

# دستیابی به مقادیر مرجع گنج ساخته شده، با استفاده از روش های آماری پس از اندازه گیری های مکرر با CMM آزمایشگاه های مختلف

احمد پوریان  
احسان سوری



تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۳  
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۲۵

استفاده از گنج بلوک ها برای کنترل میانی و تضمین کیفیت نتایج به دست آمده توسط آزمایشگاه های اندازه گیری ابعادی و صحت سنجی مقادیر اندازه گیری شده امری حیاتی است. در این تحقیق گنجی چندمنظوره با دقت بالا طراحی، ساخته و در آزمایشگاه های ابعادی توسط دستگاه اندازه گیری مختصات سه بعدی (Coordinate measurement Machine-CMM) در قالب یک برنامه مقایسه بین آزمایشگاهی (inter laboratory comparison) در ۱۹ آزمایشگاه، اندازه گیری شده است. در طراحی این گنج تعداد ۱۶ پارامتر هندسی و ابعادی شامل اندازه ی قطر، اندازه ی زاویه، تختی سطوح، مستقیمی، توازی، تعامد، رواداری موقعیت سوراخ، فاصله محورهای دو سوراخ، گردی و استوانه ای قرار داده شده است. فرایند اندازه گیری و دستیابی به مقدار هر پارامتر براساس یک دستورالعمل مدون و جامع، با تعیین نقاط روی نقشه ها با انجام پنج بار تکرار اندازه گیری هر پارامتر و استفاده از برنامه نویسی CNC بوده است. برای دستیابی به مقادیر مرجع، مطابق با روش ها و مدل های آماری توصیه شده در استانداردهای مربوطه، نتایج اندازه گیری ها مورد تحلیل آماری قرار گرفته است. سه نوع تحلیل آماری روی نتایج انجام شده که یکی تعیین مقادیر مرجع، با استفاده از داده های تمام آزمایشگاه ها است و اجماع کل نامیده شده، دومی استفاده از آزمایشگاه های متخصص (Expert) که برای انتخاب آن ها از روش های آماری h-value و k-value استفاده شده و در روش آخر در هر آیتم نتایج آزمایشگاه هایی استفاده شده که در بازه محاسبه شده با استفاده از انحراف معیار نتایج کل قرار دارد. نتایج نهایی نشان می دهد که با ملاک قراردادن پایین ترین ضریب تغییرات (Coefficient of Variation) هر روش، بیشترین انتخاب از روش سوم است. این روش به دلیل کنار گذاشتن مقادیر ناهمخوان (Outlier)، می تواند روش مناسب تری نسبت به دو روش دیگر باشد.

## واژگان کلیدی:

گنج بلوک، پارامترهای هندسی، CMM، مقایسه بین آزمایشگاهی، ضریب تغییرات

## ۱) مقدمه

روش های مناسب برای کنترل قطعات تولیدی، بهترین راهنما برای تولید قطعات با کیفیت مناسب و تیراژ بالاست و در نتیجه از تولید قطعات معیوب جلوگیری می کند.

از جمله ابزارهای مناسب کنترل ابعادی قطعات، گنج بلوک ها هستند که خصوصیتی همچون سهولت استفاده، ثبات ابعادی و هزینه ی نسبتاً کم دارند. استفاده از گنج بلوک ها کمک می کند، قابلیت ردیابی به طول های ملی استاندارد در مراکز تحقیقاتی، دانشگاه ها و آزمایشگاه های سراسر جهان، حفظ شود [۴].

با افزایش روزافزون صنایع قطعه سازی و ایجاد رقابت در تولید قطعات با کیفیت برتر، اندازه گیری و کنترل کیفیت قطعات از جایگاه مهم و ویژه ای برخوردار شده است. چراکه اندازه گیری و به کارگیری روش های مناسب برای کنترل خط تولید قطعات همسان (در محدوده ی رواداری)، برعهده ی واحد کنترل کیفیت است. در واقع این واحد با در اختیار داشتن سخت افزارها و نرم افزارهای مورد نیاز و با ایجاد و به کارگیری

گیج بلوک‌های معمول و موجود به‌گونه‌ای هستند که تنها یک پارامتر ابعادی یا هندسی را پوشش می‌دهند و از آن‌ها برای سنجش عملکرد اپراتور، تجهیزات، امکانات نرم‌افزاری و روش‌های جاری اندازه‌گیری در آزمایشگاه، استفاده می‌شود.

