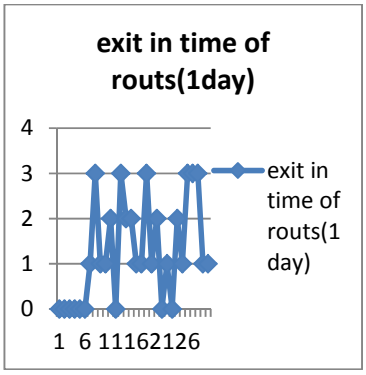
در معتبرسازی مدل بررسی می‌نماییم که آیا آن چیزی که در مدل‌سازی در پیش‌گرفته‌ایم، همان چیزی است که در سیستم واقعی رخ می‌دهد. در این مدل زمان‌های تعمیر (برقی و مکانیکی) از همان توزیع برازش شده پیروی می‌کند همچنین با بررسی گزارش نتایج، کیلومتر کارکردها با تابع توزیع برازش شده هم‌خوانی داشت که همین موجب اعتبار مدل می‌شود.

۵-۳. زمان دستگرمی سیستم[۷]

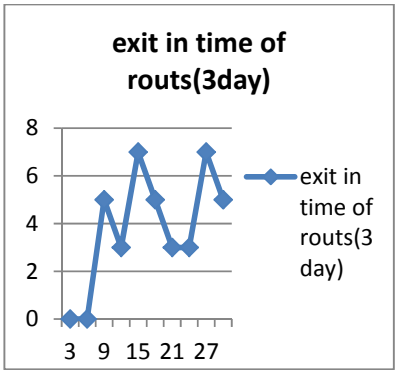
در واقع با بررسی روند تغییر متغیرهای اصلی سیستم، می‌توان زمان راه‌اندازی مدل را تخمین زد. این نقطه می‌تواند همان جایی

باشد که تغییرات شدید متغیرها کاهش‌یافته و رفتار مدل به شرایط عادی سیستم بسیار نزدیک می‌شود، در واقع از آن نقطه به بعد متغیرها به سمت همگرایی نزدیک می‌شوند. برای این منظور یکی از مهمترین متغیرهای سیستم مورد تحلیل قرار می‌گیرد، متغیر نرخ خروج خودروها از نمایندگی خدمات پس از فروش در هر لحظه می‌تواند پارامتر مناسبی برای تحلیل روند پایایی سیستم باشد.

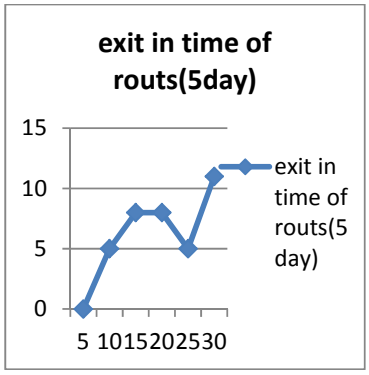
برای محاسبه زمان دستگرمی سیستم از روش پیشنهادی سایت Simul8 استفاده شده است: تعداد خروجی سیستم در هر یک روز، ۳روز و ۵ روز تا سی‌امین روز جمع‌آوری شد که نمودار آنها بصورت زیر بدست آمد:



شکل ۷. خروجی سیستم در هر روز



شکل ۸. خروجی سیستم در هر ۳ روز



شکل ۹. خروجی سیستم در هر ۵ روز

با بررسی نمودارها، زمان ۱۰روز به دلیل شروع یک سیکل مشخص، برای زمان دستگرمی سیستم بدست آمد.

۶. طراحی آزمایش

در اینجا به طراحی سناریوهایی پرداخته می شود که در گام‌های بعدی بتوان با بررسی نتایج و خروجی‌های مدل و تحلیل آنها، بهترین شرایط را برای سیستم تبیین کرد. برای آنکه بتوان سناریوهای مناسبی برای سیستم طراحی کرد، نخست باید از وضعیت فعلی سیستم مطلع شد:

سطح کیفی قطعات تأمین‌کننده‌ها متفاوت است که به طبع آن خودروهایی که قطعات باکیفیت پایین تر دارند، بیشتر به نمایندگی خدمات پس از فروش مراجعه می‌کنند. بر همین اساس مدیریت خودروساز باید در روند انتخاب تأمین‌کنندگان خود تغییراتی دهد تا قطعات باکیفیت پایین تر به حداقل برسد.

