نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

Journal of Decisions and Operational Research

دوره ۳، شماره (۱)، بهار ۱۳۹۷

تشخیص زمان انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات و تحلیل عوامل مؤثر بر وقوع خرابی

معین سماک جلالی، سید محمدتقی فاطمی قمی*

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

چکیده

در میان کاربردهای انبوهی که برای مفهوم سری‌های زمانی می‌توان متصور شود، استفاده از این مفهوم در صنایع تولیدی در جهت تشخیص مواقع خرابی دستگاه‌ها پیش از موعد و انجام اقدامات نگهداری و تعمیرات، همچنین تعیین درصد قطعات معیوب با استفاده از بررسی و تحلیل تناوب اتفاقات صورت گرفته در یک خط تولید می‌تواند بسیار ارزشمند تلقی گردد. در این راستا، پژوهش حاضر به بررسی نقش استفاده از سری‌های زمانی به‌منظور بررسی موارد عنوان‌شده در یک شرکت قطعه‌سازی خودرو می‌پردازد. بدین منظور، ابتدا به تحلیل و بررسی داده‌های مستخرج از بخش نگهداری و تعمیرات کارخانه پرداخته و سپس با استفاده از روش‌های تضمین کیفیت نظیر آنالیز حالات بالقوه خرابی، اقدام به تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خرابی قطعات و درنتیجه تشخیص حدودی خرابی تجهیزات می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، سری‌های زمانی، نگهداری و تعمیرات، تضمین کیفیت، قطعه‌سازی خودرو.

دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱٤ پذیرش: ۱۳۹۷/٤/۱٦

۱- مقدمه

آینده از آن کسانی است که به نحو مناسبی برای آن برنامه‌ریزی کنند. هر تاجر، مؤسسه یا سازمان موفقی باید با توجه به پیش‌بینی وضع آینده، برنامه‌ریزی‌های لازم را به انجام رساند. برای این منظور روش‌های متعددی وجود دارد. این روش‌ها می‌تواند تجارب گذشته را به پیش‌بینی حوادث آینده بدل سازد. به‌عنوان‌مثال، مدیر خرید یک فروشگاه بزرگ می‌تواند تجارب گذشته را مورداستفاده قرار دهد تا تصمیم‌گیری کند که چه موقع و به چه میزان کالا خریداری نماید و یا شرکت برق می‌تواند بر این باور باشد که تقاضا برای نیروی برق با نرخ مشابهی همچون ۱۰ سال گذشته افزایش خواهد یافت و درنتیجه ظرفیت تولیدی موردنیاز خود را برای ۵، ۱۰ و یا ۲۰ سال آینده پیش‌بینی کند. در هر مورد، آمار مربوط به متغیری که پیش‌بینی می‌شود در دوره‌های زمانی گذشته موجود است. این آمار را اصطلاحاً سری زمانی می‌گویند. منظور از یک سری زمانی مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری‌شده باشند. روش‌های آماری که این‌گونه داده‌های آماری را مورداستفاده قرار می‌دهد تحلیل سری‌های زمانی نامیده می‌شود.

* Corresponding author (E-mail: fatemi@aut.ac.ir)

www. journal-dmor.ir

Archive of SID

www.SID.ir

۱-۱ سری زمانی: کلیات و اهمیت آن

سری زمانی مجموعه‌ای (دنباله‌ای) از مشاهدات است که برحسب زمان یا هر کمیت دیگر مرتب‌شده باشد و معمولاً آن را به‌صورت $xt_1, xt_2, ..., xt_n$ نشان می‌دهند که این قبیل از مشاهدات معمولاً در کسب کار، اقتصاد و غیره به دست می‌آید. برای رسم نمودارهای سری زمانی، مقادیر مشاهدات را برحسب زمان رسم می‌کنیم. بدین منظور، روی محور افقی، زمان و روی محور عمودی، مقادیر مشاهدات را می‌نویسیم. سری زمانی را معمولاً به‌صورت گسسته و پیوسته بررسی می‌کنیم. اگر مشاهدات به‌صورت پیوسته برحسب زمان در نظر گرفته شود، سری زمانی حاصل را پیوسته می‌نامیم؛ اما اگر مشاهدات را به‌طور منظم در فاصله‌های مساوی ثبت کنیم، یک سری زمانی گسسته به دست خواهد آمد. تحلیل زمانی به‌طور زمانی و عملی از سال‌های ۱۹۷۰ به بعد به‌منظور پیش‌بینی و کنترل به‌سرعت توسعه‌یافته است. این تحلیل معمولاً به داده‌هایی مربوط می‌شود که مستقل نیستند و به‌طور متوالی به هم وابسته‌اند (گمز و همکاران، ۲۰۰۲). بیشترین کاربرد این حوزه مرتبط با وابستگی بین مشاهدات متوالی در پیش‌بینی می‌باشد. برای برنامه‌ریزی درازمدت در مورد آینده باید از پیش‌بینی استفاده شود چون یک برنامه منطقی، بر پیش‌بینی متکی خواهد بود (امینت و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از مهم‌ترین روش‌های استنباط نتایج برای آینده بر اساس آنچه در گذشته اتفاق افتاده است، تحلیل‌های مبتنی بر سری زمانی می‌باشند پس می‌توان نتیجه گرفت که تحلیل سری‌های زمانی، عاملی مؤثر در پیش‌بینی صحیح و هدفمندتر است (هولت، ۲۰۰٤). در تحلیل یک سری زمانی چندین هدف وجود دارد ازجمله توصیف، تشریح، پیش‌بینی، کنترل. توصیف یک سری زمانی معمولاً اولین مرحله در تحلیل سری زمانی است که با استفاده از رسم نمودار داده‌هاست که به‌وسیله آن اندازه توصیفی ساده به دست می‌آید. بعدازآن از تشریح استفاده می‌شود مثلاً وقتی مشاهدات روی دو متغیر یا بیشتر صورت می‌گیرد ممکن است بتوانیم از تغییرات یک سری زمانی برای بیان تغییرات سری دیگر استفاده کنیم که در عمل، تشریح و توصیف به یک معنی می‌باشند که در مرحله‌ی بعد در مورد مقادیر آینده سری پیش‌بینی انجام می‌دهیم که در بسیاری از مسائل پیش‌بینی، رابطه‌ی نزدیکی با کنترل دارد (هیندمن و خانداکار، ۲۰۰۷).

