

ارائه استاندارد جهت تحلیل تطابق پذیری در قابلیت فرآیند طراحی محصول

ملیحه نگارستانی
مهدی کرباسیان
محمد رضا وسیلی

چکیده:

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۸
تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۳

تصمیم گیری اشتباه در مرحله طراحی محصول، هزینه های شکست بسیاری را در تولید و خدمات به بار می آورد. پراهمیت ترین مشکلات کیفی محصول در مرحله طراحی، بطور مستقیم ناشی از تغییرات در تولید و مونتاژ قطعات می باشد. آرایش هندسی، مواد در طراحی، سازگاری با فرایند تولید، عوامل اصلی این تغییرات می باشد. از این رو با بررسی تغییرات تولید و مونتاژ در مرحله طراحی می توان اثرات مطابقت پذیری محصول را با مشخصات بررسی کرد و عوامل شکست در توسعه محصول را کاهش داد.

در این مطالعه الگو و استاندارد جهت بهبود قابلیت طراحی محصول با مطالعه موردی در صنعت لوازم خانگی بر روی محصول چرخ گوشت ارائه گردیده است. در ابتدا به بررسی ریسک عواملی که منجر به تغییرپذیری در تولید و مونتاژ قطعات می شود، پرداخته شد و سپس ارتباط بین ریسک های تغییرپذیری با بکارگیری تکنیک FMEA، صورت گرفت. در نهایت با بررسی تأثیرات عدم مطابقت پذیری محصول با مشخصات، مشخص گردید که طراحی در چه ناحیه ای (ناحیه قابل قبول، ناحیه کنترل ویژه، ناحیه غیرقابل قبول) قرار دارد و هزینه های شکست محصول محاسبه گردید.

واژه های کلیدی:

تغییرپذیری، تطابق پذیری، قابلیت اطمینان، ریسک، آنالیز حالات خرابی و اثرات آن

(۱) مقدمه

این عوامل، تعیین نادرست تلرانس و تغییرات کنترل نشده در خصوصیات محصول می باشد. (بوکر، ۲۰۰۱) تعیین تلرانس و مقدار مجاز در توسعه مشخصات نه تنها به خواص مطلوب محصول بلکه به توانایی فرایند تولید بستگی دارد. (جعفرنژاد، ۱۳۷۶)

از انتظارات اساسی مشتری این است که مشخصات محصول یا خدمت عرضه شده با معیارهای بخصوص کیفیت تطابق داشته باشد. مشخصات، تعیین کننده ارزش ایده آل یک محصول و درجه تغییرات در اندازه مشخصات یا تلرانس می باشد. (جعفرنژاد، ۱۳۷۶) از این رو توانایی فرآیند تولیدی به واسطه محصولات

شرکت های تولیدی، جهت بهبود عملکرد تجاری، نیاز به کاهش هزینه های شکست مرتبط با طراحی و توسعه محصول ضعیف دارند. هزینه های شکست بطور کلی شامل دوباره کاری، فرسایش، گارانتی، بازخوانی، افزایش چرخه زمان توسعه محصول می باشد. طراحی محصول به عنوان بخشی از فرایند توسعه، عامل مهم کیفیت و هزینه شناخته شده است. طراح با بررسی عوامل مشترک در طراحی و تولید می تواند هزینه های شکست را کاهش دهد و رقابت های تجاری را بهبود بخشد. از بحرانی ترین

ساخته یا مونتاژ شده که به طور پیوسته تفرانس ابعاد را تأمین می کند، تطابق با طراحی نامیده می شود. (بوکر، ۲۰۰۱)

بحث مهم دیگری که مطرح است قابلیت اطمینان می باشد؛ پیش بینی قابلیت اطمینان بدون شک یک جنبه مهم از فرایند طراحی محصول است. قابلیت اطمینان در حقیقت کنترل کیفیتی است که در طول زمان پابرجاست و با توجه به این که کنترل کیفیت عیب و نقص را کاهش می دهد؛ قابلیت اطمینان احتمال نگرانی از کارکرد سیستم را به حداقل می رساند. (کرباسیان و طباطبایی، ۱۳۸۸)

قابلیت اطمینان، نه تنها برای کمی کردن طراحی بلکه برای تعیین پارامترهای بحرانی به سمت تولید یک محصول مطمئن گام برمی دارد. یک دلیل مهم کیفیت و قابلیت اطمینان ضعیف، عدم پیش بینی تغییرات در شرایط تولید و مونتاژ در مرحله طراحی می باشد. (بوکر، ۲۰۰۱)

