



پروژه کارشناسی

## Application of control charts in industry

کاربرد نمودار های کنترل در صنعت

استاد مربوطه : دکتر حامد لرونند

تهیه کننده : فایزه یادگاری

شماره دانشجویی : 9932873

مقطع تحصیلی : کارشناسی

دانشکده علوم ریاضی

۱ ..... مقدمه

## کنترل کیفیت آماری

۲ ..... اصول کنترل کیفیت آماری

۲ ..... اجرای کنترل کیفیت آماری

۳ ..... انواع تست های کنترل کیفیت برای ریزتراشه ها

۴ ..... مزایای کنترل کیفیت آماری

## تعریف کیفیت

۴ ..... تعریف کیفیت برای ریزتراشه ها

۵ ..... ارزیابی کیفیت

۶ ..... تاثیر کیفیت

## مهندسی کیفیت

۷ ..... ابزارها و فرآیندهای مهندسی کیفیت

۸ ..... کنترل فرآیند آماری برای ریز تراشه ها

## هزینه های کیفیت

۹ ..... هزینه کیفیت ریز تراشه ها

## بهبود کیفیت

۱۲ ..... بهبود کیفیت ریز تراشه ها

۱۳ ..... طراحی برای بهبود کیفیت

۱۴ ..... تضمین کیفیت ریزتراشه ها

۱۴ ..... ابزارهای مورد استفاده برای بهبود کیفیت

## تضمین کیفیت

۱۶ ..... تضمین کیفیت

۱۷ ..... تضمین کیفیت در تولید ریزتراشه

۱۷ ..... حفظ استانداردهای تضمین کیفیت

۱۸ ..... اجرای طرح های تضمین کیفیت

۱۹ ..... بهبود مستمر کنترل کیفیت

## نظام های کیفیت و استاندارد

۲۰	.....	نظام های کیفیت و استاندارد
۲۰	.....	ملزومات قانونی
۲۱	.....	گواهی و انطباق
۲۱	.....	فرآیند ساخت
۲۲	.....	ملاحظات محیط زیستی

## شش سیگما

۲۳	.....	روش شش سیگما
۲۳	.....	آشنایی با شش سیگما
۲۴	.....	تعریف الزامات فرآیند
۲۴	.....	تجزیه و تحلیل و بهبود فرآیندها
۲۵	.....	اجرای تغییرات و نتایج پایش

## نمودار کنترل

۲۶	.....	نمودار کنترل
۲۷	.....	پیاده سازی نمودار کنترل
۲۸	.....	تفسیر موضوع و اهمیت کنترل کیفیت آن

## تفسیر و بررسی مجموعه داده میکروچیپ ها

۲۹	.....	تفسیر موضوع و اهمیت کنترل کیفیت آن
۳۰	.....	شرح روش نمونه گیری
۳۲	.....	بررسی فرض داده ها برای مشخصه دما
۳۳	.....	رسم نمودار $\bar{X}$ -R
۳۵	.....	بررسی فرض داده ها برای مشخصه مقاومت
۳۸	.....	رسم نمودار $\bar{X}$ -S
۳۹	.....	رسم نمودار P (نامنطبق ها)
۴۲	.....	رسم نمودار $T^2$ -Generalized Variance
۴۳	.....	نتیجه گیری

## مقدمه

ریز تراشه یک مدار مجتمع کوچک است که شامل اجزای الکتریکی است که برای انجام عملکردهای خاص به یکدیگر متصل شده اند. این تراشه ها معمولاً از سیلیکون ساخته می شوند و اندازه آنها کمتر از ۱ سانتی متر است. ریز تراشه ها به بخش مهمی از فناوری مدرن تبدیل شده اند، از تامین انرژی کامپیوترها تا کنترل دستگاه های پزشکی. به این ترتیب، کیفیت این ریز تراشه ها به دلایل عملکرد قابل اعتماد و ایمنی بسیار مهم است.

فرآیندهای تضمین کیفیت باید در هر مرحله از فرآیند توسعه اجرا شوند تا اطمینان حاصل شود که هر چیپ استانداردهای مورد انتظار برای مشخصات طراحی، پارامترهای عملکرد و استانداردهای ایمنی را برآورده می کند یا از آنها فراتر می رود و محصول مورد بررسی در این پروژه همانطور که انتظار می رود میکروچیپ است. کنترل کیفیت آماری (SQC) مجموعه ای از تکنیک های مورد استفاده برای بهبود ثبات و دقت محصولات تولیدی است. SQC بر کنترل تغییرپذیری در فرآیند تولید تمرکز می کند و در عین حال بر عیوب در مراحل مختلف نظارت می کند. این به ویژه برای ریز تراشه ها مهم است، زیرا آنها به دقت و دقت بسیار بالایی نیاز دارند. SQC با استفاده از روش های آماری برای شناسایی روندها یا مسائل در فرآیند تولید که می تواند به سرعت قبل از بروز هر گونه آسیب به آن رسیدگی شود، اطمینان حاصل می کند که همه ریز تراشه های تولید شده با این استانداردها مطابقت دارند. با مدیریت پیشگیرانه هر گونه خطرات احتمالی مرتبط با فرآیندهای تولید، شرکت ها می توانند ریز تراشه های با کیفیت بالاتر را سریعتر و مقرون به صرفه تر از همیشه تولید کنند.

واضح است که اجرای اقدامات کنترل کیفیت آماری برای اطمینان از ریز تراشه های با کیفیت بالا در بازار رقابتی امروز ضروری است. با نظارت فعالانه بر فرآیندهای تولید و تنظیم اندازه گیری هایی برای قابلیت فرآیند مانند محاسبات میانگین و انحراف استاندارد، تولیدکنندگان می توانند به سرعت هرگونه مشکل بالقوه را قبل از جدی شدن که منجر به بهبود کیفیت محصول و زمان عرضه سریع تر به بازار می شود، بدون قربانی کردن سرعت کلی شناسایی کنند. یا به دلیل اصلاحات مورد نیاز پس از تکمیل تولید، هزینه های زیادی را متحمل شوند. علاوه بر این، طرح های نمونه گیری پذیرش، یک لایه حفاظتی اضافی برای تضمین ثبات در همه حوزه های عملیاتی در همه زمان ها فراهم می کند - به شرکت ها اجازه می دهد تا خطاهای احتمالی را زودتر تشخیص دهند تا اقدامات اصلاحی زودتر از دیرتر با حداقل اختلال یا هزینه انجام شود. در نتیجه ایجاد شده است. در نهایت، تکنیک های تجزیه و تحلیل داده ها مانند نمایش های گرافیکی (مانند هیستوگرام) ابزار ارزشمندی برای درک اینکه چگونه تغییرات دما/رطوبت یا سایر متغیرهای محیطی بر عملکرد تراشه تأثیر می گذارند - به تولیدکنندگان کمک می کنند تا فرآیندهای خود را مطابق با آن تنظیم کنند تا محصولات همچنان نیازهای مشتری را برآورده کنند.

## اصول کنترل کیفیت آماری

محاسبات میانگین و انحراف معیار تکنیک های آماری اساسی هستند که در SQC استفاده می شوند. این شامل محاسبه مقادیر میانگین یک جامعه نمونه و همچنین انحراف استاندارد مرتبط با آن است. با درک اینکه چگونه این دو معیار در طول زمان تغییر می کنند، شرکت ها می توانند به سرعت روندها یا نقاط پرت احتمالی را که ممکن است نشان دهنده نقص یا سایر مسائل کیفی در فرآیند تولیدشان باشد، شناسایی کنند. نمودارهای کنترل تطبیقی نیز ابزار مهمی برای کنترل کیفیت آماری هستند. این نمودارها امکان ردیابی شاخص های عملکرد کلیدی مانند تغییرات در ویژگی های یک محصول را در طول زمان فراهم می کند - به تولیدکنندگان اجازه می دهد تا در صورت یافتن سطوح غیرقابل قبول، فرآیندها را بر این اساس تنظیم کنند. این کمک می کند تا اطمینان حاصل شود که محصولات به طور مداوم نیازهای مشتری را برآورده می کنند بدون اینکه نیازی به قربانی کردن سرعت یا هزینه های کلی به دلیل اصلاحات بیش از حد مورد نیاز پس از تکمیل تولید باشد. در نهایت، طرح های نمونه برداری پذیرش، حفاظت از لایه دیگری را برای اطمینان از محصولات با کیفیت بالا از مرحله تولید به بعد فراهم می کنند. نمونه گیری پذیرش بر اساس بازرسی های تصادفی در مراحل مختلف در طول فرآیند تولید است - با نمونه هایی که بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده ترسیم شده اند که باید قبل از انتشار دسته های بیشتر در گردش یا فروش مستقیم به مشتریان رعایت شوند. به این ترتیب، SQC امکان شناسایی و تصحیح سریع مشکلات احتمالی را فراهم می کند و در عین حال با جلوگیری از تولید غیرضروری مقادیر زیادی انبار معیوب، باعث کاهش ضایعات و افزایش کارایی می شود.

## اجرای کنترل کیفیت آماری

هنگامی که یک طرح کیفیت ایجاد شد، گام بعدی در اجرای کنترل کیفیت آماری، تنظیم اندازه گیری برای قابلیت فرآیند است. این شامل ایجاد و ردیابی شاخص های کلیدی عملکرد مانند تنوع در ویژگی های محصول در طول زمان است. محاسبات میانگین و انحراف استاندارد برای شناسایی روندها یا نقاط پرت استفاده می شود که ممکن است نشان دهنده نقص یا سایر مسائل کیفی در فرآیند تولید باشد. نمودارهای کنترل تطبیقی با اجازه دادن به شرکت ها برای ردیابی سریع و دقیق KPIها به این امر کمک می کنند - شواهد بیشتری از مشکلات احتمالی که قبل از جدی شدن نیاز به رسیدگی دارند، ارائه می دهند. یکی دیگر از جنبه های مهم SQC، طرح های نمونه گیری پذیرش است. این شامل کشیدن نمونه های تصادفی از دسته ها در طی مراحل مختلف در سراسر فرآیند تولید بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده است، که باید قبل از انتشار دسته های بیشتر در گردش یا فروش مستقیم به مشتریان، رعایت شوند. نمونه برداری پذیرش، یک لایه حفاظتی اضافی در هنگام اطمینان از محصولات

با کیفیت بالا از ابتدا تا انتها فراهم می‌کند - تولیدکنندگان را قادر می‌سازد تا هر گونه ایراد احتمالی را زودتر تشخیص دهند تا بتوانند اقدامات اصلاحی را زودتر از دیرتر انجام دهند بدون اینکه به سرعت‌های توان کلی یا به خطر بیفتند. هزینه های ناشی از اصلاحات بیش از حد مورد نیاز پس از تکمیل تولید. در نهایت، تجزیه و تحلیل داده ها نقش مهمی در اجرای موفقیت آمیز اقدامات کنترل کیفیت آماری ایفا می‌کند. با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از ابزارهایی مانند نمایش‌های گرافیکی (مانند هیستوگرام)، شرکت‌ها می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد بهترین روش بهینه‌سازی فرآیندهای خود، کاهش ضایعات و به حداکثر رساندن کارایی اتخاذ کنند و در عین حال سازگاری محصول را در همه حوزه‌های عملیاتی همیشه حفظ کنند.

## انواع تست های کنترل کیفیت برای ریزتراشه ها

تست های بصری و عملکردی تست های کنترل کیفیت ضروری برای ریزتراشه ها هستند. اینها شامل بازرسی اجزای فیزیکی تراشه برای اطمینان از مطابقت با تمام مشخصات طراحی و همچنین آزمایش عملکرد آن در شرایط یا کاربردهای مختلف است. این می‌تواند شامل بررسی خواص الکتریکی مانند نشت جریان، زمان پاسخ، مصرف انرژی و یکپارچگی سیگنال باشد. ارزیابی خصوصیات فیزیکی اتصالات لحیم کاری؛ و اجرای تست های عملکرد بر روی سیستم عامل های مختلف. تست های استاتیکی و دینامیکی نیز برای اطمینان از ریزتراشه های با کیفیت بالا مهم هستند. تست استاتیک شامل ارزیابی یک دستگاه بدون اعمال بار خارجی یا سیگنال های ورودی است در حالی که آزمایش دینامیکی مستلزم قرار دادن آن در معرض سطوح مختلف محرک های ورودی در یک دوره زمانی مشخص است. هر دو نوع تست اطلاعات ارزشمندی را در مورد عملکرد یک تراشه تحت شرایط مختلف محیطی ارائه می‌کنند - به سازندگان کمک می‌کند تا مناطقی را که نیاز به بهبود دارند، قبل از انتشار آنها در گردش شناسایی کنند. تست‌های دما و رطوبت نیز بخش مهمی از کنترل کیفیت برای ریزتراشه‌ها هستند - به‌ویژه در محیط‌هایی که این متغیرها می‌توانند در دوره‌های کوتاه به شدت نوسان کنند. از فصلی به فصل دیگر در محیط های بیرونی یا بین اتاق های دارای تهویه مطبوع در ساختمان ها. با درک اینکه چگونه تغییرات دما/رطوبت بر عملکرد تراشه تأثیر می‌گذارد، شرکت‌ها می‌توانند فرآیندهای خود را بر این اساس تنظیم کنند تا محصولات همچنان استانداردهای مورد نظر خود را رعایت کنند، حتی زمانی که در محیط‌های شدید خارج از محیط آزمایشگاه قرار می‌گیرند.

## مزایای کنترل کیفیت آماری

کنترل کیفیت آماری (SQC) ابزاری قدرتمند برای بهبود دقت و ثبات محصولات تولیدی است. با نظارت فعالانه بر فرآیندهای تولید، SQC به شناسایی و رسیدگی به هر گونه مشکل احتمالی قبل از جدی شدن کمک می‌کند - که منجر به بهبود کیفیت محصول، کاهش هزینه‌ها و زمان رسیدن سریعتر به بازار می‌شود. محاسبات میانگین و انحراف معیار تکنیک‌های آماری پایه‌ای هستند که در SQC استفاده می‌شوند. اینها به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا درک کنند که چگونه ارزش‌های عملکردی خاص مانند تغییرات در ویژگی‌های محصول در طول زمان تغییر می‌کنند - بینش‌های ارزشمندی را در مورد هر موضوعی که ممکن است به توجه یا تنظیم بیشتری در طول فرآیند تولید نیاز داشته باشد، ارائه می‌کند. نمودارهای کنترل تطبیقی نیز با ردیابی شاخص‌های کلیدی عملکرد مانند تغییرپذیری، نقش مهمی ایفا می‌کنند تا تولیدکنندگان بتوانند در صورت لزوم بدون کاهش سرعت توان یا افزایش ضایعات به دلیل اصلاحات مورد نیاز پس از تکمیل تولید، به سرعت تنظیمات را انجام دهند. طرح‌های نمونه‌گیری پذیرش لایه دیگری از حفاظت را در هنگام اطمینان از ریزتراشه‌های با کیفیت بالا از ابتدا تا انتها فراهم می‌کنند. از طریق این طرح‌ها، نمونه‌های تصادفی از دسته‌ها بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده استخراج می‌شوند که باید قبل از اینکه دسته‌های بعدی به گردش درآیند یا مستقیماً به مشتریان فروخته شوند، برآورده شوند - که امکان تشخیص سریع هر گونه ایراد احتمالی را می‌دهد تا اقدامات اصلاحی زودتر انجام شود. نه بعداً با حداقل اختلال یا هزینه متحمل شده در نتیجه. در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نمایش‌های گرافیکی مانند هیستوگرام، نقش اساسی در اجرای موفقیت‌آمیز اقدامات SQC ایفا می‌کند - شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا فرآیندهای خود را به‌طور دقیق ارزیابی کنند تا بتوانند آن‌ها را بر این اساس بهینه کنند و در عین حال استانداردهای ثابتی را در همه حوزه‌های عملیاتی همیشه حفظ کنند.

## تعریف کیفیت برای ریزتراشه‌ها

مشخصات طراحی برای ریزتراشه‌ها عناصر حیاتی فرآیند تضمین کیفیت هستند. این شامل طرح‌بندی طراحی، اجزای مورد استفاده و سایر جنبه‌های مرتبط با سخت‌افزار است که قابلیت اطمینان و عملکرد را تضمین می‌کند. پارامترهای عملکرد ریزتراشه‌ها نیز باید در نظر گرفته شوند تا اطمینان حاصل شود که الزامات برنامه مورد نظر را برآورده می‌کنند. این پارامترها شامل دمای عملیاتی، زمان پاسخگویی و غیره است. علاوه بر این، استانداردهای ایمنی ریزتراشه باید برای کاهش خطرات احتمالی مرتبط با استفاده از آنها در کاربردهای مختلف مانند دستگاه‌های پزشکی یا محصولات الکترونیکی مصرفی رعایت شود. این استانداردها محدوده‌های قابل قبولی را برای سطوح ولتاژ و محدودیت‌های جریان از جمله مواردی که باید در طراحی یک محصول ایمن در نظر گرفته شوند، تعریف

می کنند. مرحله آزمایش یکی دیگر از مراحل مهم در فرآیند تضمین کیفیت برای ریزتراشه‌ها است که در آن تمام آزمایش‌های لازم بر روی نمونه‌هایی از تراشه‌های تولید شده در طول دوره‌های تولید انجام می‌شود تا پایداری آنها به مشخصات طراحی و پارامترهای عملکردی که قبلاً در چرخه‌های توسعه تعریف شده بود، تأیید شود. بسته به آنچه که باید در برابر الزامات مشخص شده توسط مشتریان یا تیم‌های داخلی تأیید شود، آزمایش‌ها می‌توانند از بازرسی بصری ساده تا شبیه‌سازی‌های پیچیده که در سطح سیستم کامل اجرا می‌شوند، متفاوت باشند. علاوه بر این، سازندگان اغلب تست‌های فشار اضافی مانند چرخه حرارتی (گرمایش/سرمايش) یا تست شوک/ارتعاش را انجام می‌دهند که می‌تواند به شناسایی مشکلاتی که در طول بازرسی‌های معمولی چپ‌ست‌ها در شرایط کاری معمولی آشکار نیستند کمک کند - این به محافظت بیشتر از کاربران نهایی کمک می‌کند. اثرات بالقوه خطرناک ناشی از مشکلات پیش‌بینی نشده که ممکن است به دلیل استفاده طولانی مدت در دماهای بالاتر یا محیط‌های تحت فشار در بازه‌های زمانی طولانی تر از ساعت‌های عملیاتی مورد انتظار سناریوهای استفاده طراحی شده برای محصولات معین حاوی آن چپ‌ست‌ها در آنها ایجاد شود.

