بررسی مشکلات پیاده سازی MSA در پروسه ساخت و مونتاژ شرکت دیزل سنگین ایران (دسا)[۱]

دکتر محمدمهدی موحّدی*، موسی غفاریان دلاری**
* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی و احد فیروزکوه
** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

چکیده

تجزیه و تحلیل سیستم اندازه گیری (MSA)[۲] به عنوان یکی از ابزارهای کیفی مهم در نظام مدیریت کیفیت مطرح است؛ به طوری که جزء الزامات بند ۷-۶-۱ ISO/TS[3] 16949:2002 (استاندارد مدیریت کیفیت در صنایع خودروسازی) و همچنین ISO/IEC[4] 17025 (الزامات عمومی برای صلاحیت آزمایشگاههای آزمون و کالیبراسیون) می باشد. در این تحقیق ضمن آشنا شدن با مبانی MSA اجمالاً به تشریح تحقیق انجام داده در این زمینه پرداخته شده است. در تحقیق صورت گرفته، با اجرای آزمایشی طرح MSA در شرکت دسا ضمن بررسی مشکلات پیاده سازی این طرح بر اساس ارکان موجود در آن و با در نظر گرفتن هر یک از این ارکان از دید یک عارضه و در قالب یک فرضیه و سپس آزمون این فرضیات، در جهت تأمین خواستهٔ تحقیق که همانا تشخیص عارضه یا عارضه های موجود در روند اجرای مناسب MSA در شرکت دسا بوده، اقدام گردیده است. نتایج حاصل از آزمون فرضیات نشان می‌دهد که یکی از مشکلات پیاده سازی MSA در شرکت دسا، عدم توانائی ابزارهای اندازه گیری در حد قابل قبول برای اجرای مناسب آن می باشد.

واژه‌های کلیدی: MSA، ثبات[۵]، تمایل[۶]، توانائی ابزار اندازه گیری[۷]، قابلیت سیستم اندازه گیری[۸]، ارتباط خطی[۹].

۱- این مقاله از رساله کارشناسی ارشد آقای موسی غفاریان دلاری رشته مدیریت صنعتی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی استخراج شده است.

2 - *Measurement System Analysis*

3 - *International Organization for Standardization / Technical Specification*

4 - *International Organization for Standardization / International Electro technical Commission*

5 - *Stability*

6 - *Bias*

7 - *Capability of Gage(C_g)*

8 - *Repeatability & Reproducibility*

9 - *Linearity*

مقدّمه

درگذشته برای تعیین کیفیت وسایل اندازه گیری، از کالیبراسیون استفاده می شد. در کالیبراسیون، ابزار اندازه گیری به تنهائی و در شرایطی ایده آل، مثلاً در یک اتاق اندازه گیری، با پرسنل آموزش دیده، قطعات استاندارد و دستورالعمل استاندارد مورد بررسی قرار می گیرد. کالیبراسیون برای تعیین توانائی سیستم اندازه گیری در شرایط واقعی ناتوان است. این در حالی است که با MSA (تجزیه و تحلیل سیستم اندازه گیری) می توان کارایی سیستم اندازه گیری را در شرایط زیر تعیین کرد:

- وقتی ابزار اندازه گیری یا گیج در محل واقعی استفاده می شود؛
- وقتی ابزار توسط چندین اپراتور مورد استفاده قرار می گیرد؛
- وقتی قطعات تولیدی واقعی اندازه گیری می شوند؛
- وقتی از ابزار در شرایط محیطی متغیر استفاده می شود؛
- وقتی از ابزار به صورت متوالی و مداوم استفاده می شود.

بنابراین کالیبراسیون به تنهائی کافی نبوده و برای کنترل صحت و میزان تغییرات وسایل اندازه گیری تحت شرایط واقعی، به روش های دیگری نیازمندیم. در استاندارد DIN EN ISO 9000 فصلی تحت عنوان «تجهیزات بازرسی، اندازه گیری و آزمون»[1] وجود دارد که در آن به مطالعات توانائی سیستم های اندازه گیری اشاره شده است. در ۱۹۸۷ جنرال موتورز اولین شرکتی بود که راهنمایی برای این موضوع تهیه کرد. شرکت فورد نیز در ۱۹۸۹ راهنمای دیگری برای این موضوع ارائه داد. در آلمان، گروه «روبرت بوش»[2] در سال ۱۹۹۰ راهنمایی تحت عنوان «تعیین توانایی سیستم اندازه گیری تحت شرایط عملیاتی واقعی» منتشر کرد. در ۱۹۹۴ مرسدس بنز نیز راهنمای دیگری در این خصوص انتشار داد.

علاوه بر ISO9000، در VDA[3] و به خصوص در QS9000، بر انجام برخی مطالعات به منظور تعیین توانایی سیستم اندازه گیری تأکید شده است. بنابراین باید مطالعات آماری مناسبی برای تجزیه و تحلیل تغییرات سیستم های اندازه گیری تحت عنوان «تجزیه و تحلیل سیستم اندازه گیری (MSA) » انجام پذیرد. در این رابطه می توان گفت که در واقع، کالیبراسیون پیش نیاز MSA است[۵].

دکتر والتر شوهارت[4] که به «پدر کنترل آماری فرایند» معروف شده در رابطه با فرایند اندازه گیری گفته است: « به طور تصادفی ممکن است عنصری در فرایند اندازه گیری دخالت پیدا کند. بنابراین امکان دارد مجموعه ارقام حاصله از اندازه گیری، نمونه ای از عناصر شناخته نشده را دربر داشته باشد. در مواقع محدودی که فکر می‌کنیم آنچه اندازه گیری شده ثابت است، حتماً اندازه های حاصله از این فرایند تحت تأثیر عوامل شناخته نشده ای قرار دارند» [۶].

مشخصه هائی که در سیستم های اندازه گیری بررسی می شوند، عموماً به دو دسته مشخصه های کمّی[5] و مشخصه های وصفی[6] تقسیم می شوند. در بررسی و مطالعه سیستمهای اندازه گیری کمّی نوسانات سیستم اندازه گیری ناشی از «ثبات»، «تمایل»، «توانائی ابزار اندازه گیری»، «قابلیت سیستم اندازه گیری (R&R)» و «ارتباط خطی» مورد بررسی قرار می گیرند [۵].

در این مقاله مشکلات پیاده سازی MSA در قالب اجرای هر کدام از ارکان سیستم های اندازه گیری کمّی به صورت متغیرهای مستقل در فرضیه های تحقیق، بررسی شده است.

اهداف تحقیق

اجرای آزمایشی طرح MSA در شرکت دسا برای بررسی و تشخیص مشکلات احتمالی در روند اجرای مناسب MSA جهت دریافت گواهینامه ISO/IEC 17025به عنوان هدف اصلی تحقیق حاضر مطرح گردیده است.