تغییرپذیری توسط عوامل غیرقابل کنترل یا مزاحم فرآیند، تولید می شود. تغییرپذیری زیاد درجه کیفیت محصول را پایین می آورد و باعث ضرر و زیان کارخانه می گردد. (شریفی، غلامی و کرباسیان، ۱۳۹۱)

در کل دو نوع تغییرپذیری وجود دارد:

□ تغییرپذیری ذاتی یا علل تصادفی: که به واسطه مجموعه ای از پارامترها که به طور ذاتی در یک ماشین یا فرایند به وسیله خاصیت خود طرح و ماهیت عملکرد آن ایجاد می گردد.

□ تغییرپذیری با علل معین یا علت مخصوص: که به واسطه منابع قابل شناسایی بوده و می توانند بصورت سیستماتیک معین و حذف شوند. در کامل ترین سطح، تغییرپذیری می تواند متعلق به ویژگی های اصلی طراحی از جمله شکل، ابعاد، کیفیت سطحی و ماده برای اجزاء و ساختار برای ارتباط بین اجزاء باشد. (بوکر، ۲۰۰۱)

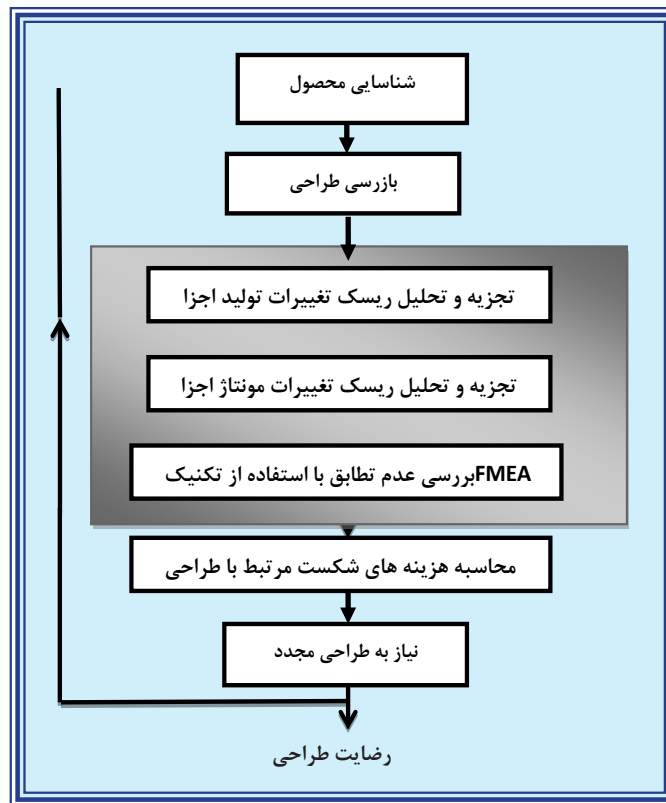
آنالیز شکست، بخش ضروری از کار کیفیت و قابلیت اطمینان است و یک تکنیک مفید در این زمینه، تجزیه و تحلیل اثرات و حالات شکست (FMEA) می باشد. FMEA یک راه ممکن برای ارتباط تغییرات در قابلیت طراحی و هزینه های شکست را فراهم می کند. (بوکر، ۲۰۰۱) این تکنیک به منظور شناسایی و اولویت بندی نقص ها و کاستی های طراحی که منجر به بروز خطاهای بالقوه در محصول می شود به کار می رود. (دبیری و خیری، ۱۳۸۸) باید هزینه برای محصول، در ابتدایی ترین مرحله طراحی تبیین شود، زیرا از بین بردن هزینه ها در مراحل بعدی کار بسیار دشواری است. تنها اگر تکنیک های ساخت و مونتاژ در مراحل ابتدایی طراحی با طرح محصول آمیخته شوند (طراحی محصول با هدف تسهیل ساخت و مونتاژ)، می توان انتظار افزایش قابل توجه بهره وری را داشت. (صفوی، ۱۳۹۰) از این رو مطابقت پذیری محصول با هدف به حداقل رساندن تغییرات در مراحل اولیه توسعه محصول ضرورت دارد. جیانگ و مورفی^۲ (۲۰۰۹) مدلی جهت تأثیر تغییرات ناخواسته کیفیت در قابلیت اطمینان محصول ارائه دادند تا به واسطه آن هزینه های تولید را کاهش دهند. (جیانگ و مورفی، ۲۰۰۹) دیف^۳ (۲۰۱۲) یک رویکرد جدید از ارزیابی تولید ناب مبتنی بر تغییرات ناخواسته ارائه داد و از ابزار جدید به نام نقشه تغییرات که متمرکز بر کاهش تغییر در تولید است استفاده کرد. (دیف، ۲۰۱۲) اریک سنجرن و کامرون^۴ (۲۰۰۲) تحقیقی تحت عنوان بهینه سازی طراحی نیرومند ساختارها با در نظر گرفتن تغییرات، ارائه نمودند. در تحقیق آنها طراحی ساختاری مطلوب، تحت حضور تغییرات هندسه و خواص مواد در نظر گرفته شده است که هدف، تولید طراحی بهینه محصول بود. (سنجرن و کامرون، ۲۰۰۲)

