٨٦٠٠١٠٢-٤٧٨-١٣٧

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه تحصیلی جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مکانیک- طراحی کاربردی

کاهش توقفات نوار نقاله خروجی سنگ‌شکن مجتمع سنگ آهن گل‌گهر با روش شش سیگما و تحلیل تنش به روش اجزاء محدود

استاد راهنما :

دکتر مجید فولادی ماهانی

مشاور صنعتی:

مهندس فرشید زمانی

مولف :

مریم اسماعیل عسکری

۱۳۸۹/۳/۱۱

شهریورماه ۱۳۸۸

۱۳۷۴۷۸

این پایان نامه
به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مکانیک
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : مریم اسمعیل عسکری

استاد راهنما : آقای دکترمجید فولادی

داور ۱ : آقای دکتر غلامحسین برادران

داور ۲ : آقای دکتر سید منصور ناصر علوی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: آقای دکتر محمد حسن صفاری پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه است

دانشگاه شهید
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

تقدیم به:

پدر، مادر و همسرم که تکیه‌گاه دائم در سختیهایم بوده و هیچ زمان دست از حمـایتم در راه تحصیل علم برنداشتند.

و با تشکر فراوان از :

اساتید ارجمند و گرامی، جناب آقای دکتر مجید فولادی و جناب آقای دکتر عامری که با راهنمایی‌های دلسوزانه، مستمر و مفیـد خـود، یـاری‌گـر همیشـگی‌ام در راه کسـب دانش بوده‌اند.

آقایان: مهندس کیانی، مهندس رحیمی، مهندس زمـانی، مهنـدس آزادیخـواه و مهنـدس رادفر و سایر پرسنل معدن گل‌گهر که شرایط انجام هرچـه بهتـر ایـن تحقیـق را بـرآورده کردند.

چکیده

توقف نوار نقاله که منجر به توقف خط تولید می شود از جمله مشکلات مهم در صنعت است که منجر به کاهش خط تولید می شود. در این تحقیق نوار نقاله کابل دار موجود در مجتمع سنگ آهن گل گهر به منظور پارامترهای کلیدی موثر در توقف نوار مورد بررسی آماری قرار گرفته و در این راستا از روش قوی شش سیگما استفاده شده است. (این نوار نقاله با عرض ۱۲۰۰ میلیمتر، طول ۶۷۰ متر و ظرفیت ۲۲۰۰ تن در ساعت وظیفه انتقال مواد از سنگ شکن را به عهده دارد.) در نهایت با ارائه راهکارهای اجرایی فنی سعی در کاهش توقفات مواد، تعمیرات و هزینه های مربوطه شده است. بعد از بررسی نتایج خروجی متد شش سیگما مشخص شد مهمترین دلایل توقفات مکرر نوار نقاله مورد بحث ، عدم کارایی مطلوب پولی‌های جلوبر و انتهایی، پارگی نوار در ناحیه اتصالات و همچنین در اثر ضربه سنگهای نوک‌تیز می‌باشد لذا تحلیل تنش پولی، اتصالات و ضربه توسط روش اجزاء محدود به کمک نرم افزار ANSYS انجام و میزان اثربخشی تغییر طرح پولی و رعایت الگوی اتصال بررسی گردیده است و تدابیری جهت کاهش ضربه در بخش سیستم تغذیه آن ارائه شده است.

کلمات کلیدی : نوار نقاله کابل دار - شش سیگما - اجزاء محدود

فهرست

فصل اول : اصول و مفاهیم شش سیگما ۲

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ کلیات و مفاهیم ۳

۱-۲-۱ مفهوم کیفیت ۳

۱-۲-۲ انواع تغییرات در فرآیند ۴

۱-۲-۳ توابع توزیع احتمال ۵

۱-۲-۴ تمایل مرکزی ۶

۱-۲-۵ انحراف معیار یا سیگما ۸

۱-۲-۶ پراکندگی ۹

۱-۲-۷ توزیع نرمال (Normal Distribution) ۱۲

۱-۲-۸ محاسبه سطح سیگما ۱۵

۱-۲-۹ قضیه حد مرکزی ۱۶

۱-۲-۱۰ شش سیگما چیست ؟ ۲۱

۱-۳ اصول ، اهداف و مراحل شش سیگما ۲۱

۱-۳-۱ اصول شش گانه شش سیگما ۲۲

۱-۳-۲ اهداف شش سیگما ۲۲

۱-۳-۳ مراحل اجرای پروژه های شش سیگما ۲۴

۱-۳-۳-۱ فاز اول: تعریف ۲۵

۱-۳-۳-۲ فاز دوم : اندازه گیری ۲۹

۱-۳-۳-۳ فاز سوم : تحلیل ۳۵

۱-۳-۳-۴ فاز چهارم : بهبود ۳۹

۱-۳-۳-۵ فاز پنجم : کنترل ۴۲

۱-۴ معرفی برخی ابزارهای استفاده شده در فازهای پروژه" کاهش توقفات و تعمیرات نوار نقاله 11cv101 ..... ۴۷