---

[1] - *Inspection, Measuring and Test Equipment*

[2] - *Robert Bosch Group*

[3] - *German Automotive Industry Association*

[4] - *Dr.W.A.Shewhart*

[5] - *Variable*

[6] - *Attribute*

اجرای MSA مشخص می‌کند که آیا یک سیستم اندازه گیری، قابل قبول، حاشیه‌ای (لب مرزی) یا غیر قابل قبول است. این روش را در هر یک از موارد زیر می توان استفاده کرد:

ارزیابی وسایل یا روش های اندازه گیری جدید و موجود:

- مقایسه عملکرد ابزار اندازه گیری در حالت های قبل و بعد از تعمیر یا تنظیم؛
- مقایسه روش های اندازه گیری بازرسی نهایی پیمانکاران فرعی با روش اندازه گیری و بازرسی مواد ورودی؛
- ایجاد مبنایی برای مقایسه یک ابزار اندازه گیری با ابزار اندازه گیری دیگر؛
- برقراری روشی مناسب برای اطمینان از صحت مقادیر قابلیت و توانایی فرایندهای تولید؛
- تعیین توانایی سیستم اندازه گیری؛
- ایجاد مبنایی برای تعیین زمان های کالیبراسیون ابزار اندازه گیری [۷].

فرضیه‌های تحقیق

ارکان سیستم های اندازه گیری کمّی در قالب پنج فرضیه از دید یک عارضه، مورد بررسی قرار گرفته است:

۱- عدم ثبات ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تأثیرگذار است.

۲- نامطلوب بودن تمایل اپراتورها در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تأثیرگذار است.

۳- عدم توانائی ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تأثیرگذار است.

۴- نامناسب بودن %R&R اپراتورها و ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تأثیرگذار است.

۵- نامناسب بودن ارتباط خطی ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تأثیرگذار است.

در این تحقیق عواملی مانند «عدم ثبات ابزارهای اندازه گیری»، «نامطلوب بودن تمایل اپراتورها»، «عدم توانائی ابزارهای اندازه گیری»، «نامناسب بودن %R&R اپراتورها و ابزارهای اندازه گیری» و «نامناسب بودن ارتباط خطی ابزارهای اندازه گیری» متغیرهای مستقل را تشکیل می دهند و متغیر وابسته تحقیق، «روند اجرای مناسب MSA » در نظر گرفته شده است.

متدلوژی تحقیق

در این پژوهش از روش توصیفی- تحلیلی از نوع موردی و زمینه ای جهت انجام تحقیق استفاده شده است. این روش توصیفی است زیرا واقعیتها را آن گونه که وجود دارد مورد توجه قرار داده و دربارهٔ آن بحث و تحلیل می‌کند. در بخش توصیفی خصوصیات جامعه آماری تحقیق بر اساس اطلاعات بدست آمده بیان شده و در بخش تحلیلی بر اساس اطلاعات مذکور تحلیل های آماری برای آزمون فرضیه ها و دستیابی به نتایج مورد انتظار انجام گرفته است. از آنجا که این تحقیق در شرکت دیزل سنگین ایران انجام گرفته است از این رو از نوع موردی و زمینه ای می باشد.

بررسی فرضیه‌های تحقیق بر پایهٔ آمار ابزارها و اپراتورهای اندازه گیری بنا گردیده است. بنابراین جامعهٔ آماری ابزارهای مورد مطالعه شرکت دسا در این تحقیق، به تعداد ۱۰۱ عدد بوده و جامعهٔ آماری اپراتورهای اندازه گیری شرکت دسا ۱۵ نفر می باشد.

جهت نمونه گیری در این تحقیق، از روش نمونه برداری تصادفی ساده استفاده شده است. در طرح نمونه برداری تصادفی ساده (نمونه برداری احتمالی نامحدود)، اعضای جامعهٔ آماری یک شانس معین و برابر برای انتخاب شدن به عنوان آزمودنی دارند. این طرح نمونه برداری کمترین سو گیری و بیشترین تعمیم پذیری را دارا می‌باشد [۲].

با توجه به اندازهٔ جامعهٔ آماری برای هر یک از فرضیات تحقیق، محدودیت زمانی موجود برای پژوهشگر و اپراتورهای اندازه گیری، و روش آماری مورد استفاده برای هر یک از فرضیه ها، معمولاً بین ۴۰ الی ۵۰ درصد اندازه

جامعهٔ آماری در هر یک از فرضیات به عنوان حجم نمونه در نظر گرفته شده است.

روش جمع آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات

جهت جمع آوری اطلاعات از دو روش مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. در روش مطالعات میدانی که شامل پژوهش و بررسی دربارهٔ موضوع تحقیق و بیشتر در پیرامون محیط تحقیق می باشد، با توجه به نوع موضوع که نیاز به بررسی متغیرهای تحقیق به صورت مشاهده و آزمون داشته است، از ابزار مشاهده[1] به عنوان یکی از روشهای جمع آوری داده ها استفاده گردیده است. مشاهده عبارت است از فرایند شناسائی، ثبت، نامگذاری، مقایسه و تحلیل آنچه روی می دهد؛ نکته اساسی در انجام یک مشاهده، تعریف دقیق و کامل آن چیزی است که مورد مشاهده قرار می گیرد [۳].

نحوهٔ استفاده از روش مشاهده در جمع آوری اطلاعات و سپس تجزیه و تحلیل آنها با توجه به هر یک از فرضیه‌های تحقیق در ذیل نشان داده شده است.

الف- بررسی ثبات، (در فرضیه اوّل تحقیق)

در اندازه گیری یک فرایند بدیهی است که پایداری آن باید طی گذشت زمان تحت کنترل قرار گیرد. توانایی پایدار ماندن فرایند اندازه‌گیری که براساس دو مشخصه آن یعنی صحت۲ (خطاهای مربوط به میانگین) و دقت[3] (خطاهای مربوط به پراکندگی) مورد بررسی قرار می گیرد تحت عنوان ثبات مطرح می‌شود[۵].

با توجه به محدودیت زمانی، با در نظر گرفتن جامعهٔ آماری ابزارهائی که موضوع ثبات برای این ابزارها از اولویت بسیار بالاتری نسبت به ابزارهای دیگر برخوردار می باشد، از بین ۴۶ ابزار شامل دستگاههای سنجش الکترونیک طولی، انواع میکرومترها و انواع کولیس، تعداد ۲۰ نمونه از آنها در انواع مختلف به صورت تصادفی انتخاب و بر اساس دستورالعمل MSA برای مطالعه ثبات ابزارهای اندازه گیری مورد بررسی قرار گرفت.

