



## Proficiency Testing as a Method of laboratories External Quality Control- Case Study of Wire and Cable Laboratories

Elham Hashemi Shad, Anusheh Rahmani\*, Puneh Blook Nakhjiri, Faezeh Mousavi & Narges shahroudi

*Elham Hashemi Shad, Faculty of Quality Management Systems & Inspection, Standard Research Institute (SRI)*  
*Anusheh Rahmani, Faculty of Quality Management Systems & Inspection, Standard Research Institute (SRI)*  
*Puneh Blook Nakhjiri, Faculty of Quality Management Systems & Inspection, Standard Research Institute (SRI)*  
*Faezeh Mousavi, Faculty of Quality Management Systems & Inspection, Standard Research Institute (SRI)*  
*Narges shahroudi, Faculty of Quality Management Systems & Inspection, Standard Research Institute (SRI)*

### Keywords

Quality control,  
Proficiency testing,  
Sequential participation  
scheme,  
Proficiency test item,  
Assigned value  
robust statistical method.

### ABSTRACT

*Proficiency testing is one of the external quality control techniques that can determine quality control program efficiency in each laboratory. The purpose of this paper was studying laboratories' skill in measurement of conductor electrical resistance and determining factors to improve the performance of laboratories. In this paper, according to the results of implementation of the standard harmonized project (Taha) in Iran in 1392, number of standard Co. laboratories and also the importance of safety in electricity industry, Solid conductor cable is selected as proficiency test item. In this article, some significant factors affecting in the test results like complying with isothermal conditions, type and calibration status of instruments and implementing laboratory quality management system based on international standard ISO/IEC17025 were studied. This process was done with 19 participants based on sequential participation scheme. According to the statistical analysis, laboratories were ranked based on Z-score and the difference, D. 63.15% of participants obtained acceptable Z-score and D in measurement of electrical resistance parameter in the conductor. Statistical analysis shows that 60% of participants who achieved "A" quality level, have appropriate and calibrated instruments and isothermal condition and implement ISO / IEC 17025 on their management system.*

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 1, All Rights Reserved



## کاربرد آزمون مهارت به عنوان ابزار کنترل کیفیت خارجی آزمایشگاه - ها - مطالعه موردی آزمایشگاه‌های سیم و کابل

الهام هاشمی شاد، انوشه رحمانی\*، پونه بلوک نخجیری، فائزه موسوی و نرگس شهرودی

### چکیده:

آزمون مهارت یکی از تکنیک‌های کنترل کیفیت خارجی است که می‌تواند اثربخشی برنامه کنترل کیفیت هر آزمایشگاه را مشخص نماید. هدف از این مقاله بررسی مهارت آزمایشگاه‌های سیم و کابل در خصوص اندازه‌گیری اندازه‌دهه مقاومت الکتریکی هادی در آزمون مهارت و همچنین تعیین عوامل موثر در ارتقاء عملکرد آزمایشگاه‌ها می‌باشد. با توجه به نیاز احساس شده مطابق با نتایج طرح اجرای هماهنگ استاندارد (طاها) در کشور در سال ۱۳۹۲، تعداد آزمایشگاه‌های همکار استاندارد و همچنین اهمیت ایمنی در صنعت برق، کابل با هادی تک رشته به عنوان قلم آزمون مهارت انتخاب گردید. در این مقاله، تاثیر رعایت شرایط هم دمایی با محیط، نوع و کالیبراسیون تجهیزات و استقرار نظام کیفیت در آزمایشگاه بر اساس استاندارد بین المللی ۱۷۰۲۵ به عنوان عوامل موثر در نتایج اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون به صورت الگوی مشارکت متوالی در ۱۹ آزمایشگاه برگزار گردید. پس از تحلیل آماری داده‌ها، آزمایشگاه‌ها بر اساس نمره Z و D (اختلاف) رتبه بندی شدند. ۶۳/۱۵٪ شرکت کنندگان در اندازه‌گیری پارامتر مقاومت الکتریکی هادی، نمره Z و D قابل قبول به دست آوردند. تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد ۶۰٪ از شرکت کنندگانی که موفق به کسب رده کیفی A شدند، از تجهیز مناسب و کالیبره در محدوده اندازه‌گیری، شرایط هم دمایی و استقرار استاندارد ISO/IEC 17025 برخوردار بودند.