۱-۲ تضمین و کنترل کیفیت و اهمیت آن

کنترل کیفیت یعنی توسعه، طراحی و تولید محصولات باکیفیت، اقتصادی و قابل‌استفاده‌ای که باعث رضایت مصرف‌کننده شود (فاطمی قمی، ۱۳۹۱). لذا اولین گام در کنترل کیفیت، آگاهی از نیازهای مصرف‌کنندگان است. سازندگان، درگیر کنترل کیفیت می‌شوند تا محصولاتشان را با کیفیتی مطابق با الزامات مصرف‌کنندگان بسازند. البته باید توجه داشت که بحث عمده کنترل کیفیت، مربوط به انجام نمونه‌گیری از محصولات، بازرسی آن نمونه‌ها و تعمیم نتایج به کل انباشت محصول است که بر اساس روش‌های آماری انجام می‌گیرد. از دیگر روش‌های مورداستفاده در کنترل کیفیت، کنترل فرآیند تولید محصول به‌جای کنترل محصول تهیه‌شده است که با استفاده از روش‌های آماری انجام می‌گیرد. ارتقای مستمر کیفیت، یک مسئله مهم در بازارهای داخلی و جهانی می‌باشد. شرکت‌ها و کارخانجات سازنده قطعات خودروهای سبک و سنگین، به خاطر ارتباط با شرکت‌های خودروسازی به‌ناچار ملزم به رعایت استانداردهای بالای کنترل کیفیت می‌باشند. تضمین کیفیت در هر شرکتی تعریف مشخصی دارد. عموماً تضمین کیفیت در هر مجموعه-ای نقش قانون‌گذار آن مجموعه را دارد که بدین‌وسیله، انطباق فرآیندهای کاری را با قوانین ملی و بین‌المللی تضمین می‌کند (نقندریان، ۱۳۸٤). تضمین کیفیت شامل تنظیم کیفیت مواد خام، هم‌گذاری‌ها، محصولات و اجرا، خدمات مرتبط با تولید، مدیریت تولید و بازرسی فرآیندها است. تضمین کیفیت شامل دو اصل می‌باشد: ۱. مناسب برای هدف: یعنی محصول باید برای هدف تعیین‌شده مناسب باشد؛ ۲. درست بار اول اشتباهات باید منتفی شوند.

کیفیت توسط کاربران محصول، ارباب‌رجوع یا مشتریان و نه جامعه به‌طورکلی به دست می‌آید. محصولات با قیمت پایین را در صورتی می‌توان به‌عنوان کیفیت بالا در نظر گرفت که کاربران محصول آن‌ها را این‌طور یافته باشند؛ بنابراین،

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نظارتی که مسئولین تضمین کیفیت بر اجرای خط‌مشی و راهبردهای کیفیت محصول ایفا می‌کنند می‌توان تضمین کیفیت را یکی از ابزارهای مناسب در ارتقای کیفیت به شمار آورد (سماک جلالی و قادری، ۱۳۹۱). به‌طورکلی می‌توان چنین اظهار داشت که ساختار پژوهش حاضر از سه بخش عمده تشکیل‌شده است. در بخش اول، مفاهیم و مباحث مربوط به سری زمانی و ماهیت آن موردبررسی قرار داده‌شده است. در بخش دوم، به بیان مسئله پرداخته و سپس داده‌های مستخرج از شرکت را به کمک ابزارهای در دسترس، تحلیل خواهیم نمود. در بخش سوم نیز، به بررسی نحوه ترکیب نتایج سری زمانی با رویکردهای تضمین کیفیت می‌پردازیم.

۲- بیان مسئله

شرکت پایا کلاچ واقع در شهر صنعتی رشت یکی از تولیدکنندگان و صادرکنندگان عمده دیسک و صفحه و بلبرینگ کلاچ خودروهای سبک و سنگین می‌باشد. با توجه به اینکه تولید در شرکت پایاکلاچ بر اساس استاندارد ISO/TS 16949 جهت تأمین نیاز کارخانجات خودروساز ایران (OEM) و بازار مصرف (AM) طرح‌ریزی‌شده و اکنون به‌عنوان برترین کلاچ ساز ایران در عرصه تولید دیسک و صفحه و بلبرینگ کلاچ سبک و سنگین ایفای نقش می‌کند، تصمیم بر آن شد تا روش‌های پیش‌بینی سری زمانی و ارتقای کیفیت بر روی یکی از قطعات تولیدی شرکت پایا کلاچ به‌عنوان مطالعه موردی موردبررسی قرار گیرد و سپس این روش‌ها در قالب سیستم تضمین کیفیت نهادینه‌شده و بعدازآن، این سیستم بر روی قطعات تولیدی این شرکت تعمیم یابد. همان‌طور که عنوان شد، داده‌های این پروژه مربوط به متوسط خرابی‌های دستگاه‌ها و قطعات مرتبط، برای شرکت پایاکلاچ که یک شرکت قطعه‌سازی خودرو بوده و به‌طور تخصصی صفحه کلاچ تمامی خودروهای داخلی و برخی از خودروهای کره‌ای را تولید می‌کند، می‌باشد. این شرکت در شهر صنعتی رشت واقع‌شده و با توجه به هماهنگی‌های صورت گرفته با مدیر تولید و قائم‌مقام مدیرعامل شرکت، داده‌ها از واحد نگهداری و تعمیرات شرکت اخذشده‌اند. ذکر این نکته ضروری است که به دلیل محرمانه بودن داده‌ها، اطلاعات ارائه‌شده با اندکی انحراف، به‌نحوی‌که به محتوای پژوهش آسیبی نزند، ارائه‌شده است. این داده‌ها، مربوط به اطلاعات یک بازه‌ی ۱۹ ساله می‌باشد و جزئیات آن را در جدول ۱ ملاحظه می‌کنید.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۱)، بهار ۱۳۹۷ ، صفحه: ۱۱-۲۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- داده‌های مربوط به سری زمانی، برای بررسی خرابی‌های دستگاه‌ها و قطعات و تخمین آن در آینده.