در این تحقیق هدف یافتن مقادیر مرجع گیج بلوکی با شکل خاص و چندمنظوره است، که در آن تعداد زیادی پارامتر ابعادی و هندسی، از جمله اندازه‌ی قطر، اندازه‌ی زاویه، تختی سطوح، مستقیمی، توازی، تعامد، رواداری موقعیت سوراخ، گردی و استوانه‌ای به‌صورت ترکیبی گنجانده شده است.

با توجه به توانمندی‌های تقریباً یکسان آزمایشگاه‌ها در سطح کشور و عدم امکان انتخاب یکی از آن‌ها به‌عنوان آزمایشگاه مرجع برای اندازه‌گیری گیج بلوک مورد نظر و دستیابی به مقدار هر یک از پارامترهای آن می‌توان از روش مقایسه بین آزمایشگاهی استفاده نمود. سازمان‌دهی، اجرا و ارزیابی اندازه‌گیری‌ها یا آزمون‌ها روی اقلام یکسان یا مشابه، توسط دو یا چند آزمایشگاه، مطابق با شرایط از پیش تعیین شده را مقایسه‌ی بین آزمایشگاهی می‌نامند، که یکی از اهداف مهم و متداول آن تخصیص مقادیر به مواد گوناگون است [۱].

اندازه‌گیری مکرر این گیج بلوک تحت شرایطی یکسان در آزمایشگاه‌های مختلف این امکان را ایجاد نمود که با بهره‌گیری از روش‌های آماری مناسب به مطلوب‌ترین نتیجه در مورد مقدار هر یک از پارامترها دست یابیم. برای این کار از روش‌های آماری مختلف استفاده شده که در جای خود توضیح داده می‌شود.

محققانی در سطح بین‌المللی در رابطه با این موضوع تحقیقاتی را انجام داده‌اند، که به‌شرح زیر ارائه شده است:

- پدرو روساریو و همکاران در اولین کنفرانس بین‌المللی آزمون مهارت در مقاله‌ای با توضیح مختصری از الگوهای استاندارد، سه روش را برای تحلیل نتایج آزمون مهارت در یک دوره و مقایسه نتایج به‌دست آمده از این آزمون ارائه کرده‌اند. در این مقاله ضریب تغییرات برای این

سه روش ارائه شده است [۸].

- ای فیلپ در مقاله‌ای با موضوع ارزیابی نتایج آزمون مهارت در اندازه‌گیری به معرفی و توضیح روش En برای تحلیل نتایج در آزمایشگاه‌های کالیبراسیون پرداخته است [۹].

- رالوکا لوتز در مقاله‌ای با در نظر داشتن نتایج یک آزمون مهارت در زمینه‌ی شیمی ابتدا نتایج ناهمخوان را با روش کوچران از بین این مقادیر جدا کرده و تحلیل خود را با در نظر داشتن ضریب تغییرات، با استفاده از دو روش مهم ارزیابی نتایج آزمون مهارت یعنی En و Z انجام داده است [۱۰].

به دلیل اهمیت موضوع، تحقیقات زیادی درباره‌ی استنباط آماری ضریب تغییرات و استفاده به‌عنوان معیار انتخاب انجام شده است.

- ایگلوئیز و مایرز روش‌های مختلف برآورد تعیین فاصله یا اطمینان برای ضریب تغییرات، شامل روش مک‌کی و روش دیوید را بررسی کرده و خود نیز برآورد دیگری در این مورد ارائه داده‌اند [۱۱].

- دورنبر و ویچنزا، باندروف، ونگل و روبینز و همکاران به روش‌های دیگری برای برآورد ضریب تغییرات دست یافتند [۱۵-۱۲].

- کرایگ و مارک و کارباز و همکاران نیز الگوریتم‌هایی برای محاسبه دقیق‌تر فاصله‌های اطمینان ضریب تغییرات ارائه کردند [۱۶ و ۱۷].