مورد مطالعه در این تحقیق، شرکت ناسیونال اصفهان می باشد که در زمینه ساخت انواع لوازم خانگی

1. Failure mode and Effects analysis
2. Jiang & Murthy
3. Dief
4. Eric Sandgren & Cameron

فعالیت دارد. سری چرخ گوشت به عنوان جزء کلیدی محصول چرخ گوشت، جهت تجزیه و تحلیل قابلیت

۲) الگوی پیشنهادی تحقیق و روش اجرای آن



شکل (۲-۱). تجزیه و تحلیل مطابقت پذیری

$$q_m = t_p \times s_p \quad (1)$$

$$t_p = f(t_d, m_p, g_p) \quad (2)$$

که در آن: t_d : تolerانس طراحی)

q_m : شاخص ریسک تغییرپذیری تولید اجزاء

m_p : ریسک ماده برای فرآیند

g_p : ریسک هندسی برای فرآیند

t_p : ریسک تolerانس برای فرآیند

s_p : ریسک زبری سطح برای فرآیند

همانطور که در معادله ۲ نشان داده شده است، در فرمول بندی ریسک تolerانس برای فرآیند، بین مواد مورد استفاده و هندسه اجزاء، یک ارتباط بوجود آمده است. کاملاً واضح است که افزایش ناسازگاری ماده و پیچیدگی هندسی باعث افزایش میزان تغییرات مرتبط با تolerانس ابعاد می گردد. معادله فوق این نشانه گذاری را به ریسک تolerانس تنظیم مرتبط

۲-۱) تجزیه و تحلیل ریسک های تغییرپذیری تولید اجزاء (بوکر، ۲۰۰۱)

در توسعه شاخص ریسک تغییرپذیری در تولید اجزاء (q_m)، در نظر گرفتن تعدادی فصل مشترک طراحی/تولید مفید واقع می شود که شامل موارد زیر است:

- تطابق ماده با فرآیند
- هندسه ی هر جزء برای محدودیت فرآیند
- دقت فرآیند و قابلیت تolerانس
- زبری سطح و قابلیت جزئیات

در فرموله کردن q_m ، فرض گردیده است که یک سطح اصلی از تغییرات وجود دارد که مرتبط با طراحی ایده ال برای یک فرآیند تولید خاص می باشد. همچنین پارمترهای ذکر شده در فوق می توانند بصورت مستقل، فرض شده و براساس برخی توابع تطبیق یابند:

می‌کند، که به وسیله تقسیم تلرانس طراحی بر حاصل ضرب m_p, g_p صورت می‌پذیرد.

$$(3) \quad t_d / (m_p \times g_p) = \text{تنظیم تلرانس}$$

مفهوم اساسی شاخص ریسک تغییرپذیری تولید اجزاء، به صورتی است که یک طرح ایده آل برای یک قطعه زمانی وجود دارد که شاخص ریسک برابر یک باشد که نشان دهنده ی قابل کنترل بودن تغییرات است. شاخص های ریسک بزرگتر از یک، پتانسیل بیشتری برای تغییرپذیری در فرآیند تولید را نشان می‌دهد و لذا در تمام موارد $q_m \geq 1$ است.