۱-۴-۱ منشور پروژه (P.C) ۴۹

۱-۴-۲ نقشه فرآیند (SIPOC) ۵۰

۱-۴-۳ روش ندای مشتری یا VOC (Voice Of Customer) ۵۲

۱-۴-۴ درخت بحران به کیفیت یا CTQ (Critical To Quality) ۵۲

۱-۴-۵ طوفان فکری ۵۴

۱-۴-۶ تجزیه و تحلیل اثر و نوع شکست (متدلوژی FMEA) ۵۵

۱-۴-۷ نمودار استخوان ماهی (Fish Bone) ۶۱
۱-۴-۸ نمودار پارتو ۶۷
۱-۴-۹ تست نرمال ۷۶
۱-۴-۱۰ نمودار روند عملیات (Run Chart) ۸۰
۱-۴-۱۱ فرآیندهای تحت کنترل و خارج از کنترل ۸۴
۱-۴-۱۲ نمودار های کنترلی ۹۰
۱-۴-۱۳ نمودار کنترل ($\overline{X}$-R) ۹۴
۱-۴-۱۴ نمودار کنترل ($\overline{X}$, S) ۱۱۲
۱-۴-۱۵ آنالیز توانایی فرآیند ۱۱۵

فصل دوم : پیاده سازی متد شش سیگما در پروژه کاهش تعمیرات نوار نقاله 11cv101 شرکت سنگ آهن گل گهر ۱۳۱
۲-۱ مرحله اول : فاز تعریف ۱۳۱
۲-۲ مرحله دوم : فاز اندازه گیری ۱۳۱
۲-۲-۱ تجزیه و تحلیل وضعیت شکست و اثرات آن یا FMEA ۱۳۲
۲-۲-۳ ترسیم نمودار تست نرمال داده ها (Probability plot) ۱۳۴
۲-۲-۴ رسم نمودار Run Chart ۱۳۵
۲-۲-۵ آنالیز توانایی فرآیند یا Capability Analysis ۱۳۶
۲-۲-۶ محاسبه سطح سیگما فرآیند ۱۳۶
۲-۳ مرحله سوم : فاز تحلیل ۱۳۷
۲-۳-۱ نمودار علت و معلول یا Fish Bone ۱۳۷
۲-۳-۲ طوفان فکری ۱۳۷
۲-۴ مرحله چهارم : فاز بهبود ۱۳۸
۲-۵ مرحله پنجم : فاز کنترل ۱۳۸

فصل سوم : بررسی صحت طراحی نوار بصورت دستی و با نرم افزار طراحی نوار نقاله " DMRSOFT" و ارائه موارد خطا ۱۴۰
۳-۱ طراحی نوار با استفاده از نرم افزار" DMRSOFT " ۱۴۰
۳-۲ طراحی دستی دستگاه نقاله و مقایسه آن با نتایج نرم افزار و وضعیت موجود ۱۴۲

فصل چهارم : تحلیل تنش پولی و اثرات ضربه با نرم افزار انسیس ۱۵۳
۴-۱ مدلسازی با نرم افزار انسیس ۱۵۳
۴-۲ تحلیل تنش پولی محرک ۱۵۶
۴-۳ تحلیل تنش ضربه وارد بر تسمه بر اثر برخورد سنگهای نوک تیز ۱۶۰