## ۲) روش کار

برای اندازه‌گیری این پارامترها از CMM تعداد ۱۹ آزمایشگاه استفاده شده است. CMM در اموری که نیاز به دقت بالا و یا انجام عملیات اندازه‌گیری خاص و اشکالی پیچیده مانند بدنه‌ی خودرو و قالب‌ها باشد، که ابزارآلات و روش‌های موجود قادر به انجام اندازه‌گیری نباشند، کاربرد داشته و کالیبراسیون آن نیز با استفاده از گیج بلوک‌ها مطابق با استاندارد (ISO 10360-2) صورت می‌گیرد [۷].

فرایند اندازه گیری و دستیابی به مقدار هر پارامتر توسط آزمایشگاه، بر اساس روشی یکسان صورت پذیرفته است. در این روش نحوه ی اندازه گیری هر آیتم با تعیین نقاط مشخص در نقشه ها به تفصیل توضیح داده شده و به همراه فرم ورود داده ها در اختیار هر آزمایشگاه قرار گرفته است. همچنین اندازه گیری ها با استفاده از برنامه نویسی CNC توسط آزمایشگاه ها و تعداد پنج بار تکرار در هر اندازه گیری بوده است. استفاده از نقاط یکسان و مشخص در اندازه گیری بر اساس روش یکسان، این امکان را ایجاد می کند که خطاهای احتمالی ناشی از تفاوت در انتخاب نقاط و صفحات اندازه گیری از بین رفته و کلیه آزمایشگاه ها از یک روند یکسان برای انجام آزمون استفاده نمایند.

#### ۲-۱) انتخاب مواد

با توجه به اهمیت فوق العاده پایداری گنج ساخته شده نسبت به تغییرات شرایط محیطی، انتخاب جنس ماده ی مورد استفاده برای گنج حائز اهمیت است.

به همین دلیل با توجه به کاربرد بسیار زیاد فولاد ضد زنگ در صنایع مختلف تولیدی، بیشتر گنج بلوک ها را نیز از همین فلز تولید می کنند. ضریب انبساط حرارتی فولاد در دمای ۱۰ تا ۳۰ درجه ی سانتی گراد برابر با  $(11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C})$  است، [۴] که با توجه

به محدوده ی دمایی  $20 \pm 20^\circ\text{C}$  [۱۹] و زمان کوتاه اندازه گیری گنج در تمام آزمایشگاه ها، درجه ی تغییرات طولی قابل صرف نظر است.

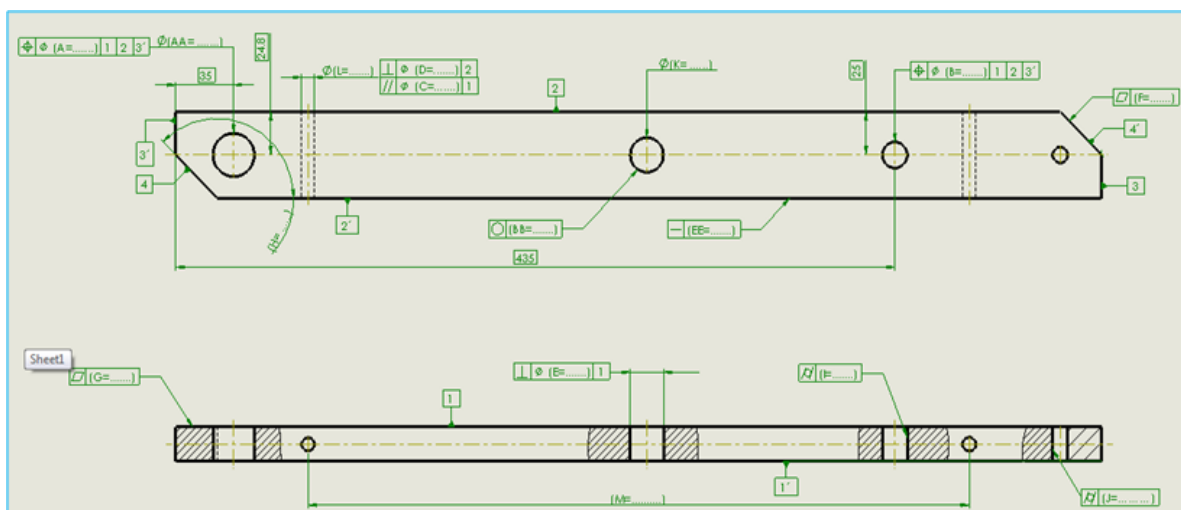
#### ۲-۲) روش ساخت گنج و استقرار روی پایه ی نگه دارنده