۲-۲) تجزیه و تحلیل ریسک های تغییرپذیری در مونتاژ اجزاء (بوکر، ۲۰۰۱)

مونتاژ محصول بخش بسیار مهمی است که تمرکز بر روی موارد کارکردی آن از قبیل جا به جا کردن، تنظیم کردن و متصل کردن در مراحل طراحی توجیه می‌شوند. شرایط مونتاژ اجزاء، شامل انواع فرآیندهای زیر است:

- خواص جا به جا کردن، h_p
- خواص تطابق دادن، f_p
- بررسی مونتاژ اضافی، a_p
- آیا فرآیند بصورت دستی یا اتوماتیک انجام می‌گیرد.

در این مرحله از توسعه، شاخص ریسک مرتبط با تغییرات مونتاژ اجزاء، برابر با حاصل ضرب ریسک‌های انطباق و جا به جا کردن است:

$$(4) \quad q_a = h_p \times f_p$$

مقادیر بالای q_a ، طراحی دارای ریسک بالا را نشان می‌دهد. مقادیر تقریبی q_a ، تمایل به قرارگرفتن در محدوده ی ۱ تا ۵ را دارند.

۳-۲) زمان مونتاژ قطعات (صفوی، ۱۳۹۰)، (اردکانیان، ۱۳۹۰)

دو فاکتور اصلی که برروی هزینه مونتاژ محصول تأثیر می‌گذارند عبارتند از:

۱. تعداد کل قطعات

۲. سادگی جا به جایی، جازدن و اتصال قطعات

بنابراین نیاز به روشی داریم که بتوان تأثیرات تغییرات مختلف را برروی هزینه و زمان مونتاژ بررسی کنیم. برای این منظور، شیوه DFA، سیستمی برای تخمین زمان مونتاژ قطعات ارائه می‌دهد.

۱-۳-۲) تخمین زمان جا به جایی محصول (صفوی، ۱۳۹۰)

خصوصیاتی که انتقال دستی قطعات را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند، عبارتند از:

اندازه، ضخامت، وزن، میزان تودرتویی، میزان درهم پیچیدن، شکنندگی، انعطاف پذیری، لیز بودن، چسبندگی، نیاز به استفاده از دو دست، نیاز به استفاده از ابزارهای گیرنده، نیاز به بزرگنمایی چشمی و نیاز به کمک مکانیکی

۲-۳-۲) تخمین زمان انطباق (جازدن) محصول (صفوی، ۱۳۹۰)، (اردکانیان، ۱۳۹۰)

سیستم طبقه بندی DFA برای جازدن و اتصال دستی به اثر متقابل قطعات جفت هنگام تماس و بستن، مربوط می‌شود. خصوصیات طراحی ویژه ای که شدیداً زمان جازدن و اتصال دستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، عبارتند از:

- قابلیت دسترسی محل مونتاژ
- سادگی کارکردن با ابزار مونتاژ
- میزان قابل رویت بودن مکان مونتاژ
- سادگی تنظیم و مکان یابی در حین مونتاژ

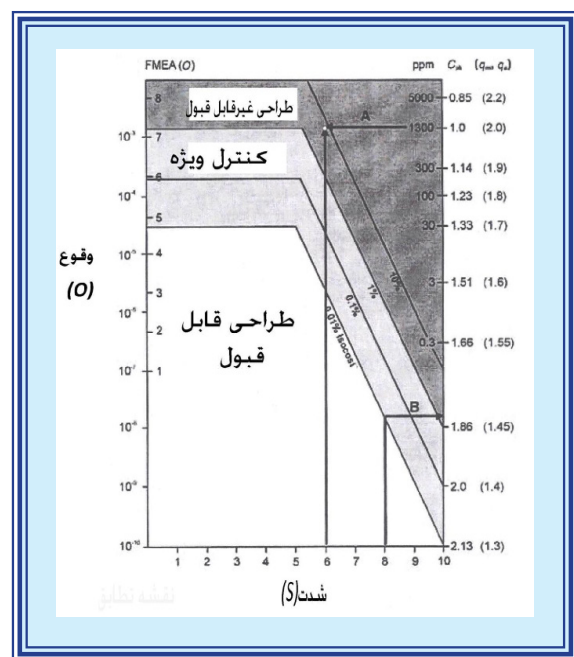
۴-۲) تأثیرات عدم مطابقت پذیری (بوکر، ۲۰۰۱)