برای انجام این کار بدین نحو عمل شد که ابتدا یک قطعه مرجع در گستره اندازه گیری ابزار مورد مطالعه انتخاب و توسط آن ابزار ۵ بار در روز طی فواصل زمانی مختلف مورد اندازه گیری قرار گرفت. در هر بار اندازه‌گیری قطعه مرجع ۳ بار اندازه گیری شده و این مشاهدات در فرم ثبت نتایج مطالعه ثبات ثبت گردیدند. این کار در ۵ روز کاری تکرار شده و ۲۵ نمونهٔ سه تائی حاصل مشاهدات مربوط به هر یک از ابزار های مورد مطالعه بوده است.

پس از انجام اندازه گیریها و ثبت نتایج، نمودارهای $\overline{X}$ و R برای داده های حاصله رسم گردید و با تجزیه و تحلیل، برقراری ثبات را مورد بررسی قرار داده و پس از بررسی نمودارهای $\overline{X}$ و R حالتهای خارج از کنترل و علل آنها شناسایی و حذف گردیدند. در چنین حالتی، شرایطی را که برای حفظ ثبات لازم است برقرار کرده و عواملی را که تاثیر منفی روی ثبات دارد حذف شده‌اند. این نتایج در نمودارهای کنترلی که حدود آن براساس وضعیت باثبات بدست آمده، ثبت شده و به هنگام مواجهه با هریک از الگوهای خارج از کنترل اقدام اصلاحی لازم انجام می‌گیرد. هرگاه ابزار اندازه گیری تحت بررسی دارای سابقه خوبی از نظر ثبات (پایداری) باشد پریود اندازه‌گیری را می‌توان افزایش داد و برعکس.

برای آزمون این فرضیه، با توجه به نامعلوم بودن σ از روش آزمون نسبتها و فرمول زیر استفاده شده است[۱].

$$Z = \frac{X - np_0}{\sqrt{np_0q_0}}$$

که در آن:

Z = آماره آزمون X = تعداد موفقیت n = تعداد نمونه

$q_0 = 1 - P_0$ P_0 = احتمال وقوع پیشامد

همهٔ فرضیه ها در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد آزمون قرار گرفته است.

ب – بررسی تمایل، (در فرضیه دوّم تحقیق)

تمایل عبارتست از اختلاف بین میانگین ارقام جمع‌آوری شده و ارزش واقعی آنچه که مورد اندازه گیری قرار می گیرد. جهت بررسی میزان تمایل اپراتورهای اندازه

---

[1] - *Observation*
[2] - *Accuracy*
[3] - *Precision*

گیری، برای هر یک از ۸ اپراتور مورد مطالعه، بدین نحو عمل گردید که برای هر یک از اپراتورها ابتدا یک قطعه مبنا (x_m) در گستره اندازه گیری ابزار مورد استفاده انتخاب و قطعه مورد نظر توسط هر یک از اپراتورهای مورد مطالعه، ده بار به صورت متوالی اندازه گیری شده و ارقام حاصله برای هر یک در فرم ثبت نتایج مطالعات تمایل درج گردید.

پس از انجام اندازه گیریها و ثبت نتایج، میانگین اندازه های مشاهده شده، محاسبه و اندازه مبنا از آن کم شده است. مقدار حاصله نشان دهنده تمایل اپراتورهای اندازه گیری می باشد. برای محاسبهٔ درصد تمایل، مقدار تمایل تقسیم بر تغییرات فرایند (تلرانس قطعه مورد اندازه گیری) گردیده و حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب شده است.

تمایل (Bias) = $\overline{x} - x_m$

درصد تمایل (%Bias) = [**(تمایل)** / **(تغییرات فرایند)**] × **100**

زیاد بودن تمایل محاسبه شده می تواند به یکی از دلایل زیر باشد:

۱- خطا در مقدار مرجع یا نمونه؛

۲- ابزار اندازه گیری به طور مناسبی کالیبره نشده باشد (روش کالیبراسیون نیاز به بازنگری دارد)؛

۳- محاسبات انجام شده یا روش انجام آن غلط است؛

۴- ابزار مستهلک شده است (البته در آنالیز ثبات نشان داده می شود)؛

۵- ابزار بکار گرفته شده برای اندازه گیری این ویژگی مناسب نیست؛

۶- ارزیاب به طور مناسب از ابزار اندازه گیری استفاده نمی کند [۸].

دوره زمانی انجام مطالعات Bias، با توجه به نتایج مطالعات قبلی تعیین و در فرم محاسبه دوره مطالعات MSA ثبت می گردد.

با توجه به کم بودن تعداد نمونه ها برای آزمون این فرضیه، از روش آزمون توزیع t استفاده شده که فرمول آن به صورت زیر است[۱].

$$t = \frac{\overline{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

که در آن:

$\overline{x}$ = میانگین نمونه t = آمارهٔ آزمون

S = انحراف معیار نمونه μ = میانگین جامعه

n = تعداد نمونه

ج - بررسی توانایی ابزار اندازه گیری، (در فرضیه سوّم تحقیق)

با محاسبه شاخصهای توانایی ابزار اندازه گیری، با فرم تعیین توانایی ابزار می توان تغییرات ذاتی یک وسیله را بررسی کرد. با استفاده از شاخصهای Cg و Cgk می توان تمایل و تکرارپذیری یک ابزار را توأماً ارزیابی نمود. این شاخصها معمولاً برای ابزار جدید و یا تازه تعمیر و برای تصدیق یک روش اندازه گیری مطابق دوره مطالعات MSA هر شش ماه یک بار محاسبه می گردد [۵].

جهت بررسی میزان توانائی ابزار، از بین ۱۰۱ ابزار اندازه گیری شرکت دسا، تعداد ۴۰ عدد از آنها در انواع مختلف به صورت تصادفی انتخاب شده و برای مطالعهٔ این ابزارها، بدین نحو عمل گردید که برای هر یک از آنها ابتدا یک قطعه مبنا (x_m) در گستره اندازه گیری ابزار مورد استفاده انتخاب و پس از مشخص کردن تلرانس آن، قطعه مورد نظر برای هر یک از ابزارهای مورد مطالعه، ۵۰ بار به صورت متوالی اندازه گیری شده و داده های حاصل از اندازه گیری هر یک از ابزارها در فرم ثبت نتایج مطالعه توانائی ابزار اندازه گیری درج و برای تأیید تصادفی بودن مشاهدات نمودار روند رسم گردید.