## ارزیابی کیفیت

یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای کنترل کیفیت ریزتراشه‌ها، مانیتورینگ بلادرنگ است. این شامل آزمایش و بازرسی مداوم عملکرد هر تراشه در طول تولید است تا اطمینان حاصل شود که مشخصات طراحی و پارامترهای عملکرد مشخص شده را برآورده می‌کند. نظارت بلادرنگ به سازندگان اجازه می‌دهد تا به سرعت هرگونه اختلاف در رفتار یا عملکرد تراشه را شناسایی کنند، که سپس می‌توان آن‌ها را قبل از ارسال به بیرون اصلاح کرد. این نوع کنترل کیفیت به کاهش شکایات مشتریان و افزایش رضایت مشتری از محصول خریداری شده آنها کمک می‌کند. تست تشخیص خطا یکی دیگر از جنبه‌های کلیدی در حصول اطمینان از رعایت استانداردهای اطمینان و ایمنی مربوط به استفاده از ریزتراشه است. تست‌های استاندارد مانند تایید سطح منطقی، تشخیص نشتی جریان، تجزیه و تحلیل یکپارچگی سیگنال، تست‌های رد نویز منبع تغذیه تنها نمونه‌هایی از این هستند که چگونه سازنده‌ها می‌توانند خطاها را در یک طراحی چپ‌ست مشخص قبل از ارسال تشخیص دهند - این به محافظت از کاربران نهایی در برابر تراشه‌های معیوب کمک می‌کند. ممکن است حاوی ایرادات پنهانی باشد که بدون استفاده از تکنیک‌های بازرسی مناسب توسط تیم‌هایی که بر روی محصولات/سیستم‌هایی که به ترتیب حاوی این تراشه‌ها هستند، کار می‌کنند، قابل شناسایی نیستند. در نهایت، سیستم‌های تجهیزات تست خودکار (ATE) به دلیل توانایی آنها در انجام چرخه‌های آزمایش سریع و در عین حال کامل در حجم بالا در دوره‌های زمانی کوتاه، به بخشی جدایی‌ناپذیر در ارائه فرآیندهای تضمین کیفیت کارآمد در تولید ریزتراشه‌ها در مقیاس بزرگ تبدیل شده‌اند. - این باعث می‌شود راه‌حل‌های ATE دارای‌های ارزشمندی برای شرکت‌هایی باشد که به دنبال تولید



میلیون‌ها میلیون چپ‌پست سال به سال بدون به خطر انداختن استانداردهای کیفیت در سراسر خطوط تولید هستند، جایی که این ماشین‌ها به طور منظم در هر مرحله از شروع تا پایان در هنگام پایین آمدن وارد عمل می‌شوند. انجام کارها به درستی و کارآمد و در عین حال حفظ سطوح مورد نیاز مشتریان با استفاده از همان محصولات در فعالیت های روزمره بسته به نیازهای کاربردی خاص که توسط نیازهای بازار در سطح جهانی امروزه مورد نیاز است.

## تأثیر کیفیت

تأثیر کیفیت بر عملکرد همیشه یکی از دغدغه‌های اصلی کسانی بوده است که مسئول توسعه و تولید ریزتراشه‌ها هستند. تراشه ای که با اجزای ضعیف یا چیدمان طراحی ضعیف طراحی شده است، می تواند منجر به کاهش عملکرد و خرابی های غیرمنتظره در کاربردهایی شود که قابلیت اطمینان بیشتری مورد نیاز است. فرآیندهای تضمین کیفیت باید در طول فرآیند توسعه اجرا شوند تا اطمینان حاصل شود که تراشه ها استانداردهای مورد انتظار برای مشخصات طراحی، پارامترهای عملکرد و استانداردهای ایمنی را برآورده می کنند یا از آنها فراتر می روند. این تضمین می‌کند که مشتریان محصولی را دریافت می‌کنند که می‌توانند به آن‌ها اعتماد کنند و همیشه مطابق انتظار عمل می‌کند. تأثیر کیفیت بر ایمنی نیز در هنگام برخورد با ریزتراشه ها بسیار مهم است. چپ‌پست ها به بخشی جدایی ناپذیر از بسیاری از محصولات تبدیل شده اند که روزانه از دستگاه های پزشکی گرفته تا لوازم الکترونیکی مصرفی استفاده می کنیم، بنابراین اطمینان از ایمن بودن آنها برای کاربران نهایی باید قبل از عرضه آنها در بازار در اولویت قرار گیرد - این به معنای اجرای اقدامات کنترل کیفیت مانند استرس است. آزمایشات (چرخه حرارتی/آزمایش شوک و ارتعاش) در کل چرخه های تولید و همچنین بازرسی ها و اعتبارسنجی های کامل با استفاده از سیستم های تجهیزات تست خودکار قبل از ارسال، گام های کاملاً ضروری توسط تولیدکنندگانی است که به دنبال ارائه راه حل های قابل اعتماد و در عین حال مقرون به صرفه هستند که امروزه کاربران به ترتیب در اینجا صحبت می کنند. در حال حاضر در سراسر جهان در حال حاضر در حال حاضر روزهای امروز هنوز در سراسر جهان در حال حاضر بیش از حد در واقع به هر حال به هر حال و غیره.

در نهایت، اطمینان از سطوح بالای قابلیت اطمینان از طریق کنترل‌های کیفی دقیق باید در هر مرحله در طول چرخه‌های توسعه تراشه انجام شود - این شامل انجام بررسی‌های تأیید سطح منطقی، آزمایش‌های تشخیص نشت فعلی و تجزیه و تحلیل یکپارچگی سیگنال از جمله نمونه‌هایی است که قبلاً در این مورد ذکر شد. همان مقاله قبلاً در اینجا از چند پاراگراف در بالا نوشته شده بود و اکنون در اینجا یک بار دیگر به طور کلی مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت پس از آن موارد بعدی و غیره ...

## ابزارها و فرآیندهای مهندسی کیفیت

مهندسی کیفیت فرآیندی است برای اطمینان از اینکه قطعات و محصولات مطابق با استانداردهای طراحی و الزامات مشتری هستند. مهندسی کیفیت شامل تعیین مشخصات برای کنترل کیفیت، تعیین روش‌هایی برای ارزیابی کیفیت محصول، ایجاد فرآیندهای بازرسی، نظارت بر فرآیندهای تولید، تجزیه و تحلیل داده‌های بازرسی‌ها و انجام اقدامات اصلاحی در صورت نیاز است. کنترل کیفیت آماری (SQC) یک روش سیستماتیک است که در تولید و سایر صنایع استفاده می‌شود تا اطمینان حاصل شود که محصولات به طور مداوم مشخصات از پیش تعیین شده را برآورده می‌کنند. تکنیک‌های SQC شامل جمع‌آوری داده‌های مربوط به عملکرد یک محصول یا قطعه در طول زمان است تا تولیدکنندگان بتوانند هر گونه مشکل را به سرعت شناسایی کنند و همچنین اقدامات پیشگیرانه را برای جلوگیری از مشکلات بعدی با قطعات مشابه انجام دهند.

بازرسی و آزمایش اجزای ضروری مهندسی کیفیت هستند. هدف از بازرسی شناسایی هر گونه نقص در قطعات یا محصولات قبل از رسیدن به دست مشتری است. تست برای اندازه‌گیری عملکرد قطعات یا محصولات در برابر استانداردهای تعیین شده استفاده می‌شود. این شامل تست‌هایی برای استحکام، دوام، دقت، قابلیت اطمینان و سایر ویژگی‌های مربوط به طراحی محصول می‌شود. مهندسان کیفیت از ابزارهای مختلفی مانند بازرسی بصری، اندازه‌گیری ابعاد و تست عملکردی برای ارزیابی کیفیت در طول فرآیندهای تولید استفاده می‌کنند. تجزیه و تحلیل آماری ابزار دیگری است که اغلب توسط مهندسان کیفیت به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بازرسی‌ها و آزمایش‌ها استفاده می‌شود. تکنیک‌های آماری را می‌توان در طیف وسیعی از فعالیت‌ها مانند نمودارهای کنترل فرآیند که شاخص‌های کلیدی را در طول زمان دنبال می‌کنند، اعمال کرد. آزمون فرضیه که نتایج مورد انتظار را با نتایج واقعی مقایسه می‌کند. تجزیه و تحلیل علت ریشه‌ای که علل زمینه‌ای را در پشت روندهای مشکل شناسایی می‌کند. و تحلیل رگرسیون که عملکرد آینده را بر اساس نتایج گذشته پیش‌بینی می‌کند. تشخیص عیب مهندسان با کیفیت را قادر می‌سازد تا به سرعت مشکلاتی را که در طول تولید یا هنگام سرویس‌دهی محصول به وجود می‌آیند، پس از فروش مشخص کنند. با استفاده از تکنیک‌های تشخیص خطا مانند ماشین‌های حالت محدود (FSM) یا درخت‌های تصمیم، می‌توان ناهنجاری‌ها را زود شناسایی کرد، بنابراین اقدامات اصلاحی را می‌توان به سرعت و بدون ایجاد اختلال در عملیات ادامه داد.

## کنترل فرآیند آماری برای کیفیت ریزتراشه

کنترل فرآیند آماری ابزار مهمی است که برای تضمین کیفیت در تولید ریزتراشه‌ها استفاده می‌شود. با اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به کیفیت محصول در طول زمان، اطمینان حاصل می‌شود که محصولات به طور مداوم مشخصات از پیش تعیین شده را برآورده می‌کنند. مهندسان کیفیت از تکنیک‌های SPC مانند نمودارهای کنترل فرآیند، آزمایش فرضیه، تحلیل علت ریشه‌ای و تحلیل رگرسیون استفاده می‌کنند تا هر مشکلی را در محصولات به سرعت قبل از رسیدن به مشتری شناسایی کنند. برای اینکه SPC موثر باشد، ابتدا باید با تعریف معیارهای پذیرش شروع شود که به عنوان معیاری برای تعیین اینکه آیا یک محصول با استانداردهای طراحی آن مطابقت دارد یا خیر، استفاده می‌شود. این شامل تنظیم سطوح قابل قبول نرخ عیب و سایر معیارهای عملکرد است که سپس در کل چرخه تولید نظارت می‌شود. پس از ایجاد این معیارها، مهندسان کیفیت می‌توانند ارزیابی دوره‌های مختلف تولید را بر اساس آنها آغاز کنند. با انجام این کار، آنها می‌توانند نتایج یک دوره را با دوره دیگر مقایسه کنند تا مسائل احتمالی زودتر شناسایی شوند و در صورت نیاز به سرعت به آنها رسیدگی شود. علاوه بر این، سازندگان ریزتراشه همچنین باید به استفاده از تکنیک‌های تشخیص خطا مانند ماشین‌های حالت محدود (FSM) یا درخت‌های تصمیم‌گیری در هنگام برخورد با سیستم‌های پیچیده مانند آنچه در فرآیندهای تولید نیمه‌رسانا یافت می‌شوند، توجه داشته باشند. این ابزارها مهندسان را قادر می‌سازد تا مشکلات احتمالی را با دقت بیشتری مشخص کنند، بنابراین اقدامات اصلاحی می‌تواند سریعاً بدون ایجاد اختلال بیشتر در خط انجام شود. از طریق نظارت جامع همراه با قابلیت‌های حل سریع مشکل، شرکت‌های تولیدکننده ریزتراشه‌ها می‌توانند اطمینان حاصل کنند که محصولات خود سطوح بالایی از کیفیت را حفظ می‌کنند و در عین حال انتظارات مربوط به هزینه و زمان تحویل را برآورده می‌کنند.

کنترل کیفیت برای اطمینان از اینکه ریزتراشه‌ها استانداردهای طراحی و نیازهای مشتری را برآورده می‌کنند ضروری است. مهندسان کیفیت نقش مهمی در حصول اطمینان از کارآمد بودن فرآیندهای تولید دارند و در عین حال سطوح بالایی از دقت و دقت را حفظ می‌کنند. مزایای کلیدی اجرای مهندسی کیفیت برای ریزتراشه‌ها عبارتند از راندمان بهتر، رضایت مشتری بهبود یافته، هزینه‌های کمتر مرتبط با دوباره کاری یا از بین رفتن قطعات به دلیل نقص، افزایش قابلیت اطمینان محصولات در طول زمان و همچنین کاهش خطرات احتمالی ایمنی یا مسئولیت‌های قانونی در صورت وجود محصولات معیوب آن را در گردش قرار دهد.

به منظور اجرای موفقیت آمیز یک طرح مهندسی کیفیت جامع برای چرخه‌های تولید ریزتراشه، چندین مرحله وجود دارد که باید انجام شود: اولاً ایجاد معیارهای پذیرش که سطوح قابل قبولی از نرخ نقص و سایر معیارهای عملکرد را تعیین می‌کند. ثانیاً تنظیم نمودارهای کنترل فرآیند برای ردیابی شاخص‌های کلیدی در طول زمان. ثالثاً اجرای آزمون‌های فرضیه با مقایسه نتایج مورد انتظار با نتایج واقعی. چهارم انجام تجزیه و تحلیل علت ریشه

ای با شناسایی علل زمینه ای در پشت روندهای مشکل. پنجمین انجام تحلیل رگرسیون پیش بینی عملکرد آینده بر اساس نتایج گذشته. ششم استفاده از تکنیک‌های تشخیص عیب مانند ماشین‌های حالت محدود (FSM) یا درخت‌های تصمیم‌گیری که ناهنجاری‌ها را در مراحل اولیه مشخص می‌کنند، بنابراین اقدامات اصلاحی ممکن است به سرعت و بدون ایجاد اختلال در عملیات ادامه یابد.

با انجام این اقدامات و استفاده از ابزارهای پیشرفته SPC همراه با تولیدکنندگان سیستم‌های خودکار که اجزای ریزتراشه پیچیده را تولید می‌کنند، می‌توانند کارایی را در خطوط تولید خود به حداکثر برسانند و به طور همزمان اطمینان حاصل کنند که محصولاتشان به طور مداوم مشخصات از پیش تعیین شده را در هر مرحله از مسیر برآورده می‌کنند. این به تضمین رضایت مشتری و در نتیجه وفاداری بیشتر نسبت به شرکت‌هایی کمک می‌کند که متعهد به ارائه تنها قطعات با کیفیت بالا با قیمت‌های رقابتی هستند.

## هزینه‌های کیفیت

کنترل کیفیت ریزتراشه‌ها یک فرآیند حیاتی است که می‌تواند برای اطمینان از قابلیت اطمینان و عملکرد این اجزای مهم مورد استفاده قرار گیرد. تکنیک‌های کنترل کیفیت شامل کنترل کیفیت آماری است که شامل استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌ها برای تعیین اینکه آیا مشکلاتی در تولید وجود دارد یا خیر. این به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا مشکلات احتمالی را قبل از تبدیل شدن به اشتباهات پرهزینه شناسایی کنند. با این حال، این نوع کنترل کیفیت نیز هزینه دارد، زیرا به منابعی برای بازرسی و آزمایش و همچنین زمان صرف شده برای دوباره کاری یا رد کردن نیاز دارد. با درک هزینه‌های مختلف مرتبط با کنترل کیفیت ریزتراشه، شرکت‌ها می‌توانند کارایی خود را بهبود بخشند و هزینه‌های کلی خود را در این زمینه کاهش دهند.

دوباره کاری و رد کردن بخشی اجتناب ناپذیر از فرآیند توسعه محصول است. علیرغم وجود یک سیستم کنترل کیفیت کامل، هنوز هم ممکن است محصولات دارای نقص‌هایی باشند که نیاز به کار مجدد یا رد کامل آنها داشته باشد. مدیریت صحیح این نوع ضایعات می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا با اطمینان از اینکه فقط اقلام با کیفیت بالا به دست مشتریان می‌رسند و در عین حال ضایعات مواد مورد استفاده در تولید را به حداقل می‌رساند، هزینه‌های کلی خود را کاهش دهند. برای مدیریت موثر دوباره کاری‌ها و ردها، مهم است که هر گونه روند یا الگوی را در اسرع وقت شناسایی کنید تا اقدامات اصلاحی مناسب انجام شود. شرکت‌ها باید به طور منظم گزارش‌های بازرسی خود و سایر منابع داده با کیفیت مانند نظرسنجی‌های بازخورد مشتری را بررسی کنند تا مشخص کنند در کجا ممکن است مشکلات در طول فرآیندهای تولید ایجاد شود و به آنها اجازه می‌دهد تا قبل از اینکه به اشتباهات پرهزینه تبدیل شوند، به سرعت به مشکلات رسیدگی کنند. علاوه بر این، معرفی ممیزی‌ها یا بررسی‌های نقطه‌ای در مراحل مختلف فرآیند تولید نیز می‌تواند به تشخیص زودهنگام مشکلات احتمالی و جلوگیری

از مشکلات آتی مربوط به استانداردهای کنترل کیفیت در طول زمان کمک کند. به منظور کاهش هزینه های کیفیت مجدد، سازندگان باید استفاده از سیستم های تست خودکار را در نظر بگیرند که نتایج دقیقی را بر روی قطعات جداگانه بدون نیاز به منابع اضافی برای بازرسی دستی در هر مرحله در طول خط مونتاژ ارائه می دهد. اتوماسیون همچنین به ماشین ها اجازه می دهد تا داده ها را سریع تر از انسان ها تجزیه و تحلیل کنند که به سرعت بخشیدن به شناسایی هر گونه اختلاف بین مشخصات عملکرد مورد انتظار و نتایج واقعی کمک می کند. این امر تاخیرهای ناشی از خطاهای دستی را کاهش می دهد در حالی که سطوح کارایی را در چندین فرآیند به طور همزمان افزایش می دهد. علاوه بر این، ابزارهای تحلیلی پیشرفته مانند یادگیری ماشینی را می توان برای اهداف نظارت در زمان واقعی استفاده کرد. اینها به مهندسان امکان دسترسی فوری به نحوه عملکرد اجزاء تحت شرایط مختلف را می دهند تا بتوانند در صورت لزوم قبل از بروز عوارض بعدی، تنظیمات مربوطه را انجام دهند.