با توجه به نتایج حاصله از وضعیت فعلی سیستم، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که با سیستمی مواجه هستیم که درصد اشتغال واحدهای برقی و مکانیکی آن تقریباً ۱۰۰ درصد است و مشتریان زمان زیادی را تا گرفتن خدمات در سیستم سپری می‌نمایند، یعنی با سیستمی مواجه هستیم که تناسبی بین تعداد واحد تعمیراتی و توانایی آنها در پاسخگویی به انبوه مشتریان وجود ندارد و مشتری‌ها برای گرفتن خدمات پس از فروش زمان نسبتاً زیادی منتظر می‌مانند، به همین دلیل مدیریت خودروساز و نمایندگی خدمات پس از فروش برای کسب رضایت مشتریان خود باید تغییراتی را در روند کار زیرمجموعه خود صورت دهند.

با در نظر گرفتن وضعیت فعلی سیستم، در این مدل ۲ سناریو در نظر گرفته شد:

۱- با ایجاد اولویت خرید از تأمین‌کنندگان، میزان تغییر در مراجعه مشتریان برای گرفتن خدمات محاسبه شود.

۲- با تغییر تعداد واحد تعمیراتی (برقی و مکانیکی) در نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش، میزان تغییر در تعداد مشتریانی که در صف گرفتن خدمات هستند، محاسبه شود.

با توجه به اینکه می‌خواهیم تمام تأثیرات دو سناریو را بررسی کنیم، آزمون‌های اول و دوم تأثیر مستقل هر سناریو را بر متغیر پاسخ بررسی می‌نماید و در آزمون سوم تأثیر تداخلی دو سناریو بر متغیر پاسخ بررسی خواهد شد.

آزمون اول: اگر خودروساز تأمین‌کننده‌های خود را اولویت‌بندی کند، در متوسط تعداد خودروهایی که مشکل برقی یا مکانیکی پیدا می‌کنند، تأثیرگذار است؟

آزمون دوم: مدیریت نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش با تغییر تعداد واحدهای مکانیکی و برقی خود می‌تواند صف پذیرش را به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاهش دهد؟

آزمون سوم: همزمان خودروساز با تغییر اولویت تأمین‌کننده‌ها و مدیریت نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش با تغییر تعداد واحدهای مکانیکی و برقی، می‌توانند روی صف مراجعه‌کننده‌ها اثر متقابل داشته باشند؟

- فرض صفر: میانگین صف مراجعه‌کننده‌ها در هر سه حالت برابر است.

- فرض یک: حداقل در یکی از حالت‌ها، میانگین صف مراجعه‌کننده‌ها نسبت به دو حالت دیگر نابرابر است.

۶-۱. متغیر پاسخ

از آنجا که می‌خواهیم قطعات باکیفیت پایین تر کاهش یابد همچنین قرار است رضایت مشتریان را بالا ببریم، باید متوسط افرادی که در صف گرفتن خدمات منتظر می‌شوند را به عنوان متغیر پاسخ درنظر بگیریم و آن را به حداقل برسانیم تا به هر دو هدف برسیم.

۶-۲. خروجی سیستم

برای آزمایش سناریوها در هر حالت، سیستم ۲ بار اجرا شد که نتایج مطابق جدول ۲ است:

جدول ۲. مقادیر خروجی مدل شبیه‌سازی

		بهبود عملکرد نمایندگی خدمات پس از فروش					
		بدون تغییر		افزایش واحد برقی		افزایش واحد مکانیکی	
		تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۱	تکرار ۲
تغییر اولویت تأمین‌کننده‌ها	تأمین‌کننده ۱ و ۲	۶۴.۵۶	۶۳.۴۶۵	۳۶.۲۰۵	۴۵.۰۳	۲۵.۰۳	۳۲.۵۴۵
	تأمین‌کننده ۱ و ۳	۵۷.۴۵۵	۵۴.۷۶	۳۷.۶۶	۳۲.۴۴	۲۵.۹۹	۲۸.۵۱
	تأمین‌کننده ۲ و ۳	۴۹.۰۶۵	۴۷.۰۶	۲۷.۴۶۵	۳۲.۶۴۵	۲۲.۸۵۵	۳۰.۵۲۷۵

۶-۳. تحلیل واریانس

برای تحلیل واریانس از نرم‌افزار Minitab استفاده شد. نتایج نرم‌افزار را در دو قسمت تحلیل می‌کنیم:

قسمت نخست همان جدول تحلیل واریانس است که به سه آزمون فرض مطرح‌شده پاسخ می‌دهد. در قسمت دوم نیز با نرم‌افزار Design-Expert تشخیص خواهیم داد که تأثیرگذاری هر عامل در کدام سطح آن بیشتر است، به عبارت دیگر در صورت اثبات تفاوت میان سطوح مختلف هر عامل، اولویت‌بندی سطوح چگونه است.