### کلمات کلیدی

کنترل کیفیت،  
آزمون مهارت،  
الگوی مشارکت متوالی،  
قلم آزمون مهارت،  
مقدار تخصیص یافته،  
روش آماری استوار.

### ۱. مقدمه

ارزیابی عملکرد فنی یک آزمایشگاه، به عنوان ابزاری مهم در راستای اطمینان از اندازه‌گیری‌ها و بخشی از راهبرد کیفیت، همواره توسط مراجع معتبر بین المللی نظیر ILAC<sup>۱</sup> پیشنهاد شده است.

تاریخ وصول: ۹۴/۸/۱۸

تاریخ تصویب: ۹۵/۹/۲۹

الهام هاشمی شاد: پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده سیستم‌های مدیریت کیفیت و بازرسی، e.hashemi@standard.ac.ir

\*نویسنده مسئول مقاله: انوشه رحمانی: پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده سیستم‌های مدیریت کیفیت و بازرسی، a.rahmani@standard.ac.ir

پونه بلوک نخجیری: پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده سیستم‌های مدیریت کیفیت و بازرسی، p.nakhjiri@standard.ac.ir

فائزه موسوی: پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده سیستم‌های مدیریت کیفیت و بازرسی، s.faezeh.mousavi@gmail.com

نرگس شهرودی: پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده سیستم‌های مدیریت کیفیت و بازرسی، n.shahrodi@standard.ac.ir

یکی از رویکردهای علمی و تخصصی برای این نوع بررسی‌ها، به‌کارگیری الگوهای آزمون مهارت می‌باشد. آزمون مهارت در استاندارد ISO/IEC 17025 به عنوان یک روش کنترل کیفی مناسب معرفی گردیده [۱] و هم‌راستا با آن استاندارد ISO/IEC 17011:2004، نهادهای تایید صلاحیت را ملزم به تدوین روش‌های اجرایی به منظور در نظر گرفتن میزان مشارکت و عملکرد آزمایشگاه در آزمون مهارت و یا دیگر آزمون‌های مقایسه‌ای، می‌کند [۲]. الگوی آزمون مهارت، سیستمی برای ارزیابی نتایج آزمایشگاه به وسیله سازمان‌های بی طرف، دارای صلاحیت و بیرونی است که به مقایسه منظم نتایج یک آزمایشگاه با دیگر آزمایشگاه‌ها در بازه‌های زمانی معین می‌پردازد. از اهداف اصلی برگزاری آزمون مهارت می‌توان به مواردی چون ارزیابی قابلیت اطمینان از نتایج آزمون/کالیبراسیون آزمایشگاه‌های شرکت کننده؛ اعتباربخشی روش آزمون و تعیین عدم قطعیت آن؛ ایجاد اثربخشی

- و کابل از طریق بهبود و توسعه عملکرد آزمایشگاه‌های تولید کننده سیم و کابل
- بررسی کیفیت عملکرد آزمایشگاه‌ها و ریشه یابی عوامل دخیل در ارائه نتایج ضعیف
  - تشویق به رشد صحیح و اصولی این صنعت در کشور
  - نیاز احساس شده از نتایج اجرای طرح طاها<sup>vi</sup>