ماه/سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
1394	13.1	14.8	19.4	25.2	31.5	35.6	37.2	38.2	36.9	29.5	19.2	12.9	26.1
1393	12.4	14.7	19.0	25.0	31.2	35.3	36.8	36.3	32.8	26.8	19.5	13.8	25.3
1392	12.6	15.6	19.0	24.8	30.9	34.3	36.2	36.4	33.4	26.3	18.2	15.3	25.2
1391	14.1	14.8	16.3	25.1	30.3	34.9	36.1	35.7	31.6	26.8	19.0	10.8	24.6
1390	12.6	14.8	18.7	24.1	30.7	34.1	36.1	35.8	32.1	26.4	19.5	1.4	24.9
1389	12.1	15.7	19.5	24.8	30.4	35.1	36.0	35.5	32.3	25.1	20.7	13.6	25.1
1388	11.9	16.0	18.3	23.7	28.8	34.4	35.8	35.8	31.6	25.2	18.0	12.2	24.3
1387	10.3	13.6	18.9	22.6	29.5	33.4	35.6	35.7	32.4	27.2	19.3	12.9	24.3
1386	12.5	13.7	21.2	26.3	31.9	34.2	36.2	35.8	31.7	26.8	18.2	14.0	25.2
1385	12.7	11.2	18.3	26.6	30.4	35.2	35.8	34.9	31.1	27.0	18.1	12.5	24.5
1384	14.1	17.1	18.2	24.8	31.4	35.1	35.9	35.5	32.8	24.7	20.1	14.3	25.3
1383	13.1	14.9	17.3	23.2	30.6	35.3	35.7	37.2	30.1	25.0	18.3	14.3	24.6
1382	13.4	15.7	20.9	24.1	31.6	35.3	36.9	36.6	31.9	27.4	19.4	15.8	25.7
1381	15.3	18.0	18.0	25.2	27.3	34.8	36.6	36.0	31.8	27.2	17.9	12.0	25.0
1380	7.1	15.0	20.9	23.5	30.4	35.7	35.7	34.7	31.0	23.2	18.8	11.0	23.9
1379	11.9	14.6	19.5	22.8	31.4	35.6	36.2	36.5	32.5	27.3	19.8	13.4	25.1
1378	15.0	15.4	18.8	24.9	32.0	35.7	35.7	36.6	33.2	26.6	20.3	14.9	25.8
1377	12.0	11.7	17.1	22.4	29.6	32.5	35.7	34.9	31.7	26.9	18.8	12.2	23.8
1376	11.8	13.1	19.0	23.4	30.7	34.0	36.6	34.4	32.4	27.5	21.5	15.8	25.0

Archive of SID

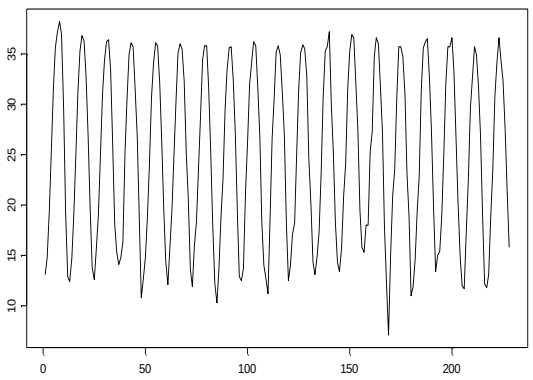
www.SID.ir

۲-۱ پیش‌بینی

در اولین مرحله از تحلیل داده‌ها باید به شکل کلی داده‌ها در طول زمان آشنا شویم. برای این منظور، نمودار داده‌ها در مقابل زمان را در زیر آورده‌ایم. قابل‌توجه است که تمامی نمودارها، محاسبات و تحلیل‌های مربوط به سری زمانی به کمک نرم‌افزار JMP که متعلق به شرکت SAS بوده و یکی از پیشرفته‌ترین نرم‌افزارهای روز دنیا درزمینه‌ی تحلیل‌های آماری، کیفی و سری زمانی می‌باشد، صورت گرفته است. بدین ترتیب، نمودار سری زمانی مربوطه در شکل ۱ نشان داده‌شده است. از نمودار سری زمانی یک بار تفاضل گیری به‌عمل‌آمده است که نمودار آن به‌صورت شکل ۲ می‌باشد و از این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها فاقد روند می‌باشند (کیم و چوی،۲۰۰۹)؛ سپس به رسم نمودار خودهمبستگی می‌پردازیم که در شکل ۳ نشان داده‌شده است. از روی نمودار، خودهمبستگی مرتبه q به دست می‌آید که مقادیر q برابر است با مقادیر خطوطی که از باند اطمینان خارج‌شده‌اند که به‌صورت روبرو می‌باشند: $q = 0,1,2,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,16,17,18,19,20,22,23,$؛ سپس به رسم نمودار خودهمبستگی جزئی می‌پردازیم که در شکل ٤ نشان داده‌شده است. از روی نمودار، خودهمبستگی جزئی مرتبه P به دست می‌آید که مقادیر آن برابر است با مقادیر خطوطی که از باند اطمینان خارج‌شده‌اند و به‌صورت روبرو می‌باشند: $p = 1,2,3,4,5,6,7,8,12,14$. در ادامه بایستی نمودارهای مربوط به بررسی فرض ایستایی باقیمانده‌ها موردبررسی قرار گیرند که در شکل ۵ نمایش داده‌شده است.

