

## استفاده از تکنیک‌های طراحی برای بهبود وزن تایر و افزایش راندمان تولید در مجتمع صنعتی آرتاویل تایر

داود مهدوی

مدیر تکنولوژی مجتمع صنعتی آرتاویل تایر

davood.mahdavi78@gmail.com

چکیده: تکنیک‌های طراحی شامل DFA، DOE و DFM یک رویکرد علمی است که به ما اجازه کسب دانش برای فهم بهتر یک فرایند تولید و چگونگی تأثیر ورودی بر محصول نهایی و ایجاد دستورالعمل‌هایی برای بهینه‌سازی ابعاد و ضخامت مواد نیم ساخته و همچنین برای کاهش تعداد اجزاء و قطعات موردنیاز در تولید محصول و سهولت مونتاژ و کاهش هزینه و پیچیدگی‌های تولید و کاهش ضایعات و افزایش کیفیت و به‌طور کلی افزایش بهره‌وری تولید را در یک سیستم تولیدی به‌همراه دارد و با این تکنیک‌ها در طراحی محصول می‌توان تصمیم‌گیری‌هایی مبتنی بر داده و آمار ارائه داد و خطاهای احتمالی در فرایند تولید را به شکل معنی‌داری کاهش داد.

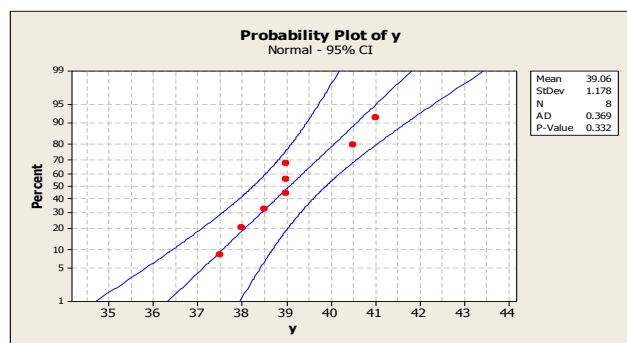
واژه‌های کلیدی: تکنیک‌های طراحی، DOE، DFA، DFM، قابلیت اطمینان

### مقدمه

برای مثال با جاگذاری مقادیر  $X_1$ ,  $X_3$ ,  $Y$  از سطر ۳ مقدار  $X_2$  برابر با ۹٫۱ به‌دست می‌آید که تقریباً مطابق با تلرانس محاسبه‌شده است (شکل ۱).

جدول ۱-

| $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $Y$  |
|-------|-------|-------|------|
| ۳٫۳   | ۹٫۳   | ۷٫۹   | ۳۷٫۵ |
| ۳٫۳   | ۹٫۳   | ۸٫۱   | ۳۹   |
| ۳٫۳   | ۹٫۷   | ۷٫۹   | ۴۱   |
| ۳٫۳   | ۹٫۷   | ۸٫۱   | ۳۸   |
| ۳٫۷   | ۹٫۳   | ۷٫۹   | ۳۹   |
| ۳٫۷   | ۹٫۳   | ۸٫۱   | ۴۰٫۵ |
| ۳٫۷   | ۹٫۷   | ۷٫۹   | ۳۸٫۵ |
| ۳٫۷   | ۹٫۷   | ۸٫۱   | ۳۹   |



شکل ۱- نمودار قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان در طراحی برای پارامتر فوق توسط نرم‌افزار محاسبه‌شده است (جدول ۲).

تایر به‌عنوان یکی از قطعات اصلی و ضروری در صنعت و به‌دلیل تولید انبوه آن در سطح جهان و تنوع و زیاد بودن فرایند تولید آن نقش مهمی در چرخه اقتصاد جهانی دارد. از این‌رو شناسایی راه‌کارهای افزایش کیفیت و بهینه‌سازی منابع و کاهش ضایعات و بهبود فرایند که یکی از محور هفدهمین همایش ملی صنعت لاستیک است از ضروریات این صنعت است در این مقاله، در شرکت آرتاویل تایر از سه تکنیک طراحی DOE برای محاسبه قابلیت اطمینان طراحی و تعریف تلرانس‌ها در پارامترهای کیفی محصول که از طریق ماتریس طراحی تعیین‌شده استفاده‌شده است از DFA در ساده‌سازی فرایند مونتاژ قطعات نیم ساخته تایر و از DFM در طراحی قطعات و مجموعه‌هایی که به‌راحتی ساخت شده و خطاهای احتمالی تولید تایر که به‌صورت انبوه هست را با حفظ کیفیت کاهش می‌دهد به‌کار گرفته‌شده است.