## ۲. آزمون مهارت

یکی از مهم ترین اقدامات جهت حصول اطمینان از اندازه گیری‌ها و کیفیت خدمات آزمایشگاه‌ها، ارزیابی عملکرد فنی آن‌ها می‌باشد. آزمون مهارت فرصتی برای بررسی داده‌های آزمایشگاهی در مقایسه با مقادیر مرجع (یا دیگر معیارهای عملکرد) و عملکرد آزمایشگاه‌های مشابه است و به عنوان یک روش ارزیابی کنترل کیفیت خارجی (EQA) برای حفظ صحت طولانی مدت روش‌های آزمون دارای اهمیت می‌باشد [۷]. نتایج حاصل از مشارکت در این آزمون، دریافت تایید و یا هشدار در خصوص مشکلات احتمالی موجود برای مدیران آزمایشگاه‌ها است که در بهبود عملکرد آتی آن‌ها نقش بسزایی را ایفا می‌کند. اگر نتایج یک آزمایشگاه در یک الگوی آزمون مهارت، نشان دهد که داده‌های آن قابل مقایسه با مقادیر مرجع یا دیگر شاخص‌های عملکرد نیست این خود منجر به شروع فرآیند بررسی منابع خطا یا عملکرد غیرقابل قبول می‌شود. بدون مشارکت در الگوی آزمون مهارت و مقایسه‌های بین آزمایشگاهی، چنین منابع خطایی کشف نشده باقی می‌ماند و آزمایشگاه قادر به انجام اقدامات اصلاحی مناسب نیست که می‌تواند به ارائه نتایج نادرست به مشتریان و یا دیگر ذینفعان بیانجامد و در نهایت چنین خطاهایی منجر به از دست دادن حسن شهرت و حتی مجوز قانونی آزمایشگاه می‌شود. در مقابل عملکرد رضایت‌بخش در برنامه آزمون مهارت، باعث افزایش اعتماد به نفس و دلگرمی در بین پرسنل آزمایشگاه و ارائه شواهد مستقل و عینی برای قابلیت اندازه‌گیری و تضمین کیفیت آزمایشگاه می‌شود [۹]. استاندارد بین المللی ISO/IEC 17043 با هدف تعیین صلاحیت سازمان‌های مجری آزمون مهارت در سال ۲۰۱۰ میلادی توسط سازمان بین المللی استاندارد و کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک تهیه گردید. این استاندارد جایگزین استاندارد ISO/IEC Guide 43 : 1997 شده است که اصول مربوط به اجرای آزمون مهارت را مطابق با استاندارد ISO/IEC Guide 43 : 1997 حفظ و به روز کرده است [۳] و [۱۰]. قلم آزمون مهارت با توجه به گزارش حاصل از نتایج طرح اجرای هماهنگ استاندارد در کشور، اهمیت ایمنی در صنعت برق و با هدف بررسی عملکرد آزمایشگاه‌های همکار استاندارد انتخاب گردید. جهت طراحی الگو و بررسی تمام مراحل الگو از ساخت تا

و سازگاری روش‌های آزمون/کالیبراسیون؛ شناسایی مشکلات آزمایشگاه‌ها و ارائه راهکارهایی برای بهبود؛ تعیین مشخصه‌های یک نمونه به منظور به‌کارگیری به عنوان یک ماده مرجع دارای گواهی‌نامه اشاره نمود. اهمیت این آزمون به گونه‌ای است که سازمان بین المللی استاندارد<sup>i</sup> (ISO) و کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک<sup>ii</sup> (IEC) اقدام به تدوین استاندارد بین المللی ISO/IEC 17043 نمودند. این استاندارد، الزامات عمومی مربوط به صلاحیت مجریان الگوهای آزمون مهارت، تدوین و اجرای الگوهای آزمون مهارت را تعیین می‌کند که در سال ۲۰۱۰ منتشر گردید [۳].

برای اینکه یک محصول مشخصات مورد نظر مشتری را داشته باشد باید به وسیله یک فرآیند پایدار و تکرارپذیر تولید گردد. نمودارهای کنترل فرآیند آماری نقش بسزایی را در سیستم‌های کنترل کیفیت بر عهده دارند و با کنترل شرایط فرآیند، کیفیت خروجی‌های فرآیند را تضمین می‌کنند و تحلیل صحیح آنها، منجر به کشف خطا‌های موجود در فرآیند می‌گردد [۴] و [۵]. هر الگوی غیرتصادفی و معنی دار در این نمودارها نشان دهنده وجود علت مشخصی است که می‌تواند باعث اختلال در کارایی فرآیند گردد [۶]. محصول هر آزمون نتایج آن می‌باشد و برای پایش اعتبار آزمون‌ها و تضمین کیفیت نتایج، روش‌هایی چون کنترل کیفیت داخلی و کنترل کیفیت خارجی وجود دارد. هدف از کنترل کیفیت سیستم اندازه‌گیری اطمینان از صحت داده‌های تولید شده و در نهایت ارائه داده‌های قابل قبول و قابل اطمینان است. آزمون مهارت یکی از روش‌های کنترل کیفیت خارجی (EQA)<sup>iv</sup> است [۷].