۲-۲ اجرای عملیاتی تضمین کیفیت

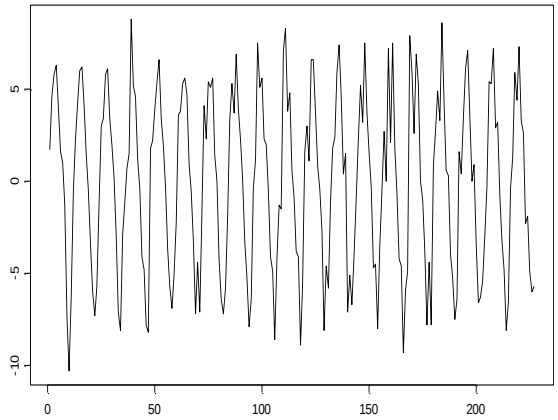
با توجه به ارتباط گسترده شرکت پایاکلاچ با شرکت‌های هولزهویزر آلمان و Valeo فرانسه و همچنین صادرات گسترده دیسک و صفحه کلاچ خودروی لوگان (L90) به اسپانیا، اولین قطعه ساز ایرانی مطرح در لیست جهانی تأمین‌کنندگان شرکت Renault و همچنین به‌عنوان بزرگ‌ترین تأمین‌کننده کلاچ موردنیاز خودروسازان داخلی مانند ایران‌خودرو، سایپا (مگا موتور) ایران‌خودرو دیزل و رنو پارس و دارنده گواهینامه ثبت اختراع برای طراحی صفحه با تکنولوژی جدید Pre-Damper به‌ناچار ملزم به رعایت استانداردهای بالا می‌باشد؛ بنابراین تضمین کیفیت می‌تواند کمک زیادی در جهت جلوگیری از بروز مشکلات داخلی و خارجی در این شرکت و نهایتاً به ارتقای کیفیت آن بیانجامد. شرکت پایا کلاچ واقع در شهر صنعتی رشت، تولیدکننده دیسک و صفحه کلاچ پراید، لندرور، تراکتور MF۲۸۵، کامیون بنز ۱۹۲۱ و ۱۹۲٤ و دیسک و صفحه کلاچ لوگان، وانت نیسان، پژو ۲۰٦، موتور ملیEF7 ، تراکتورMF399 و پژو ٤۰۵-Pre) (Damper می‌باشد. قطعه موردبررسی، صفحه کلاچ خودروی لوگان به سفارش شرکت‌های ایرانی، اسپانیایی و شرکت Renault است.



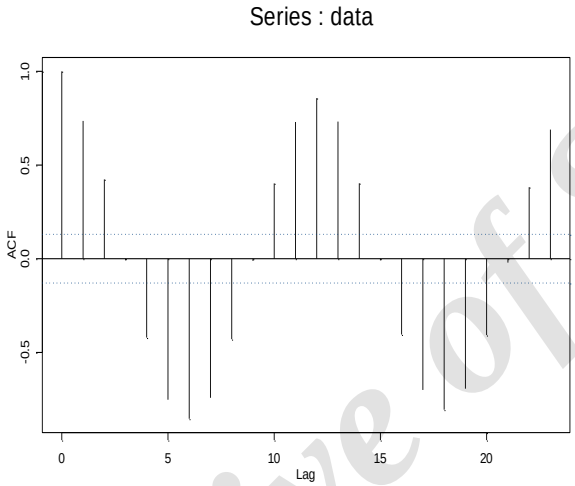
شکل ۱- نمودار سری زمانی داده‌های ماهانه و سالانه متوسط خرابی تجهیزات و قطعات شرکت پایاکلاچ.

Archive of SID

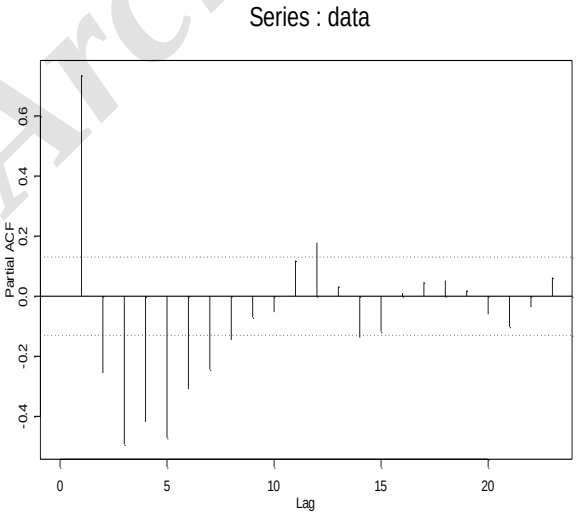
www.SID.ir



شکل ۲- نمودار سری زمانی پس از انجام عملیات تفاضل گیری.



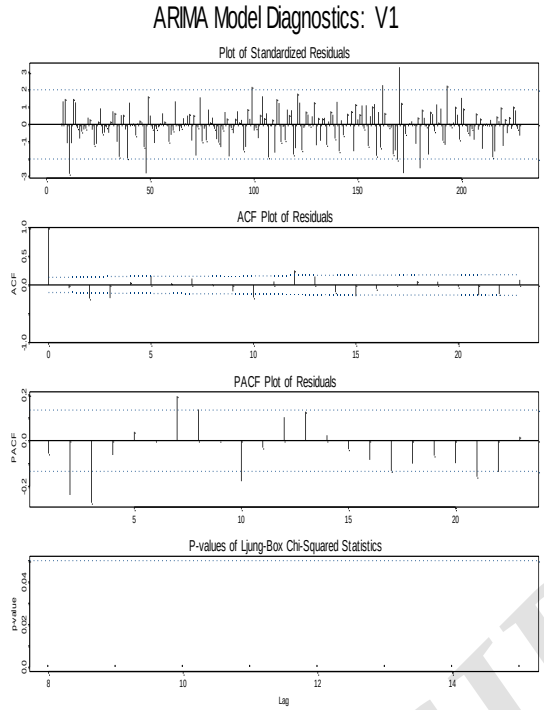
شکل ۳- نمودار خودهمبستگی (ACF).



شکل ۴- نمودار خودهمبستگی جزئی (PACF).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- مجموعه نمودارهای مورداستفاده برای بررسی مانایی (ایستایی) بودن باقیمانده‌ها.

مراحل تولید قطعه صفحه کلاچ در ادامه توضیح داده خواهد شد:

- تولید در خط پرس و خانکشی

✓ قطعه تولیدی هاب و درایو واشر جداگانه از انبار به مرکز پرس و خانکشی ارسال می‌گردد.

✓ قطعات فوق ابتدا در ایستگاه پرس بر روی دستگاه، پرس می‌گردد و به نیمه ساخته هاب درایو واشر تبدیل می‌گردد.

✓ قطعه پرس شده هاب درایو واشر در ایستگاه بعدی خانکشی شده و به انبار نیمه ساخته ارسال می‌گردد تا در مرحله بعدی برای خط مونتاژ صفحه ارسال شود.

- تولید در خط مونتاژ صفحه

✓ قطعات گاید واشر (۱)، متالیک پلیت، ریوت در ایستگاه اول با هم‌دستی چیده شده و بر روی پرس مونتاژ می‌شود که این قطعه به شکل نیمه ساخته به ایستگاه دوم ارسال می‌گردد.