پس از انجام اندازه گیریها و ثبت نتایج و رسم نمودار روند، ابتدا مقادیر $\overline{X}_g$ و Sg و سپس شاخص های توانائی ابزار (Cg و Cgk) طبق فرمول های زیر برای اندازه ها محاسبه شدند.

$$\overline{X}_g = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S_g = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \overline{X}_g)^2}{n-1}}$$

$$C_g = \frac{0.1T}{3S_g}$$

$$C_{gk} = \frac{0.1T - \left|\overline{X}_g - X_m\right|}{3S_g}$$

حداقل معیار پذیرش Cg و Cgkبر اساس حدود تلرانس برابر ۱/۳۳ می باشد.

جهت آزمون این فرضیه، با توجه به نامعلوم بودن σ از روش آزمون نسبتها استفاده گردیده که در «قسمت الف» در مورد این روش توضیح داده شده است.

د- بررسی R&R%، (در فرضیه چهارم تحقیق)

قابلیت سیستم اندازه گیری کمّی(R&R) روشی است که می تواند نوسانات ناشی از تکرارپذیری[1](EV) و تکثیرپذیری[2](AV) ابزارها و اپراتورهای اندازه گیری را برای یک سیستم اندازه گیری برآورد کند. تکرارپذیری برابر است با پراکندگی ناشی از سیستم اندازه گیری در هنگامی که یک قطعه با استفاده از یک ابزار، به طور مکرر اندازه گیری می شود و تکثیرپذیری برابر است با پراکندگی ناشی از تغییر هر یک از عوامل مؤثر در سیستم اندازه گیری که در حالت مکرر به دست می آید [۹].

با توجه به دستورالعمل MSA جهت بررسی میزان R&R% ابزار ها و اپراتورهای اندازه گیری، تعداد ۵ مجموعه قطعاتی که بیشترین میزان اندازه گیریهای را به خود اختصاص داده اند انتخاب شده و کلیه پارامترهای آنها شامل ۹ پارامتر مورد مطالعه قرار گرفتند.

برای مطالعهٔ هر کدام از پارامترها، پس از مشخص کردن ارزیابها، به طوری که بیانگر دامنه واقعی یا قابل انتظاری از نوسانات فرایند باشد تعداد ۱۰ قطعه نمونه انتخاب و شماره گذاری گردید (جعبه حاوی قطعات)، به طوری که تحلیل‌گر کاملاً قطعات را از یکدیگر تشخیص داده و ارزیابها از شماره و اندازه قطعات اطلاع نداشته اند.

داده های حاصل از تکرارپذیری و تکثیر پذیری اپراتورها و ابزارهای اندازه گیری و محاسبات مربوطه طبق دستورالعمل MSA در فرم مطالعه کارایی ابزارهای اندازه گیری کمّی ثبت گردید و با استفاده از نرم افزار Minitab در بخش مطالعات R&R درخروجی پنجره Graph، آنالیز گرافیکی و در خروجی پنجره Session، نتایج حاصل از محاسبات R&R% و قدرت تفکیک، برای کلیه پارامترهای اندازه گیری شده قطعات، انجام گردیده است.

خطوط راهنمای تصدیق تکرارپذیری و تکثیرپذیری (R&R) عبارت است از:

- زیر ۲۰٪: سیستم اندازه گیری قابل قبول است.
- بالای ۳۰٪: سیستم اندازه گیری احتیاج به بهبود دارد و هرگونه سعی و کوشش برای تشخیص مشکلات و تصحیح آن بایستی صورت گیرد.
- بین ۲۰ تا ۳۰٪: بایستی براساس اهمیت کاربرد ابزار اندازه گیری، هزینه تعمیرات و یا جایگزینی و با توجه به میزان قابلیت فرایند (CPK) قابل قبول باشد.

در صورتی که میزان R&R٪ بیشتر از ۲۰٪ باشد، در صورت نیاز به انجام اقدام اصلاحی، لازم است به مقادیر فاکتورهای EV و AV توجه نمود که این مقادیر نشان دهنده این است که منشاء افزایش R&R ناشی از ابزار، ارزیاب یا هر دو آنهاست[۱۰].

با توجه به کم بودن تعداد نمونه ها برای آزمون این فرضیه از روش آزمون توزیع t استفاده شده که در «قسمت ب» در مورد این روش توضیح داده شده است.

ه – بررسی ارتباط خطی، (در فرضیه پنجم تحقیق)

ارتباط خطی عبارت است از بررسی اینکه آیا ابزار اندازه گیری در تمام محدوده قابل اندازه گیریش یکسان کار می کند؟ برای تعیین ارتباط خطی باید مقادیر تمایل را در کل محدوده کاربرد ابزار اندازه گیری محاسبه کنیم در صورتی که مقدار تمایل برای محدوده کاربرد ابزار ثابت بوده و یا اینکه با بزرگ شدن اعداد ما، تمایل آنها تغییر کوچکی داشته باشد، ابزار مورد قبول خواهد بود. اگر تفاوت در تمایل اندازه های بدست آمده در طول محدوده کاربرد ابزار اندازه گیری تشکیل یک خط راست را بدهد،

[1] - *Equipment Variation*
[2] - *Appraiser Variation*

رابطه خطی برای آن ابزار وجود دارد در غیر این صورت آن ابزار غیرقابل استفاده می‌باشد[۵].

با توجه به محدودیت زمانی و با در نظر گرفتن جامعهٔ آماری، از بین ۴۶ ابزار که موضوع ارتباط خطی آنها از اولویت بالاتری برخوردار می باشد، شامل: دستگاههای سنجش الکترونیک طولی، انواع میکرومترها و انواع کولیس، تعداد ۲۰ نمونه در انواع مختلف و به صورت تصادفی انتخاب و جهت بررسی میزان ارتباط خطی هر یک از آنها، بدین نحو عمل گردید که ابتدا ۵ قطعهٔ استانداردی که در دامنه کاری هر یک از ابزارها قرار داشتند تعیین و برای هر کدام از آنها نمونه مرجع انتخاب گردید. هریک از این قطعات با ابزار اندازه گیری ۱۲ بار مورد مطالعه و توسط مسئول آن، اندازه گیری شده و نتایج در فرم ثبت نتایج مطالعات ارتباط خطی ثبت شد. سپس برای هریک از قطعات مقدار تمایل محاسبه گردید. (مقدار تمایل را با Y و اندازه واقعی قطعه را با X نمایش می دهیم). میانگین تمایل ها و اندازه واقعی قطعات با استفاده از نرم افزار Minitab به صورت ارتباط خطی در نظر گرفته شده است.