فصل پنجم : نتیجه گیری و ارائه راهکار ۱۶۷

پیوست ۱ : تسمه نقاله و اجزاء آن ۱۷۰
۱-۱ ساختار تسمه نقاله لاستیکی ۱۷۰
۱-۱-۱ لاستیک روکش بالای تسمه ۱۷۱
۱-۱-۲ منجید تسمه ۱۷۱
۱-۱-۳ لاستیک روکش پایین تسمه ۱۷۱
۱-۲ ضخامت ، نوع آمیزه و شکل سطح لاستیک روکش تسمه ۱۷۱
۱-۲-۱ ضخامت لاستیک روکش بالا ۱۷۱
۱-۲-۲ آمیزه لاستیک روکش بالا و پایین ۱۷۵
۱-۲-۳ شکل سطح لاستیک روکش بالا ۱۷۵
۱-۲-۴ تقویت کننده ها ۱۷۵
۱-۳ مشخصات تسمه : عرض ، سرعت ، زاویه شیب، تناژ یا ظرفیت حمل بار تسمه ۱۷۸
۱-۳-۱ عرض تسمه نقاله ۱۷۹
۱-۳-۲ سرعت تسمه نقاله ۱۷۹
۱-۳-۳ زاویه شیب تسمه ۱۸۰
۱-۳-۴ تناژ یا ظرفیت حمل بار تسمه ۱۷۹
۱-۴ ماشین نقاله ۱۸۱
۱-۴-۱ اجزا ماشین نقاله ۱۸۱
۱-۴-۲ هرزگردهای ماشین نقاله ۱۸۳
۱-۴-۳ پولی ها (درام ها) ۱۹۰
۱-۴-۴ تمیز کننده تسمه ۱۹۰

پیوست ۲ : طراحی تسمه نقاله و محاسبه توان موتور ۱۹۳
۲-۱ محاسبه کشش تسمه ۱۹۳
۲-۲ انواع ماشین نقاله و فرمولهای محاسبه کششهای وارد بر تسمه آنها ۲۰۵
۲-۲-۱ انواع ماشین نقاله و محل قرار گرفتن پولی جلوبر آنها ۲۰۶

۲-۲-۲ انواع ماشین نقاله و فرمولهای محاسبه آنها ۲۰۹
۲ـ۳ محاسبه استحکام عملی تسمه ۲۱۴
۲-۴ تعیین ضریب اصطکاک رولیک ها (هرزگردها) و طول تصحیح شده افقی نقاله ۲۱۸
۲ـ۵ محاسبه حداکثر کشش وارد بر تسمه ماشین نقاله های عمودی ۲۱۸
۲-۵-۱ محاسبه تناژ یا ظرفیت ۲۱۸
۲-۵-۲ محاسبه کشش ماکزیمم وارد بر تسمه ۲۱۸
۲-۶ کشش اولیه تسمه و طول کشش اولیه ۲۱۹
۲ـ۶ـ۱ وسیله کششی دستی ۲۲۰
۲ـ۶ـ۲ وسیله کشش خودکار ۲۲۱
۲-۷ شتاب و واشتاب ماشین نقاله و محاسبه توان موتور ۲۲۲
۲-۷-۱ کشش وارد بر تسمه هنگام شروع به کار (شتاب تسمه) ۲۲۳
۲-۷-۲ زمان لازم برای توقف تسمه (زمان واشتا ب) ۲۲۴
۲-۸ محاسبه توان موتور ۲۲۵
۲-۹ طراحی برخی قسمتهای ماشین نقاله و نمایش استاندارد تسمه نقاله ۲۲۸
۲-۹-۱ محاسبه حداقل شعاع کوژ و کاو در تسمه ها ۲۲۸
۲-۹-۲ محاسبه فاصله پولی سر (درام سر) تا آخرین هرزگرد در تسمه های ناودانی ۲۳۱
۲-۱۰ نمایش استاندارد تسمه نقاله ۲۳۳
۲-۱۱ شرایط انبار و نگهداری، تعیین متراژ و روش حمل تسمه ۲۳۳
۲-۱۱-۱ شرایط انبار و نگهداری تسمه ۲۳۳
۲-۱۱-۲ تعیین متراژ تسمه ۲۳۴
۲-۱۱-۳ روش حمل تسمه ۲۳۵
۲-۱۲ عیب یابی دستگاه تسمه نقاله و راههای چاره آنها ۲۳۶

پیوست ۳ : روشهای اتصال تسمه ۲۴۲
۳-۱ روش اتصال تسمه های با منجید پارچه ای با مصارف عام ۲۴۲
۳-۲ روش اتصال تسمه های با منجید فولادی ۲۴۳
۳-۲-۱ الگوهای اتصال ۲۴۵
۳-۲-۲ مراحل اتصال ۲۴۹