✓ در ایستگاه دوم قطعات گاید واشر (۲)، استاپ پین، فلکسیبل واشر، توست واشر، فریکشن واشر، کوپل اسپرینگ DO، کوپل اسپرینگ VO، نیمه ساخته دریافتی از ایستگاه اول و همچنین هاب درایو واشر از انبار نیمه ساخته بر روی دستگاه پرس H-TYPE تولید می‌گردد.

✓ در ایستگاه سوم قطعه لنت (FACING) و پرچ لنت به‌علاوه نیمه ساخته دریافتی از ایستگاه قبلی با دستگاه پرچ (RIVETTING) پرچ گذاری می‌گردد.

✓ در ایستگاه چهارم که آخرین ایستگاه در مرکز مونتاژ صفحه می‌باشد، نیمه ساخته مراحل قبل تست می‌گردد (RUN OUT) و در صورت آنبالانسی، دستی اصلاح می‌گردد.

- تولید در خط بسته‌بندی

✓ نیمه ساخته دریافتی از خط مونتاژ صفحه در ایستگاه مارک زنی، مارک زده می‌شود و به ایستگاه دوم منتقل می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

✓ نیمه ساخته مارک زده‌شده دریافتی از مرحله قبل، به شکل دستی بسته‌بندی می‌گردد و به انبار محصول جهت ارسال به مشتری، فرستاده می‌گردد.

۳- حل مسئله

ابتدا لازم است که ذکر شود چرا قطعه صفحه کلاچ به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب‌شده است. علت انتخاب این قطعه برای ارتقای کیفیت، اهمیت این قطعه برای شرکت ازنظر بازار داخلی و خارجی می‌باشد (کمیسیون بین‌المللی تجارت آمریکا، ۲۰۱۲). آمار مربوط به ضایعات قطعه صفحه کلاچ در سال ۸۹ به شرح زیر می‌باشد:

- تعداد کل صفحه‌های تولیدی در سال کاری: ٤١١٧١١ دستگاه.
- تعداد کل صفحه‌های سالم: ٤٠٠٣٥٣ دستگاه.
- تعداد کل ضایعات: ١١٣٥٨ دستگاه.

ضرر ناشی از ضایعات (شامل خرید قطعه خام و هزینه‌های دستمزد و سربار و سود ازدست‌رفته) برای یک قطعه به ترتیب به شرح زیر می‌باشد:

- مواد: ۷۹,٤۳۰ ریال.
- دستمزد: ۲,٤۳٥ ریال.
- سربار: ۹,۰۳۰ ریال.
- سود ازدست‌رفته: ۱۹,۱۰٥ ریال.
- کل سود خالص شرکت از قطعه تولیدشده: ۳,٥۰٤,۳۷۲,۱۱۸ ریال.
- میزان کاهش سود ناشی از این قطعه به خاطر ضایعات آن: ۳٦ درصد.

با توجه به اینکه میزان سود ازدست‌رفته ناشی از ضایعات برابر با ۱۲٤۹۳۸۰۰۰۰ ریال می‌باشد، اهمیت پیاده‌سازی سیستم تضمین کیفیت بر روی این قطعه و درنهایت بر روی کل قطعات صادراتی مشخص و روشن می‌گردد (کیم، رایجور و اسکرلوس، ۲۰۰۸).

۳-۱ تحلیل پارتو

در تعریف مسئله عنوان شد که تعداد کل ضایعات این قطعه در سال کاری ۸۹، ۱۱۳۵۸ عدد بوده است. ابتدا دلایل به وجود آمدن ضایعات در مورد صفحه کلاچ خودروی لوگان در فرآیند تولید ذکر می‌شود:

- فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer .
- خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin.
- کامل نبودن قطعات.
- دفرمگی و ترک‌خوردگی پرچ بعد از مونتاژ Stop Pin .

در شکل ٦، نمودار پارتو ضایعات آن با استفاده از نرم‌افزار MINITAB تهیه‌شده است. مشاهده می‌شود که:

- فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer: ٤٤٠٧ مورد معادل ٪۳۸,۸.
- خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin : ۳٥۲٦ مورد معادل ٪۳۱.

درمجموع ٦۹,۸ درصد (تقریباً ۷۰ درصد) از کل ضایعات مربوط به دو علت فوق است.

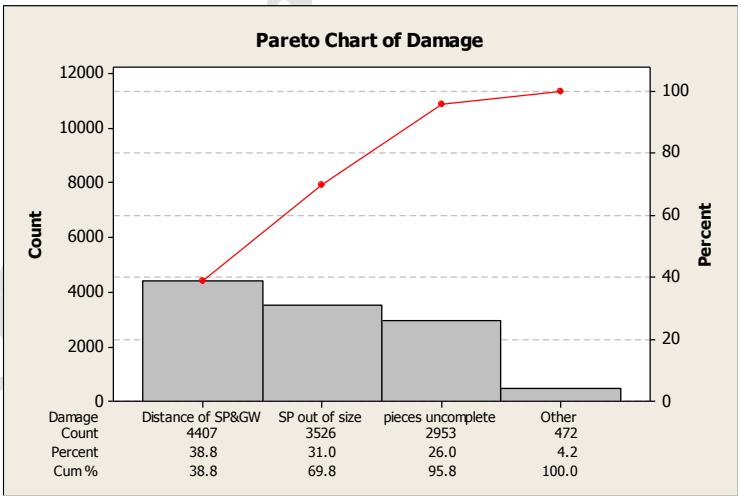
Archive of SID

www.SID.ir

۳-۱-۱ نمودار علت و معلول

برای تهیه نمودارهای علت و معلول مربوط به دو علت اصلی ضایعات قطعه صفحه کلاچ، از مدیر صنعتی شرکت پایا کلاچ کمک گرفته‌شده است. نمودارهای علت و معلول مربوط به هر علت نقص در قطعه صفحه کلاچ، گویای علل به وجود آمدن هر یک از نقص‌ها می‌باشد. در نمودار علت و معلول فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer ، مشاهده می‌شود که این معلول بنا به ۵ علت اصلی کج مونتاژ شدن فنر، شکستگی فنر ورق گیر سنبه شماره‌زن، برعکس بستن جهت ورق گیر سنبه بالا، سختی بالای استاپ پین و فشار کم پرس به وجود می‌آید که هرکدام به چند علل فرعی تقسیم می‌شود. به‌عنوان‌مثال وقتی گفته می‌شود فاصله‌دار بودن قطعه به دلیل برعکس بستن جهت ورق گیر سنبه بالا می‌باشد، می‌تواند این فاصله‌دار بودن مربوط به یکی از علل فرعی خطای اپراتور و کاهش نیروی سنبه باشد (مسیحی، رونق و مشایخ، ۱۳۹۲)؛ وقتی عنوان می‌شود که فاصله‌دار بودن قطعه به علت فشار کم پرس می‌باشد، مشخص است که این فاصله‌دار شدن در اثر خرابی دستگاه پرس و جنس قالب پرس است (چن و همکاران،۲۰۱٤). در ذیل نمودار علت و معلول فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer آورده شده است.