معادله خط برازش شده: $Y = ax + b$

که در آن:

Y = تمایل x = اندازه واقعی قطعه مرجع

a = شیب خط b = عرض از مبدا

$$a = \frac{\sum xy - \left[\frac{\sum x \sum y}{n}\right]}{\sum x^2 - \frac{\left[\sum x\right]}{n}}$$

$$b = \sum \frac{y}{n} - a\left[\sum \frac{x}{n}\right]$$

(تعداد قطعات مورد استفاده در اینجا) n = ۵

درصد خطی بودن = $|a| \times 100\%$

$$R^2 = \frac{\left[\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}\right]^2}{\left[\sum x^2 - \frac{\left[\sum x\right]^2}{n}\right]\left[\sum y^2 - \frac{\left[\sum y\right]^2}{n}\right]}$$

R2 = درجه تناسب(زیبندگی)

- هر چه شیب خط به صفر نزدیکتر باشد خطی بودن ابزار اندازه گیری بهتر است.
- هر چقدر مقدار R2 به عدد یک نزدیکتر باشد بین نقاط رسم شده در نمودار، ارتباط خطی بهتری برقرار است.
- هرچقدر درصد خطی بودن به صفر نزدیکتر باشد شیب خط کمتر می باشد، یعنی در تمایل اندازه های بدست آمده در طول محدوده کاربرد ابزار اندازه گیری، تفاوت کمی دیده می شود.

* در روش MSA مقادیر بالاتر از ۰/۷ برای R2 به معنای ارتباط خطی مناسب در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به نتایج مطالعات قبلی دوره زمانی انجام مطالعات ارتباط خطی تعیین و در فرم تعیین دوره مطالعات MSA ثبت می گردد.

برای آزمون این فرضیه، از روش آزمون توزیع t استفاده گردیده است. در «قسمت ب» در مورد این روش توضیح داده شده است.

تاریخچه شرکت دسا

شرکت دیزل سنگین ایران (دسا)، از جمله طرحهای دهگانه عمرانی کشور است که در سال ۱۳۶۹ در مجلس شورای اسلامی ایران، تصویب و برای اجرا به وزارات صنایع سنگین وقت ابلاغ شد. وزارت صنایع سنگین وقت ، محل اجرای طرح را در ۵ کیلومتری شهرستان آمل واقع در استان مازندران، تعیین نموده و سپس مقدمات اجرای آن از قبیل بررسی فنی و اقتصادی، خرید یک ساختمان مرکزی در تهران تملیک ۸۰ هکتار زمین، عملیات خاک شناسی و تسطیح زمین، تأمین ۶ مگاوات برق صورت پذیرفت.

کلنگ احداث کارخانه در سال ۱۳۷۰، به منظور تولید موتورهای دیزلی دور متوسط در چهار فاز اجرایی و با ظرفیت نهایی ۲۷۰ دستگاه موتور در سال زده شد. بر اساس تبصره ۱۵ قانون بودجه سال ۱۳۷۱ طرحهای عمرانی از وزارت صنایع سنگین جدا و اجرای آنها به سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران محول گردید و

مقرر شد هزینه اجرای طرحها، از محل منابع سازمان گسترش تأمین شود. در نهایت فاز اول طرح در سال ۱۳۸۰ به بهره برداری رسید.

یافته‌های تحقیق

فرضیه‌های پایه‌گذاری شدهٔ این تحقیق مورد آزمون قرار گرفته و نتایج حاصل از آن در جداول ۱ الی ۵ آمده‌اند. در ادامه به نتایج حاصل از این آزمونها می‌پردازیم.

فرضیه اوّل: عدم ثبات ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.

تست فرضیه: اگر در شرکت دسا حداقل ۹۹٪ ابزارها دارای ثبات باشند، می توان گفت که از این لحاظ در روند اجرای MSA مشکل نداریم. بنابراین می توان فرضیه آماری را به صورت ذیل در نظر گرفت:

$$\begin{cases} H_0 : P \geq 99\% \\ H_1 : P < 99\% \end{cases}$$

بر اساس آزمایشات به عمل آمده، کلیه ابزارهای اندازه گیری مورد مطالعه، از ثبات لازم برخوردار می باشند.

محاسبات انجام شده به صورت زیر است:

$$z = \frac{۲۰ - (۲۰ \times ۰/۹۹)}{\sqrt{۲۰ \times ۰/۹۹ \times ۰/۰۱)}} = ۰/۴۴۹$$

۰/۴۴۹<۱/۶۴۵ بوده و طبق محاسبات انجام شده، آماره آزمون در ناحیه قابل قبول قرار گرفته و دلیلی بر رد H_0 وجود ندارد و با ۹۵٪ اطمینان می توان ادعا کرد که حداقل ۹۹٪ ابزارهای دسا دارای ثبات می باشند، جدول۱.

جدول ۱: اطلاعات حاصل از بررسی ثبات ابزارهای اندازه‌گیری در فرضیه اول

ردیف	نام ابزار	تعداد نمونه (n)	تعداد موفقیت (X)	تعداد شکست (q)	تعداد کل موجود (N)
۱	دستگاه سنجش الکترونیک طولی	۲	۲	۰	۲
۲	میکرومتر	۹	۹	۰	۲۰
۳	کولیس	۹	۹	۰	۲۴
جمع		۲۰	۲۰	۰	۴۶

بنابراین فرضیه اول تحقیق رد شده و می توان گفت که با توجه به وضعیت موجود، «ثبات ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است».

فرضیه دوّم: نامطلوب بودن تمایل اپراتورها در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.

تست فرضیه: با اختصاص هدف $\text{Bias} \leq 0.001$ (تمایل) برای اپراتورهای شرکت دسا، می توان فرضیه آماری را به صورت ذیل در نظر گرفت:

$$\begin{cases} H_0 : \mu \leq 0.001 \\ H_1 : \mu > 0.001 \end{cases}$$

بر اساس آزمایشات به عمل آمده، همه اپراتورهای اندازه گیری دارای میزان تمایل قابل قبولی می باشند.

پس از انجام محاسبات با استفاده از اطلاعات جدول ۲ می‌توان داشت:

$$t = \frac{۰/۰۰۰۴۵ - ۰/۰۰۱}{۰/۰۱۵۲۶/\sqrt{۸}} \doteq -۰/۱۰۱۹ ,$$

$$s = ۰/۰۱۵۲۶ , \quad \bar{x} = ۰/۰۰۰۴۵$$

۰/۱۰۱۹>۱/۸۹۵ بوده و طبق محاسبات انجام شده، آماره آزمون در ناحیه قبول قرار گرفته و دلیلی بر رد H_0 وجود ندارد و با ۹۵٪ اطمینان می توان ادعا کرد که کل اپراتورهای اندازه گیری دسا دارای میزان تمایل مطلوبی هستند، جدول ۲.