هنگامی که داده های کیفی جمع آوری شد، تجزیه و تحلیل و گزارش نتایج به منظور انجام اقدامات اصلاحی مناسب مهم است. محاسبه نرخ نقص با تجزیه و تحلیل روند تولید در طول زمان می تواند به شرکت ها کمک کند تا مناطقی را شناسایی کنند که در آن تنظیمات فرآیند مورد نیاز است یا تکنیک های جدید ممکن است مفید باشد. سپس این اطلاعات باید برای توسعه یک برنامه اقدام برای کاهش عیوب آینده استفاده شود. نرخ خرابی همچنین می تواند بینشی در مورد اینکه کدام اجزا قبل از عرضه به بازار نیاز به آزمایش یا بازرسی بیشتری دارند، ارائه دهد. علاوه بر این، گزارش ها باید شامل توصیه هایی برای تغییرات در فرآیندهای تولید باشد که می تواند باعث کاهش هدررفت و افزایش سطح کارایی و همچنین هرگونه صرفه جویی در هزینه های بالقوه ناشی از اجرای این بهبودها شود. هنگامی که یک استراتژی ایجاد شد، گزارش پیشرفت آن برای ردیابی عملکرد در طول زمان ضروری است. تیم های تضمین کیفیت باید پس از هر چرخه ارزیابی، گزارش های دقیقی را ایجاد کنند که یافته های خود را مشخص کند تا مدیران بتوانند بر میزان تأثیرگذاری استراتژی هایشان در کاهش ضایعات و بهبود کیفیت کلی محصول نظارت کنند. گزارش ها باید شامل معیارهایی مانند تعداد کل نقص ها در هر دسته، میانگین زمان های برگشت برای بازرسی/آزمایش، رتبه بندی بازخورد مشتری و غیره، همراه با نظرات مربوط به بهبودهای احتمالی یا مراحل اضافی باشد که باید در حرکت رو به جلو برداشته شوند. جامع ترین گزارش ها همچنین حاوی تصاویری مانند نمودارها و نمودارها هستند که به تشریح واضح تر نکات کلیدی کمک می کنند. این اجازه می دهد تا مدیران نه تنها به آنچه اشتباه می شود دسترسی داشته باشند، بلکه به یک راه آسان برای ردیابی بهبود در طول زمان نیز دسترسی پیدا کنند که به اطمینان از مسئولیت پذیری در تیم کنترل کیفیت سازمانشان کمک می کند.

سرمایه گذاری در استراتژی های پیشگیری بخش مهمی از سیستم مدیریت کیفیت هر شرکت است. با کاهش موارد شکست، شرکت ها می توانند سود خود را به حداکثر برسانند و میزان هدر رفت منابع به دلیل محصولات یا خدمات معیوب را به حداقل برسانند. این نوع رویکرد مستلزم یک دیدگاه جامع در مورد بهترین نحوه تخصیص

بودجه به فعالیت‌هایی است که هزینه‌های کلی مرتبط با کیفیت پایین محصول/خدمات را کاهش می‌دهند. یکی از راه‌هایی که شرکت‌ها می‌توانند در پیشگیری سرمایه‌گذاری کنند، تمرکز بر روی روش‌های ن‌پیشگیرانه است که شامل بازرسی‌ها و تعمیرات برنامه‌ریزی‌شده برای ماشین‌های درگیر در فرآیندهای تولید می‌شود. این کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که قطعات همیشه بهینه کار می‌کنند و همچنین خرابی‌های غیرمنتظره ناشی از مشکلات پیش‌بینی نشده را به حداقل می‌رساند. علاوه بر این، شرکت‌ها باید سرمایه‌گذاری در برنامه‌های آموزشی برای پرسنل درگیر با تجهیزات جابجایی و همچنین اقدامات ایمنی برای جلوگیری از وقوع حوادث در محل کار را در نظر بگیرند. هر دوی این مراحل به کاهش خطرات بالقوه کمک می‌کند که اگر قبلاً به درستی مورد توجه قرار نگیرد ممکن است پیامدهای پرهزینه‌ای داشته باشد. در نهایت، بازنگری منظم رویه‌های موجود به منظور شناسایی مناطقی که نیاز به بهبود دارند و تغییرات لازم بر این اساس قبل از وقوع هر گونه آسیب در ادامه خط، مهم است. مفهوم هزینه کل کیفیت (TCQ) ابزاری را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند تا سرمایه‌گذاری‌های خود را در استراتژی‌های پیشگیری در طول زمان کمی کنند. این شامل محاسبه تمام هزینه‌های مربوط به طور مستقیم یا غیرمستقیم برای ارائه محصولات/خدمات با کیفیت بالا از جمله هزینه‌هایی است که در اثر دوباره کاری یا هدر رفتن به دلیل نقص انجام می‌شود. این به مدیران این امکان را می‌دهد که در مورد میزان پولی که در مراحل مختلف در طول فرآیند تولید از دست داده‌اند، به دلیل عدم اجرای صحیح سیستم‌های کنترل کیفیت، بینشی کسب کنند. با در دست داشتن این اطلاعات، مدیران می‌توانند معیارهایی مانند نرخ نقص در واحد تولید شده یا میانگین هزینه هر نقص در یک دوره معین را محاسبه کنند. با استفاده از این ارقام، اقدامات اصلاحی مناسب می‌تواند به منظور بهبود سطوح کارایی در چندین بخش به طور همزمان انجام شود و در عین حال قیمت‌های رقابتی در برابر سایر بازیگران صنعت حفظ شود.

در نتیجه، مدیریت کیفیت برای هر سازمانی که در تلاش برای حفظ مزیت رقابتی خود در بازار است، حیاتی است. هزینه‌های کیفیت در هر مرحله از تولید وجود دارد و ممکن است شامل هزینه‌های مستقیم (مانند تعمیرات یا دوباره کاری) و هزینه‌های غیرمستقیم (مانند وفاداری مشتری از دست رفته) باشد. با اجرای یک سیستم کنترل کیفیت جامع که شامل شیوه‌های نگهداری پیشگیرانه، برنامه‌های آموزشی، اقدامات ایمنی و بازبینی منظم رویه‌ها می‌شود، شرکت‌ها می‌توانند این هزینه‌ها را کاهش دهند و در عین حال استانداردهای بالای برتری محصول/خدمات را حفظ کنند. یک روش موثر برای اندازه‌گیری پیشرفت آنها در طول زمان، محاسبه هزینه کل کیفیت است. با در دست داشتن این داده‌ها، مدیران می‌توانند مناطقی را که نیاز به بهبود دارند، به راحتی شناسایی کنند و به آنها اجازه دهند اقدامات لازم را قبل از وقوع عوارض بعدی انجام دهند.

## بهبود کیفیت

بهبود کیفیت جزء ضروری کنترل کیفیت آماری است و فرآیندی است که برای شناسایی، پیشگیری و حذف عیوب از محصولات استفاده می‌شود. بهبود کیفیت به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با ارائه محصولات با کیفیت بهتری که انتظارات آنها را برآورده می‌کند یا فراتر می‌رود، رضایت مشتری را بهبود بخشند. SQC شامل تجزیه و تحلیل داده‌ها برای تعیین چگونگی انحراف عملکرد یک محصول از انتظارات به منظور شناسایی هرگونه مشکل بالقوه در یک محصول قبل از رسیدن به مشتریان است. تلاش برای بهبود کیفیت بر ایجاد تغییرات لازم در تمام مراحل تولید متمرکز است تا بتوان از هرگونه انحراف جلوگیری یا کاهش داد. مراحل مربوط به بهبود کیفیت شامل شناسایی زمینه‌های بهبود، اجرای برنامه‌های اقدام اصلاحی، اندازه‌گیری پیشرفت در طول زمان از طریق فرآیندهای نظارت و ارزیابی و ایجاد تغییرات لازم در صورت نیاز بر اساس نتایج این اندازه‌گیری‌ها می‌باشد.

هنگامی که انواع عیوب در ریزتراشه‌ها شناسایی شد، گام بعدی درک عواملی است که بر کیفیت آنها تأثیر می‌گذارد. این شامل شرایط محیطی مانند دما و رطوبت، فرآیندهای تولید، ویژگی‌های طراحی، تکنیک‌های مونتاژ، مواد مورد استفاده در تولید و سایر متغیرهایی است که می‌توانند بر عملکرد محصول تأثیر بگذارند. درک چگونگی کمک این عوامل به شکل‌گیری نقص می‌تواند به تولیدکنندگان کمک کند تا مناطقی را که نیاز به بهبود دارند شناسایی کنند. روش‌های تست SQC ریزتراشه‌ها شامل بازرسی بصری برای نقص یا آسیب‌های سطحی است. تست‌های الکتریکی که سطح مقاومت یا ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند. تجزیه و تحلیل اشعه ایکس که خطاهای داخلی ناشی از مشکلات جوشکاری را شناسایی می‌کند. میکروسکوپ نوری که ترک‌ها و سایر تغییر شکل‌های ساختاری را نشان می‌دهد. تست انتشار آکوستیک که ارتعاشات ناشی از اجزای معیوب را تشخیص می‌دهد. ترموگرافی که حرارت تولید شده توسط قطعات الکترونیکی را در حین کار اندازه‌گیری می‌کند. و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) که ویژگی‌های میکروسکوپی روی سطوح ریزتراشه‌ها را بررسی می‌کند. این آزمایشات اغلب در نقاط مختلف در طول فرآیند تولید انجام می‌شود تا اطمینان حاصل شود که محصولات قبل از رسیدن به مشتریان، استانداردهای لازم را برآورده می‌کنند. در نهایت، تلاش‌های بهبود کیفیت باید در صورت لزوم بر اساس نتایج روش‌های آزمایشی که در بالا توضیح داده شد، اجرا شوند. این ممکن است شامل تغییراتی در تنظیمات تجهیزات یا رویه‌های ساخت به منظور کاهش عیوب مشاهده شده در طول بازرسی‌ها و همچنین آموزش کارکنان در مورد شیوه‌های صحیح حمل و نقل باشد تا از اشتباهات در مراحل تولید جلوگیری شود. ابتکارات بهبود کیفیت همیشه باید بر ایجاد محیطی متمرکز باشد که در آن محصولات فراتر از انتظارات مشتری باشد و در عین حال هزینه‌های مرتبط با فعالیت‌های پیشگیری از نقص را در طول زمان کاهش دهد.

## طراحی برای بهبود کیفیت

طراحی برای بهبود کیفیت شامل در نظر گرفتن این است که چگونه طراحی و چیدمان یک محصول یا سیستم می تواند بر کیفیت آن تأثیر بگذارد. کنترل فرآیند و بهینه‌سازی دو جزء کلیدی این مفهوم هستند، زیرا به اطمینان از به حداقل رساندن عیوب و در عین حال به حداکثر رساندن کارایی در تولید کمک می‌کنند. ملاحظات طراحی شامل مواردی مانند انتخاب مواد، قرار دادن قطعات، روش‌های مونتاژ و روش‌های آزمایش است. هر یک از این عوامل باید در هنگام طراحی یک محصول در نظر گرفته شود تا از نظر عملکرد و قابلیت اطمینان نیازهای مشتری را برآورده کند. کنترل فرآیند بخش مهمی از طراحی برای بهبود کیفیت است زیرا با اطمینان از خروجی ثابت از ماشین‌ها در طول فرآیندهای تولید به کاهش عیوب کمک می‌کند. این شامل کنترل متغیرهایی مانند دما، فشار، سطوح ولتاژ و غیره است که می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر نتیجه هر فرآیند تولید داشته باشد. علاوه بر این، بهینه‌سازی فرآیندها به تولیدکنندگان اجازه می‌دهد تا توان عملیاتی را به حداکثر برسانند و در عین حال ضایعات مواد یا مصرف انرژی را به حداقل برسانند. همه باعث صرفه جویی بیشتر در هزینه‌ها در طول زمان می‌شود. رویه‌های تست نیز نقش مهمی در طراحی برای بهبود کیفیت دارند، زیرا به سازمان‌ها اجازه می‌دهند تا مشکلات احتمالی را قبل از رسیدن محصولات به مشتریان شناسایی کنند. آزمایش‌ها می‌توانند از بازرسی‌های چشمی برای عیوب یا آسیب‌های سطحی تا تکنیک‌های پیچیده‌تر آزمایشی مانند آنالیز اشعه ایکس و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) متغیر باشند. این آزمایش‌ها به شناسایی عیوب داخلی به دلیل مشکلات جوشکاری یا سایر تغییر شکل‌های ساختاری کمک می‌کند که در غیر این صورت می‌تواند منجر به مشکلات جدی در

اگر در مراحل اولیه توسعه به آن توجه نشود، عملکرد محصول پایین می‌آید. به طور خلاصه، طراحی برای بهبود کیفیت، رویکردی است که توسط سازمان‌هایی استفاده می‌شود که می‌خواهند محصولاتشان از نظر عملکرد و قابلیت اطمینان، انتظارات مشتری را برآورده کنند - بدون اینکه هزینه‌های مرتبط با فعالیت‌های پیشگیری از نقص در طول زمان را به خطر بیندازند. این شامل بررسی دقیق استراتژی‌های بهینه‌سازی فرآیند و همچنین پروتکل‌های آزمایش در نقاط مختلف در طول چرخه تولید است تا هرگونه انحراف از استانداردهای مورد انتظار را بتوان به سرعت قبل از رسیدن به خود کاربران نهایی شناسایی کرد.

## تضمین کیفیت ریزتراشه‌ها

پس از شناسایی علل ریشه‌ای نقص در ریزتراشه‌ها، توسعه راهبردهای پیشگیری موثر که استانداردهای کیفیت ثابتی را برای این محصولات تضمین می‌کند، مهم است. یکی از راه‌های انجام این کار، انجام یک تحلیل پیامد است که شامل بررسی این است که چگونه هر نقص می‌تواند به طور بالقوه بر رضایت مشتری، هزینه‌های تولید و



ایمنی تأثیر بگذارد. این به سازمان‌ها کمک می‌کند تا مناطقی را که نیاز به بهبود دارند شناسایی کنند تا بتوان برنامه‌های اقدام اصلاحی را قبل از بروز هرگونه مشکل دیگر اجرا کرد. روش بهبود چهار فاز یکی دیگر از ابزارهای مفید برای اطمینان از کنترل کیفیت ریزتراشه‌ها است. این رویکرد شامل مراحل تجزیه و تحلیل-برنامه-انجام-بررسی است که به تولیدکنندگان اجازه می‌دهد تا به طور سیستماتیک به مشکلات و شناسایی راه حل‌ها در طول زمان بپردازند. در مرحله تجزیه و تحلیل، سیستم یا فرآیند فعلی مورد استفاده باید با جزئیات مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان منابع بالقوه نقص را مشخص کرد. در مرحله طرح، اقدامات اصلاحی باید بر اساس یافته‌های مرحله قبل طراحی شود. مرحله انجام شامل اجرای این تغییرات است. در حالی که مرحله چک به فرد اجازه می‌دهد تا پیشرفت را از طریق بررسی‌ها و ممیزی‌های منظم تا رسیدن به نتایج دلخواه نظارت کند. در نتیجه، اطمینان از کیفیت ریزتراشه‌ها مستلزم یک رویکرد سازمان یافته با روش‌های تست مناسب و همچنین اقدامات پیشگیرانه مانند تجزیه و تحلیل پیامدها و روش بهبود چهار مرحله‌ای به منظور کاهش خطا و دستیابی به اهداف کلی رضایت مشتری است که توسط خود سازمان‌ها تعیین شده است.

## ابزارهای مورد استفاده برای بهبود کیفیت

شش سیگما و Lean Manufacturing دو ابزار محبوبی هستند که برای بهبود کیفیت محصولات استفاده می‌شوند. متدولوژی شش سیگما توسط موتورولا در سال 1986 توسعه یافت و بر به حداقل رساندن عیوب از طریق ابتکارات بهبود فرآیند متمرکز است. از تکنیک‌های مبتنی بر داده مانند DMAIC تعریف، اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل، بهبود، کنترل) برای شناسایی زمینه‌های بهبود در یک سیستم یا فرآیند تولید استفاده می‌کند. این امر به سازمان‌ها کمک می‌کند تا هزینه‌های مرتبط با فعالیت‌های پیشگیری از نقص را کاهش دهند و در عین حال محیطی را ایجاد کنند که محصولات از انتظارات مشتری در طول زمان فراتر رود. تولید ناب یکی دیگر از ابزارهای مهم برای بهبود کیفیت محصول است. این رویکرد شامل کارآمد کردن فرآیندها است به طوری که مصرف مواد زائد و انرژی تا حد امکان به حداقل برسد. منجر به صرفه‌جویی در هزینه بیشتر برای تولیدکنندگان بدون به خطر انداختن عملکرد محصول یا استانداردهای قابلیت اطمینان تعیین شده توسط خود مشتریان می‌شود. اصول ناب بر حذف هر مرحله بدون ارزش افزوده در طول چرخه‌های تولید تمرکز دارد که می‌تواند تاخیرهای زمانی غیرضروری را اضافه کند یا باعث ایجاد خطا در طول مسیر شود - که همه منجر به بهبود کارایی و نتایج کلی بهتر در پایان هر چرخه می‌شود. کنترل فرآیند آماری (SPC) یک جزء کلیدی از هر دو رویکرد شش سیگما و تولید ناب است زیرا به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا با دقت بیشتری نسبت به قبل بر خروجی‌های خود نظارت کنند - به آنها کمک می‌کند تا انحرافات از استانداردهای مورد انتظار را سریع تشخیص دهند تا برنامه‌های اقدام اصلاحی بلافاصله قبل از آن اجرا شوند. هر مشکل دیگری در این راه پیش می‌آید. نمودارهای SPC داده‌هایی را برای

استنباط آماری در مورد واحدهای نمونه گرفته شده از جمعیتی از اقلام در حال بازرسی فراهم می کند. به سازندگان اجازه می دهد تا خروجی فعلی را با معیارهای تعیین شده مقایسه کنند تا ارزیابی کنند که آیا سطوح قابل قبولی از میزان عیب در طول دوره زمانی مورد بررسی به دست آمده است یا خیر. در نتیجه، بهبود کیفیت برای اطمینان از اینکه ریزتراشه‌ها انتظارات مشتری را از نظر عملکرد و قابلیت اطمینان برآورده می‌کنند، ضروری است. تکنیک‌های کنترل کیفیت مانند Six Sigma و Lean Manufacturing می‌توانند به سازمان‌ها کمک کنند تا هزینه‌های مرتبط با فعالیت‌های پیشگیری از نقص را کاهش دهند و در عین حال محیطی را ایجاد کنند که محصولات هر بار که از کف کارخانه خارج می‌شوند از استانداردهای مشتری فراتر رود. نمودارهای کنترل فرآیند آماری (SPC) نیز ابزارهای مهمی هستند که برای نظارت دقیق‌تر برون‌داد استفاده می‌شوند تا مشکلات احتمالی را بتوان به سرعت قبل از رسیدن به خود کاربران نهایی شناسایی کرد. با ترکیبی از این استراتژی‌ها، سازمان‌ها می‌توانند اطمینان حاصل کنند که محصولات ریزتراشه‌شان استانداردهای کیفیت ثابتی را در طول زمان حفظ می‌کنند - که منجر به صرفه‌جویی بیشتر در هزینه و بهبود نتایج رضایت مشتری در بلندمدت می‌شود.

## تضمین کیفیت

تضمین کیفیت در کنترل کیفیت آماری فرآیند حصول اطمینان از اینکه محصولات و خدمات برای مطابقت با استانداردهای دقیق کیفیت طراحی، تولید و تحویل می‌شوند. تضمین کیفیت مستلزم درک جامعی از الزامات طراحی محصول، فرآیندهای تولید و مواد مورد استفاده است. تضمین کیفیت تضمین می‌کند که تمام جنبه‌های فرآیند تولید با نیازهای مشتری هماهنگ است. در مورد ریزتراشه‌ها، این شامل آزمایش عملکرد قبل از عرضه در بازار می‌شود. تضمین کیفیت همچنین با جلوگیری از رسیدن عیوب یا مشکلات به دست مصرف‌کنندگان، به تضمین ایمنی کمک می‌کند. اهمیت تضمین کیفیت برای ریزتراشه‌ها را نمی‌توان نادیده گرفت زیرا این دستگاه‌ها اغلب مسئول مدیریت وظایف پیچیده در سیستم‌های الکترونیکی هستند. اطمینان از اینکه هر دستگاه با مشخصات دقیق مطابقت دارد برای حفظ سطح عملکرد مورد انتظار مشتریان ضروری است.