برای ساخت گنج و پایه ی نگه دارنده ی آن، از امکانات CNC سه محوره و فرایند بر قوکاری دقیق و سنگ زنی مغناطیسی استفاده شده است. فرایند بر قوکاری دقیق و سنگ زنی مغناطیسی در دو واحد تولیدی با امکانات دقیق و مناسب، انجام شده است. نقشه های ساخت قطعات با تعیین محدوده های رواداری مجاز در اختیار سازنده قرار داشته و در حین و پس از ساخت، اندازه گیری و کنترل قطعات صورت گرفته است.

در شکل (۱) نقشه ی گنج به همراه معرفی ۱۶ آیتم مورد اندازه گیری و نام گذاری تمامی سطوح و مقادیر مبنا آورده شده است.

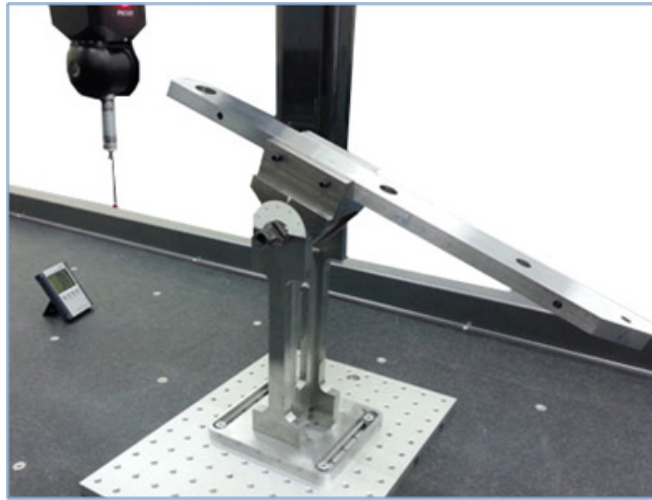
در دو واحد تولیدی با امکانات دقیق و مناسب، انجام شده است. نقشه های ساخت قطعات با تعیین محدوده های رواداری مجاز در اختیار سازنده قرار داشته و در حین و پس از ساخت، اندازه گیری و کنترل قطعات صورت گرفته است.

در شکل (۱) نقشه ی گنج به همراه معرفی ۱۶ آیتم مورد اندازه گیری و نام گذاری تمامی سطوح و مقادیر مبنا آورده شده است.



شکل ۱: نقشه ی گنج به همراه نشان دهی آیتم ها

برای استقرار مناسب گیج، پایه‌ی نگاه‌دارنده‌ای با قابلیت تغییرپذیری در زوایای مختلف نسبت به سطح افق (جهت قراردادن صفحات فرضی)، ساخته‌شده و توسط یک پایه‌ی مناسب روی میز CMM ثابت می‌شود. در شکل (۲) نحوه‌ی قرارگیری گیج روی نشیمنگاه نگاه‌دارنده و استقرار مجموعه روی میز آورده‌شده است.



شکل ۲: نحوه‌ی استقرار گیج

ضریب تغییرات طبق رابطه‌ی (۱) و با استفاده از مقدار مربوط به هر آیت‌م و انحراف معیار مربوط به تکرارها به دست می‌آید [۸]:

$$\%CV = \frac{S^*}{X^*} \times 100 \quad (1)$$

در رابطه (۱) پارامترها طبق موارد زیر تعریف شده است:

CV: ضریب تغییرات،

S\*: انحراف معیار،

X\*: میانگین نتایج است.

حال به توضیح کامل روش‌های مذکور می‌پردازیم.

### ۲-۳-۱) روش اول: اجماع کلی [۱ و ۲]

روش اجماع نتایج شرکت‌کنندگان که در این دیدگاه، مقدار تخصیص یافته X برای ماده‌ی آزمون مورد استفاده در یک دوره از برنامه‌ی مقایسه بین آزمایشگاهی به صورت میانگین قوی نتایج گزارش شده به وسیله همه شرکت‌کننده‌ها، با استفاده از الگوریتم A در پیوست C استاندارد بین‌المللی ISO 13528، محاسبه می‌شود. این روش آماری قوی برای محاسبه میانگین و انحراف معیاری قوی است که تأثیر داده‌های ناهمخوان را به کمترین حد می‌رساند.