جدول ۲: اطلاعات حاصل از بررسی تمایل اپراتورهای اندازه‌گیری در فرضیه دوم

ردیف	نام اپراتور	مقدار تمایل	وضعیت اندازه گیری
۱	محمدرضا فرح بخش	0.0001	OK
۲	محمدابراهیم ذبیحی	0.0002	OK
۳	مجید خلیلی	0.0004	OK
۴	جواد جوادیان	0.0004	OK
۵	عیسی مسیب زاده	0.0005	OK
۶	علی جزایری	0.0005	OK
۷	محسن پورعمرانی	0.0007	OK
۸	علی اکبر حسینی	0.0008	OK

بنابراین فرضیه تحقیق رد شده و می توان گفت که با توجه به وضعیت موجود، «تمایل مطلوب اپراتورها در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.»

فرضیه سوم: عدم توانائی ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.

تست فرضیه: اگر در شرکت دسا حداقل ۹۹٪ ابزارها دارای توانائی باشند، می توان گفت که در روند اجرای MSA مشکل نداریم.

$$\begin{cases} H_0 : P \geq 99\% \\ H_1 : P < 99\% \end{cases}$$

بر اساس آزمایشات به عمل آمده، تعداد ۴ عدد از ۴۰ ابزار مورد آزمون دارای توانائی نبوده و رد شده‌اند.

محاسبات انجام شده به صورت زیراست:

$$z = \frac{۳۶ - (۴۰ \times ۰/۹۹)}{\sqrt{۴۰ \times ۰/۹۹ \times ۰/۰۱)}} = -۵/۷۲$$

۵/۷۴۲-<۱/۶۴۵- بوده و طبق محاسبات انجام شده، آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار گرفته و فرض H_0 رد شده و با ۹۵٪ اطمینان می توان ادعا کرد که کمتر از ۹۹٪ ابزارهای دسا دارای توانائی می باشند، جدول ۳.

جدول ۳: اطلاعات حاصل از بررسی توانایی ابزارهای اندازه‌گیری در فرضیه سوم.

ردیف	نام ابزار	تعداد نمونه (n)	تعداد موفقیت (X)	تعداد شکست (q)	تعداد کل (N)
۱	دستگاه سنجش الکترونیک طولی	۲	۲	۰	۲
۲	میکرومتر	۸	۸	۰	۲۰
۳	کولیس	۱۱	۹	۲	۲۴
۴	ساعت اندازه گیری	۹	۸	۱	۲۹
۵	آچار ترکمتر	۱۰	۹	۱	۲۶
جمع		۴۰	۳۶	۴	۱۰۱

بنابراین فرضیه تحقیق که گفته می‌شود «عدم توانائی ابزارهای اندازه‌گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است»، تائید شده و این مورد به عنوان یک مشکل در روند اجرای مناسب MSA مطرح است.

حال می خواهیم ببینیم با توجه به وضعیت موجود در سطح اطمینان ۹۵٪ توانائی ابزارهای دسا چند درصد است؟

$$Z = \frac{X - np_0}{\sqrt{np_0q_0}} \Rightarrow$$

$$1.645 = \frac{36 - (40 \times P_0)}{\sqrt{40 \times P_0(1 - P_0)}}$$

$$\Rightarrow P_0 = 0.795$$

$$\text{نسبت مورد انتظار} = \text{ناحیه بحرانی}$$

یعنی با ۹۵٪ اطمینان می توانیم ادعا کنیم که ۷۹/۵٪ ابزارها در شرکت دسا توانا هستند.

فرضیه چهارم: نامناسب بودن %R&R اپراتورها و ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.

تست فرضیه: در روش MSA، %R&R ≤ %20 قابل قبول است. پس می توان فرضیه آماری را به صورت ذیل در نظر گرفت:

$$\begin{cases} H_0 : \mu \leq 0.2 \\ H_1 : \mu > 0.2 \end{cases}$$

بر اساس آزمایشات به عمل آمده، کلیه پارامترهای مورد اندازه گیری دارای میزان %R&R قابل قبول بوده و فقط یک پارامتر از آنها دارای میزان %R&R بین ۲۰ الی ۳۰٪ (۲۶/۸٪) می‌باشد. طبق دستورالعمل MSA برای این حالت پذیرش سیستم اندازه گیری به صورت مشروط تعریف گردیده است. برای اصلاح این عارضه، با انجام اقدامات اصلاحی لازم، یک بار دیگر این پارامتر مورد مطالعه قرار گرفت که مقدار %R&R برابر با ۱۲/۵٪

بدست آمد. بدین ترتیب نتایج حاصل از ۱۰ پارامتر اندازه گیری شده، در محاسبات آزمون فرض لحاظ گردیده است.

با استفاده از اطلاعات جدول ۴ می‌توان نوشت:

$$\bar{x} = ۰/۱۴۶۸۳ \quad ، \quad s = ۰/۲۴۴۹ \quad و \quad n = ۱۰$$

بنابراین:

$$t = \frac{۰/۱۴۶۸۳ - ۰/۲}{۰/۲۴۴۹ / \sqrt{۱۰}} = -۰/۶۸$$

درجه آزادی: $V = n - ۱ = ۱۰ - ۱ = ۹$

از جدول t داریم:

$$t_{۰/۰۵,۹} = ۱/۸۳۳$$

$|-۰/۶۸| < ۱/۸۳۳$ بوده و طبق محاسبات انجام شده، آماره آزمون در ناحیه قبول قرار گرفته و دلیلی بر رد H0 وجود ندارد و با ۹۵٪ اطمینان می توان ادعا کرد که کل اپراتورها و ابزارهای اندازه گیری دسا دارای میزان R&R% مناسبی هستند، جدول ۴. بنابراین فرضیه تحقیق رد شده و می توان گفت که با توجه به وضعیت موجود، «مناسب بودن R&R% اپراتورها و ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.»

فرضیه پنجم: نامناسب بودن ارتباط خطی ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.

تست فرضیه: با توجه به اینکه مقدار R2 (زیبندگی) نقش تعیین کننده در مناسب بودن ارتباط خطی ابزار مورد مطالعه دارد و طبق دستورالعمل MSA، $R2 \geq 0.7$ به معنای ارتباط خطی مناسب است. لذا می توان فرضیه آماری را به صورت ذیل در نظر گرفت:

$$\begin{cases} H_۰ : \mu \geq ۰.۷ \\ H_۱ : \mu < ۰.۷ \end{cases}$$

پس از انجام محاسبات با استفاده از اطلاعات جدول ۵ می‌توان نوشت:

$$\bar{x} = ۰/۸۰۵۵ \quad ، \quad s = ۰/۴۴۴۸ \quad و \quad n = ۲۰$$

بنابراین:

$$t = \frac{۰/۸۰۵۵ - ۰/۷}{۰/۴۴۴۸ / \sqrt{۲۰}} = ۱/۰۶۰۷$$

بر اساس آزمایشات صورت گرفته، تعداد ۲ ابزار از ۲۰ ابزار مورد آزمون دارای ارتباط خطی پائینی بوده و با وجود قرار دادن مقادیر R2 این دو ابزار در نتایج آزمون، طبق محاسبات انجام شده، آماره آزمون در ناحیه قبول قرار گرفته و دلیلی بر رد H0 وجود ندارد و با ۹۵٪ اطمینان می توان ادعا کرد که ابزارهای اندازه گیری دسا دارای میزان ارتباط خطی مناسبی هستند. بنابراین فرضیه تحقیق رد شده و می توان گفت که با توجه به وضعیت موجود، «مناسب بودن ارتباط خطی ابزارهای اندازه گیری در شرکت دسا، بر روند اجرای مناسب MSA تاثیرگذار است.»