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس

Dependent Variable:Queue

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2977.978[a]	8	372.247	25.177	.000
Intercept	28263.918	1	28263.918	1.912E3	.000
Supplier	273.041	2	136.521	9.234	.007
Services	2607.179	2	1303.590	88.168	.000
Supplier * Services	97.757	4	24.439	1.653	.244
Error	133.068	9	14.785		
Total	31374.964	18			
Corrected Total	3111.046	17			

a. R Squared = .957 (Adjusted R Squared = .919)

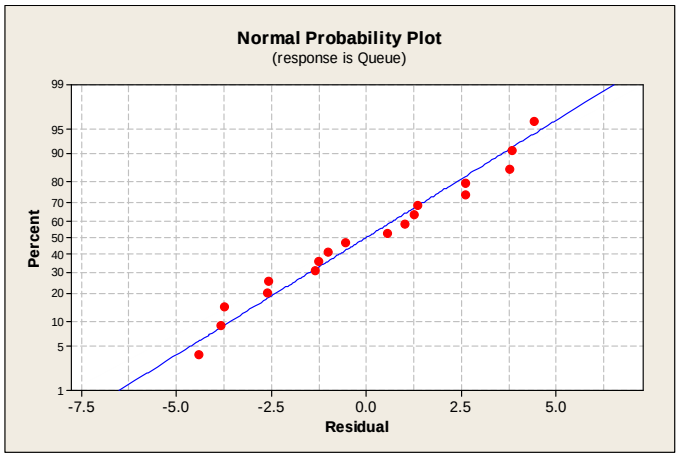
همه آزمون‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد و مطابق با نتایج بدست آمده از نرم‌افزار و سه آزمون مطرح‌شده، رد یا عدم رد فرض‌ها را بررسی می‌نماییم:

P-Value برای تأمین‌کننده‌ها ۰/۰۰۷ بدست آمد، با توجه به مقدار بدست آمده، فرض صفر آزمون اول را می‌توان رد نمود و این نشان می‌دهد که تغییر اولویت تأمین‌کننده‌ها بر متوسط تعداد خودروهایی که مشکل برقی یا مکانیکی پیدا می‌کنند تأثیرگذار است. P-Value مربوط به آزمون دوم که کاهش قابل‌ملاحظه صف پذیرش با تغییر تعداد واحد مکانیکی و برقی بود، درحدود صفر بدست آمده است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد با قطعیت بالایی می‌توان گفت که تأثیرگذار بوده است؛ به عبارت دیگر مطابق با نتایج بدست آمده، فرض صفر آزمون دوم را می‌توان رد نمود. با توجه به P-Value حاصله برای آزمون سوم که مقدار آن ۰/۲۴۴ بدست آمده، در سطح اطمینان ۹۵ درصد،

نمی‌توان فرض صفر را رد نمود؛ بدان معنا کـه تـداخل دو عامـل تغییر اولویت تأمین‌کننـدگان و تغییـر تعـداد واحـدهای برقـی و مکـانیکی خـدمات پـس از فـروش، تـأثیر معنـاداری روی صـف پذیرش خودرو ندارد.

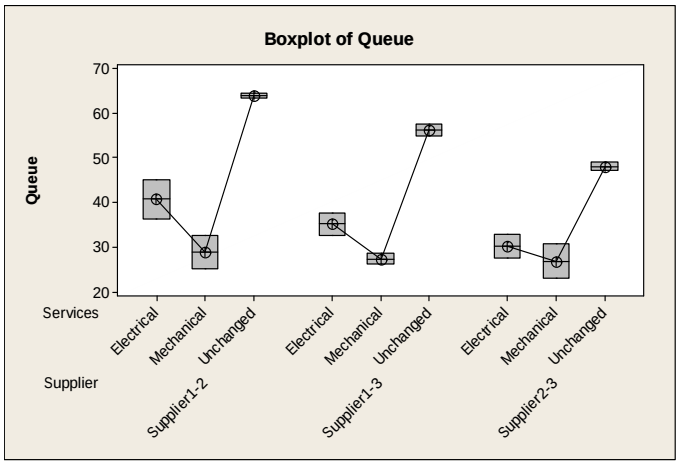
۶-۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

نمودار احتمال نرمال برای باقیمانده‌ها بصورت شـکل ۱۰ بدسـت آمده که نشان‌دهنده داده‌های نسبتاً نرمال است.