آمار نقش مهمی در کنترل کیفیت بازی می‌کند و امکان جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌هایی را فراهم می‌کند که می‌تواند برای شناسایی زمینه‌های بهبود بالقوه استفاده شود. روش‌های آماری برای ردیابی عملکرد فرآیند، تجزیه و تحلیل روندها و نظارت بر خروجی سیستم استفاده می‌شود. ابزارهای کنترل کیفیت مانند کنترل فرآیند آماری (SPC) می‌توانند به شناسایی ناهنجاری‌ها یا نقص‌ها قبل از تبدیل شدن به یک مشکل کمک کنند. SPC تکنیکی است که در آن داده‌های فرآیندهای تولید در طول زمان جمع‌آوری و با استفاده از روش‌های

آماری تجزیه و تحلیل می شوند. این به سازمان ها اجازه می دهد تا به سرعت تغییرات را ایجاد کرده و از مشکلات قبل از تبدیل شدن به مسائل جدی جلوگیری کنند. سایر تکنیک های کنترل کیفیت شامل طرح های نمونه گیری پذیرش است که اندازه نمونه را بر اساس معیارهای از پیش تعیین شده اندازه گیری می کند. طراحی آزمایشات (DOE)، که عوامل مختلف را روی محصولات یا فرآیندها آزمایش می کند. روش شش سیگما، که بر کاهش تنوع از طریق استفاده از روش های تحلیلی دقیق تمرکز دارد. و مدیریت کیفیت جامع (TQM)، که از رویکردهای مبتنی بر تیم برای یافتن راه حل هایی برای بهبود ایمنی و قابلیت اطمینان محصول استفاده می کند. همه این ابزارها اطلاعات ارزشمندی را ارائه می دهند که می تواند برای بهبود کارایی عملیاتی و در عین حال رفع نیازهای مشتری مورد استفاده قرار گیرد.

تضمین کیفیت همچنین شامل توسعه اقدامات پیشگیرانه در برابر مشکلات احتمالی مرتبط با فرآیندهای تولید یا خود محصولات است. علاوه بر جلوگیری از رسیدن عیوب به مشتریان، این امر شامل شناسایی منابع خطا در مرحله توسعه می شود تا اقدامات اصلاحی در مراحل اولیه انجام شود تا هزینه های بیش از حد به حداقل برسد. اجرای استانداردهای ISO 9000 همچنین راهنمایی هایی را برای پیاده سازی سیستم های موثر برای اطمینان از کیفیت محصول ثابت در تمام مراحل توسعه و عملیات تولید ارائه می دهد.

## تضمین کیفیت در تولید ریز تراشه

برای اطمینان از تضمین کیفیت در تولید ریز تراشه، تولیدکنندگان از روش های مختلفی برای ارزیابی کیفیت محصولات خود استفاده می کنند. یک رویکرد متداول، بازرسی بصری است که شامل بررسی تراشه ها با دستگاه های بزرگنمایی یا دوربین های تخصصی برای تشخیص عیوب یا نقص هایی مانند خراش و ترک است. تصویربرداری با اشعه ایکس همچنین می تواند برای بررسی هر گونه نقص داخلی که ممکن است در طول بازرسی های دستی قابل مشاهده نباشد، استفاده شود. علاوه بر این، آزمایش عملکردی اغلب بر روی محصولات نهایی با اتصال آنها به یک سیستم مناسب و اجرای آزمایش های خاص طراحی شده برای شناسایی مشکلات عملکرد انجام می شود. شبیه سازی های رایانه ای نیز در مراحل طراحی و توسعه تراشه به عنوان روشی برای شناسایی دقیق مسائل احتمالی قبل از تبدیل شدن به مشکلات پرهزینه در مراحل بعدی استفاده می شوند. این مدل های کامپیوتری نحوه تعامل اجزا با یکدیگر را در شرایط مختلف شبیه سازی می کنند تا مهندسان بتوانند سطوح عملکرد مورد انتظار را قبل از ساخت ارزیابی کنند. در نهایت، تکنیک های کنترل فرآیند آماری در کل چرخه تولید از طراحی تا تحویل به منظور تجزیه و تحلیل داده های جمع آوری شده از فرآیندهای تولید در طول زمان و شناسایی ناهنجاری ها یا روندهایی که می تواند منجر به مشکلات بعدی در استفاده شود، استفاده می شود.

## حفظ استانداردهای تضمین کیفیت

حفظ استانداردهای تضمین کیفیت یک فرآیند مستمر است که نیاز به نظارت و بهبود مستمر دارد. تیم های تضمین کیفیت باید یک سیستم جامع برای شناسایی مشکلات بالقوه، ارزیابی فرآیندهای جاری، تعیین علل ریشه ای نقص ها و ایجاد راه حل ایجاد کنند. این را می توان با استفاده از ابزارهای مختلف برای نظارت بر کیفیت ریزتراشه مانند بازرسی بصری، تصویربرداری اشعه ایکس، آزمایش عملکردی، شبیه سازی کامپیوتری و کنترل فرآیند آماری (SPC) به دست آورد.

اسناد و مدارک نقش مهمی در حفظ استانداردهای تضمین کیفیت ایفا می کند زیرا شواهدی مبنی بر انطباق با مقررات صنعت ارائه می دهد و به کسب و کارها کمک می کند تا پیشرفت در جهت اهداف خود را پیگیری کنند. مستندات باید شامل توضیحات مفصلی از فرآیندهای تولید، مشخصات محصول یا الزامات مشتریان یا نهادهای نظارتی، نتایج آزمایش از هر مرحله از ساخت یا چرخه توسعه از جمله گواهی مواد مورد استفاده در تولید باشد. علاوه بر این، باید سوابق مربوط به تغییرات ایجاد شده در محصولات در مرحله طراحی که ممکن است بر عملکرد یا سطوح ایمنی زمانی که به دست مصرف کنندگان می رسد تأثیر بگذارد، نگهداری شود. در نهایت، مستندات باید رویه های مورد استفاده برای رسیدگی به شکایات مشتریان را نیز پوشش دهد تا قبل از وارد شدن آسیب بیشتر به شهرت شما، مسائل به سرعت و به طور موثر مورد بررسی قرار گیرند.

## اجرای طرح های تضمین کیفیت

اجرای طرح های تضمین کیفیت با توسعه برنامه ها و پروتکل های آموزشی جامع برای همه پرسنل درگیر در فرآیند تولید آغاز می شود. اینها باید شامل دستورالعمل های دقیق در مورد نحوه استفاده از تجهیزات بازرسی، رسیدگی به مواد، پیروی از روش های ایمنی و حفظ شیوه های تولید خوب (GMP) باشد. علاوه بر این، کارکنان باید در مورد روش های مستندسازی مناسبی که برای پیگیری پیشرفت به سوی اهداف تعیین شده مورد نیاز است، آموزش ببینند. نتایج تضمین کیفیت نیز باید به طور منظم توسط مدیریت ارزیابی شود تا اطمینان حاصل شود که استانداردها به طور مداوم در تمام مراحل تولید یا توسعه رعایت می شوند.

تکنسین های کنترل کیفیت نقش مهمی در اجرای طرح های تضمین کیفیت ایفا می کنند زیرا به شناسایی مناطقی که نیاز به بهبود است یا ممکن است مشکلات بالقوه رخ دهد، کمک می کنند. آنها فرآیندها را با استفاده از تکنیک های کنترل فرآیند آماری (SPC) مانند اندازه گیری ابعاد محصول یا انجام آزمایش های الکتریکی که داده های ارزشمندی را ارائه می دهد که می تواند برای شناسایی روندها یا ناهنجاری هایی که ممکن است منجر به مشکلاتی در خط می شود مورد استفاده قرار گیرد، نظارت می کنند. تکنسین های کنترل کیفیت همچنین

محصولات نهایی را قبل از عرضه بر اساس نیازهای مشتری بررسی می‌کنند و مطمئن می‌شوند که فقط مواردی که استانداردهای سختگیرانه را رعایت می‌کنند به دست مصرف‌کنندگان می‌رسند. یکی دیگر از مؤلفه‌های کلیدی اجرای طرح‌های تضمین کیفیت، توسعه اقدامات پیشگیرانه در برابر نقص‌های بالقوه قبل از تبدیل شدن آنها به موضوعی است که بعداً نیاز به کار مجدد پرهزینه دارد. این شامل شناسایی منابع خطا در مراحل طراحی و ایجاد تغییرات لازم در اوایل به جای اینکه منتظر بمانید تا تولید از قبل شروع شده باشد. طراحان باید عوامل محیطی مانند تغییرات دما را که می‌تواند در طراحی ریزتراشه‌ها بر سطوح عملکرد تأثیر بگذارد، در نظر بگیرند، اگر این موارد در نظر گرفته نشوند، باید اقدامات اصلاحی در مراحل بعدی انجام شود که منجر به تأخیر و افزایش هزینه‌های مرتبط با بازسازی طرح‌ها در آینده می‌شود. صحنه در نهایت، نظارت بر بازخورد مشتری بخش مهمی از حفظ استانداردهای با کیفیت بالا در طول زمان است، زیرا به کسب‌وکارها اجازه می‌دهد به سرعت به مشکلات گزارش شده توسط مشتریان رسیدگی کنند و در عین حال بینش‌های ارزشمندی را در مورد بهبودهایی که می‌توان در آینده انجام داد ارائه می‌دهد. شرکت‌ها باید سیستم‌هایی برای ردیابی شکایات مشتریان داشته باشند تا هر گونه مشکل احتمالی زودتر شناسایی شود و قبل از اینکه آسیب جدی‌تر به شهرت آنها وارد شود، بر اساس آن برطرف شود.

## بهبود مستمر کنترل کیفیت

به منظور بهبود مستمر کنترل کیفیت، نظارت منظم بر عملکرد محصولات و فرآیندها بسیار مهم است. این را می‌توان از طریق روش‌های مختلفی از جمله نمودارهای کنترل فرآیند آماری، تجزیه و تحلیل قابلیت فرآیند و سایر تکنیک‌های داده محور انجام داد. این ابزارها تولیدکنندگان را قادر می‌سازد تا اثربخشی چرخه‌های تولید خود را در طول زمان ردیابی کنند و هر حوزه‌ای را که برای برآوردن نیازهای مشتری نیاز به بهبود دارند، شناسایی کنند. علاوه بر این، نظارت منظم به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهد تا به سرعت هر مشکلی را در رابطه با تغییرات محصول یا فرآیند قبل از تبدیل شدن به مشکلات اصلی شناسایی کنند. هنگامی که مشکلات احتمالی از طریق نظارت منظم شناسایی شد، تولیدکنندگان باید تنظیماتی را برای بهبود انجام دهند تا از سطح بالایی از قابلیت اطمینان در طول چرخه تولید خود اطمینان حاصل کنند. اغلب اوقات این تنظیمات شامل استفاده از مواد مختلف یا تغییر رویه‌های خاصی در طول ساخت می‌شود که ممکن است نیاز به آزمایش و اعتبار سنجی اضافی داشته باشد. علاوه بر این، اجرای برنامه‌های تعمیر و نگهداری پیشگیرانه می‌تواند با اطمینان از اینکه همه ماشین‌آلات همیشه به درستی کار می‌کنند، به کاهش خرابی‌های غیرمنتظره کمک کند. در نهایت، سرمایه‌گذاری در برنامه‌های آموزشی برای کارکنان، با آموزش بهترین شیوه‌ها در هنگام برخورد با مسائل کنترل کیفیت مانند تشخیص نقص و تکنیک‌های حل مشکل، به ارتقای ثبات در کل چرخه تولید کمک می‌کند. با انجام این اقدامات پیشگیرانه در جهت بهبود فرآیندهای کنترل کیفیت به صورت مستمر، تولیدکنندگان می‌توانند سطح بالایی از قابلیت اطمینان

را حفظ کنند و همچنین هزینه های مرتبط با محصولات معیوب یا فرآیندهای معیوب را در طول زمان کاهش دهند.

در نتیجه، تضمین کیفیت برای ریزتراشه ها برای اطمینان از عملکرد قابل اعتماد و برآورده کردن نیازهای مشتری ضروری است. استفاده از تکنیک های SQC مانند طرح های نمونه گیری پذیرش، نمودارهای کنترل ویژگی، نمودارهای کنترل متغیر و تجزیه و تحلیل قابلیت می تواند به تولیدکنندگان کمک کند تا مشکلات احتمالی را قبل از تبدیل شدن به مسائل پرهزینه شناسایی کنند. علاوه بر این، انجام آزمون های آماری مانند آزمون فرضیه و ANOVA هنگام ارزیابی نتایج کیفیت از روش های SQC مهم هستند. در نهایت، نظارت مداوم بر عملکرد محصول و فرآیند از طریق نمودارهای SPC و سایر ابزارهای مبتنی بر داده، تولیدکنندگان را قادر می سازد تا مناطقی را که باید در آن اصلاحات انجام شود، شناسایی کنند و در عین حال بهبود مستمر قابلیت اطمینان محصول را در طول زمان تسهیل می کند. با پیروی منظم از این نکات، تولیدکنندگان ریزتراشه بهترین شانس را در تولید محصولات با کیفیت بالا که نیازهای مشتری را برآورده می کنند، خواهند داشت و در عین حال هزینه های مرتبط با قطعات معیوب یا فرآیندهای معیوب را کاهش می دهند.

## نظام های کیفیت و استاندارد

سیستم های کیفیت و استانداردهای ریزتراشه ها دستورالعمل هایی هستند که به اطمینان از اینکه محصولات تولید شده با معیارهای خاصی مطابقت دارند، کمک می کنند. سیستم ها و استانداردهای کیفیت چارچوبی را برای ارزیابی کیفیت محصول، کاهش عیوب و بهبود رضایت مشتری فراهم می کنند. سیستم های کیفیت همچنین به تولیدکنندگان کمک می کنند تا زمینه های بهبود فرآیندهای خود را شناسایی کنند تا بتوانند به طور مداوم برای نتایج بهتر تلاش کنند. مزایای داشتن سیستم ها و استانداردهای کیفیت بسیار زیاد است، اما مهم تر از همه آنها تضمین می کنند که مشتریان سطح کیفیت ثابتی را از محصول شما دریافت می کنند. آنها همچنین اطمینان می دهند که شما تمام الزامات نظارتی را برآورده کرده اید که هنگام فروش در بازارهای مختلف در سراسر جهان و همچنین کاهش ضایعات از طریق بهبود فرآیندهای تولید ضروری است.

## ملزومات قانونی

الزامات نظارتی توسط دولت ها و سایر سازمان ها وضع می شود تا اطمینان حاصل شود که محصولات با استانداردهای کیفی خاصی مطابقت دارند. این الزامات می تواند از کشوری به کشور دیگر متفاوت باشد، اما معمولاً شامل ایمنی، عملکرد و ملاحظات زیست محیطی می شود. استانداردهای کیفیت اجباری یک لایه تضمین اضافی

را برای تولیدکنندگان فراهم می کند زیرا آنها باید از مقررات گسترده صنعت که به منظور حمایت از مصرف کنندگان ایجاد شده است پیروی کنند. الزامات دولت محلی نیز ممکن است بسته به محصول یا منطقه اعمال شود. اینها معمولاً بر حقوق مالکیت خاص، کدهای بهداشتی، قوانین منطقه‌بندی و طرح‌های حمایت از مصرف‌کننده تمرکز دارند. همه این الزامات نظارتی کمک می کند تا اطمینان حاصل شود که ریزتراشه‌ها به طور ایمن و سازگار با سطوح بالای کنترل کیفیت تولید می شوند.

علاوه بر رعایت الزامات اجباری، شرکت‌ها باید از طریق گواهینامه‌های داوطلبانه مانند ISO 9001 (سیستم‌های مدیریت کیفیت) به دنبال فرصت‌هایی برای فراتر رفتن از آنها باشند. این گواهینامه مستلزم بررسی فرآیندها و عملیات شرکت بر اساس مجموعه‌ای از استانداردهای جهانی است که به تضمین رضایت مشتری کمک می کند و در عین حال مزیت رقابتی را نسبت به کسانی که این گواهینامه را ندارند ارائه می دهد. شرکت‌ها باید برای بهبود مستمر در مورد سیستم‌های کیفیت خود تلاش کنند تا بتوانند با تغییر تقاضای صنعت همراه باشند و در عین حال از تمام مقررات قابل اجرا پیروی کنند.

## گواهینامه و انطباق

گواهینامه ISO 14001 یک گواهینامه داوطلبانه سیستم مدیریت زیست محیطی است که پایداری بیشتر را در مشاغل ترویج و تشویق می کند. این گواهینامه کمک می کند تا اطمینان حاصل شود که شرکت‌ها از منابع به طور موثر استفاده می کنند، ردپای کربن خود را کاهش می دهند و تولید زباله را به حداقل می رسانند. شرکت‌ها باید نشان دهند که اهداف روشنی را برای کاهش اثرات زیست محیطی خود تعیین کرده اند و همچنین شواهدی از چگونگی دستیابی به آن اهداف نشان دهند. مزایای دریافت گواهینامه ISO 14001 شامل بهبود کارایی در عملیات، کاهش هزینه‌های مرتبط با دفع زباله و استفاده از انرژی، تعامل بهتر با مشتری از طریق اقدامات شفاف و همچنین ارائه اطمینان به سهامداران مبنی بر اینکه شرکت مسئولیت‌های زیست محیطی خود را جدی می گیرد.

همراه با این گواهینامه‌ها همچنین نیاز به رعایت استانداردهای ایمنی قابل اجرا مانند IEC 60730-1 (الزامات ایمنی برای لوازم برقی و مشابه) یا UL 61010-2 (استاندارد ایمنی الکتریکی) وجود دارد. این استانداردها کمک می کند تا اطمینان حاصل شود که محصولات حداقل الزامات خاصی را در مورد ایمنی الکتریکی برآورده می کنند. که می تواند از وقوع آتش سوزی یا شوک الکتریکی در هنگام استفاده توسط مصرف کنندگان جلوگیری کند. علاوه بر این، تولیدکنندگان باید از هرگونه مقررات یا کدهای محلی مخصوص منطقه‌ای که محصول خود را در

آن به فروش خواهند رساند آگاه باشند. این می تواند شامل محدودیت در مواد مورد استفاده در ساخت و ساز یا پروتکل های آزمایش اضافی مورد نیاز برخی کشورها قبل از فروش باشد.