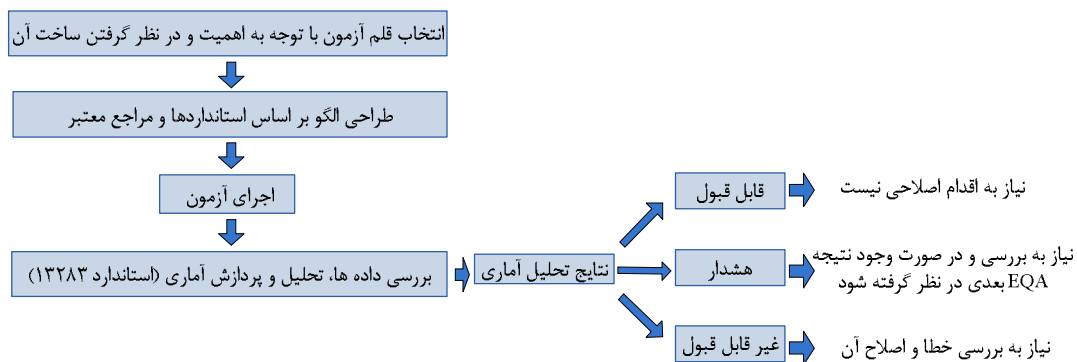
آزمون مهارت سیم و کابل در خصوص اندازه ده مقاومت الکتریکی هادی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به صورت الگوی مشارکت متوالی، در بازه زمانی تیر ماه و مرداد ماه سال ۱۳۹۳ برگزار گردید. این مقاله به بررسی و تحلیل نتایج آزمایشگاه‌های سیم و کابل در خصوص قلم مذکور، در مرکزی مجزا و مستقل پرداخته و عملکرد آزمایشگاه‌ها را در مقایسه با مقدار تخصیص یافته<sup>v</sup> آزمایشگاه‌های متخصص، مطابق با روش‌های آماری استاندارد ملی ۱۳۲۸۳، مورد بررسی و تحلیل قرار داده است [۸]. در این مطالعه، پس از تحلیل نتایج، آزمایشگاه‌ها بر اساس نمره Z و D رتبه بندی شدند. در انتها عوامل و شرایط تاثیر گذار بر ارتقاء کیفیت عملکرد آزمایشگاه‌ها بررسی و درصد تاثیر آن بیان گردید. اهمیت انتخاب کابل با هادی تک رشته به عنوان قلم آزمون مهارت به منظور دستیابی به اهداف زیر می‌باشد:

- کاربرد ابزارها و تکنیک‌های نوین کنترل کیفیت در ارزیابی عملکرد آزمایشگاه‌ها
- سیاست گذاری جهت ارتقای وضعیت ایمنی در صنعت سیم

که کمیت اندازه ده مقاومت الکتریکی هادی را پس از رعایت شرایط مورد نظر مطابق با استاندارد ۳۰۸۴ اندازه‌گیری نمایند [۱۱] و پس از تعیین اندازه ده مورد نظر، نتایج همراه با گواهینامه کالیبراسیون تجهیز، اطلاعات مربوط به استقرار سیستم کیفیت ۱۷۰۲۵ و رعایت شرایط هم دمایی، به مرکز آزمون مهارت ارسال گردید. نتایج جمع آوری شده مطابق با روش‌های آماری استاندارد ملی ۱۳۲۸۳، برای تعیین انحراف استاندارد استوار مورد پردازش آماری قرار گرفت [۸]. در این مطالعه، پس از تحلیل نتایج، آزمایشگاه‌ها بر اساس نمره Z و D رتبه بندی شدند. در انتها عوامل و شرایط تاثیر گذار بر ارتقاء کیفیت عملکرد آزمایشگاه‌ها بررسی و درصد تاثیر آن بیان گردید. کل روند آزمون و نتایج حاصل از آن به همراه پیشنهادات و راهکارهای بهبود در قالب یک گزارش تحلیلی به مشارکت کنندگان ارائه گردید.

اجرا، پردازش داده ها و نحوه گزارش دهی به مشارکت کنندگان، کارگروهی از متخصصین و مشاوران تشکیل و طراحی الگو انجام گردید. این الگو بنا به ماهیت قلم آزمون و نظر به دریافت نتایج قابل مقایسه، به صورت مشارکت متوالی اجرا گردید. الگوهای مشارکتی متوالی (که گاهی به عنوان الگوهای مقایسه اندازه‌گیری شناخته می‌شوند)، شامل قلم آزمون مهارتی است که از یک شرکت‌کننده به بعدی، به صورت پی‌درپی گردش داده می‌شود، یا گاهی برای بررسی مجدد به مجری آزمون عودت داده می‌شوند [۳].