دو کولیس انتخاب شده دارای ارتباط خطی پائین و مشکل لقی فک خارج سنج بودند. پس از بررسی و اقدامات مقتضی، مشکلشان برطرف گردید. لذا برای صحت بیشتر مطالعه در آزمون فرضیه ها، مقادیر R2 این دو ابزار از جدول نتایج حذف گردیده و برای ۱۸ نمونهٔ باقی مانده محاسبات آزمون توزیع t مجدداً انجام شد و هیچ تغییری در نتایج آزمون مشاهده نگردید.

نتیجه گیری و پیشنهادات

همان طوری که در نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده ها برای هر یک از فرضیه‌های تحقیق مشاهده گردید و با توجه به اینکه به هر یک از این فرضیه‌ها از دید یک عارضه و مشکل نگاه شده تعداد ۴ فرضیه از ۵ فرضیه، یا به عبارت دیگر احتمال وقوع ۴ عارضه از ۵ عارضه، با ۹۵٪ اطمینان رد گردید و فقط فرضیه سوّم یعنی عدم توانائی ابزارها مورد تأیید قرار گرفت. بنابراین می توان این گونه نتیجه گیری کرد که مشکل پیاده سازی MSA در شرکت دسا، عدم توانائی ابزارها در حد قابل قبول برای اجرای مناسب MSA می باشد و با ۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که ۲۰٪ ابزارهای شرکت دسا دارای توانائی نیستند.

جدول ۴: اطلاعات حاصل از مطالعات R&R%ابزار ها و اپراتورهای اندازه گیری در فرضیه چهارم.

ردیف	نام قطعه	ویژگی مورد مطالعه	ابزار اندازه گیری	%R&R	وضعیت اندازه گیری
۱	Cup_01	قطر خارجی کاپ	Horizontal	%17.75	OK
۲	Valve Rollerpin	قطر خارجی رولرپین	Horizontal	%13.53	OK
۳	Fuel Rollerpin	قطر خارجی رولرپین	Horizontal	%18.4	OK
۱-۴	Valve Camfollower(a)	قطر داخلی نشیمنگاه کاپ	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%8.6	OK
۲-۴	Valve Camfollower(b)_01	قطر داخلی نشیمنگاه رولرپین	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%19.4	OK
۳-۴	Valve Camfollower(c)	قطر داخلی نشیمنگاه رولرپین سمت پخ دار	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%26.86	N.OK
۴-۴	Valve Camfollower(c)_01	قطر داخلی نشیمنگاه رولرپین سمت پخ دار	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%12.57	OK
۱-۵	Fuel Camfollower(a)_01	قطر داخلی نشیمنگاه کاپ	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%6.4	OK
۲-۵	Fuel Camfollower(b)_01	قطر داخلی نشیمنگاه رولرپین	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%11.25	OK
۳-۵	Fuel Camfollower(c)	قطر داخلی نشیمنگاه رولرپین سمت پخ دار	میکرومتر داخل سنج 30-35mm	%12.07	OK

جدول ۵: اطلاعات حاصل از بررسی ارتباط خطی ابزار های اندازه گیری درفرضیه پنجم.

ردیف	نام ابزار اندازه گیری	کد ابزار	نام قطعه مبنا (در پنج اندازه)	مقدار R^2	وضعیت آزمون
1	Horizontal 0-500mm	L-Z 01	Gage Block	0.98	OK
2	Vertical 0-600mm	L-M 01	Gage Block	0.81	OK
3	Inside Micrometer 70-85mm	QLM.10	Ring Gage	0.88	OK
4	Inside Micrometer 85-100mm	QLM.10	Ring Gage	0.93	OK

جهت اجرای صحیح MSA پیشنهاداتی به شرح ذیل ارائه می گردد:

۱- تعدادی از ابزارها در آزمایش مربوط به توانائی ابزار اندازه گیری، طی آزمایشات مختلفی که از آنها به عمل آمد، از توانائی لازم برخوردار نبوده و رد گردیده اند که به هیچ عنوان نباید از این ابزارها در فرایند اندازه گیری استفاده گردد. این ابزارها به نحو مقتضی به مؤلفین مربوطه معرفی شده‌اند.

۲- برای پیاده سازی MSA، کلیه اندازه گیریها در شرایط محیطی واقعی انجام شود.

۳- برای هر آزمون به جهت اهمیت آگاهی از میزان صحت و درستی اندازه گیری، وجود استانداردهای مرجع اندازه گیری تایید شده قابل ردیابی به استانداردهای ملی لازم است.

۴- اندازه گیری های در حین اجرای مطالعه بایستی به طریقی برنامه ریزی شود که تحلیل‌گر اندازه به جهت تکرار اندازه گیری هر قطعه، اطلاعی از شماره قطعه نداشته و در نتیجه نتواند اندازه قطعه نمونه را حدس بزند. در غیر این صورت موجب ورود اریب[1] ناخواسته ناشی از اطلاع قبلی اندازه گیر از مقدار اندازه قطعه در محاسبات می شود.

۵- نمونه های انتخاب شده بایستی در زمانی باشد که نتایج SPC نشان دهنده پایداری فرایند در هر مرحله مورد نظر باشد. ترجیحاً در مواردی نظیر دستگاههایی که لازم است در ابتدای روز گرم شوند تا گرم شدن آنها از نمونه برداری اجتناب شود.

۶- از آنجائی که مطالعات قابلیت سیستم اندازه گیری کمّی (R&R) برای ارزیابی نسبت اجزای نوسانات سیستم به نوسانات فرایند می باشد، لذا لازم است نمونه‌ها در زمانهایی متوالی انتخاب شوند، به طوری که بیانگر تمام دامنه کاری فرایند که ناشی از شرایط متفاوت تولید است باشند. مواردی نظیر ساعات مختلف، دماهای مختلف روز، شیفتهای تولیدی، اپراتورها و دستگاههای مختلف موقع نمونه برداری باید در نظر گرفته شوند. این قطعات بایستی دارای اندازه هایی در پایین تلرانس مجاز، میانه و حدود بالایی آن باشند.