با پیروی از سیستم ها و استانداردهای کیفیت، تولیدکنندگان می توانند در عین اطمینان از رعایت الزامات نظارتی در سطح ملی و بین المللی، اطمینان خاطر در مورد قابلیت اطمینان ریزتراشه ها را برای مشتریان فراهم کنند. دریافت گواهینامه های داوطلبانه مانند ISO 9001 و ISO 14001 می تواند شرکت ها را با نشان دادن تعهد به فرآیندهای کنترل کیفیت در حالی که با رعایت تمام استانداردهای ایمنی مرتبط، عملکرد ایمن محصولات را پس از عرضه به بازار تضمین می کند، نسبت به رقبا برتری کند.

## فرایند ساخت

در فرآیند تولید، پروتکل های تست نقش مهمی در حصول اطمینان از اینکه محصولات مطابق با استانداردهای کیفیت و انتظارات مشتری هستند، ایفا می کنند. تست معمولاً به دو دسته تقسیم می شود: تست های عملکردی و قابلیت اطمینان. تست های عملکردی ارزیابی می کنند که آیا تمام اجزای محصول همانطور که انتظار می رود با هم کار می کنند و در عین حال تأیید می کنند که آیا الزامات کاربر را برآورده می کنند یا خیر. این می تواند شامل آزمایش قابلیت استفاده، سازگاری با سایر دستگاه ها یا نرم افزارها، ارزیابی عملکرد یا بررسی های امنیتی باشد. تست های قابلیت اطمینان شرایط دنیای واقعی مانند دماهای شدید یا ارتعاشات را شبیه سازی می کنند تا اطمینان حاصل شود که محصول می تواند در طول زمان سایش و پارگی منظم را بدون شکست زودرس تحمل کند. این به تولیدکنندگان کمک می کند تا تعیین کنند که آیا اقدامات ایمنی لازم برای محافظت از مصرف کنندگان هنگام استفاده از محصول آنها وجود دارد یا خیر. علاوه بر این، تست قابلیت اطمینان بینش های عملی را در زمینه هایی ارائه می کند که می توان در آنها برای تکرارهای آتی طراحی بهبودهایی ایجاد کرد تا مشتریان با هر نسخه جدید، عملکرد بهتری دریافت کنند.

فرآیندهای تولید بخشی جدایی ناپذیر از هر عملیات تولیدی موفق هستند. این کمک می کند تا اطمینان حاصل شود که از مواد و اجزای صحیح در هنگام مونتاژ استفاده می شود.

ارائه دستورالعمل هایی در مورد نحوه مونتاژ و آزمایش آن قطعات قبل از ارسال به مشتریان. اقدامات کنترل کیفیت در سرتاسر تولید به شناسایی عیوب احتمالی در مراحل اولیه کمک می کند، بنابراین می توان اصلاحات را قبل از حمل به جای پس از ارسال آن انجام داد و این امر باعث کاهش هزینه های مرتبط با بازگشت و تعمیرات در خط می شود. سیستم های اتوماسیون در سال های اخیر به دلیل توانایی آنها در ساده سازی برخی از جنبه های تولید و در عین حال کاهش هزینه های نیروی کار، به طور فزاینده ای محبوب شده اند. این به شرکت ها اجازه می دهد تا



نتایج منسجم‌تری تولید کنند که به حفظ سطح بالایی از رضایت مشتری با هزینه کمتر نسبت به فرآیندهای دستی کمک می‌کند.

## ملاحظات زیست محیطی

یکی از مهمترین ملاحظات زیست محیطی هنگام تولید ریزتراشه‌ها کاهش انتشار و ضایعات است. شرکت‌ها باید تلاش کنند تا با اجرای فرآیندهای تولید انرژی کارآمد که میزان آلودگی منتشر شده در جو را کاهش می‌دهد، ردپای کربن خود را به حداقل برسانند. این را می‌توان از طریق تعدادی از روش‌ها مانند تغییر به منابع تجدید پذیر برای برق، استفاده از انرژی خورشیدی، یا بازیافت مواد در صورت امکان به دست آورد. علاوه بر این، شرکت‌ها باید ارزیابی‌های ریسک زیست‌محیطی منظم را به منظور شناسایی مناطق بالقوه که در آن‌ها باید مراقبت بیشتری انجام شود، انجام دهند تا از هر گونه اثرات نامطلوب بر محیط زیست جلوگیری شود. این ارزیابی‌ها می‌تواند شامل تجزیه و تحلیل اجزای مختلف مورد استفاده در تولید، بررسی نحوه تعامل آنها با یکدیگر و ارزیابی خطرات مرتبط با این تعاملات باشد تا اقدامات مناسب برای اهداف پیشگیری یا کاهش اعمال شود.

یکی دیگر از ملاحظات کلیدی حفظ منابع است. تولیدکنندگان باید به دنبال راه‌هایی برای بهینه‌سازی عملیات خود باشند تا منابع کمتری در طول تولید مورد نیاز باشد و در عین حال نیازهای مشتری را برآورده کند. این می‌تواند شامل استفاده از مواد بازیافتی تا جایی که ممکن است به جای موارد جدید یا معرفی سیستم‌های اتوماسیونی باشد که به نیروی انسانی کمتری نسبت به فرآیندهای دستی نیاز دارند و در عین حال نتایج ثابتی را در چندین اجرا تضمین می‌کنند. علاوه بر این، شرکت‌ها باید سرمایه‌گذاری در منابع انرژی جایگزین مانند انرژی باد و خورشید را در نظر بگیرند که انرژی پاک را بدون انتشار آلاینده‌های مضر در محیط زیست مانند منابع سنتی فراهم می‌کند. با برداشتن این گام‌های پیشگیرانه در جهت پایداری، کسب‌وکارها نه تنها به محافظت از سیاره ما کمک می‌کنند، بلکه نسبت به سایر سازمان‌هایی که استانداردهای زیست‌محیطی تعیین‌شده توسط نهادهای نظارتی را رعایت نمی‌کنند، مزیت رقابتی کسب می‌کنند.

## روش شش سیگما

شش سیگما یک روش کنترل کیفیت است که بر کاهش عیوب در فرآیندهای تولید تمرکز دارد. از ابزارها و تکنیک‌های آماری برای شناسایی علل نقص‌های احتمالی، اندازه‌گیری آنها، تجزیه و تحلیل آنها، یافتن راه‌حلی برای بهبود، و سپس نظارت بر پیشرفت در طول زمان استفاده می‌کند. شش سیگما با موفقیت در بسیاری از صنایع برای افزایش کارایی فرآیند و کاهش هزینه‌ها استفاده شده است. مزایای استفاده از شش سیگما برای تولید

ریزتراشه شامل بهبود کیفیت محصول، کاهش مواد ضایعات و مصرف انرژی، افزایش رضایت مشتری، زمان تحویل بهتر برای سفارشات، سود بیشتر به دلیل کاهش مجدد کارها یا بازگشت کالاهای معیوب است.

## آشنایی با شش سیگما

شش سیگما یک روش بهبود فرآیند است که بر کاهش عیوب در فرآیندهای تولید تمرکز دارد. برای رسیدن به این هدف از پنج مرحله کلیدی استفاده می‌کند که به فرآیند DMAIC (تعریف-اندازه گیری-تحلیل بهبود-کنترل) معروف است. اولین مرحله از فرآیند DMAIC، تعریف است، جایی که اهداف پروژه تعیین می‌شوند و مرزهای پروژه مشخص می‌شوند. مرحله دوم اندازه‌گیری است که در آن داده‌ها از فرآیندهای موجود جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌شوند تا زمینه‌های بهبود را شناسایی کنند. مرحله سوم تجزیه و تحلیل است که شامل استفاده از ابزارها و تکنیک‌های آماری مانند تجزیه و تحلیل رگرسیون برای تعیین علل ریشه‌ای مشکلات یا نقص است. مرحله چهارم بهبود است که شامل توسعه راه‌حل‌هایی بر اساس نتایج تحلیلی و انجام آزمایش‌هایی برای آزمایش آنها قبل از اجرای کامل آنها در فرآیندهای تولید است. در نهایت، کنترل شامل نظارت بر پیشرفت در طول زمان است تا اطمینان حاصل شود که بهبودها در طول زمان موثر باقی می‌مانند.

با استفاده از روش شش سیگما با تمرکز بر یافتن دلایل نقص از طریق تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها و آزمایش به جای رویکردهای آزمون و خطا، تولیدکنندگان نه تنها می‌توانند هزینه‌ها را با حذف مجدد کارهای غیر ضروری کاهش دهند، بلکه با اطمینان از اینکه محصولات مطابقت دارند، کیفیت محصول را به طور کلی بهبود بخشند. نیازهای مشتری به طور مداوم هر بار که آنها از کارخانه خارج می‌شوند.

## تعریف الزامات فرآیند

مرحله بعدی در تعریف الزامات فرآیند، ایجاد یک برنامه دقیق برای برآوردن نیازهای مشتری است. این شامل شناسایی منابع لازم مانند پرسنل، مواد و تجهیزات مورد نیاز برای تکمیل موفقیت‌آمیز پروژه است. بعلاوه، داشتن درک درستی از الزامات قانونی یا قانونی که باید هنگام تولید محصول رعایت شود تا از انطباق با قوانین و مقررات قابل اجرا اطمینان حاصل شود، مهم است. علاوه بر این، ایجاد اهداف قابل اندازه‌گیری می‌تواند به تعیین اینکه آیا پیشرفت در جهت دستیابی به نیازهای مشتری در طول چرخه عمر پروژه انجام می‌شود یا خیر، کمک کند. ایجاد این معیارها به تیم‌ها کمک می‌کند تا پیشرفت را در جهت تکمیل پروژه‌ها به موقع و در چارچوب بودجه پیگیری کنند و همچنین از رعایت استانداردهای کیفیت در سراسر فرآیندهای تولید اطمینان حاصل کنند. پس از تکمیل تمام این مراحل، توسعه یک برنامه عملی برای بهبود فرآیندهای تولید موجود با حذف عیوب قبل از رخ

دادن آنها از طریق ابزارها و تکنیک های شش سیگما - از جمله تجزیه و تحلیل علت اصلی - امکان پذیر می شود. طراحی آزمایشات؛ کنترل فرآیند آماری؛ تحلیل ریسک؛ حالت شکست و تجزیه و تحلیل اثرات؛ محک زدن؛ و غیره، که در نهایت به تولیدکنندگان کمک می کند تا هزینه ها را کاهش دهند و در عین حال کیفیت محصول را در طول زمان افزایش دهند.

## تجزیه و تحلیل و بهبود فرآیندها

هنگامی که هر زمینه ای برای بهبود شناسایی شد، گام بعدی ایجاد راه حل هایی است که نقص ها را کاهش داده و کارایی فرآیند را بهبود می بخشد. این شامل توسعه برنامه های اقدام بر اساس داده های جمع آوری شده از فرآیندهای موجود و سپس اجرای آزمایش ها برای آزمایش این بهبودهای پیشنهادی قبل از اجرای کامل آنها در فرآیندهای تولید است. علاوه بر این، ممکن است نیاز به تنظیم فرآیندهای فعلی به منظور ادغام راه حل ها یا فناوری های جدید در سیستم های موجود به منظور دستیابی به نتایج دلخواه باشد. ابزارهای تضمین کیفیت مانند تجزیه و تحلیل حالت شکست و اثرات نیز می توانند در این مرحله از چرخه بهبود فرآیند به منظور ارزیابی ریسک های بالقوه مرتبط با تغییرات ایجاد شده و کاهش آن خطرات استفاده شوند. مرحله نهایی، نظارت بر پیشرفت در طول زمان است تا اطمینان حاصل شود که بهبودها در بلندمدت موثر باقی می مانند. تکنیک های کنترل فرآیند آماری مانند نمودارهای SPC، محدودیت های کنترل، نمودارهای اجرا و غیره می توانند به تیم های تولیدی کمک کنند تا روندها یا تغییرات را در یک سیستم شناسایی کنند تا بتوانند به سرعت مسائل را در صورت بروز پیدا کنند و در صورت لزوم اقدامات اصلاحی را انجام دهند. علاوه بر این، استفاده از نظرسنجی های دوره ای بازخورد مشتری یا سایر اشکال بازرسی کیفیت در طول چرخه های تولید می تواند بینش های مفیدی را در مورد نیازهای مشتری به تولیدکنندگان ارائه دهد که می تواند بر طراحی های محصول آینده و همچنین زمان تحویل سفارش های آینده تأثیر بگذارد. با در نظر گرفتن همه این عوامل در طول چرخه بهبود فرآیند - تجزیه و تحلیل فرآیندهای جاری. ایجاد راه حل؛ ایده های آزمایشی؛ ادغام فناوری/راه حل های جدید؛ ارزیابی سطوح ریسک؛ نظارت بر پیشرفت - تولیدکنندگان می توانند به طور مداوم هر دو استانداردهای کیفیت خود را رعایت کنند و همچنین انتظارات مشتری را هر بار که محصولات از کف کارخانه خود خارج می شوند برآورده می کنند.

## اجرای تغییرات و نتایج پایش

هنگامی که فرآیندها، سیستم ها و فن آوری های جدید به فرآیند تولید معرفی شدند، مهم است که آنها به دقت نظارت شوند تا اطمینان حاصل شود که هر گونه پیشرفت انجام شده در طول زمان پایدار است. این شامل جمع

آوری داده‌ها از فرآیندهای موجود به منظور ردیابی و اندازه‌گیری پیشرفت‌ها در برابر اهداف از پیش تعیین شده است. سپس می‌توان از این داده‌ها برای شناسایی زمینه‌هایی برای بهبود یا بهینه‌سازی بیشتر، مانند افزایش کارایی یا کاهش مواد زائد استفاده کرد. علاوه بر این، این داده‌های جمع‌آوری شده را می‌توان با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های آماری مانند تحلیل رگرسیون به منظور تعیین ریشه‌ای مشکلات یا نقص‌ها تجزیه و تحلیل کرد تا اقدامات اصلاحی متناسب با آن انجام شود. علاوه بر جمع‌آوری اطلاعات کمی در مورد عملکرد یک سیستم تولید، دریافت بازخورد از مشتریان در مورد اینکه چگونه محصولات انتظارات آنها را برآورده می‌کنند نیز مفید است. نظرسنجی‌های رضایت مشتری، بینش‌های ارزشمندی را در مورد نیازها و خواسته‌های مشتری ارائه می‌دهند که می‌تواند بر طراحی‌های محصول آینده و همچنین زمان‌بندی سفارش‌های آینده تأثیر بگذارد. در واقع، با استفاده از این نوع معیارها در طول چرخه بهبود فرآیند، تولیدکنندگان می‌توانند مطمئن شوند که محصولاتشان نه تنها استانداردهای کیفیت داخلی را برآورده می‌کنند، بلکه هر بار که از کف کارخانه خارج می‌شوند، از انتظارات مشتری نیز فراتر می‌روند.

در نهایت، پس از اعمال تغییرات، ضروری است که پیشرفت در جهت دستیابی به نتایج مطلوب به طور منظم در طول زمان از طریق بازرسی‌های معمول و روش‌های آزمایش در طول چرخه‌های تولید مورد نظارت قرار گیرد. ابزارهای تضمین کیفیت مانند حالت شکست و تجزیه و تحلیل اثرات به تیم‌ها اجازه می‌دهد تا خطرات بالقوه مرتبط با تغییرات ایجاد شده را نظارت کنند، در حالی که تکنیک‌های کنترل فرآیند آماری خلاصه‌های مفیدی از روندها یا تغییرات در یک سیستم را به آنها ارائه می‌دهد تا هر مشکلی را بتوان به سرعت قبل از آنها شناسایی کرد. به مشکلات جدی تری تبدیل می‌شوند.

در نتیجه، شش سیگما یک روش قدرتمند برای بهبود فرآیندهای تولید و اطمینان از رعایت استانداردهای کیفیت است. با حذف عیوب قبل از وقوع از طریق تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها و آزمایش به جای رویکردهای آزمون و خطا، تولیدکنندگان نه تنها می‌توانند هزینه‌ها را کاهش دهند، بلکه کیفیت محصول را با برآورده کردن مستمر نیازهای مشتری هر بار که محصولات از کف کارخانه خارج می‌شوند، بهبود می‌بخشند. شش سیگما از طریق تمرکز بر شناسایی علل ریشه‌ای مشکلات یا نقص‌ها، توسعه راه‌حل‌های مبتنی بر نتایج تحلیلی، و نظارت بر پیشرفت در طول زمان برای اطمینان از اینکه بهبودها در درازمدت موثر باقی می‌مانند - ابزار ارزشمندی را برای تولیدکنندگان در تلاش برای بهبود مستمر فراهم می‌کند. علاوه بر این، همچنین به آنها اجازه می‌دهد تا فرآیندهای فعلی را به منظور ادغام راه‌حل‌ها یا فناوری‌های جدید در سیستم‌های موجود تنظیم کنند تا بتوانند در عین رعایت قوانین و مقررات قابل اجرا، به نتایج دلخواه دست یابند. در نهایت، استفاده از شش سیگما می‌تواند به تولیدکنندگان ریزتراشه‌ها کمک کند تا با ارائه محصولاتی با کیفیت بالا که هر بار فراتر از انتظارات است، از رقبا جلوتر بمانند.

## نمودار کنترل

نمودارهای کنترلی ابزارهای ضروری هستند که در کنترل فرآیند برای حفظ استانداردهای کیفیت در تولید استفاده می شوند. آنها به شناسایی روندها، تشخیص نقاط دورافتاده یا ناهنجاری ها و اندازه گیری عملکرد یک فرآیند در طول زمان کمک می کنند. با تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از سیستم‌های اندازه‌گیری مانند کولیس، سنج‌های دما یا سطوح تشعشع، نمودارهای کنترلی را می‌توان برای نظارت بر فرآیندهای تولید و اطمینان از باقی ماندن آنها در محدوده‌های قابل قبول استفاده کرد. به عنوان مثال، نمودار ویژگی ممکن است برای مقایسه تعداد عیوبی که در هنگام مونتاژ محصول رخ می دهد با اهداف از پیش تعیین شده استفاده شود. هر گونه انحراف خارج از این محدودیت ها می تواند نشان دهنده مشکلی در فرآیند باشد که نیاز به رسیدگی دارد. نمودارهای کنترلی متغیر مشابهی را می توان برای ردیابی اندازه گیری هایی مانند دما در طول زمان و اطمینان از ماندن آنها در محدوده قابل قبول استفاده کرد.

نمودارهای کنترلی همچنین با مقایسه نتایج فعلی با داده‌های تاریخی در فواصل زمانی منظم، بینش ارزشمندی را در مورد روند تولید ارائه می‌دهند و امکان تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر در مورد تغییرات بالقوه یا بهبود فرآیندها را فراهم می‌کنند. این به تولیدکنندگان کمک می کند تا عملیات خود را بهینه کنند و در عین حال اطمینان حاصل شود که کیفیت در هر مرحله از تولید ثابت می ماند. بنابراین تجزیه و تحلیل نمودار کنترل بخشی جدایی ناپذیر از هر عملیات تولیدی موفق است و زمانی که صحبت از بهبود کارایی و بهره وری می شود نباید نادیده گرفته شود.