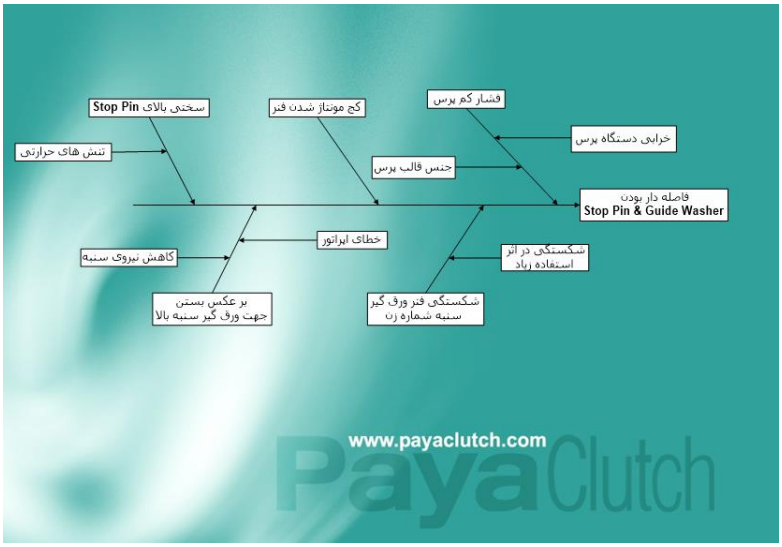
شکل ۸، نمودار علت و معلول مربوط به خارج‌ازاندازه (پایین و بالا) بودن گل پرچ Stop Pin است که این معلول به خاطر یکی از دو علت اصلی تنظیم نبودن فشار پرس و عدم تنظیم مناسب قالب است. هرکدام از این علل اصلی، خود شامل علل فرعی دیگری می‌باشد. به‌عنوان‌مثال هنگامی‌که گفته می‌شود خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin در قطعه به خاطر تنظیم نبودن فشار پرس به وجود آمده، این خارج‌ازاندازه بودن می‌تواند در اثر زیاد بودن فشار پرس و یا عدم آموزش صحیح اپراتور جدید ایجادشده باشد (میر، روی و سالیگر، ۲۰۱۰). علل فرعی مربوط به عدم تنظیم مناسب قالب نیز به دلیل خراب شدن قالب در اثر استفاده زیاد قابل توجیه می‌باشد.



شکل ۶- نمودار پارتو ضایعات قطعه صفحه کلاچ خودروی لوگان.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- نمودار علت و معلول فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer.

شکل ۸- نمودار علت و معلول خارج‌ازاندازه بودن گل پرچ Stop Pin.

۲-۳ تحلیل FMEA

با توجه به نمودارهای علت و معلول فوق، مشخص می‌شود که علل فرعی زیادی وجود دارد که می‌تواند باعث به وجود آمدن هر یک از دو معلول فوق (فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer و خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin) را به وجود آورد. با توجه به محدود بودن زمان و هزینه، امکان این وجود نداشت که کلیه علل فرعی این معلول‌ها رفع شوند. علاوه بر این طبق اصل پارتو تنها ۲۰ درصد از این علل فرعی باعث به وجود آمدن تقریباً ۸۰ درصد معلول‌ها می‌گردند ولی کدام‌یک از علل فرعی، به‌عنوان مؤثرترین علت فرعی در هر یک از نمودارهای علت و معلول باید رفع می‌شد که آمار دقیقی از فراوانی هریک از این علل فرعی در دسترس نبود؛ بنابراین، بهترین و علمی‌ترین روش برای حل این مشکل، استفاده از روش‌های تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن و یا FMEA بود. برای تعیین مهم‌ترین علت‌های نقص‌ها در FMEA، باید RPN محاسبه شود که داریم:

RPN=تشخیص*وقوع*شدت

تشخیص عبارت است از احتمال اینکه کنترل‌های جاری یک سیستم بتوانند یک خرابی یا علت خرابی را قبل از اینکه طراحی اجزای سیستم آغاز شود تشخیص دهند. برای تعیین رتبه تشخیص، باید توانایی کنترل‌های جاری و یا روش‌های

www.SID.ir

تشخیص در تشخیص خرابی تعریف‌شده باشد. لذا اگر توانایی کنترل‌ها در تشخیص خرابی شناخته نشده و یا احتمال تشخیص قابل تخمین نباشد رتبه تشخیص ۱۰ فرض می‌شود (دبیری، ۱۳۸۲). با توجه به اینکه محاسبه RPN نیازمند نظرسنجی از کارگران شرکت موردبررسی می‌باشد و با توجه به وقت‌گیر بودن عمل گفته‌شده و عدم همکاری مسئولین مربوطه، مقدار RPN را با توجه به شناختی که از فرآیند تولید در طی چندین مرحله بازدید از کارخانه به‌دست‌آمده در نظر می‌گیریم.