پس از بدست آمدن دو شاخص ریسک تغییرات تولید و مونتاژ، باید اثرات تطابق پذیری آن‌ها را از طریق نقشه مطابقت پذیری مشخص کرد، تا بتوان تعیین کرد که قطعه در چه ناحیه ای از فرایند طراحی محصول قرار دارد. به موجب آن، ابتدا باید طراحی FMEA، صورت گیرد و شدت FMEA اندازه گیری شود. همچنین نقشه مطابقت پذیری اجازه می‌دهد تا درصد هم‌هزینه‌گی (isocost%) شکست با تعیین

شدت شکست (s) FMEA و شاخص ریسک تغییرات، تخمین زده شود و هزینه شکست کلی را با علم به هزینه محتمل هر قطعه و حجم تولیدات بدست آورد.

۱-۴-۲) نقشه ی هزینه های کیفی (بوکر، ۲۰۰۱)

تصویر ۲-۲ گرافی را که نقشه مطابقت پذیری نامیده می شود را نشان داده است. سه مرز طراحی قابل قبول، طراحی کنترل ویژه و طراحی غیرقابل قبول بر روی نقشه مشخص شده است. این ناحیه با برخورد دو عدد شاخص ریسک تغییرات (q_m, q_a) و شدت FMEA مشخص می گردد. میزان استاندارد برای پذیرش شاخص قابلیت فرایند هر مشخصه (C_{pk}) بصورت نرمال برابر ۳۳/۱ در نظر گرفته شده است. این استاندارد برای متناظر کردن برآورد هزینه های شکست مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل (۲-۲) نقشه مطابقت پذیری

۲-۴-۲) ماتریس تطابق (بوکر، ۲۰۰۱)

آخرین قسمت آنالیز بر پایه ی تکمیل یک ماتریس تطابق بوده که شاخص های ریسک تغییرپذیری فرآیندهای مونتاژ و تولید سازه را به شدت شکست و هزینه های شکست مرتبط می کند. زمانی که ریسک های تغییرپذیری، محاسبه گردیدند، ارتباط میان سبک های شکست از FMEA برای هر ماهیت

بحرانی ایجاد می گردد. برای هر مقدار ریسک q_a, q_m و (s) درجه ی شدت، سطح مقبولیت طرح از جایی که این مقادیر با نقشه ی مطابقت پذیری برخورد می کنند، مشخص می گردد.

۵-۲) تعیین هزینه های شکست محصول برای طراحی محصول

فرآیند محاسبه ی هزینه های شکست اجزاء در زیر آمده است :

- تعیین مقدار q_a یا q_m
- فراهم کردن یک درجه از شدت (S) FMEA
- تخمین تعداد اجزایی که باید تولید شوند (N)
- تخمین هزینه ی اجزاء (P_c)
- تخمین زمان جا به جایی (t_h)
- تخمین زمان انطباق (t_p)
- زمان عملیات کل ($T=t_h+t_p$)
- تخمین هزینه هر دقیقه کار (C_w)

هزینه زمان مونتاژ برای طراحی محصول (اردکانیان، ۱۳۹۰):

$$T.C.W.N = \text{ثانیه حسب بر زمان واحد هر کلی هزینه (۶)}$$

و همچنین هزینه ریسک تغییر پذیری تولید/مونتاژ قطعات (بوکر، ۲۰۰۱):

$$(7) \quad \text{شکست هزینه} = (\text{isocost}(\%) \times P_c \times N) / 100$$

در نتیجه میزان هزینه ی شکست کلی از رابطه زیر بدست می آید:

$$(8) \quad T.C.W.N + (\text{isocost}(\%) \times P_c \times N) / 100 = \text{هزینه شکست کلی}$$

۳) تجزیه و تحلیل داده ها و یافته های تحقیق


۳-۱) محاسبه شاخص ریسک تغییرات تولید و مونتاژ سری چرخ گوشت

برای هریک از ریسک مواد، هندسی، تیرانس، زبری سطح و همچنین ریسک انطباق و جا به جایی مواردی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اعداد استاندارد شده ای تعلق گرفته است. در جدول (۲-۱) محاسبه دو شاخص ریسک تغییرات (q_m, q_a) بصورت

کلی آورده شده است.