فهرست منابع ۲۵۰

فصل اول

اصول و مفاهیم شش سیگما

فصل اول : اصول و مفاهیم شش سیگما

۱-۱ مقدمه

در دهه های گذشته سطح سه سیگما مورد قبول بود ولی اکنون به دلایل مختلف از جمله کارایی، پیشرفت و حساسیت تکنولوژی و نیز بالارفتن انتظارات مشتریان سطحی قابل قبول به شمار نمی آید. زیرا این سطح اطمینان ۹۹٪ کافی به نظر نمی رسد، فقط کافی است به حقایق زیر توجه بیشتری نماییم :

- در فرودگاه های اصلی دنیا، سطح کیفیت ۹۹٪ بدین معنا است که روزانه دو پرواز نا امن وجود دارد.
- در خدمات پستی، سطح کیفیت ۹۹٪ بدین معنا است که در هر ساعت ۱۶۰۰۰ نامه مفقود می شود.
- در جراحی های پزشکی، سطح کیفیت ۹۹٪ بدین معنا است که ۵۰۰ عمل جراحی نادرست در هفته وجود دارد.
- در کارتهای اعتباری، سطح کیفیت ۹۹٪ بدین معنا است که سالانه ۸۰ میلیون عملیات اشتباه بانکی در بریتانیا انجام شود.
- در فرآیند سیستم های مالیاتی، سطح کیفیت ۹۹٪ بدین معنا است که سالانه ۲ میلیون سند در اداره مالیات های داخلی آمریکا مفقود می شود.
- در سیستم خودپرداز بانکها سطح کیفیت ۹۹٪ بدین معنا است که ظرف یک ساعت ۲۲۰۰۰ از حساب افراد اشتباها برداشت می شود.
- در فرآیند بیمارستان های تخصصی قلب، سالانه ۲۹۱ دستگاه تنظیم کننده ضربان قلب بطور غیر صحیح کار گذاشته می شود.

بنابراین در دنیای رقابتی امروز، کیفیت خوب یک ویژگی تجملاتی نیست بلکه از دیدگاه تولیدکنندگان و مصرف کنندگان یک **نیاز بنیادی** محسوب می شود.[۱]

۱-۲ کلیات و مفاهیم

از آنجایی که شش سیگما حاصل کاربرد آمار و روشهای آماری آن در مدیریت و مهندسی صنایع است، برخی از کارشناسان این دو حوزه با مفاهیم آماری آن آشنایی کامل ندارند، لذا در این بخش مفاهیم اولیه ای که به وفور در شش سیگما مورد استفاده قرار می گیرد به صورت اساسی و محتوایی خواهیم پرداخت.

۱-۲-۱ مفهوم کیفیت

کلمه کیفیت مفهوم عامی است که به روشهای گوناگونی استفاده می شود. مطابق تعریف ارائه شده در استاندارد بین المللی ISO 8402 کیفیت عبارت است از:

" مجموعه مشخصات و جنبه های یک محصول و یا خدمت که بتواند با توانایی خود نیازهای بیان شده و یا ضمنی را برآورده نماید."

کیفیت در عمل دو جنبه دارد :

۱- کیفیت طراحی

۲- کیفیت تطابق

"*کیفیت طراحی*" به چگونگی توجه طراح به جنبه های طرح و اهداف آن اشاره می کند .

"*کیفیت تطابق*" به درجه انطباق و یا اصول محتوای طراحی اشاره می کند و این تحت تاثیر عواملی نظیر ابزار و ماشین آلات بکار گرفته شده، آموزش و مهارت کارکنان، نظارت بر تولید، انگیزش کارکنان و .... است . هر دو جنبه کیفیت مهم هستند؛ بهترین طراحی در جهان نمی تواند بر اجرای ضعیف غلبه کند و بهترین اجرا هم نمی تواند به طراحی ضعیف غلبه کند .[۲]

کیفیت یک کالا از نظر مصرف کننده با عبارات زیر بیان می شود :

۱- شکل ظاهری (Appearance) ۲- عملکرد (Performance) ۳- قابلیت اعتماد (Reliability)