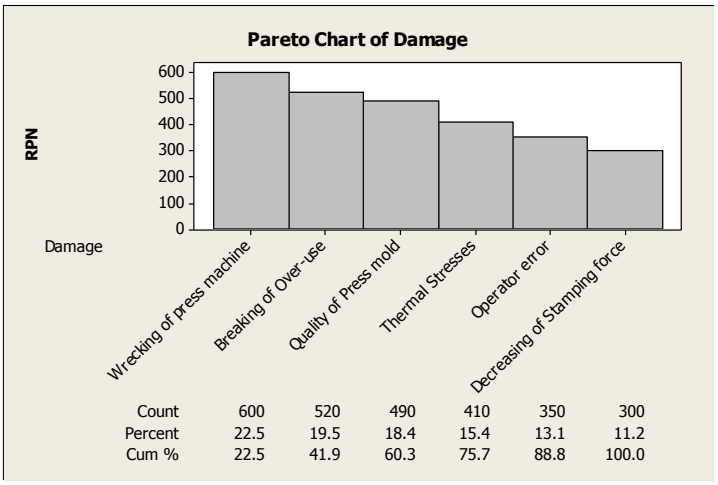
در ذیل نمودارهای پارتو علل هر یک از معلول‌ها برحسب RPN با استفاده از نرم‌افزار MINITAB تهیه‌شده است. با توجه به نمودار علت و معلول فاصله‌دار بودن Stop Pin & Guide Washer مشاهده می‌شود که درمجموع، شش علت فرعی (۱- خرابی دستگاه پرس ۲- شکستگی فنر ورق گیر سنبه زن در اثر استفاده زیاد ۳- جنس قالب پرس ٤- تنش حرارتی ٥- خطای اپراتور ٦- کاهش نیروی سنبه) باعث فاصله‌دار شدن Stop Pin & Guide Washer می‌گردد که RPN این پنج علت فرعی محاسبه‌شده و در نمودار پارتو فوق آورده شده است. با توجه به نمودار پارتو مربوط به فاصله‌دار بودن Stop Pin & Guide Washer قطعه صفحه کلاچ، مشخص می‌شود که خراب بودن دستگاه پرس و درنتیجه اعمال فشار کم توسط دستگاه، با RPN=600، عمده‌ترین علت فاصله‌دار بودن Stop Pin و Guide Washer قطعه صفحه کلاچ می‌باشد و در درجه دوم، شکستگی فنر ورق گیر سنبه زن با RPN=520 قرار دارد.

با توجه به نمودار علت و معلول خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin، مشاهده می‌شود که درمجموع، چهار علت فرعی باعث خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ می‌گردند که RPN این چهار علت فرعی محاسبه‌شده و در نمودار پارتو فوق آورده شده است. با توجه به نمودار پارتوی فوق، واضح است که خرابی ماشین پرس با RPN=560 به‌عنوان اولین علت خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin و خراب شدن قالب در اثر استفاده زیاد با RPN=500 به‌عنوان دومین عامل در خارج‌ازاندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin در قطعه موردبررسی می‌باشد. حال به‌منظور مشخص شدن پراهمیت‌ترین نمودار پارتو برحسب RPN، عدد RPN تمامی علت‌های فرعی در هر یک از نمودارهای علت و معلول با یکدیگر جمع و نمودار پارتو علل ضایعات قطعه صفحه کلاچ را (که همان معلول‌ها در نمودار علت و معلول می‌باشند) برحسب RPN تهیه‌شده که در ادامه آورده می‌شود:

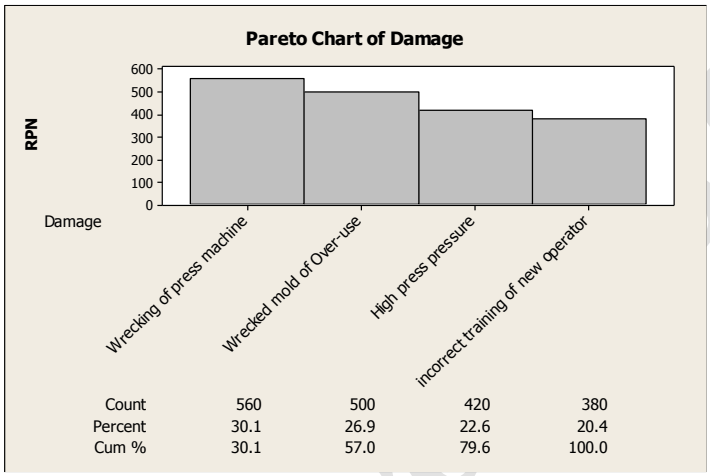
با مراجعه به نمودارهای پارتوی شکل‌های رسم شده نتیجه می‌شود خرابی دستگاه پرس که مشترک بین فاصله‌دار بودن SP&GW و خارج‌ازاندازه بودن SP می‌باشد، علت اصلی ایجاد ضایعات قطعه صفحه کلاچ و شکستگی فنر ورق گیر سنبه شماره‌زن در اثر استفاده زیاد در فاصله‌دار بودن SP&GW و خراب شدن قالب در اثر استفاده زیاد در خارج‌ازاندازه بودن SP به ترتیب در درجه دوم و سوم اهمیت قرار دارند. از نمودار فوق مشخص می‌شود که معلول فاصله‌دار بودن Stop Pin & Guide Washer، مهم‌ترین عامل ضایع شدن قطعه صفحه کلاچ می‌باشد. با مراجعه به نمودار پارتو این معلول برحسب RPN، مشخص می‌شود که در این نمودار علت فرعی خرابی دستگاه پرس به‌عنوان علت عمده و اصلی در به وجود آمدن معلول فاصله‌دار بودن Stop Pin&Guide Washer می‌باشد؛ بنابراین، اگر این علت فرعی (به‌عنوان مؤثرترین عامل ضایع شدن قطعه موردبررسی) رفع شود، با توجه به عمده و اصلی بودن این علت (مسئله)، درصد زیادی از ضایعات این قطعه کاهش می‌یابد و نیز قسمت عمده‌ای از مشکل رفع خواهد شد (یزدانی و محبی، ۱۳۹۰).