پژوهشگاه استاندارد - پژوهشکده سیستم‌های مدیریت کیفیت و بازرسی جهت ارتقای سطح کیفی آزمایشگاه‌ها اقدام به برگزاری آزمون مهارت سیم و کابل در تیر ماه ۱۳۹۳ نمود. پروسه آزمون مطابق با شکل ۱ اجرا گردید. در اجرای این آزمون، قلم آزمون با ویژگی‌های مجهول به آزمایشگاه‌ها ارسال و از آن‌ها درخواست شد

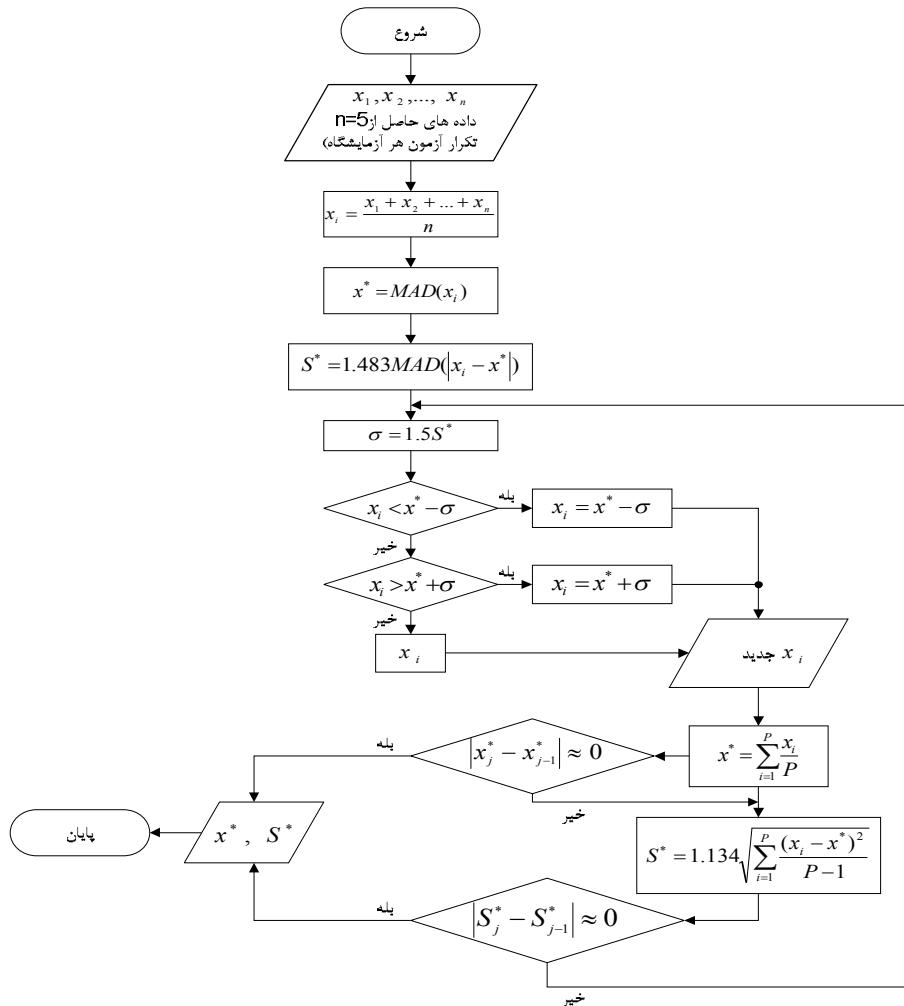


شکل ۱. پروسه اجرا و ارزیابی آزمون مهارت

مقادیر برش جایگزین گردد تا زمانی که تکرارها همگرا شوند. روند همگرایی بدین ترتیب است که تغییرات میانگین‌ها، انحراف استانداردها و مقادیر برش به طور تصاعدی کوچکتر می‌شوند تا جایی که از این تغییرات می‌توان صرف نظر نمود این در حالی است که از یک تکرار به تکرار بعدی هیچ تغییری در سومین رقم معنی دار انحراف استاندارد استوار و رقم هم ارز در میانگین استوار وجود نداشته باشد [۸].