تجزیه و تحلیل		q_m
۱/۰	ماده آلومینیوم برای فرآیند ریخته گری در نقشه قابلیت تعیین شده است.	$m_p = 1/0$
-	بررسی تغییرات مشخصات ماده در حین فرآیند تولید	
-	بررسی سازگاری مواد برای آن دسته از فرایندهایی که در نقشه قابلیت تعیین نشده اند	
۱/۷	مشخصه در وسط خط جداسازی قالب در فرآیند ریخته گری قرار دارد.	$g_p = 2/455$
۱/۳	سه مشخصه بحرانی در سطوح سری وجود دارد.	
۱	شکل هندسی قطعه محدودیت در اجرای فنی ایجاد نمی کند	
۱	بررسی نواحی پشتیبان نشده باریک قطعه در طول فرآیند	
۱/۱	اجزای تکراری قطعه ویژگی های نامتقارن یا تکراری دارد	
۱	تعداد عملیات تنظیم کردن جدید مورد نیاز نیست.	$t_p = 2/24$
۰/۱۲۲	تعیین تلرانس تنظیم با استفاده از تلرانس طراحی و m_p ، g_p	
۱/۳	سه فرآیند ریخته گری، تراشکاری، پولیش در ساخت قطعه استفاده شده است.	$s_p = 1/3$
۱	مشخصه زبری سطح برای فرآیند بصورت قرار دادی برابر یک در نظر گرفته می شود.	
۱/۳	سه فرآیند ریخته گری، تراشکاری و پولیش در ساخت قطعه استفاده شده است.	

تجزیه و تحلیل		تغییرات مونتاز
۱	تکنولوژی جا به جایی، دستی می باشد و حساسیت اجزاء نسبت به تغییر دما و ناخالصی ها وجود ندارد.	$h_p = 1$
۱	امکان مونتاز غلط وجود ندارد.	
۱	برای دسترسی به وضعیت دقیق، نیاز به نظارت اپراتور یا تلرانس موقعیتی وجود ندارد.	
۱	جهت فرآیند، بصورت مستقیم می باشد.	$f_p = 2/08$
۱/۳	قطعه بصورت همزمان با پیچ بغل چرخ گوشت بسته می شود.	
۱/۶	قطعه بصورت اتصال از طریق قطعه دیگر بر بدنه متصل می گردد.	
۱	محدودیت دید یا دسترسی در هنگام مونتاز وجود ندارد.	
۱	در هنگام تراز کردن قطعه مشکل وجود ندارد.	
۱	مقاومت برای افزوده شدن قطعه وجود ندارد.	

نام قطعه	سری چرخ گوشت	محاسبه q_m
مواد	آلومینیوم	$m_p = 1$
فرآیند ساخت	ریخته گری و تراشکاری	$g_p = 1.7 \times 1.1 \times 1.0 \times 1.01 \times 1.3 \times 1.1 = 2.455$
ابعاد مشخصه	145mm	$t_d / (m_p \times g_p) = (0.3) / (1.0 \times 2.455) = 0.122$
تلرانس طراحی	0/3 (mm)	$t_p = 1.7 \times 1.3 = 2.21$
		$s_p = 1 \times 1.3 = 1.3$
		$q_m = t_p \times s_p = 2.21 \times 1.3 = 2.87$
		محاسبه q_a
		$h_p = 1$
		$f_p = 2.08$
		$q_a = h_p \times f_p = 1.0 \times 2.08 = 2.08$

جدول (۱-۲). محاسبه شاخص ریسک تغییرپذیری تولید و مونتاز اجزاء

تفسیر	$q_m = t_p \cdot s_p$								$q_a = h_p \cdot f_p$		
	ابعاد مشخصه (mm)	تولید طراحی (mm)	ریسک فرآیند مواد، m_p	ریسک فرآیند هندسی، s_p	تولید تنظیم	ریسک فرآیند تولد، t_p	ریسک فرآیند زبری سطح، s_p	شاخص ریسک تغییر پذیری تولید اجزاء	ریسک فرآیند جابجایی، h_p	فرآیند تطبیق کلی، f_p	شاخص ریسک تغییر پذیری مونتاژ اجزاء
طراحی غیر قابل قبول	۱۴۵	۰.۲	۱	۲.۴۵۵	۰.۱۲۲	۲.۲۱	۱.۳	۲.۸۷	۱	۲.۰۸	۲.۰۸
فرآیند مونتاژ / اجزاء											
سری											