نمودارهای کنترلی ابزاری ارزشمند در فرآیند تولید ریزتراشه هستند، زیرا امکان یک محیط تولید دقیق و کنترل شده را فراهم می کنند. با نظارت بر دما، سطوح تشعشع و سایر عواملی که می‌توانند بر عملکرد تراشه تأثیر بگذارند، تولیدکنندگان می‌توانند اطمینان حاصل کنند که تراشه‌هایشان بالاترین استانداردهای کیفیت را دارد. کنترل دما در این صنعت از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا حتی تغییرات کوچک در گرما می تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دستگاه داشته باشد. نمودارهای کنترلی داده‌های بلادرنگ را در اختیار تولیدکنندگان قرار می‌دهند که به آنها اجازه می‌دهد تا دماها را در محدوده‌های تحمل محدود نظارت کنند تا از هرگونه اختلال در فرآیند تولید جلوگیری کنند.

علاوه بر کنترل دما، حفظ سطوح تشعشع در محدوده قابل قبول در طول تولید تراشه نیز ضروری است. قرار گرفتن در معرض تشعشعات ناشی از تجهیزات مانند میکروسکوپ های الکترونی یا سیستم های تصویربرداری اشعه ایکس باید با دقت با استفاده از نمودارهای کنترلی کنترل شود تا سلامت کارگران در هنگام تولید ریزتراشه ها به خطر نیفتد. این نوع تجزیه و تحلیل به شناسایی مناطقی که ممکن است تشعشع بیش از حد زیاد باشد

کمک می کند، بنابراین اقدامات اصلاحی را می توان سریع و موثر بدون ایجاد اختلال در برنامه های تولید انجام داد.

در نهایت، تجزیه و تحلیل نقص یکی دیگر از زمینه های کاربردی اصلی برای نمودارهای کنترلی در هنگام تولید ریزتراشه است. با تجزیه و تحلیل داده های ویژگی مانند تعداد نقص در واحد یا اندازه دسته در طول زمان، تشخیص روندها و اتخاذ اقدامات اصلاحی قبل از گسترش گسترده تر مشکلات در دسته های بزرگتر تراشه های متوالی آسان تر می شود. بنابراین تجزیه و تحلیل نمودار کنترل روشی موثر برای تولیدکنندگان فراهم می کند تا عملکرد را اندازه گیری کنند و مشکلات را زودتر شناسایی کنند، قبل از اینکه به اندازه کافی جدی شوند که تعمیرات یا تعویض های پرهزینه را تضمین کنند.

## پیاده سازی نمودار های کنترل

قبل از اجرای هر نوع تحلیل نمودار کنترلی، انتخاب نوع نمودار مناسب برای برنامه خاص خود نیز ضروری است. این بستگی به نوع داده هایی دارد که باید نظارت شوند. سه نوع اصلی وجود دارد: نمودار کنترل ویژگی (شمارش)، نمودار کنترل متغیر (اندازه گیری) و نمودار کنترل میانگین و محدوده (میانگین). بسته به نیاز شما، یک نوع ممکن است بهتر از دیگری کار کند، بنابراین مهم است که قبل از ادامه تجزیه و تحلیل با کارشناسان مشورت کنید.

در نهایت، تعریف مشخصات واضح برای هر متغیری که توسط یک نمودار کنترل نظارت می شود، کلید اجرای موفقیت آمیز است. این شامل تعیین مرزهای شناخته شده به عنوان "محدودیت های کنترل" است که محدوده های قابل قبولی را برای اندازه گیری هایی مانند سطح دما یا تشعشع تعریف می کند. هر مقدار خارج از این محدودیت ها به ترتیب نشان دهنده مشکلاتی در پایداری فرآیند یا کیفیت محصول است که می تواند به سرعت بدون ایجاد اختلال در برنامه های تولید در ادامه خط برطرف شود. از طریق پیروی از بهترین روش ها مانند این تولیدکنندگان می توانند اطمینان حاصل کنند که عملیات آنها بدون مشکل اجرا می شود و در عین حال استانداردهای بالایی را در هر مرحله از تولید از ابتدا تا انتها حفظ می کنند.

هنگامی که نمودار کنترلی ایجاد شد، گام بعدی نظارت بر داده های فرآیند و شناسایی هر گونه الگو یا روندی است که ممکن است رخ دهد. پیگیری تغییرات کوتاه مدت در عملکرد و همچنین تغییرات بلندمدت در طول زمان بسیار مهم است. شرکت ها همچنین باید عوامل خارجی مانند تغییرات فصلی را که می توانند بر فرآیندها تأثیر بگذارند، اما پیش بینی یا کنترل آن دشوار است، در نظر بگیرند. با نظارت بر این پارامترهای مختلف،

کسب و کارها می‌توانند به سرعت هر گونه تغییر قابل توجهی را در عملیات خود قبل از تبدیل شدن به موضوعی که بر رضایت مشتری یا مقررات ایمنی تأثیر می‌گذارد، تشخیص دهند.

تفسیر الگوهای موجود در نمودارهای کنترلی مستلزم تحلیل و تفسیر دقیق اطلاعات جمع آوری شده از داده‌های جمع آوری شده در طول زمان است. این الگوها بینش‌های ارزشمندی را در مورد عملکرد عملیاتی ارائه می‌کنند و می‌توانند به شرکت‌ها کمک کنند تا درک کنند که در چه زمینه‌هایی نیاز به بهبود دارند تا در صورت لزوم اقدامات اصلاحی به سرعت انجام شود. علاوه بر این، با درک چگونگی تعامل متغیرهای مختلف با یکدیگر، کسب و کارها بهتر می‌توانند فرآیندهای خود را برای حداکثر کارایی بهینه کنند و در عین حال سطوح بالایی از تضمین کیفیت را در تمام جنبه‌های کسب و کار حفظ کنند.

در نهایت، برای سازمان‌ها مهم است که اطمینان حاصل کنند که هرگونه تغییری که بر اساس داده‌های نمودارهای کنترلی آن‌ها ایجاد می‌شود، در آینده به دقت نظارت می‌شود تا بررسی شود که آیا واقعاً پس از اجرا پیشرفت‌هایی حاصل شده است یا خیر. این به آن‌ها کمک می‌کند تا قبل از ایجاد مشکلات عمده‌ای که بر خدمات مشتری یا استانداردهای ایمنی تأثیر می‌گذارد و موفقیت آن‌ها را در درازمدت تضمین می‌کند، جلوتر از مشکلات بالقوه بمانند.

## تفسیر موضوع و اهمیت کنترل کیفیت آن

میکروچیپ یک چیپ الکترونیکی کوچک به اندازه یک دانه برنج می‌باشد. برای ردیابی، با سرنگ‌های اختصاصی زیر پوست در ناحیه پشت کتف یا گردن تزریق و یا به اصطلاح ایمپلنت می‌شود. این چیپ الکترونیکی با یک پوشش شیشه‌ای خاصی محافظت می‌شود و پس از تزریق به بدن (انسان یا حیوان) تا پایان زندگی بدون هیچگونه عوارضی همراه بدن خواهد بود. سیستم شناسایی حیوانات توسط میکروچیپ براساس دریافت امواج رادیویی می‌باشد که توسط دستگاه‌های خاص ترجمه می‌شود. این روش، جدیدترین و مدرن‌ترین سامانه شناسایی حیوانات می‌باشد.

میکروچیپ دارای یک کد یا شماره ۱۵ رقمی غیر قابل تکرار می‌باشد که روش تراشه آن، با دستگاه‌های مخصوص لیزر می‌شود. با دستگاه اسکنر مخصوص قابل بازیابی و یا خوانش می‌باشد که البته این دستگاه‌ها، فقط در اختیار بیمارستان‌ها و دانه‌پزشکی‌های خاص قرار دارد. اطلاعات نام و آدرس صاحب حیوان و مشخصات خود حیوان با جستجوی این شماره قابل دسترس می‌باشد.

کاربرد این تکنولوژی برای انسان به این صورت است که کارمندان با کاشت میکروچیپ‌هایی تقریباً به اندازه یک دانه برنج دیگر نیازی نخواهند داشت با خود کارت شناسایی حمل یا برای ورود به ساختمان یا کارخانه از اثر انگشت یا رمز عبور استفاده کنند و حتی برای انجام تراکنس‌های مالی هم به کارت اعتباری نیاز ندارند. در واقع

همه چیز به صورت خودکار و با نزدیک شدن بدن فرد به نقطه مد نظر انجام خواهد شد. به طوری که اکنون کارمندان چندین شرکت بزرگ در دنیا از این میکروچیپ ها استفاده می کنند و ادعا شده در چند سال آینده کارمندان گوگل و مایکروسافت هم از این میکروچیپ ها استفاده خواهند کرد.

اما دانشمندان تنها به استفاده از میکروچیپ ها و ریز تراشه ها به عنوان کیف پول و کنترل از راه دور بسنده نکردند و آن ها در خدمات پزشکی هم پیشرفت دادند و نوعی قرص سایبری ساختند تا بعد از تجزیه و تحلیل هورمون های داخل بدن آن را به پزشک اطلاع دهد.

کنترل کیفیت این محصول آنجایی اهمیت پیدا می کند که:

۱) ساخت این میکروچیپ ها به متریال خاص نیاز دارد. برای مثال سیلیکون یا شیشه خاصی در فرآیند تولید آنها استفاده می شود، که تولید در حجم انبوه کار دشواریست. (به علت خاص بودن ترکیباتی که برای این کار لازم است.)

۲) این قطعات در درون بدن موجودات زنده (حیوانات و انسان ها) قرار داده می شود و مهم است که خرابی و عیبی نداشته باشد که منجر به عفونت یا آسیب به بدن نشود.

۳) از آنجایی که می توان در میکروچیپ ها اطلاعات زیادی را ذخیره و بهره برداری کرد، مهم است که به گونه ای ساخته شوند که نگهدارنده این اطلاعات باشند و در صورت نیاز، امواج سالم و مناسبی را برای ترجمه توسط دستگاه های مخصوص صاطع کنند.

۴) اگر از یک دمایی به بعد، افزایش دما داشته باشیم منجر به انهدام و انفجار قطعه می شود که در صورت وقوع این اتفاق، متریال و بدن میزبان، دچار خسارت می شود.

۵) از آنجا که محفظه این قطعه شیشه ایست، مقاوم بودن آن در برابر ضربات خارجی حائز اهمیت است.

دیتای انتخابی ما از میان ویژگی های مهم میکروچیپ ها دو ویژگی دما و ضربات ناگهانی را بررسی کرده است. این داده شامل پنج ستون است. دو مورد اول دو تست مختلف است که روی میکروچیپ ها انجام می شود. اولین تست یک تست دما است، تعیین می کند که اجزای سازنده پس از قرار گرفتن در دمای بالا چند درصد کارایی داشته اند. در آزمون دوم مشخص شده که اجزای ریز تراشه چقدر مقاوم بوده و پس از قرار گرفتن در برابر حرکات و تکان خوردن های مداوم چند درصد خوب عمل می کند. ستون سوم ۰ یا ۱ است که نشان می دهد که ریز تراشه پذیرفته شده است یا رد شده است و ستون چهارم نشان دهنده روز نمونه گیری و ستون پنجم نشان دهنده تعداد نامطبق ها در هر نمونه است.



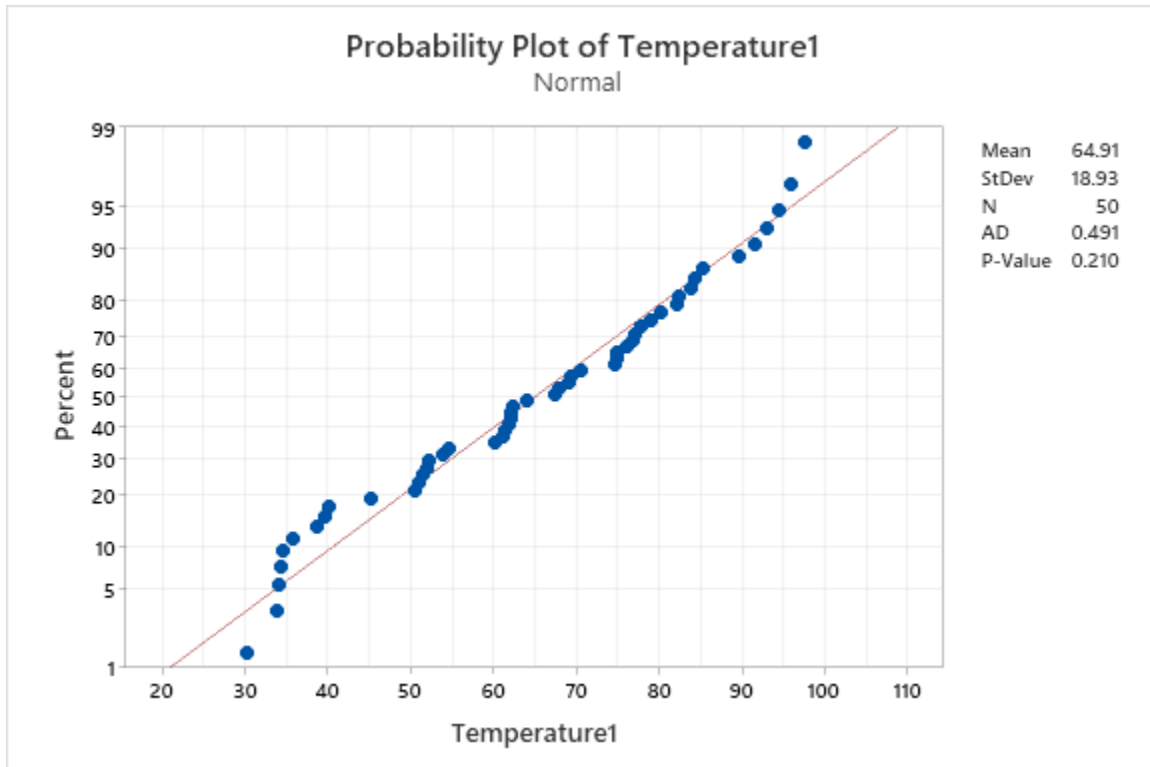
## شرح روش نمونه گیری

در یک بازه زمانی ۲۰ روزه روزانه ۵ نمونه تصادفی از میان میکروچیپ های تولید شده انتخاب شده و دو تست دما و تکان روی آنها انجام شده و نتایج برحسب درصد مقاومت ثبت شده است. و نصف داده ها برای فاز اول کنترل کیفیت و نصف دیگر برای فاز دوم کنترل کیفیت در نظر گرفته شده است. در تصویر زیر داده ها که مربوط به داده های فاز یک و دو هستند را مشاهده خواهید کرد.

	Temperature1	Component1	No/Yes 1	Day 1	np 1	Temperature2	Component2	No/Yes 2	Day 2	np 2
1	34.6237	78.0247	0	1	3	79.9448	74.1631	1	11	2
2	30.2867	43.8950	0	1	1	99.2725	60.9990	1	11	1
3	35.8474	72.9022	0	1	3	90.5467	43.3906	1	11	4
4	60.1826	86.3086	1	1	1	34.5245	60.3963	0	11	2
5	79.0327	75.3444	1	1	3	50.2865	49.8045	0	11	1
6	45.0833	56.3164	0	2	3	49.5867	59.8090	0	12	2
7	61.1067	96.5114	1	2	2	97.6456	68.8616	1	12	0
8	75.0247	46.5540	1	2	4	32.5772	95.5985	0	12	2
9	76.0988	87.4206	1	2	3	74.2487	69.8246	1	12	1
10	84.4328	43.5334	1	2	1	71.7965	78.4536	1	12	0
11	95.8616	38.2253	0	3		75.3956	85.7599	1	13	
12	75.0137	30.6033	0	3		35.2861	47.0205	0	13	
13	82.3071	76.4820	1	3		56.2538	39.2615	0	13	
14	69.3646	97.7187	1	3		30.0588	49.5930	0	13	
15	39.5383	76.0368	0	3		44.6683	66.4501	0	13	
16	53.9711	89.2074	1	4		66.5609	41.0921	0	14	
17	69.0701	52.7405	1	4		40.4576	97.5352	1	14	
18	67.9469	46.6786	0	4		49.0726	51.8832	0	14	
19	70.6615	92.9271	1	4		80.2796	92.1161	1	14	
20	76.9788	47.5760	1	4		66.7467	60.9914	1	14	
21	67.3720	42.8384	0	5		32.7228	43.3072	0	15	
22	89.6768	65.7994	1	5		64.0393	78.0317	1	15	
23	50.5348	48.8558	0	5		72.3465	96.2276	1	15	
24	34.2121	44.2095	0	5		60.4579	73.0950	1	15	
25	77.9241	68.9724	1	5		58.8410	75.8584	1	15	
26	62.2710	69.9545	1	6		99.8279	72.3693	1	16	
27	80.1902	44.8216	1	6		47.2643	88.4759	1	16	
28	93.1144	38.8007	0	6		50.4582	75.8099	1	16	
29	61.8302	50.2561	0	6		60.4556	42.5084	0	16	
30	38.7858	64.9957	0	6		82.2267	42.7199	0	16	
31	61.3793	72.8079	1	7		88.9139	69.8038	1	17	
32	85.4045	57.0520	1	7		94.8345	45.6943	1	17	
33	52.1080	63.1276	0	7		67.3193	66.5894	1	17	
34	52.0454	69.4329	1	7		57.2387	59.5143	1	17	
35	40.2369	71.1677	0	7		80.3668	90.9601	1	17	
36	54.6351	52.2139	0	8		68.4685	85.5943	1	18	
37	33.9155	98.8694	0	8		42.0755	78.8448	0	18	
38	64.1770	80.9081	1	8		75.4777	90.4245	1	18	
39	74.7893	41.5734	0	8		78.6354	96.6474	1	18	
40	34.1836	75.2377	0	8		52.3480	60.7695	0	18	
41	83.9024	56.3080	1	9		94.0943	77.1591	1	19	
42	51.5477	46.8563	0	9		90.4486	87.5088	1	19	
43	94.4434	65.5689	1	9		55.4822	35.5707	0	19	
44	82.3688	40.6183	0	9		74.4927	84.8451	1	19	
45	51.0478	45.8227	0	9		89.8458	45.3583	1	19	
46	62.2227	52.0610	0	10		83.4892	48.3803	1	20	
47	77.1930	70.4582	1	10		42.2617	87.1039	1	20	
48	97.7716	86.7278	1	10		99.3150	68.7754	1	20	
49	62.0731	96.7688	1	10		55.3400	64.9319	1	20	
50	91.5650	88.6963	1	10		74.7759	89.5298	1	20	