۱-۲-۲ انواع تغییرات در فرآیند

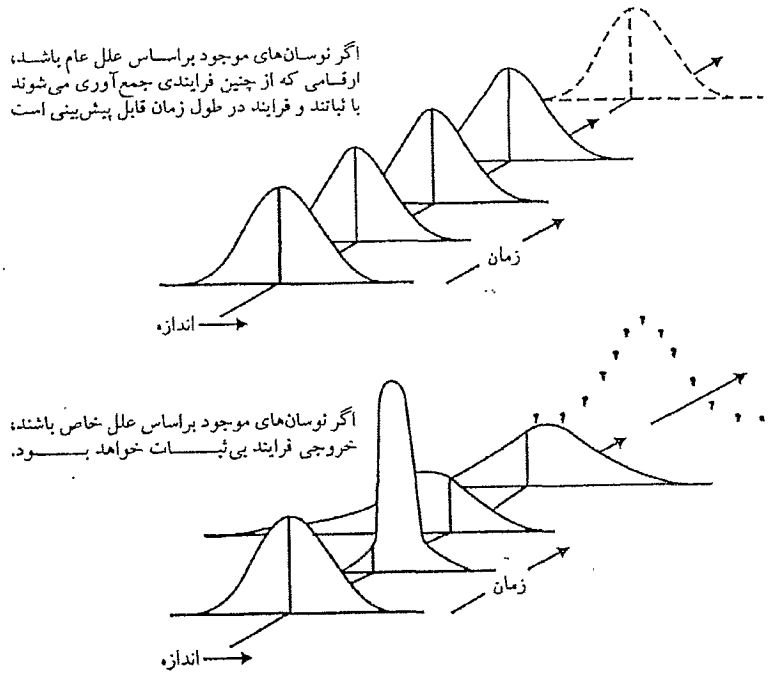
در هر فرآیند تولید، با وجود طراحی خوب یا نگهداری مناسب از آن، همیشه مقداری "تغییر پذیری ذاتی (Common cause)" وجود دارد. این تغییر پذیری ذاتی بر اثر جمع شدن مجموعه ای از انحرافات کوچک و غیر قابل اجتناب بوجود می آید. اگر اختلالات موجود در فرآیند کوچک باشد، عملکرد فرآیند از لحاظ پراکندگی قابل قبول خواهد بود . در کنترل آماری فرآیند، تغییر پذیری ذاتی بعنوان تغییرات تصادفی تلقی می شود. فرآیندی که فقط در حضور تغییرات تصادفی عمل کند را "فرآیند تحت کنترل آماری" می نامند. به بیانی دیگر تغییرات تصادفی، بخش جدا نشدنی فرآیند تلقی می شوند .

در خروجی فرآیند، گاه ممکن است گونه های دیگری از تغییر پذیری نیز مشاهده شود. معمولا عواملی نظیر تنظیم نادرست دستگاه، خطاهای کاربر و یا مواد اولیه معیوب موجب تغییرات عمده ای در فرآیند می شوند. این تغییر پذیری در مقایسه با تغییرات ذاتی موجود در فرآیند بزرگ است و معمولا باعث تولید محصول معیوب می شود. این منابع ایجاد تغییر پذیری، در واقع علل ایجاد انحرافات با دلیل (Assignable cause) در فرآیند هستند. به علل ایجاد انحراف با دلیل " تغییر اکتسابی" و یا " علل خاص" نیز گفته می شود.

تغییرات ذاتی ناشی از علل عام، اغلب به تغییراتی گفته می شود که در طول زمان دارای ثبات بوده و توزیعی با الگوی ثابت دارند. در مقابل، تاثیر تغییرات اکتسابی بر فرآیند همیشه یکنواخت نیست؛ یعنی وقتی حادث می شوند، نحوه توزیع فرآیند را تغییر می دهند. تا وقتی که علل اکتسابی، شناسایی و حذف نشوند اثرشان بر فرآیند همچنان ادامه خواهد داشت و فرآیند بی ثبات خواهد بود. شکل (۱-۱) گویای این مطلب است.

یکی از اهداف اصلی کنترل آماری فرآیند، پی بردن سریع به وجود انحرافات با دلیل یا تغییرات اکتسابی در فرآیند است. قبل از اینکه تعداد زیادی محصول معیوب تولید شود، باید علل بروز این انحرافات بررسی شده

اقدامات اصلاحی انجام گیرند. نمودار کنترل بر اساس اصول آماری طراحی می گردد تا انواع تغییرات در فرآیند را به نمایش بگذارد و مسئولان فرآیند ها را در شناسایی تغییرات اکتسابی یاری دهد.[۷]