## ۱-۲. تحلیل و بررسی آزمون مهارت

در این مقاله، داده‌های حاصل از نتایج شرکت کنندگان با استفاده از روش آماری استوار  $v_i$  مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت که خود منجر به حذف داده‌های پرت  $v_{iii}$  می‌شود. در واقع عملکرد این روش به گونه‌ای است که داده‌های پرت توسط مقادیر برش  $i^x$  مطابق با فلوجارت ارائه شده در شکل ۲ حذف می‌گردند و محاسبات آنقدر تداوم می‌یابد که داده‌های خارج از مقادیر برش با



شکل ۲. فلوجارت روش آماری استوار در آزمون مهارت سیم و کابل

نمودن نتایج شرکت کنندگان؛ امکان مقایسه در طول زمان؛ ایجاد توازن بین زمان صرف شده و تحلیل مطلوب برای به دست آوردن نتایج دقیق در مقابل تحلیل‌های سخت و زمانبر و همچنین مشخص شدن عملکرد شرکت کننده در چارچوب کلی آزمون مهارت با استفاده از نمایش نتایج در قالب جدول و چارت، اشاره کرد [۱۲] و [۱۳]. از نمره‌های استاندارد به کار رفته در این مقاله به "نمره Z" و رده کیفی تعریف شده بر مبنای مقادیر اختلاف (D) و درصد اختلاف (D%) به شرح زیر می‌توان اشاره کرد. الف) اختلاف، D در واقع اریبی آزمایشگاه‌ها را نشان می‌دهد که با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$D = x_i - X \quad (1)$$

ب) درصد اختلاف D%، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$D\% = \frac{x_i - X}{X} \times 100 \quad (2)$$

پ) نمره Z، تخمینی از خطای یک نتیجه بر اساس انحراف

#### راهنمای فلوجارت شکل ۲:

- X: نتیجه اندازه گیری در هر تکرار
- P: تعداد آزمایشگاه‌های شرکت کننده ( $i = 1, 2, \dots, P$ )
- n: تعداد تکرار آزمون هر آزمایشگاه
- X\*: میانگین استوار
- MAD: میانه
- S\*: انحراف استاندارد استوار
- σ: حد برش

پس از محاسبه انحراف استاندارد استوار، برای تحلیل نتایج شرکت کنندگان، رتبه بندی و تعیین رده های کیفی از نمره‌های استاندارد استفاده شده است. در واقع نمره استاندارد مقدار مقرر شده‌ای است که حدودی از تنوع قابل قبول را با در برداشتن مفهوم "مناسب برای هدف" برای تحلیل نشان می‌دهد. از دلایل استفاده از نمره استاندارد می‌توان به ساده و شفاف نمودن نتایج؛ قابل فهم

استاندارد است که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$Z = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma_{Pt}} \quad (3)$$

ت رده کیفی A, B, C و D

که در آن‌ها:

X: میانگین نتایج اندازه‌گیری شده از آزمایشگاه شرکت کننده

X: مقدار تخصیص یافته حاصل از آزمایشگاه‌های متخصص

i: آزمایشگاه شرکت کننده

$\sigma_{Pt}$ : انحراف استاندارد آزمون مهارت

را می‌توان به روش‌های زیر محاسبه کرد [۳] و [۸]:

- متناسب با هدف اصلی عملکرد، از طریق نظر متخصص یا حکم قانونی (مقدار از پیش تعیین شده)
- تخمینی از دوره‌های قبلی آزمون مهارت یا انتظارات بر اساس تجربه (از روی ادراک)
- تخمینی از مدل آماری (مدل عمومی)
- نتایج آزمایش دقیق
- نتایج مشارکت‌کنندگان، یعنی انحراف استاندارد استوار بر اساس نتایج مشارکت‌کنندگان

در این آزمون از نتایج شرکت کنندگان برای تعیین انحراف استاندارد استفاده شده است. نمره‌های استاندارد مطابق با جدول ۱ ارزیابی می‌شوند. اگر نمره استاندارد در محدوده نتایج نامطلوب قرارگیرد این بدان معنی است که داده آزمایشگاه داده غیر قابل قبول است. در این آزمون، رتبه‌های کیفی A, B, C و D، به ترتیب از بالاترین تا پایین‌ترین رده کیفی با توجه به حدود اختلاف D مطابق با جدول ۲ تعریف شده است که این حدود متناسب با انحراف استاندارد مشخص کننده رده‌های کیفی شرکت کنندگان می‌باشد.