شکل ۱۰. نمودار احتمال نرمال برای باقیمانده‌ها

برای آنکه بتوان متوسط صف پـذیرش خودروهـا و پراکنـدگی در حالت‌های مختلف را مشاهده کرد، نمودار جعبـه‌ای آن در شـکل ۱۱ رسم شده که نشان می‌دهد در هر سه حالت تأمین‌کننده‌هـا، اضافه کردن واحد مکانیکی تـأثیر مثبـت بیشـتری روی متوسـط صف مشتریان دارد و در حالتی که تأمین‌کننده‌هـای ۱ و ۳ را در اولویت قرار دهیم، متوسط صف پذیرش دارای پراکندگی کمتری است.

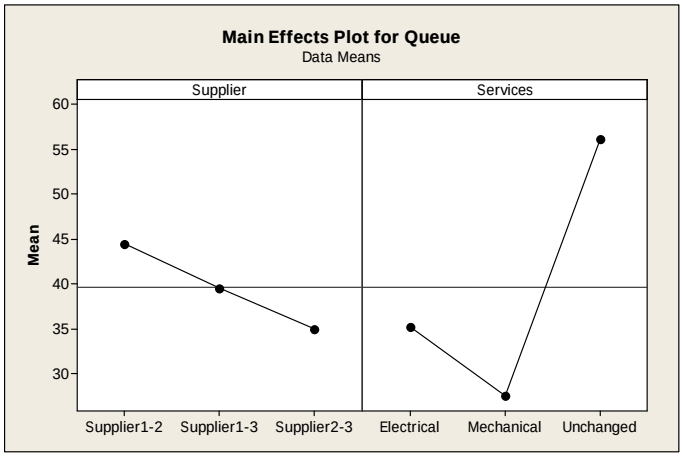


شکل ۱۱. نمودار جعبه‌ای برای مدل خودروها

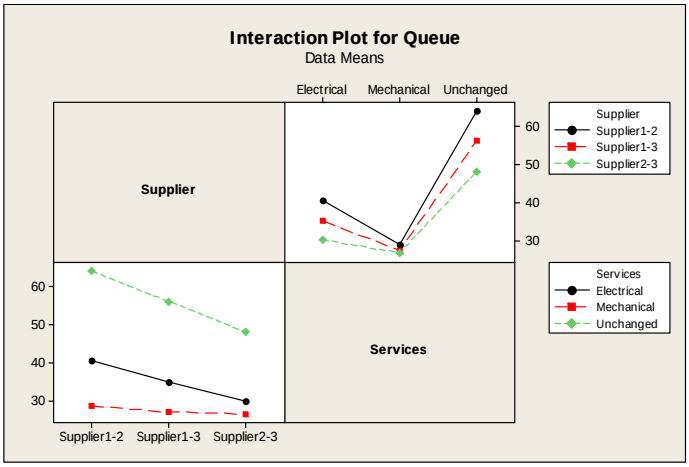
برای آنکه بتوان تأثیر هریک از عامل‌هـا را بطـور مجـزا مشـاهده کرد، شکل ۱۲ رسم شده که نشان می‌دهد مقـدار کـاهش صـف پذیرش در حالت‌های مختلف تأمین‌کننده‌ها، روندی یکسان دارد و اگر تأمین‌کننده‌های ۲ و ۳ را در اولویت قـرار دهـیم، کمتـرین صف پذیرش را موجب می‌شود همچنین مقـدار کـاهش در صـف پذیرش با واحدهای خدماتی مختلف، روندی یکسان ندارد و اگـر واحد مکانیکی به نمایندگی اضافه شود، صف پذیرش نسـبت بـه اضافه شدن واحد برقی مقدار بیشتری کاهش می‌یابد.

برای مشاهده اثر متقابل تأمین‌کننده‌ها و واحدهای خدماتی روی متوسط صف پذیرش خـدمات، شـکل ۱۳ رسـم شـده کـه عـدم

تقاطع نمودارها همان نتیجه تحلیل واریانس را تأیید می‌کند. در نتیجه تعیین اولویت تأمین‌کننده‌ها و تغییر واحدهای مکانیکی و برقی، اثر متقابلی روی متوسط صف پذیرش خدمات ندارند همچنین نمودار نشان می‌دهد که اگر واحد مکانیکی به نمایندگی خدمات‌پس‌ازفروش اضافه شود با تغییر اولویت تأمین‌کننده‌ها، صف پذیرش تغییر چندانی نمی‌کند.