شکل (۱-۱) تاثیر علل اکتسابی و ذاتی بر فرآیند

۱-۲-۳ توابع توزیع احتمال

به علت وجود تغییرات ذاتی در فرآیندهای تولیدی، نتایج آنها به صورت قطعی قابل پیش بینی نیست. برای مثال، در فرآیند برش لوله، به علت وجود تغییرات ذاتی، به طور دقیق نمی توان گفت که طول لوله پس از برش چقدر خواهد بود. مگر آنکه لوله بریده شده و سپس طول آن اندازه گرفته شود. در فرآیند ماشین کاری قطر یک شافت نیز همین مطلب صادق است. به این نوع فرآیند ها " فرآیند احتمالی" می گویند. اطلاعات مورد نیاز در مورد فرآیند احتمالی از مدلی ریاضی به نام " تابع توزیع احتمال (Probability Distribution)" بدست می آیند. تابع توزیع احتمال، مدلی ریاضی است که مقدار مورد نظر را به احتمال وقوع آن در جامعه مرتبط می سازد. در طبیعت تعداد بسیار زیادی فرآیند احتمالی و همچنین تعداد زیادی تابع توزیع احتمال شناخته شده است. توابع پواسون ، نمایی، نرمال، وایبال نمونه هایی از توابع توزیع

احتمال هستند. نکته درخور توجه این است که پیدا کردن تابع توزیع احتمال برای هر فرآیند احتمالی، کاری بس دشوار است و بعد از اینکه تابع توزیع احتمال فرآیند بدست آمد، سروکار داشتن با تعداد زیادی از توابع احتمال بسیار خسته کننده و غیر ممکن است. برای بر طرف کردن مقداری از این مشکلات، در آمار از یک قضیه به نام " قضیه حد مرکزی" استفاده می شود که همه توابع را به یک تابع توزیع واحد به نام " تابع توزیع نرمال" تبدیل می کند. در بخش (۱-۲-۷) بطور مفصل در این مورد بحث خواهد شد. [۷]

۱-۲-۴ تمایل مرکزی

دو معیار "مرکزیت" و" پراکندگی" از پارامترهای مهم در هر فرآیند احتمالی است که در زیر به تشریح این دو پارامتر، روش محاسبه آنها و تابع نرمال می پردازیم.[۷]

تمایل مرکزی را می توان با سه مشخصه مد، میانه و میانگین نشان داد. این مشخصه ها بصورت زیر محاسبه می شوند.

- مد (Mode) یا نما

داده یا داده هایی که بیشترین فراوانی را داشته باشند، "مد" نامیده می شود.

- میانه (Median)

"میانه" مقداری است که در مرکز داده ها قرار می گیرد. میانه را به صورت $\tilde{X}$ نمایش می دهند. $\tilde{X}$ پنجاهمین صده توزیع احتمال است. (یعنی ۵۰ درصد از ارقام بزرگتر از آن و ۵۰ درصد دیگر، از آن کوچکتر هستند.) اگر تعداد داده ها فرد باشد و آنها را به ترتیب صعودی یا نزولی مرتب کنیم، عدد مرکز داده ها برابر با میانه آنها است، اما اگر تعداد داده ها زوج باشد چون دو مقدار مرکزی در داده ها موجود است، میانه با میانگین دو عدد وسط برابر خواهد بود.

مثال(۱-۱)

برای محاسبه مقادیر مد و میانه اعداد (۷ ۳ ۴ ۸ ۴ ۵ ۵ ۴)، ابتدا باید داده ها مرتب شوند:

۳ ۴ ۴ ۴ ۵ ۵ ۷ ۸

همانطور که مشاهده می شود عدد ۴ با بیشترین فراوانی مد داده ها است و چون تعداد ارقام زوج است، میانه برابر ۴/۵=۲/ (۴+۵) خواهد بود.

- میانگین

میانگین نقطه ای است که توزیع داده ها در محل آن دقیقا در حالت تعادل قرار می گیرد. میانگین معیار مرکزیت توزیع احتمال است که با "μ" نمایش داده می شود. برای بدست آوردن مقدار دقیق میانگین یک فرآیند احتمالی، باید تابع توزیع احتمال آن فرآیند شناخته شده باشد ولی معمولا این کار میسر نیست و از اینرو آن را به صورت زیر تقریب می زنیم:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{N} \qquad (۱)$$