#### جدول ۲. تفسیر رده‌های کیفی بر اساس اختلاف D

| رده کیفی | حدود اختلاف-D                       |
|----------|-------------------------------------|
| A        | $ D  \leq \sigma_{Pt}$              |
| B        | $\sigma_{Pt} <  D  < 2\sigma_{Pt}$  |
| C        | $2\sigma_{Pt} <  D  < 3\sigma_{Pt}$ |
| D        | $ D  > 3\sigma_{Pt}$                |

#### ۲-۲. نحوه اجرا و انجام آزمون مهارت سیم و کابل

در این آزمون به منظور رعایت اصول رازداری، به طور کاملاً تصادفی به هر آزمایشگاه، از شماره ۱ تا ۱۹ یک کد انحصاری اختصاص داده شد. آزمون در آزمایشگاه‌های سیم و کابل بر روی ۱۲۰ سانتی‌متر کابل با هادی تک رشته از نوع مفتول مسی با اندازه‌گیری اندازه ده مقاومت الکتریکی هادی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام گرفت. برای اطمینان از پایداری قلم، تمهیداتی به شرح زیر در نظر گرفته شد:

#### ۲-۲-۱. آزمون پایداری

در این طرح با توجه به ماهیت غیر تخریبی آزمون‌ها، اجرای الگو به صورت "مشارکت متوالی" و وجود یک قلم PT، انجام آزمون همگنی ضرورت ندارد. از آنجا که اندازه‌گیری یک فرآیند است و پارامترهای مربوط به دقت و درستی آن به مرور تغییر خواهند کرد، پایداری باید در طول زمان، تحت مراقبت و کنترل قرار گیرد. برای حصول اطمینان از پایداری قلم طی اجرای آزمون، کمیت مقاومت الکتریکی هادی قلم آزمون قبل، در حین و بعد از اجرای آزمون مهارت اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون‌ها با توجه به نوع قلم توسط نمودار کنترلی R و X مورد پایش قرار گرفت. بین نتایج حاصل از آزمون‌ها اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. در صورت مشاهده اختلاف معنی دار این قلم قابلیت استفاده در آزمون مهارت را نداشت.

#### ۲-۲-۲. روش آزمون

روش انجام آزمون برای اندازه ده مقاومت الکتریکی هادی مطابق با استاندارد ملی ۳۰۸۴ بدین شرح می‌باشد [۱۱]: برای انجام آزمون قلم آزمون به مدت زمان کافی در محیط آزمون قرار می‌گیرد تا اطمینان حاصل شود که دمای هادی به حدی رسیده که اندازه‌گیری دقیق مقاومت با استفاده از ضرایب تصحیح فراهم شده است. مقاومت  $DC^x$  هادی در نمونه ای به طول ۱/۲ متر در دمای اتاق اندازه‌گیری می‌شود و دمایی که در آن اندازه‌گیری انجام می‌شود، ثبت می‌گردد. مقاومت اندازه‌گیری شده با ضرایب تصحیح مطابق با جدول ارائه شده در استاندارد ملی ۳۰۸۴ محاسبه می‌شود. در صورت لزوم، تصحیح مقدار مقاومت به دمای ۲۰ درجه سلسیوس و طول بر حسب متر با استفاده از رابطه زیر انجام می‌گردد:

$$R_{20} = R_t \times K_t \times \frac{1000}{L} \quad (4)$$

جدول ۳. تفسیر نمره‌های استاندارد D، D% و Z

| معیار پذیرش         | حدود نمره Z   | حدود اختلاف D%  | حدود اختلاف D                         |
|---------------------|---------------|---|---------------------------------------|
| قابل قبول           | $ Z  \leq 2$  | $ D\%  \leq 200 \cdot \left(\frac{\sigma_{Pt}}{X}\right)$   | $ D  \leq 2 \sigma_{Pt}$              |
| هشدار               | $2 <  Z  < 3$ | $200 \cdot \left(\frac{\sigma_{Pt}}{X}\right) <  D\%  < 300 \cdot \left(\frac{\sigma_{Pt}}{X}\right)$ | $2 \sigma_{Pt} <  D  < 3 \sigma_{Pt}$ |
| غیر قابل قبول (عمل) | $ Z  \geq 3$  | $ D\%  > 300 \cdot \left(\frac{\sigma_{Pt}}{X}\right)$  | $ D  > 3 \sigma_{Pt}$                 |

و الزامات استاندارد بین المللی ISO/IEC 17043 می‌باشد [۳] و [۸].