شکل ۱۲. نمودار تأثیر عامل‌ها روی متوسط صف پذیرش خدمات



شکل ۱۳. نمودار اثر متقابل عامل‌ها روی متوسط صف پذیرش خدمات

۶-۵. تعیین اولویت

برای رده‌بندی ۹ حالت ممکن در مدل شبیه‌سازی، از نرم‌افزار Design-Expert استفاده شده است و با تعریف تابع هدف مینیمم برای مقدار صف پذیرش، نتایج بصورت جدول ۴ بدست آمد:

جدول ۴. نتایج تعیین اولویت

Solutions for 9 combinations of categoric factor levels

Number	Supplier	Services	Queue	Desirability	
1	Supplier2-3	Mechanical	22.8865278	0.99924403	Selected
2	Supplier1-3	Mechanical	27.4194444	0.89055402	
3	Supplier2-3	Electrical	30.5511111	0.81546311	
4	Supplier1-2	Mechanical	32.4227778	0.7705844	
5	Supplier1-3	Electrical	35.0840278	0.7067731	
6	Supplier1-2	Electrical	40.0873611	0.58680347	
7	Supplier2-3	Unchanged	51.3711111	0.31624239	

8	Supplier1-3	Unchanged	55.9040278	0.20755239
9	Supplier1-2	Unchanged	60.9073611	0.08758276

۷. نتیجه‌گیری

اگرچه اجـرای شناسـه‌فرکـانس‌رادیـویی بـدون ریسـک و هزینـه نیست، ولی این سیستم با اضـافه شـدن هـوش تجـاری تکمیـل می‌شود تا در کنار جمع‌آوری خودکار اطلاعات، به سرعت داده‌هـا تجزیه و تحلیل شود و تصمیم‌گیری‌ها برای اجرا به اطلاع اعضای زنجیره تأمین برسد، که همین مـوارد موجـب کوتـاه شـدن دوره برگشت سرمایه می‌شود. بطور نمونه شبیه‌سازی شناسه فرکـانس رادیـویی و هـوش‌تجـاری در ایـن پـژوهش نشـان داد کـه اگـر تصمیمات هوش تجاری به سرعت اجرا شود، در خدمت‌دهـی بـه مشتریان ۶۲ درصد بهبود ایجاد می‌شود کـه ایـن بهبـود نتیجـه تعیین اولویت تأمین‌کننده‌ها و تغییر تعداد واحد خدماتی است.

میزان بهبودی که هر یک از عامل‌ها پس از پیاده‌سازی صورت می‌دهد، در جدول ۵ آمده است که سیستم هوش تجاری با در نظر گرفتن این درصدها و عوامل دیگری از جمله هزینه‌های پیاده‌سازی، می‌تواند حالت بهینه را بطور خودکار انتخاب کند و اعضای زنجیره تأمین با اجرای آن می‌توانند به اهدافشان برسند.

جدول ۵. میزان بهبود عامل‌ها

Number	Supplier	Services	improvement
1	Supplier2-	Mechanical	0.62
2	Supplier1-	Mechanical	0.54
3	Supplier2-	Electrical	0.49
4	Supplier1-	Mechanical	0.46
5	Supplier1-	Electrical	0.42
6	Supplier1-	Electrical	0.34
7	Supplier2-	Unchanged	0.15
8	Supplier1-	Unchanged	0.08
9	Supplier1-	Unchanged	0

پی‌نوشت

1. RFID
2. IT
3. Backup
4. Lable
5. Work Center
6. Verification and Validation
7. Warm up

مراجع

[1] Lin CY, Ho YH. RFID technology adoption and supply chain performance: an empirical study in China's logistics industry, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 14, (2009), pp. 369-378.

[2] Wu NC, Nystrom MA, Lin TR, Yu HC. Challenges to global RFID adoption, Technovation, Vol. 26, (2006), pp. 1317-1323.

[3] Sarac A, Absi N, Dauzère-Pérès S. A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management, International Journal of Production Economics, Vol. 128, (2010), pp. 77-95.

[4] Supplier - supplier relationships in buyer – supplier - supplier triads: Implications for supplier performance, Journal of Operations Management, Vol. 28, (2010), pp. 115-123.

[5] Corstena D, Gruenb T, Peyinghausc M. The effects of supplier-to-buyer identification on operational performance-An empirical investigation of inter - organizational identification in automotive relationships, Journal of Operations Management, Vol. 29, (2011), pp. 549-560.

[6] Aksoy A, Ozturk N. Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments, Expert Systems with Applications, Vol. 38, (2011), pp. 6351-6359.

[7] Enderle P, Nowak O, Kvas J. Potential alternative for water and energy savings in the automotive industry: case study for an Austrian automotive supplier, Journal of Cleaner Production, Vol. 34, (2012), pp. 146-152.