جدول (۲-۲) ریسک های تغییر پذیری

۲-۳ تکمیل ماتریس تطابق پذیری

معرف فرآیند مونتاژ / اجزاء	شاخص ریسک تغییر پذیری تولید اجزاء	شاخص ریسک تغییر پذیری مونتاژ اجزاء	زمان مونتاژ قطعه	نرخ شدت FMEA(S) و توصیف حالت شکست			تفسیر (اقدام برای تأمین کننده)
				شکسته بودن سری، ضایعه داشتن روی لپه های سری			
سری چرخ گوشت	۲/۸۷	۲/۰۸	۷/۵	۵			طراحی غیر قابل قبول
درصد هم هزینه شکست				۱۰			
هزینه تغییرات تولید / مونتاژ				۱۷۵۰۰۰			
هزینه هر واحد زمان بر حسب ثانیه				۲۰۶۲۵			
هزینه شکست کلی				۱۹۵۶۲۵			

جدول (۲-۳). ماتریس تطابق پذیری

(N: 500, P_c: 3500, C_w: 330)

قطعه انجام گرفت. فاز سوم نیز تجزیه و تحلیل ریسک های تغییر پذیری مونتاژ قطعه انجام گرفت. بعد از تخمین زمان مونتاژ قطعات در فاز چهارم با کمک نقشه تطابق پذیری بررسی ریسک های تغییر پذیری صورت گرفت. بعد از آن جهت بررسی تأثیرات تطابق پذیری با کمک طراحی FMEA، فاز ششم که تکمیل ماتریس تطابق پذیری بود انجام گرفت و هزینه های شکست محصول تخمین زده شد. در نهایت مشخص گردید که سری چرخ گوشت در ناحیه طراحی غیر قابل قبول، قرار دارد. با استفاده از این الگو، قبل از آنکه محصول وارد خط تولید شود می توان تشخیص داد که آیا طراحی مطلوب صورت

با توجه به مقدار شاخص ریسک تغییر پذیری تولید یا مونتاژ قطعه و شدت بدست آمده، از طریق نقشه تطابق پذیری مشخص گردید که سری چرخ گوشت در ناحیه طراحی غیر قابل قبول، قرار دارد و نیاز به طراحی مجدد آن می باشد.

۴ نتیجه گیری

در این تحقیق یک الگو برای بهبود قابلیت فرآیند طراحی محصول ارائه گردید که از شش فاز اصلی تشکیل شده است؛ فاز اول شناسایی قطعه مورد بررسی می باشد و در فاز دوم با شناسایی قطعه، تجزیه و تحلیل ریسک های تغییر پذیری تولید

گرفته یا خیر؟ و مانع بسیاری از هزینه های شکست
محصول شد.

۵) منابع و مراجع

1. Booker, J.D. Rains, M. Swift, K.G.(2001), "Designing capable and Reliable products", a division of reed educational and professional publishing LTD. A member of the Reed Elsevier plc group.
2. Deaf, A. (2012) "Assessing lean system using variability mapping". Procedia CHRP, Volume3, Pages2-7.
3. Jiang, M. and Murthy, DNP. (2009), "Impact of quality variations on product reliability", Reliability Engineering & System Safety, Volum94, Issue2, Pages490-496
4. Sandgren, E. and Cameron, T.M. (2012), "Robust design optimization of structures through consideration of variation", Computers & Structures, Volume 80, Issues 20-21, Pages 1605-1613.

۵. اردکانیان، ه. (۱۳۹۰)، سیستم های کاهش هزینه و طراحی برای تولید پذیری، انتشارات رسا، تهران.

۶. جعفرنژاد، ا. (۱۳۷۶)، مدیریت تولید و عملیات، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

۷. دبیری، غ.، غدیری ثانی، م. و ودایع خیری، ح. (۱۳۸۸)، آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن، انتشارات ساپکو.

۸. شریفی، م.، غلامی، ح. و کرباسیان، م.، مهندسی، (۱۳۹۱)، قابلیت اطمینان، چاپ اول، انتشارات امید انقلاب، تهران.

۹. صفوی، م. (۱۳۹۰)، مونتاژ اتوماتیک و طراحی محصول، انتشارات ارکان دانش، اصفهان.

۱۰. کرباسیان، م. و طباطبایی، ل.، آشنایی با قابلیت اطمینان، چاپ اول، انتشارات ارکان دانش اصفهان، ۱۳۸۸.