۲-۳) روش‌های به کاررفته برای دستیابی به مقادیر مرجع برای دستیابی به مقادیر مرجع گیج، می‌توان به کارگیری نتایج آزمایشگاه‌ها از روش‌های آماری مختلفی استفاده نمود. روش‌های آماری مورد استفاده در این تحقیق عبارت‌اند از:

- استفاده از داده‌های تمام آزمایشگاه‌ها، که با نام اجماع کل از طریق میانگین قوی<sup>۱</sup> می‌شناسیم [۲]؛
- استفاده از نتایج آزمایشگاه‌های متخصص<sup>۲</sup> [۲] که برای انتخاب آن‌ها، از روش‌های آماری h-value و k-value [۳] استفاده و سپس از مقادیر آزمایشگاه‌های منتخب میانگین قوی گرفته شده است؛
- استفاده از نتایج آزمایشگاه‌هایی که در بازه‌ی مرتبط با انحراف استاندارد نتایج کل قرار داشته‌اند. در ادامه با در اختیار داشتن سه سری مقادیر حاصل از هر یک از روش‌ها و محاسبه‌ی ضریب تغییرات برای این ۱۶ آیت‌م، با ملاک پذیرش قراردادن کمترین ضریب تغییرات، نهایتاً مقدار مربوط به آن به عنوان مقدار مرجع معین شده است. در این صورت نتایج تمام آزمایشگاه‌ها در مقایسه با مقادیر به دست آمده، قابل بررسی و ارزیابی است [۱۰].

1. Robust average  
2. Expert



میانگین قوی و انحراف معیار قوی این اعداد به ترتیب با  $x^*$  و  $S^*$  نشان داده و طبق روابط (۱) و (۲) محاسبه می شوند:

$$x^* = \text{median of } x_i \quad i=1,2,3,\dots,p \quad (2)$$

$$S^* = 1.483 * \text{median of } |x_i - x^*| \quad (3)$$

کمیت زیر را محاسبه نموده و مقادیر جدید برای  $X^*$  و  $S^*$  محاسبه می شوند:

$$\delta = 1.5 \times S^* \quad (4)$$

برای هر  $X_i$  عبارت زیر را محاسبه نموده:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta & \text{if } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta & \text{if } x_i < x^* + \delta \\ x_i & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

و مقادیر جدید  $X^*$  و  $S^*$  را از روابط (۶) و (۷) محاسبه می کنیم:

$$x^* = \sum \frac{x_i^*}{p} \quad (6)$$

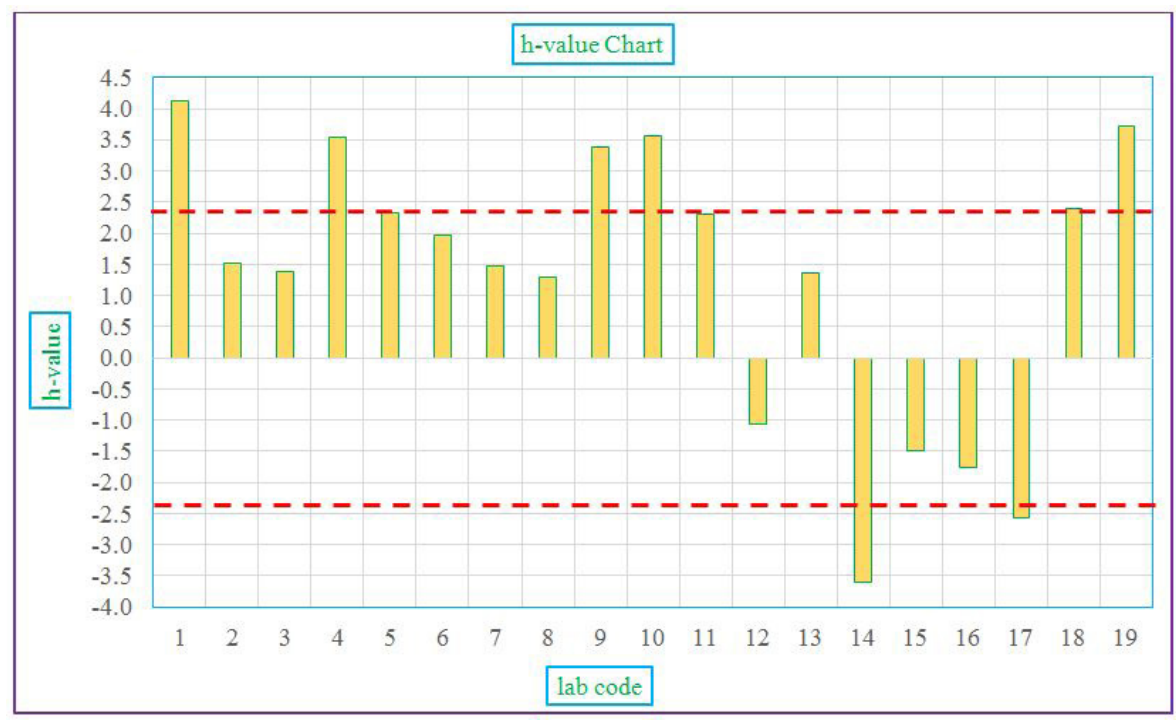
$$S^* = 1.134 * \sqrt{\sum(x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)} \quad (7)$$