### بخش تجربی

به‌دلیل تنوع آیت‌های کیفی در بحث مواد نیم ساخته به‌عنوان نمونه در این پژوهش سه آیت ضخامت سایه‌دال ( $X_1$ ) ضخامت ترد در ناحیه سنتر ( $X_2$ ) و عمق آج ( $X_3$ ) و تأثیر آن در حداقل میزان دوام ( $Y$ ) را با استفاده از تکنیک DOE بررسی کردیم.

$$X_1 = 3.50 \pm 0.2 \text{ mm} \quad X_2 = 9.5 \pm 0.2 \text{ mm} \quad X_3 = 8 \pm 0.1 \text{ mm}$$

$$Y = \min 37.5 \text{ Hr}$$

که ۳ برابر با ۸ حالت به شرح جدول ۱ داریم.

فرمول محاسبه‌شده برای دیتاهای فوق توسط نرم‌افزار Mini Tab به‌صورت زیر است:

$$Y = -31534 + 8272 x_1 + 3387 x_2 + 3887 x_3 - 889.1 x_1 * x_2 - 1017 x_1 * x_3 - 417.2 x_2 * x_3 + 109.4 x_1 * x_2 * x_3$$

جدول ۲- شاخص DFA برای سایز رادیال

| نام قطعه                   | شماره قطعه | تعداد دفعاتی که عملیات به‌صورت متوالی انجام می‌شود | زمان عملیات دستی روی هر قطعه (ثانیه) | زمان جاگذاری قطعه (ثانیه) | زمان عملیات هر قطعه (زمان عملیات دستی + زمان جاگذاری) | تعداد حداقل قطعه تئوری (۰ یا ۱) |
|----------------------------|------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| ترد                        | ۱          | ۱                                                  | ۵                                    | ۵                         | ۱۰                                                    | ۱                               |
| سایه‌دال                   | ۲          | ۱                                                  | ۷                                    | ۵                         | ۱۲                                                    | ۱                               |
| بلت سیمی ۱                 | ۳          | ۱                                                  | ۰                                    | ۳                         | ۳                                                     | ۱                               |
| بلت سیمی ۲                 | ۴          | ۱                                                  | ۰                                    | ۳                         | ۳                                                     | ۱                               |
| بید                        | ۵          | ۱                                                  | ۱                                    | ۳                         | ۴                                                     | ۱                               |
| JLB                        | ۶          | ۱                                                  | ۳                                    | ۴                         | ۷                                                     | ۱                               |
| لایه I                     | ۷          | ۱                                                  | ۳                                    | ۳                         | ۶                                                     | ۱                               |
| لایه II                    | ۸          | ۱                                                  | ۳                                    | ۳                         | ۶                                                     | ۱                               |
| مونتاژ کیس I بر روی کیس II | ۹          | ۱                                                  | ۲                                    | ۲۰                        | ۲۲                                                    | ۱                               |

#### نتیجه‌گیری

$$N_{min} = 9, t_a = 3, t_m = 73$$

$$DFA\ Efficiency = (N_{min} \times t_a) / t_{ma} \times 100$$

$$DFA\ Eff = 37\%$$

استفاده از این تکنیک‌ها در سال ۱۴۰۳ در شرکت آرتاویل تایر منجر به نتایج زیر شد:  
۱- محاسبه دقیق ابعاد و ضخامت مواد نیم ساخته و وزن محصول نهایی  
اصلاح پروفایل برای سایزهای رادیال معادل ۱۰۰۰ تن در سال صرفه‌جویی  
مواد اولیه به همراه داشت.

۲- کاهش زمان مونتاژ و کاهش زمان تعویض سایزها در ایستگاه‌های مختلف  
تولید باعث افزایش راندمان تولید شد.  
۳- بهینه کردن زمان پخت تایر و کاهش آن با سیم‌گذاری و حذف زمان‌های  
از دست‌رفته منجر به افزایش راندمان تولید به میزان تقریبی ۱۲۰۰ تن در سال شد.  
به‌طوری‌که رکورد تولید در مجموعه آرتاویل تایر در سال ۱۴۰۳ برای اولین بار  
با کمترین ضایعات رقم خورد.

#### استفاده از تکنیک DFM در طراحی سایز رادیال

۱- طراحی درام قابل تغییر با اسپیسر در ماشین تایرسازی جهت جلوگیری از  
توقف و کاهش راندمان تولید ناشی از تعویض کل درام.  
۲- افزایش سرعت ساخت با راه‌اندازی ماشین اتومات.  
۳- کاهش زمان پخت تایر با افزایش کیفیت و راندمان تولید.  
۴- یکسان‌سازی بعضی از مواد نیم ساخته در سایزهای مختلف.

#### مراجع

[1] Engineering Today's Designed Experiments

[۲] طراحی برای راحتی تولید و مونتاژ- سید هادی محقق نشر طراح دایره صنعت

[3] Design and Analysis of Experiments 10th Edition Douglas Montgomery