μ: میانگین

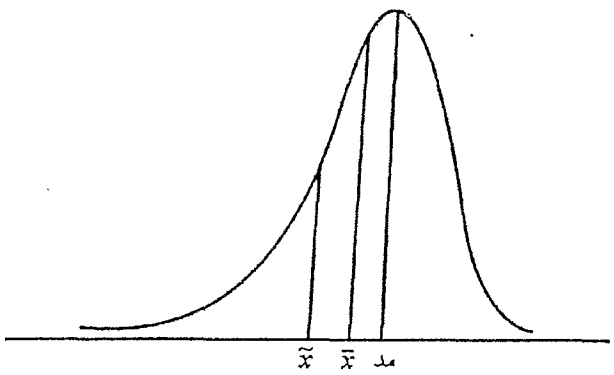
N : تعداد عضو یک جامعه محدود

چون دسترسی به تمام اعضای یک جامعه غیر ممکن است نمی توان از "μ" برای محاسبه میانگین آن استفاده کرد. بنابراین، برای تخمین میانگین جامعه تولیدی از نمونه گیری استفاده می شود. "میانگین نمونه"، تخمین خوبی برای میانگین واقعی جامعه است. برای محاسبه میانگین نمونه نیز از فرمول (۱) استفاده می شود؛ با این تفاوت که در مخرج آن به جای N (تعداد کل داده های جامعه) از n (تعداد داده های نمونه) استفاده شده و آن را با $\overline{X}$ نشان می دهند. فرمول (۲)

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{n} \qquad (۲)$$

$\overline{X}$: میانگین نمونه

اگر شکل توزیع احتمال داده ها متقارن باشد، میانگین و میانه بر هم منطبق می شوند بعلاوه، اگر فقط یک مد موجود باشد و بعبارتی شکل توزیع داده ها یک کوهانه باشد، در این صورت، مد نیز بر میانگین و میانه منطبق می شود. اگر توزیع احتمال داده ها دارای "چولگی (Skuness)" یا "عدم تقارن" باشد، میانگین، میانه و مد بر هم منطبق نخواهند بود، شکل (۱-۲).



شکل (۱-۲) مقادیر مد، میانه، و میانگین در یک توزیع با چولگی منفی (چپ)

محاسبه تمایل مرکزی فرآیند با استفاده از میانگین معمولتر و آسانتر است. بنابرین در کنترل آماری فرآیند با استفاده از میانگین نمونه $\overline{X}$ مقدار واقعی جامعه μ را برآورد و در نمودارهای کنترل از آن استفاده می کنند.

معمولا برای اینکه بتوانیم از میانگین فرآیندی احتمالی، برآورد خوبی داشته باشیم باید حداقل ۲۵ تا ۳۰ نمونه از آن را جمع آوری کنیم تا میانگین نمونه $\overline{X}$، به مقدار واقعی میانگین جامعه نزدیکتر شود. [۷]

۱-۲-۵ انحراف معیار یا سیگما

"انحراف معیار" حرفی است از جمله حروف الفبای یونانی (σ). کلمه انحراف معیار به میزان پراکندگی یا نوسانات موضوع تحت بررسی در اطراف میانگین آن مرتبط می باشد. همان گونه که ما فاصله را با متر یا

وزن را با گرم یا کیلوگرم اندازه گیری می کنیم انحراف معیار نیز مقیاسی است برای اندازه گیری نوسانات. جهت بهبود کیفیت در محصول یا خدمت، باید ضایعات موجود در فرآیندهایی که محصولات یا خدمات را بوجود می آورند، کاهش داد. به منظور بهبود این فرآیندها باید میزان نوسانات موجود در این فرآیند ها را که موجب ضایعات می شوند، کاهش داد و بالاخره به منظور کاهش میزان نوسانات باید انحراف معیار را که مقیاس درجه نوسانات در فرآیند است، کاهش داد.

اگر چه انحراف معیار مقیاسی است که میزان نوسانات را در اعداد و ارقامی که جمع آوری می شوند نشان می دهد ولی چنانچه همین نوع محاسبات در خصوص شاخص های فرآیندهای تولیدی یا تجاری بکار گرفته شود نشان دهنده درجه عملکرد این فرآیندها خواهد بود. از آنجا که هر فرآیندی محدوده ای دارد هر گاه درجه عملکرد آن در این محدوده قرار گیرد، درجه کیفیت آن مشخص خواهد شد. لذا پس از محاسبه انحراف معیار باید حداقل ۶ انحراف معیار در این محدوده قرار گیرد تا حداقل شرایط برای این فرآیند تامین شود. بعلاوه، از آنجا که علل خاص خود نیز موجب ایجاد نوسانات در فرآیند می شوند لذا باید انحراف معیار را بمیزانی کاهش داد که در واقع ۱۲ انحراف معیار در محدوده مورد قبول فرآیند قرار گیرد. [۳]

۱-۲-۶ پراکندگی

برای محاسبه میزان پراکندگی، گسترش یا تغییر پذیری یک توزیع احتمال، از "واریانس"، "انحراف معیار" و "دامنه" استفاده می شود.