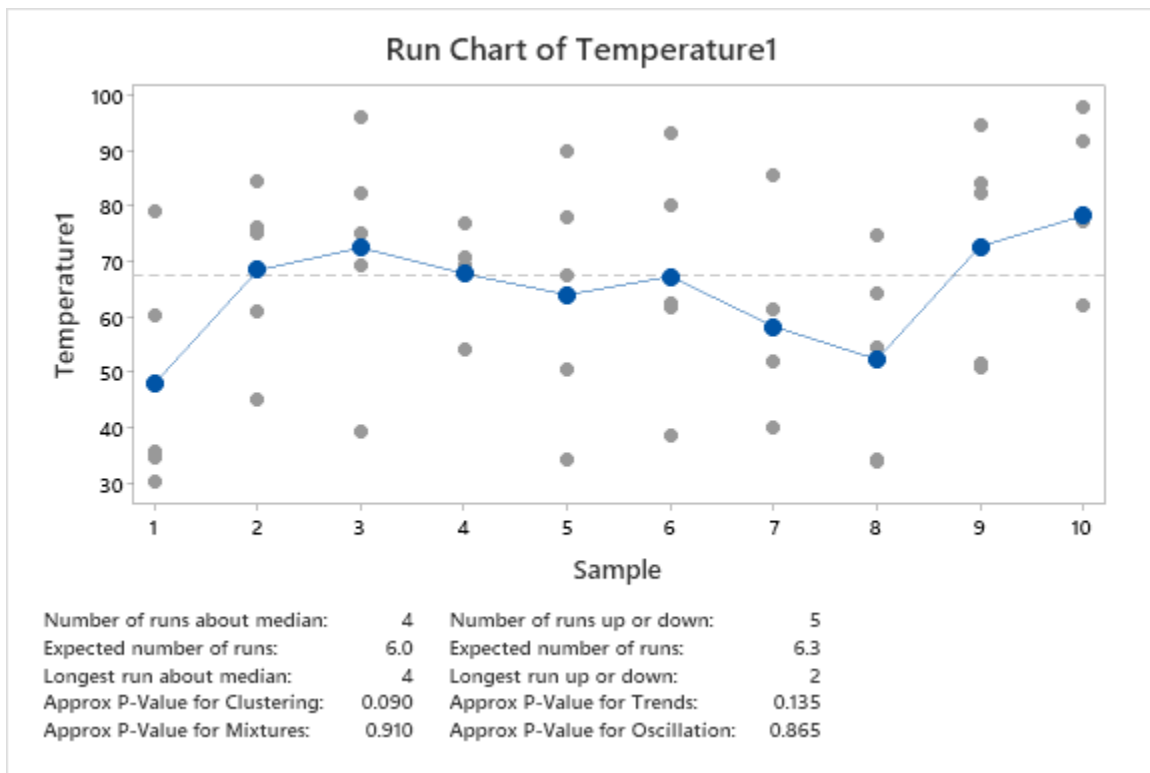
## بررسی فرض داده ها برای مشخصه دما

در ابتدا به بررسی مشخصه اول یا مشخصه دما می پردازیم، که برای رسم نمودار چون یک مشخصه پیوسته است ابتدا باید دو شرط نرمال بودن داده ها و تصادفی بودن داده ها برای آن برقرار باشد. فرض نرمال بودن داده ها به صورت زیر است:



برای برقراری فرض نرمال بودن داده ها باید مقدار P-Value از مقدار آلفا یا خطای نوع اول باید بیشتر باشد به طور معمول از مقدار آلفا ۰.۰۵ استفاده می شود که در اینجا هم همین مقدار را در نظر می گیریم. مشاهده می شود که مقدار P-Value از مقدار آلفا بیشتر است و مقدار آن برابر با ۰.۲۱۰ است بنابراین فرض نرمال بودن داده ها برقرار است.

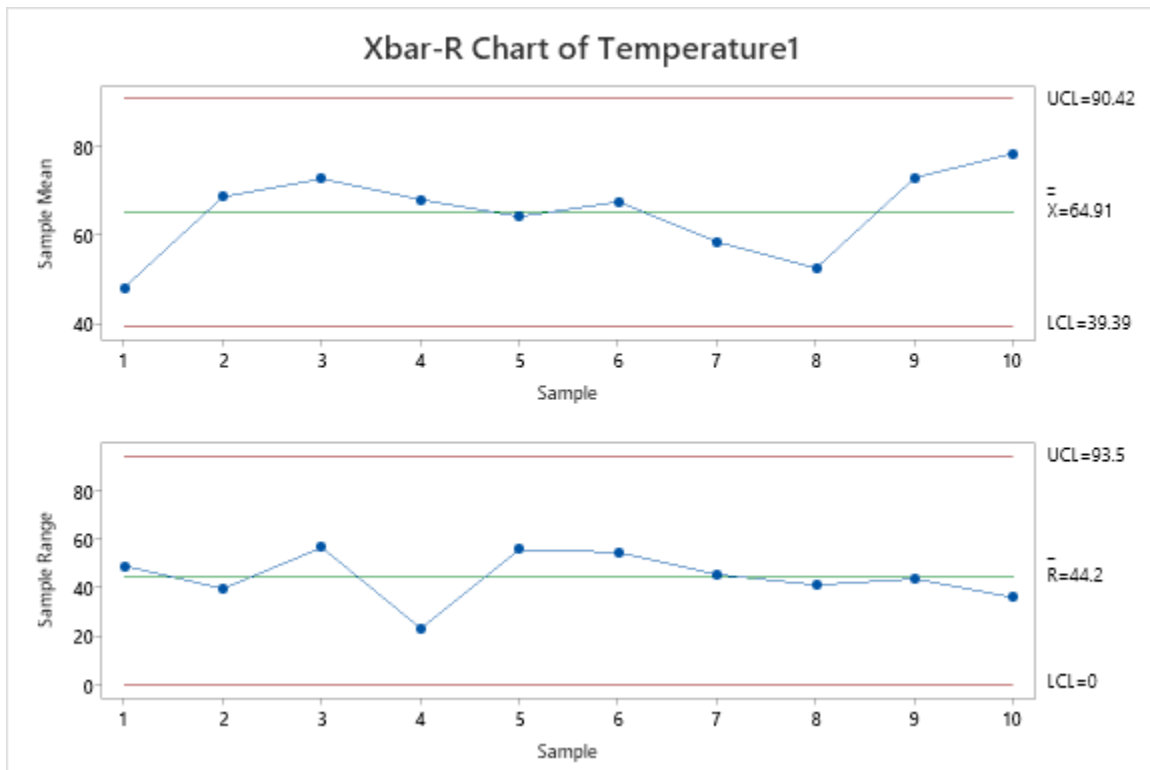
و فرض تصادفی بودن داده ها هم به صورت زیر است:



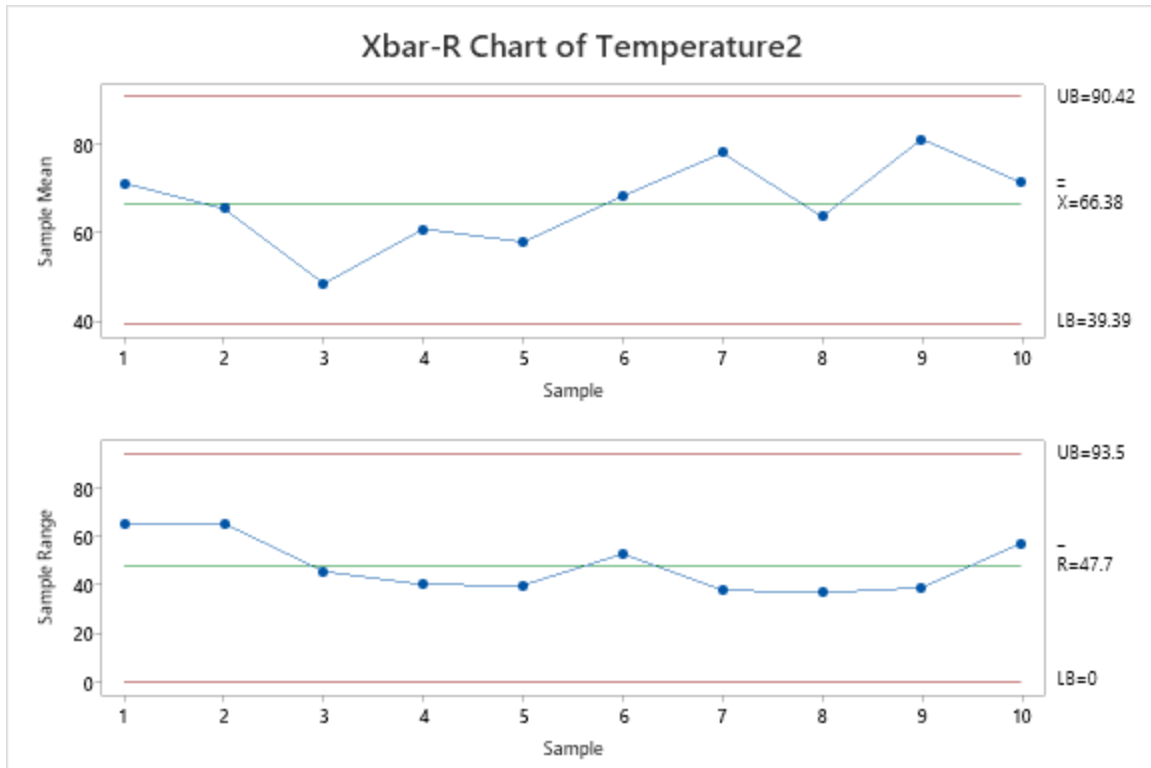
برای برقراری فرض تصادفی بودن داده ها باید مقادیر P-Value نمودار از مقدار آلفا یا  $0.05$  بیشتر باشد که همانطور که مشاهده می شود هر چهار مقدار P-Value از مقدار آلفا بیشتر است، بنابراین فرض تصادفی بودن داده ها هم برقرار است.

## رسم نمودار Xbar-R

با توجه به اینکه مقادیر پیوسته هستند و فرض های نرمال بودن و تصادفی بودن برای آن ها برقرار بود و همچنین اندازه نمونه ها کوچک است مناسب است که از نمودار Xbar-R استفاده کرد. اما قبل از آن بهتر است کم درباره صرفا مقادیر این مشخصه صحبت کنیم. با توجه به اینکه مقادیر این مشخصه درصد عملکرد محصول در دما را به ما نشان می دهد پس هرچه این مقدار بیشتر باشد (نهایت آن  $100$  است) برای ما مناسب تر است و میکروچیپ عملکرد بهتری در این تست دارد. در اینجا ما میانگین نمونه ها را روی نمودار مشاهده خواهیم کرد.



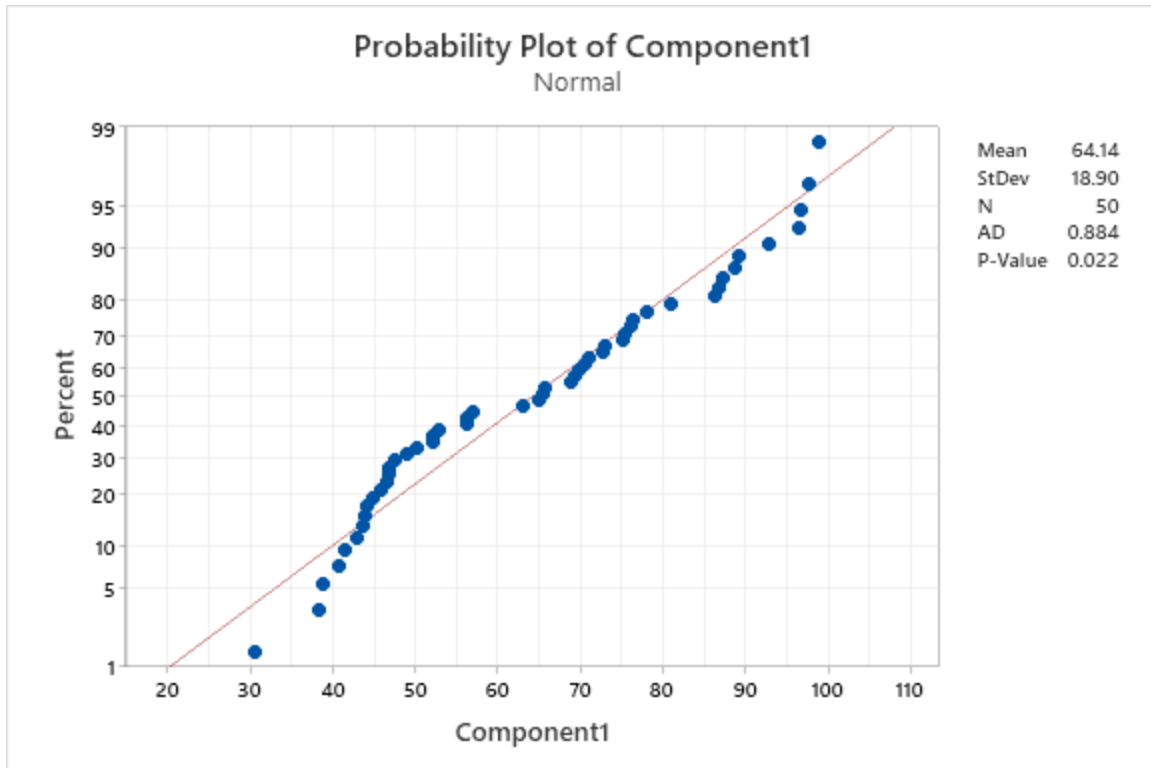
برای کنترل فرآیند تمامی قواعد حساس سازی در نظر گرفته شده و همانطور که مشاهده می شود هیچ نقطه خارج از کنترلی در نمودار R مشاهده نمی شود؛ پس حدود کنترل در نمودار Xbar معتبر هستند و در نمودار Xbar هم هیچ نقطه خارج از کنترلی مشاهده نمی شود و فرآیند در کنترل است. بنابراین حدود کنترل بدست آمده در دو نمودار را برای داده های جدید که در فاز دوم از آن ها استفاده می کنیم در نظر می گیریم تا بر در کنترل بودن فرآیند نظارت کنیم.



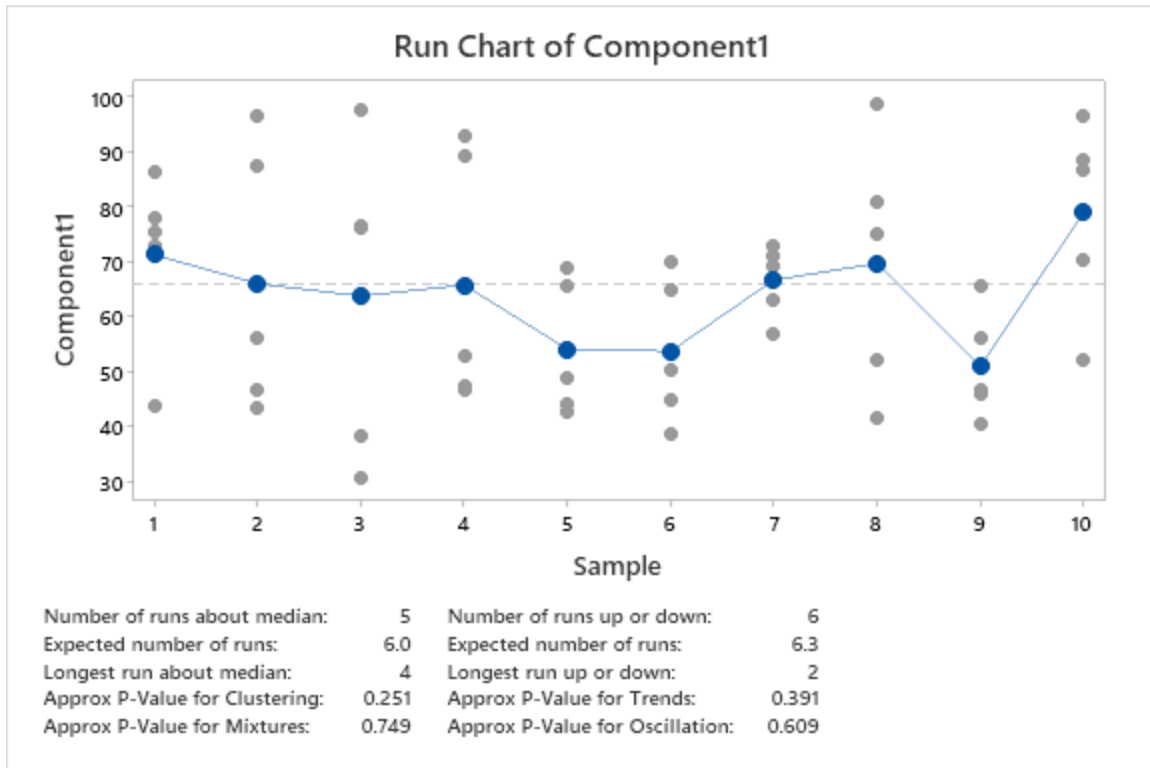
تصویر بالا مربوط به فاز دوم فرآیند است که نمونه های جدید با استفاده از حدود کنترل مربوط به فاز اول استفاده کردیم و مشاهده می شود با توجه به تمامی قواعد حساس سازی در نمودار  $\bar{X}$  و R هیچ نقطه خارج از کنترلی نداریم و فرایند در کنترل است.