۷- بایستی، روشهای ارزیابی نظیر قضاوت فنی، مشاهدات چشمی و امکان عدم تاثیر گذاری ارزیاب روی دستگاههایی که اندازه گیری آن با فشار دادن دکمه انجام می شود، قبلاً تعیین گردد.

۸- بایستی تعداد ارزیابان، تعداد قطعات نمونه و تعداد دفعات تکرار قرائت ها در ابتدا تعیین شود. به طور مثال برای ابعاد مهم تعداد قطعات[2] و تعداد ارزیابی[3] بیشتری لازم می باشد. در صورتی که برای قطعات بزرگ و حجیم به نمونه برداری کمتر و دفعات ارزیابی بیشتری احتیاج است.

۹- از آنجایی که هدف، ارزیابی کلی سیستم اندازه گیری است بایستی ارزیابان از میان کسانی انتخاب شوند که معمولاً با سیستم اندازه گیری کار می کنند.

۱۰-بایستی مطمئن گردید که روش اندازه گیری (بازرس و ابزار) دقیقاً ویژگی مورد نظر را براساس شیوه نامه تعریف شده داراست.

۱۱-کلیه قطعات نمونه برداری شده بایستی کاملاً برای فرد ثبت کننده در مطالعه قابل شناسایی باشد. در عین حال در بهترین حالت ارزیاب نبایستی بداند که قطعه شماره چند را اندازه گیری می نماید.

۱۲-در قرائت ابزارها (کمّی) قرائت ها بایستی به نزدیکترین زینه[4] گرد شود و در صورت امکان اندازه ها تا نیم زینه (نصف ریزنگری) موجود خوانده شود.

۱۳-مطالعه بایستی توسط شخصی قرائت شود که از اهمیت احتیاطهای لازم در اجرای یک مطالعه قابل اعتماد، مطلع است.

۱۴-کلیه ارزیابها در هر مطالعه بایستی شیوه نامه مشابهی با مراحل یکسان را برای قرائت انجام دهند.

۱۵- برای جلوگیری از ورود نوسانات درون قطعه ای قطعات[5] نظیر اختلاف توازی، و قطعات گرد بایستی مواضع مورد اندازه گیری به طریق مناسبی

---

[1] - *Bias*

[2] - *Parts*

[3] - *Trial*

[4] - *Resolution*

[5] - *Within Part Variation*

علامتگذاری شود و ارزیاب موظف گردد که اندازه گیری قطعات را از محل علامتگذاری شده انجام دهد.

۱۶-کوچکترین واحدی که ابزار اندازه گیری می تواند نشان دهد، باید حداقل ده برابر کوچکتر از اندازه مشخصه محصول یا تغییرات فرایند باشد. برای مثال اگر مشخصه محصول در حد یک صدم می باشد ابزار باید قابلیت نشان دادن تغییرات یک هزارم را داشته باشند.

با توجه به اهمیت سیستم های اندازه گیری در همهٔ صنایع، خصوصاً صنایع وابسته به خودرو که MSA جزء الزامات ISO/TS آنها می باشد و همچنین شرکتهائی که دارای آزمایشگاههای مجهز بوده و برای تأیید صلاحیت، نیاز به اخذ گواهینامهٔ ISO17025 دارند و MSA جزء الزامات آن می باشد، ضرورت تحقیقات بیشتر در این زمینه را برای اجرای بهتر و اصولی تر آن اجتناب ناپذیر می سازد.

در این پژوهش، با توجه به نوع صنعت مورد تحقیق (مونتاژی بودن تولید) به دلیل عدم امکان اجرای بخش «تجزیه و تحلیل سیستم اندازه گیری وصفی ها» از اجرای آن صرف نظر گردید. این مورد می تواند توسط پژوهشگران علاقه مند به تحقیق در زمینهٔ MSA اجرا گردد.

علاوه بر این پژوهشگران در تحقیقات آتی می توانند در زمینهٔ «اجرای MSA بر روی سیستم های اندازه گیری خودکار و تلرانس های میکرونی» و همچنین «مطالعات GR&R برای تست های مخرب» با توجه به صنعت مربوطه، تحقیق نمایند.

تحقیق حاضر در زمینهٔ انتخاب فرضیه های تحقیق از نوآوری برخوردار می‌باشد. بخش تجزیه و تحلیل سیستم اندازه گیری وصفی ها (به دلیل عدم امکان اجرای آن در شرکت دسا)، اجرا نشده و همچنین تعداد نمونه ها در بعضی از فرضیه‌های تحقیق (به دلیل محدودیت زمانی و بالا بودن حجم کار صورت گرفته در یک تحقیق چند ماهه) کم می‌باشد. محققین آتی باید به این موارد توجه کافی داشته باشند.

فهرست منابع و مأخذ

۱. آریانژاد میربهادر قلی و ذهبیون، (۱۳۷۱)، «احتمالات و آمار کاربردی»، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

۲. اوماسکاران، (۱۳۸۱)، ترجمه محمد صائبی و محمود شیرازی، «روشهای تحقیق در مدیریت»، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی، چاپ دوم.

۳. خاکی، غلامرضا، (۱۳۸۲)، «روش تحقیق در مدیریت»، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، چاپ دوم، تهران.

۴. رضازاده نیاورانی،محمد (۱۳۸۲)، «راهنمای جامع ۱۶۹۴۹:۲۰۰۲ ISO/TS»، انتشارات نوپردازان، چاپ اول، تهران.

۵. گودرزی، دستورنیکو، طاهری، احمدی قمی، (۱۳۸۳)، «تجزیه و تحلیل سیستم اندازه گیری، مفاهیم و روش پیاده سازی»، آموزش سایکو، انتشارات آتنا، چاپ دوم، تهران.

۶. مهربان، رضا، (۱۳۷۷)، «تجزیه و تحلیل سیستم های اندازه گیری کنترل و صلاحیت ابزار دقیق»، انتشارات پیکان، چاپ اول، تهران.

7. A.I.A.G., (2002) "Measurement System Analysis", Reference Manual(3rd edn), Automotive Industry Action Group: Detroit, MI.

8. Beauregard, Michael R., (1982)"A Practical Guide to Statistical Quality Improvement", Van Nostrand Reinhold.

9. Vardeman SB., Van Valkenburg ES, (1999), "Two-way random effects analysis and Gauge R&R studies", Technometrics.

10. Wheeler DJ., (1992) "Problem with Gauge R&R studies", ASQC Quality Congress Transaction.