Archive of SID

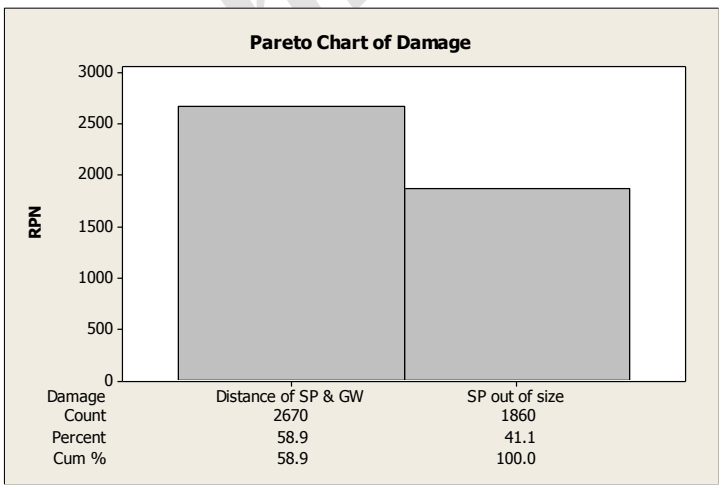
www.SID.ir



شکل ۹- نمودار پارتو علل فاصله‌دار بودن Stop Pin & Guide Washer برحسب RPN.



شکل ۱۰- نمودار پارتو علل خارج از اندازه بودن قطر گل پرچ Stop Pin.



شکل ۱۱- نمودار پارتو علل ضایعات قطعه صفحه کلاچ (معلول‌ها) برحسب RPN.

۴- نتیجه‌گیری

کاهش هزینه‌ها، همواره یکی از چالش‌های بزرگ صنعت ایران و جهان بوده است. شرکت‌ها و کارخانجات به دنبال راه‌هایی برای تشخیص مشکلات، پیش‌بینی و رفع آن‌ها هستند. لذا استفاده از رویکردی ترکیبی که بتواند ابتدا پیش‌بینی-های لازم را به عمل‌آورده و سپس عملیات اصلاحی را به انجام رساند بسیار ارزشمند تلقی می‌گردد. آنچه در پژوهش

www.SID.ir

حاضر به آن پرداخته شد، استفاده از رویکردهای پیش‌بینی و تحلیل سری‌های زمانی برای یک شرکت قطعه‌سازی خودرو بود. بدین منظور، ابتدا با استفاده از داده‌های گرفته‌شده از بخش نگهداری و تعمیرات شرکت، اقدام به تهیه یک مدل سری زمانی به‌منظور پیش‌بینی در مورد زمان‌ها و درصدهای خرابی تجهیزات و قطعات نمودیم تا بتوانیم به‌صورت محتمل‌تری برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات آن‌ها را تدوین نماییم. سپس به کمک خروجی‌های تحلیل سری زمانی، از روش‌های تضمین کیفیت به‌منظور تهیه لیستی از اولویت‌های رفع موانع و خرابی‌ها استفاده نمودیم تا فرآیند نگهداری و تعمیرات را تسریع بخشیم. نتایج به‌دست‌آمده از ابزارهای مورداستفاده، مدیران شرکت را در جهت دستیابی به برنامه‌ای مدون در جهت تشخیص، عیب‌یابی و رفع قطعات معیوب تولیدی، همچنین تخمین زمان خرابی دستگاه‌ها برای جلوگیری از وقوع توقف‌های طولانی‌مدت در خط تولید، یاری نموده است. همانند بسیاری از تحقیقات علمی، پژوهش حاضر نیز قابلیت توسعه‌ی مفاهیم و بهبود را دارد. مطالعات آتی می‌تواند درزمینه‌ی استفاده از سایر روش‌های پیشرفته‌ی سری زمانی، برای تخمین دقیق‌تر و استفاده از شکل‌های توسعه‌یافته‌ی FMEA برای حصول نتایجی با قابلیت اطمینان بیشتر مورداستفاده قرار گیرد. این کار در مطالعات آتی نویسندگان پژوهش حاضر، در دست انجام است.

منابع

دبیری، غلامرضا. (۱۳۸۲). آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن (FMEA): مفاهیم، روش و پیاده‌سازی. تهران: انتشارات شرکت تهیه و توزیع لوازم‌یدکی ایران‌خودرو، صوفیان.

سماک جلالی، معین و قادری، سید فرید. (۱۳۹۱). کاربرد ابزارهای کنترل کیفیت و FMEA به‌منظور ارتقاء کیفیت در یک مطالعه موردی. نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی.

فاطمی قمی، سیدمحمد تقی. (۱۳۹۱). کنترل کیفیت آماری. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).

مسیحی، الیپس، رونق، مریم و مشایخ، محمدرضا. (۱۳۹۲). فناوری‌ها و فرآیندهای تولید. تهران: انتشارات فرمنش.

نقندریان، کاظم. (۱۳۸۴). کنترل کیفیت آماری. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

یزدانی، امیرعلی و محبی، امیرحسن. (۱۳۹۰). شش سیگما همراه با نرم‌افزار MINITAB 14. تهران: انتشارات ناقوس.

Chen, C., Wang, Y., Ou, H., He, Y., & Tang, X. (2014). A review on remanufacture of dies and moulds. Journal of cleaner production, 64, 13-23.

Eminente, A., Gallo, M., Murino, T., & Naviglio, G. (2013). A proposal for forecasting highly seasonal products: the Unifrigo Gadus SPA case study. International journal of statistics & economics, 3, 77-88.

Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model. Computers & operations research, 30(14), 2097-2114.

Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. International journal of forecasting, 20(1), 5-10.

Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2007). Automatic time series for forecasting: the forecast package for R (No. 6/07). Monash University, Department of Econometrics and Business Statistics.

Kim. H. Y., Raichur, V., Skerlos, S. J. (2008). Economic and environmental assessment of automotive remanufacturing: alternator case study. Proceedings ASME 2008 international manufacturing science and engineering conference. Evanston, Illinois, USA.

Kim, Y. J., & Choi, C. H. (2009). A study on life estimation of hot forging die. International journal of precision engineering and manufacturing, 10(3), 105.

Marx-Gomez, J., Rautenstrauch, C., Nürnberger, A., & Kruse, R. (2002). Neuro-fuzzy approach to forecast returns of scrapped products to recycling and remanufacturing. Knowledge-Based systems, 15(1-2), 119-128.

Meier, H., Roy, R., & Seliger, G. (2010). Industrial product-service systems—IPS2. CIRP annals-manufacturing technology, 59(2), 607-627.

United States International Trade Commission (2012). Remanufactured Goods: An Overview of the U.S. and Global Industries, Markets, and Trade. Retrived from http://www.usitc.gov/publications/332/pub4356.pdf.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۱)، بهار ۱۳۹۷، صفحه: ۱۱-۲۳

Archive of SID

www.SID.ir