## بررسی فرض داده ها برای مشخصه مقاومت

حال به بررسی مشخصه دوم یا مشخصه مقاومت می پردازیم، که برای رسم نمودار چون یک مشخصه پیوسته است ابتدا باید دو شرط نرمال بودن داده ها و تصادفی بودن داده ها برای آن برقرار باشد. فرض نرمال بودن داده ها به صورت زیر است:



مشاهده می‌شود مقدار **P-Value** از مقدار آلفا کمتر است، بنابراین فرض نرمال بودن داده‌ها برقرار نیست. و فرض تصادفی بودن داده‌ها هم به صورت زیر است:



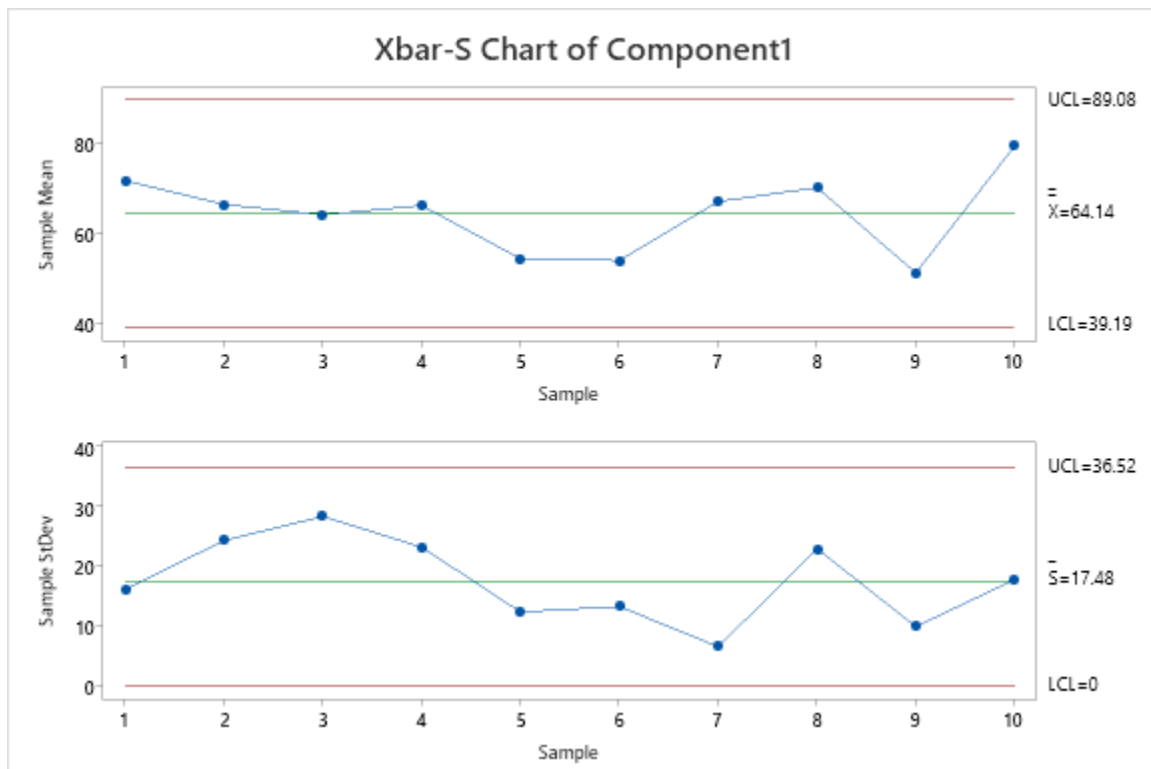
مشاهده می‌شود هر چهار مقدار **P-Value** از مقدار آلفا بیشتر است، بنابراین فرض تصادفی بودن داده‌ها برقرار است.

با توجه به اینکه فرض نرمال بودن داده‌ها برقرار نیست در نتیجه استفاده از نمودار **R** مناسب نیست. زیرا توزیع نمونه **R** متقارن نیست و اگر فرض نرمال برقرار نباشد دچار خطا می‌شود. بنابراین از نمودار **S** استفاده می‌کنیم.

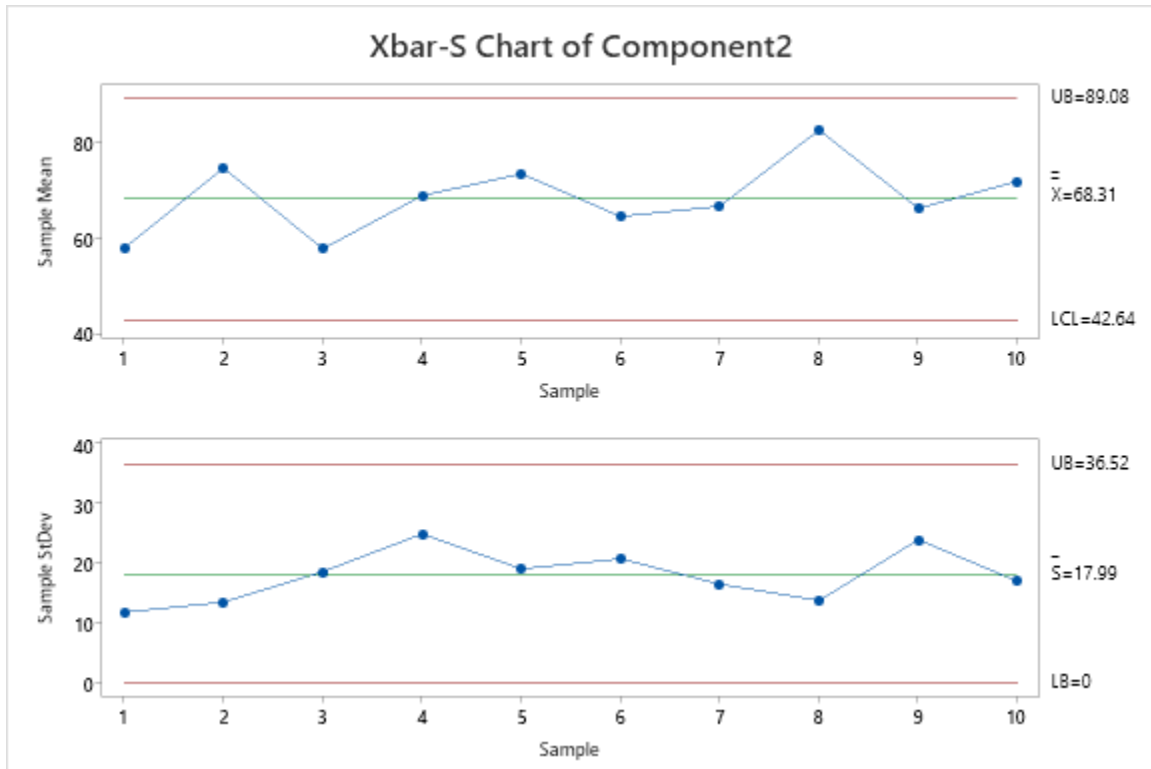


## رسم نمودار Xbar-S

با توجه به اینکه مقادیر پیوسته هستند و فرض نرمال بودن برقرار نیست و فرض تصادفی بودن برای آن‌ها برقرار بود مناسب است که از نمودار Xbar-S استفاده کرد. مانند مشخصه دما، مقادیر این مشخصه هم براساس درصد است بنابراین هرچه بیشتر باید برای ما مناسب تر و نشان دهنده عملکرد بهتر میکروچیپ در این آزمون دارد.



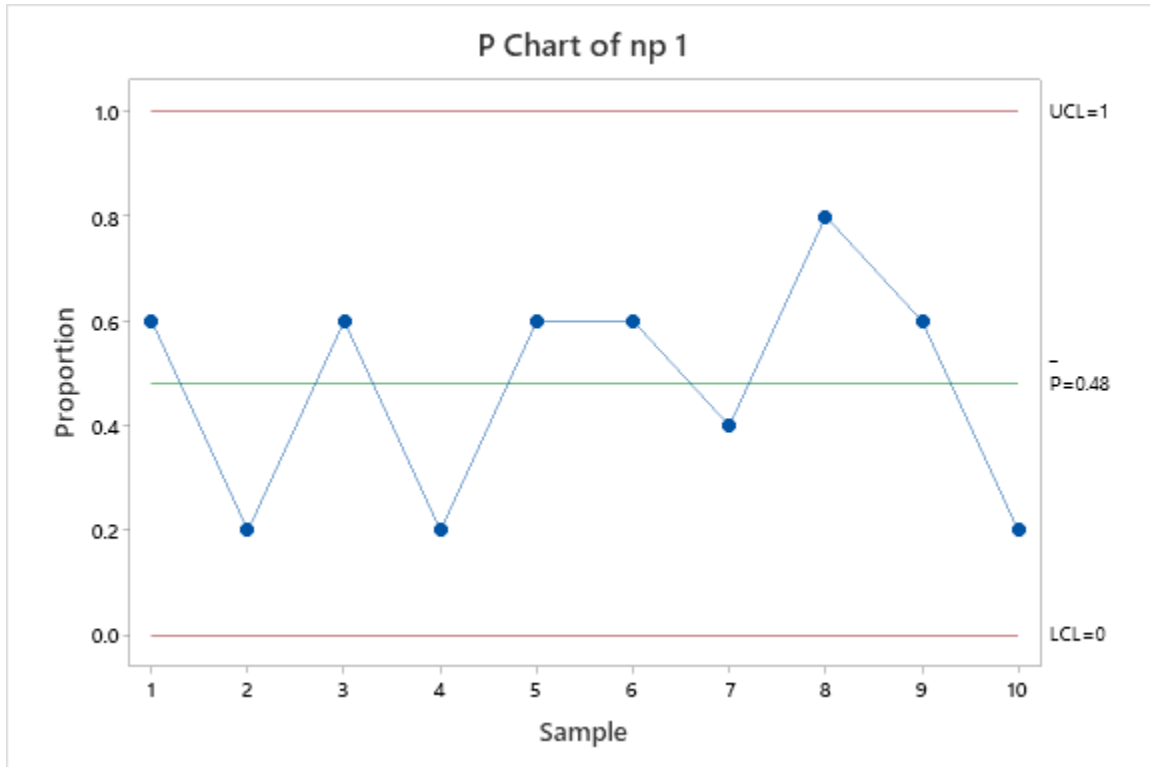
برای کنترل فرآیند تمامی قواعد حساس سازی در نظر گرفته شده و همانطور که مشاهده می‌شود هیچ نقطه خارج از کنترلی در هیچ یک از نمودارها دیده نمی‌شود بنابراین فرآیند در کنترل است و حدود کنترل این فاز برای فاز دوم که نظارت بر فرآیند است استفاده می‌شود.



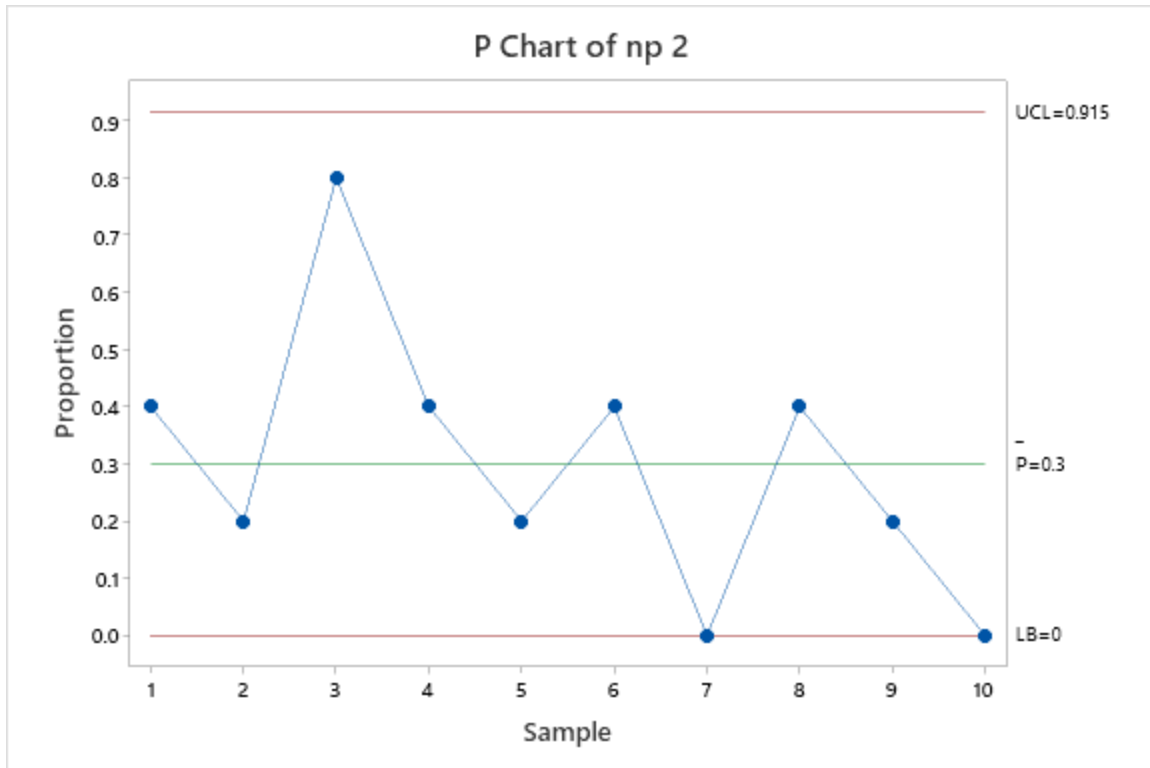
تصویر بالا مربوط به فاز دوم فرآیند است که نمونه های جدید با استفاده از حدود کنترل مربوط به فاز اول استفاده کردیم و مشاهده می شود با توجه به تمامی قواعد حساس سازی در نمودار  $\bar{X}$  و  $S$  هیچ نقطه خارج از کنترلی نداریم و فرآیند در کنترل است.

## رسم نمودار P (نامنطبق ها)

در این قسمت نمودار مربوط به تعداد میکروچیپ های نامنطبق در هر نمونه را رسم خواهیم کرد.



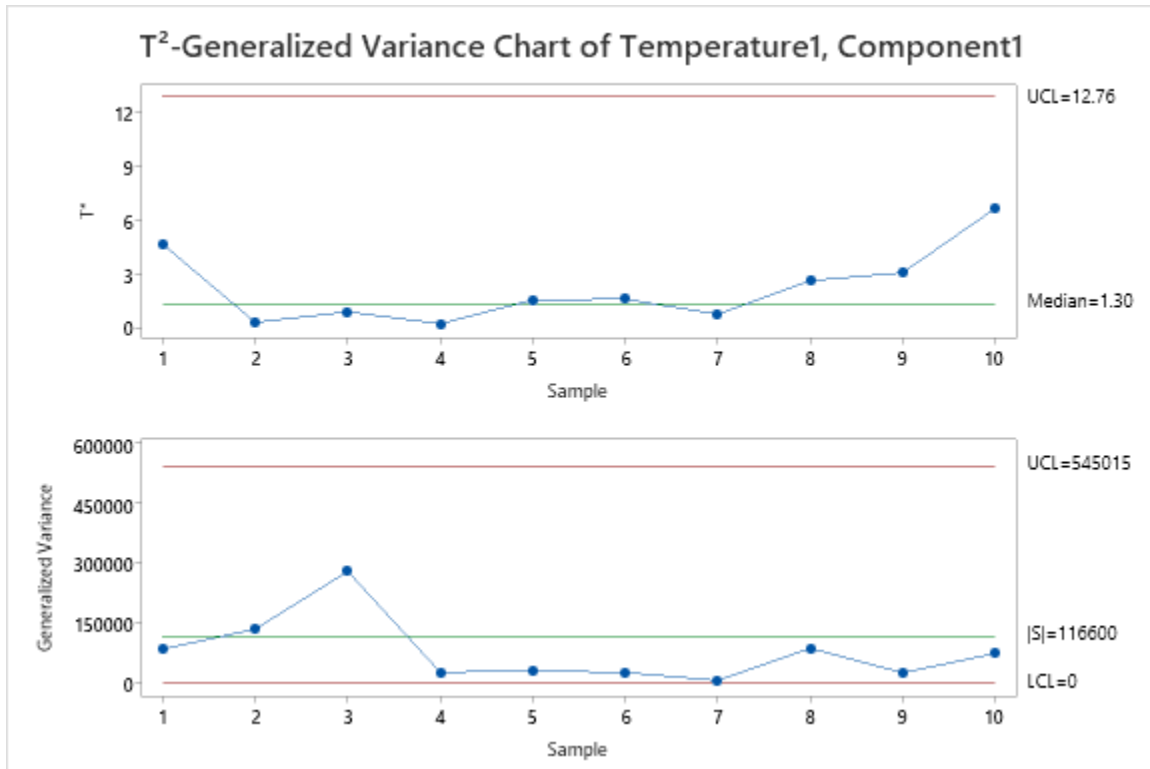
در این نمودار تمامی قواعد حساس سازی در نظر گرفته شده و مشاهده می شود هیچ یک از نقاط خارج از کنترل نیستند و فرآیند در کنترل است. اما تعداد نقاط که نسبت نامنطبق بیشتر از متوسط دارند و به طور کل نسبت نامنطبق ها در آن ها بیشتر است به نسبت سایر نقاط بیشتر است. حال با توجه به در کنترل بودن فرآیند حدود این نمودار را برای فاز دوم مورد استفاده قرار خواهیم داد.



تصویر بالا مربوط به فاز دوم است. مشاهده می‌شود هیچ یک از نقاط باعث خارج از کنترل شدن فرآیند نشده است. در اینجا هم مشاهده می‌شود تعداد نقاط با نسبت نامنطبق‌های بیشتر به طور کل یا بیشتر از متوسط ۵ نقطه است یعنی نیمی از نقاط و در فاز اول هم ۶ نقطه چنین رفتاری داشتند که برای چنین محصول مهم و حساسی بنظر می‌آید که نیاز به اقدامات اصلاحی وجود دارد و به طور کلی تعداد نامنطبق‌ها زیاد است. همچنین نقاطی که روی حد پایین قرار گرفته‌اند با توجه به رفتار کلی نقاط باید در تفسیرشان دقت شود و نمونه‌ها بررسی شود زیرا که می‌تواند در اقدامات اصلاحی کمک کننده باشند.

دو فرآیند مشخصه دما و مشخصه مقاومت را در بخش‌های قبلی به صورت جداگانه برای نمونه‌های موجود بررسی کردیم که هر کدام از آنها پایدار بود. اما به طور کلی این دو فرآیند باهم بر هر محصول تاثیر گذار است پس خوب است که یک نمودار با توجه به تاثیر هر دو آنها رسم شود.

## رسم نمودار $T^2$ -Generalized Variance



نمودار  $T^2$ -Generalized Variance استفاده می‌کنیم تا تا به طور همزمان نظارت کنید که آیا موقعیت فرآیند و تغییرپذیری فرآیند دو یا چند متغیر مرتبط تحت کنترل هستند یا خیر. این نمودار همتای چند متغیره نمودارهای  $\bar{X}$ -R،  $\bar{X}$ -S و I-MR است و همانطور که از نمودار مشخص است هر دو متغیر همزمان تحت کنترل است.

## نتیجه گیری

در نتیجه، نمودارهای کنترلی ابزار ارزشمندی برای نظارت و تجزیه و تحلیل داده‌ها در صنعت تولید فراهم می‌کنند و به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهند که به راحتی هر گونه تغییر یا روند عملکرد را در طول زمان مشاهده کنند. آنها می‌توانند برای ردیابی متغیرهایی مانند درجه حرارت یا سطوح تشعشع در طول تولید ریزتراشه مورد استفاده قرار گیرند و به شناسایی ناهنجاری‌های بالقوه قبل از جدی شدن آنها کمک می‌کند تا تعمیرات یا تعویض‌های پرهزینه را تضمین کنند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل نمودار کنترل نیز برای تجزیه و تحلیل نقص با ارائه بینشی در مورد روند استانداردهای کیفیت مفید است، بنابراین اقدامات اصلاحی می‌تواند به سرعت و به طور موثر بدون ایجاد اختلال در برنامه‌های تولید انجام شود. با پیروی از بهترین شیوه‌ها مانند تعیین مشخصات واضح برای هر متغیری که نظارت می‌شود و انتخاب نوع نمودار مناسب برای برنامه‌های کاربردی خاص، تولیدکنندگان می‌توانند عملیات خود را بهینه کنند و در عین حال اطمینان حاصل کنند که کیفیت محصول در هر مرحله از تولید از ابتدا تا انتها ثابت می‌ماند.

1. Montgomery,D. (2012). Statistical Quality Control. Amacom.