که در رابطه ی بالا جمع روی  $i$  است. در نهایت ضریب تغییرات محاسبه می شود.

### ۲-۳-۲ روش دوم: اجماع متخصصین [۱، ۲ و ۳]

مطابق این روش ابتدا یک بررسی روی عملکرد آزمایشگاه های اندازه گیرنده گنج صورت پذیرفته است. بدین منظور نمودارهای  $h$  و  $k$  که به ترتیب بیانگر شاخص های آماری سازگاری بین آزمایشگاهی و درون آزمایشگاهی نتایج اندازه گیری های آزمایشگاهها است، ترسیم شده است. برای سهولت در تفسیر، به ترسیم نمودارهای  $h$  و  $k$  تنها بر اساس بیشینه مقادیر این ۱۶ آیتم اکتفا شده است.

نمودار بیشینه مقادیر  $h$  و  $k$  برای هر یک از آزمایشگاهها، به ترتیب در شکل های (۳) و (۴) آورده شده است.



شکل ۳: نمودار مقادیر  $h$



شکل ۴: نمودار مقادیر K

- R: دامنه مجاز برای انتخاب،
- $\bar{X}_{ave}$ : میانگین ساده،
- S: انحراف معیار مقادیر.

مقادیری که در این بازه قرار ندارند را مقادیر ناهمخوان در نظر گرفته و در محاسبات آماری در نظر نمی‌گیریم. در ادامه با میانگین‌گیری قوی از نتایجی که در محدوده‌ی مجاز قرار دارند، مقادیر مرجع تعیین می‌شود.

### ۳ نتایج و بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده در تمامی آیت‌ها، با ملاک عمل قراردادن کمترین نسبت CV حاصله در هر سه روش، در نه آیت از نتایج روش سوم (اجماع منتخبین) و در هفت آیت از نتایج روش دوم (اجماع متخصصین) استفاده شده است. نکته‌ی جالب توجه این است که مقدار هیچ یک از این ۱۶ آیت به دلیل پراکندگی بسیار بالای نتایج و دارا بودن مقادیر ناهمخوان از نتایج اجماع کلی انتخاب نشده است. در جدول (۱) داده‌های آماری برای تمامی آیت‌های آزمون آورده شده است. مواردی که با علامت ستاره (\*) مشخص شده است، گویای این مقادیر مرجع انتخاب شده است.

ابتدا با بررسی نمودار h در ۱۶ آیت موردنظر، آزمایشگاه‌هایی که در تمامی آیت‌ها دارای مقادیر کمتر از مقدار بحرانی ۲/۳۷ در سطح اطمینان ۹۹ درصد بوده و عبارت‌اند از: (آزمایشگاه‌های ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۶)، انتخاب شده‌اند. در مرحله‌ی بعد، از بین این آزمایشگاه‌های منتخب، با توجه به نمودار k، آزمایشگاه‌هایی که دارای مقادیر کمتر از مقدار بحرانی ۱/۷۸ در سطح اطمینان ۹۹ درصد بوده و عبارت‌اند از: (آزمایشگاه‌های ۲، ۶، ۱۳ و ۱۵)، به‌عنوان آزمایشگاه‌های متخصص شناخته و انتخاب شده‌اند.