- واریانس (Variance)

میزان پراکندگی مقادیر یک فرآیند احتمالی از میانگین آن را، "واریانس" می گویند. برای بدست آوردن مقدار دقیق واریانس که آن را با σ^2 نمایش می دهند باید تابع توزیع احتمال شناخته شده باشد. همان طور که گفته شد، تعیین تابع توزیع احتمال یک جامعه معمولا دشوار است. بنا براین می توان برای تعیین واریانس فرآیند احتمالی نیز از تخمین زننده ها استفاده کرد.

اگر یک جامعه شامل N عضو باشد، واریانس آن بصورت زیر تخمین زده می شود:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \mu)^2}{N} \qquad (۳)$$

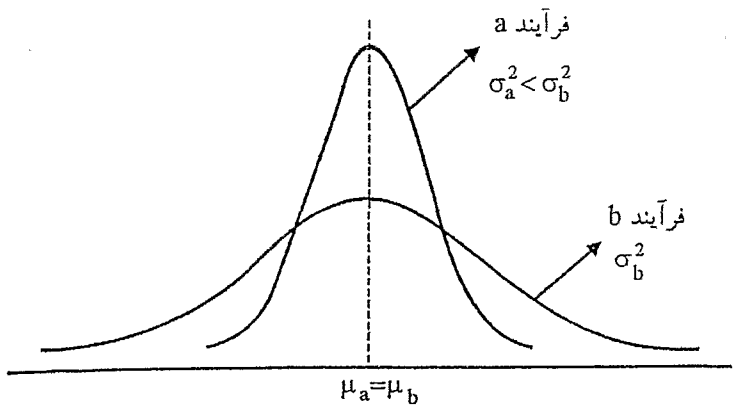
σ^2: واریانس

به بیانی دیگر، واریانس متوسط مربع فاصله هر عضو از میانگین جامعه است. برای محاسبه پراکندگی داده های یک نمونه، از واریانس نمونه استفاده می شود:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}{n-1} \qquad (۴)$$

s^2: واریانس نمونه

اگر $\sigma^2 = 0$ باشد در جامعه تغییر پذیری یا پراکندگی وجود ندارد. با افزایش پراکندگی نیز مقدار σ^2 افزایش می یابد. معمولا در فرایند های تولیدی، کم بودن σ^2 مطلوب است. شکل (۱-۳) دو فرایند را نشان می دهد که هر دو دارای میانگین تولیدات برابر و پراکندگی های متفاوت هستند. از نظر تولیدی، فرآیند (a) مطلوب تر است چون در مقایسه با فرآیند (b) واریانس کمتری دارد.



شکل (۱-۳) دو فرآیند با میانگین برابر و واریانس متفاوت

واحد واریانس، مربع واحد اولیه داده ها است. به عنوان مثال، اگر ولتاژ اندازه گیری می شود، واحد واریانس برابر با ^{2}(ولت) خواهد بود. بنا براین در عمل برای معیار پراکندگی، بیشتر از جذر واریانس که " انحراف معیار" نامیده می شود، استفاده می شود. [۳]

- انحراف معیار(Standard Deviation)

انحراف معیار، معیاری برای اندازه گیری پراکندگی یا گسترش جامعه با واحدی برابر واحد اولیه است. برای انحراف معیار نمونه از رابطه زیر استفاده می شود:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \qquad (۵)$$

s: انحراف معیار نمونه

- دامنه (Range)

تفاوت بین حداقل و حداکثر داده ها، "دامنه" نامیده که آن را با R نشان می دهند:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \qquad (۶)$$

مثال(۱-۲)

واریانس، انحراف معیار و دامنه مقادیر مثال (۱-۱) بصورت زیر به دست می آید:

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{8}(X_i - 5)^2}{8-1}} = \sqrt{\frac{(3-5)^2 + 3(4-5)^2 + 2(5-5)^2 + (7-5)^2 + (8-5)^2}{7}}$$

واریانس : $S^2 = 2.68$

انحراف معیار: $S = 1.69$

دامنه: $R = 8-3 = 5$