در نهایت محاسبات آماری برای به‌دست آوردن مقادیر مرجع در هر آیت، با استفاده از نتایج این آزمایشگاه‌ها و مطابق با روش اول انجام شده است.

#### ۲-۳-۳ روش سوم: اجماع منتخبین (۱ و ۲)

در این روش برای حذف داده‌های ناهمخوان، ابتدا انحراف معیار هر یک از آیت‌های اندازه‌گیری شده توسط آزمایشگاه‌ها محاسبه و از این مقادیر میانگین ساده گرفته می‌شود. سپس با استفاده از رابطه‌ی (۸)، بازه‌ی مجاز برای تعیین مقادیر قابل قبول، مشخص می‌شود.

$$S \pm \bar{X}_{ave} = R \quad (8)$$

در رابطه‌ی (۸) پارامترها طبق موارد زیر تعریف شده است:



روش سوم					روش دوم			روش اول			آیتم	ردیف
CV Select	S Select	X-S	X Select	X+S	CV Expert	S Expert	X Expert	CV Participant	S Participant	X Participant		
37.568	22.638	37.621	60.259	82.897	6.733	5.413	80.392*	49.103	30.178	61.458	A	۱
30.180	47.418	109.699	157.117	204.535	17.263	31.377	181.760*	48.203	69.170	143.498	B	۲
73.318	21.796	7.932	29.728	51.524	49.374	23.257	47.105*	73.130	23.112	31.604	C	۳
42.521	16.582	22.415	38.997	55.579	28.849	18.237	63.216*	69.930	29.398	42.039	D	۴
27.011	2.347	6.342	8.689*	11.036	54.007	5.544	10.265	41.250	4.285	10.388	E	۵
24.822	4.173	12.639	16.812*	20.985	30.284	3.897	12.867	36.809	6.792	18.452	F	۶
11.495	2.615	20.134	22.749*	25.364	41.954	13.750	32.775	52.838	14.269	27.005	G	۷
0.003	0.004	134.971	134.975*	134.979	0.004	0.005	134.973	0.0037	0.005	134.974	H	۸
18.602	2.780	12.165	14.945*	17.725	34.147	4.772	13.974	26.903	4.325	16.076	I	۹
28.721	12.480	30.972	43.452*	55.932	43.157	19.129	44.325	42.880	17.595	41.033	J	۱۰
0.011	0.002	20.003	20.005*	20.007	0.015	0.003	20.005	0.025	0.005	20.006	K	۱۱
0.137	0.011	8.001	8.012	8.023	0.087	0.007	8.013*	0.162	0.013	8.013	L	۱۲
0.001	0.005	399.977	399.982	399.987	0.001	0.005	399.981*	0.002	0.007	399.983	M	۱۳
0.012	0.003	25.006	25.009*	25.012	0.016	0.004	25.009	0.016	0.004	25.009	AA	۱۴
23.913	2.089	6.647	8.736*	10.825	56.716	3.074	5.420	50.935	4.331	8.503	BB	۱۵
18.384	5.742	25.492	31.234	36.976	6.042	2.144	35.485*	25.953	7.742	29.831	EE	۱۶

جدول ۱: جدول داده های آماری برای تمامی آیتم های آزمون

در جدول (۲) مقادیر مرجع هر آیتم آورده شده است.

ردیف	نوع آیتم	نام آیتم	مقادیر مرجع	روش انتخابی	یکا		
۱	موقعیت	A	80.392	دوم	μ		
۲		B	181.760				
۳		C	47.105				
۴	تعامد	D	63.216	سوم	degree		
۵		E	8.689				
۶	تختی	F	16.812				
۷		G	22.749				
۸		H	134.975				
۹	استوانه های	I	14.945			دوم	mm
۱۰		J	43.452				
۱۱		K	20.005				
۱۲	قطر سوراخ	L	8.013	سوم	mm		
۱۳		M	399.981				
۱۴	فاصله ی محورها	AA	25.009	دوم	mm		
۱۵		BB	8.736				
۱۶	مستقیم	EE	35.485	دوم	mm		

جدول ۲: مقادیر مرجع انتخاب شده ۱۶ آیتم گنج

#### ۴) نتیجه گیری و پیشنهادها

عدم نزدیکی و انسجام نتایج آزمایشگاه ها به یکدیگر، روش اجماع کل برای استفاده در تعیین مقادیر مرجع، به دلیل عدم حذف کامل داده های ناهمخوان کاربردی نیست.

در پایان این پژوهش نتایج زیر حاصل شد:

- در بررسی به عمل آمده مشخص شد که به دلیل

برای انتخاب مقادیر از بین سه روش ارائه شده، ابزار مناسبی برای تصمیم‌گیری در انتخاب روش شده است. موارد زیر می‌تواند برای پژوهش‌های بعدی مورد توجه محققان عزیز قرار گیرد:

- ایجاد رواداری‌های فرم خطی و سطحی بر روی گنج‌ساختی،
- بررسی میزان تأثیر عوامل محیطی اثرگذار در فرایند اندازه‌گیری،
- تحلیل و بررسی تأثیر امکانات سخت‌افزاری همچون CMM و تجهیزات جانبی و پشتیبانی‌کننده‌ی آن.

- بررسی داده‌های آزمایشگاه‌ها بر اساس تکرارپذیری و تجدیدپذیری مقادیر هر آیت‌م، کمک شایانی به انتخاب آزمایشگاه‌های مناسب برای محاسبه‌ی مقادیر واقعی می‌کند.
- استفاده از روش سوم، به دلیل انتخاب آزمایشگاه‌هایی که در نزدیکی مقدار میانگین بوده‌اند، دارای قطعیت و اطمینان بیشتری برای استفاده در تحلیل نتایج و به‌دست‌آوردن مقادیر مرجع است.
- استفاده از ضریب تغییرات به‌عنوان پارامتر تعیین‌کننده

## ۵) مراجع

1. ISO/IEC 17043:2010, Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing.
2. ISO/IEC 13528:2005, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.
3. ISO 5725-2:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results- part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
4. The Gauge Block Handbook by Ted Doiron and John Beers.
5. BS EN ISO1101:2005, Geometrical Product Specifications (GPS)-Geometrical Tolerancing- Tolerances of form, orientation, location and run-out.
6. Michael Thompson, Stephen L.R. Ellison, Roger Wood, "International harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC technical reports) "
7. Dr. Henrik S. Nielsen HN Metrology Consulting "Coordinate measurement machines and accreditation"
8. Pedro Rosario, Joseluis Martines and Joes Miguel Silvan. PT Conf: 2007 "Evaluation of proficiency test data by different statistical methods comparison"
9. E.filipe, rua antoniogiao. "Evaluation of proficiency testing results in metrology"
10. Raluca Lavets. NMI pymbles: 2012 "Statistical manual- chemical proficiency testing"
11. Iglewicz B, and Myers RH, Comparisons of approximations to the percentage points of the sample coefficient of variation. *Technometrics* 1970; 12: 166-169.
12. Doornbos R, and Dijkstra JB, A multi sample test for the equality of coefficients of variation in normal populations. *Communication in Statistics. Simulation and Computation* 1983; 12: 147-158.
13. Barndorff OE, Modified signed log likelihood ratio. *Biometrika* 1991; 557-563.
14. Vangel MG. Confidence interval for a normal coefficient of variation. *The American Statistician* 1996; 50: 21-26.
15. Robins GM, Van der Vart A.W, and Ventura V. The asymptotic distribution of p-values in composite null models. *J American Statistics Association* 2000; 95: 1143-1156.
16. Craig AW, and Mark E P. Modeling the coefficient of variation in factorial experiments. *Communication in Statistics Theory and Methods* 2002; 31: 463-476.
17. Carbas S, Mostallino G, and Racugno W, A nonparametric bootstrap test for the equality of coefficients of variation. *Communications in Statistics- Simulation and Computation* 2006; 33: 715-726.
18. CLSI. EP5-A evaluation of precision performance of clinical chemistry devices; Approved guideline. NCCLS Vol. 17, No. 18 USA: 1999.
19. UKAS Lab 36: 2001; Laboratory Accommodation and Environment in the Measurement of Length, Angle and Form.