نمره‌های Z شرکت کنندگان به صورت نمودار میله‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است و حدود عمل و هشدار آن مطابق با جدول ۱ به ترتیب با رنگ قرمز و زرد مشخص شده است. برای تفسیر داده‌های شرکت کنندگان از نظر رده‌های کیفی نمودار صحت مطابق شکل ۶ رسم شده است. محور عمودی نشان دهنده میانگین داده‌های شرکت کنندگان و محور افقی کد آزمایشگاه‌های شرکت کننده است. این نمودار به سه ناحیه توسط خطوط افقی تقسیم می‌شود. داده‌هایی که بین خطوط سبز رنگ قرار دارند دارای رده کیفی A، داده‌هایی که در نواحی بین خطوط سبز و زرد قرار دارند دارای رده کیفی B، داده‌هایی که در نواحی بین خطوط زرد و قرمز قرار دارند دارای رده کیفی C و داده‌هایی که بعد از خطوط قرمز قرار گرفته‌اند دارای رده کیفی D هستند. همانطور که در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده آزمایشگاه با کد ۷ دارای رتبه کوچکتر (بالاترین رده کیفی) است. آزمایشگاه با کد ۱۹ دارای رتبه بزرگتر (پایین‌ترین رده کیفی) بوده و سیگنال عمل دریافت کرده است. عملکرد آزمایشگاه‌های ۱، ۵، ۶، ۹، ۱۱، ۱۹ مشکوک بوده و سیگنال هشدار دریافت کردند. تقسیم بندی حدود کیفی برای نمودار شکل ۶ در جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول، X مقدار تخصیص یافته آزمایشگاه‌های متخصص و  $\sigma_{Pt}$  انحراف استاندارد می‌باشد.

که در آن:

$K_T$ : ضریب تصحیح دما مطابق با جدول ارائه شده در استاندارد ملی ۳۰۸۴ [۱۱]

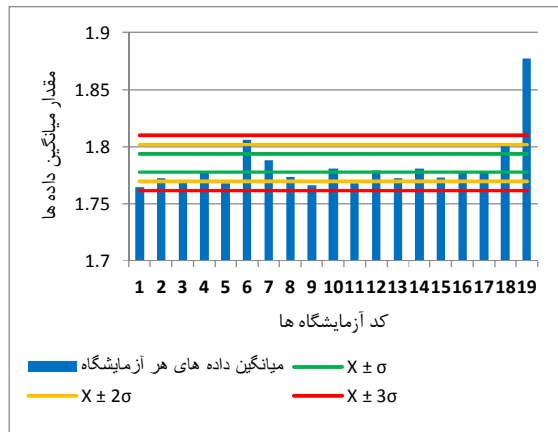
$R_{20}$ : مقاومت هادی در دمای ۲۰ درجه سلیسیوس برحسب میلی اهم بر متر

$R_T$ : مقاومت اندازه گیری شده هادی برحسب میلی اهم  
L: طول کابل برحسب متر است

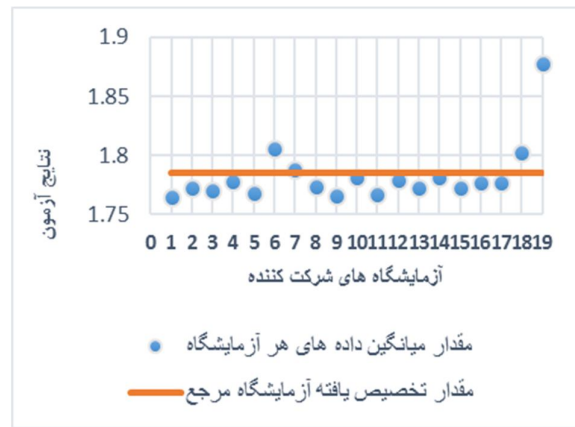
### ۳. نتایج ارزیابی

در این آزمون، مقاومت الکتریکی هادی با ۵ تکرار در هر آزمایشگاه اندازه گیری شد، بررسی‌ها و تحلیل‌های آماری بر روی میانگین داده‌های حاصل از ۵ تکرار صورت گرفت. میانگین داده‌ها به عنوان یک پارامتر مرکزی - با فرض توزیع متقارن - برای در نظر گرفتن اثر داده‌های خیلی بزرگ و خیلی کوچک برای تحلیل داده‌ها انتخاب شد. در واقع وقتی توزیع خیلی نامتقارن نباشد میانگین معیار معقول‌تری از گرایش به مرکز محسوب می‌شود. داده‌های شرکت کنندگان و پراکندگی داده‌های آن‌ها نسبت به مقدار تخصیص یافته (۱/۷۸۵۶۱) در شکل ۳ نشان داده شده است. در شکل ۴ تابع توزیع نرمال حاصل از مقدار تخصیص یافته آزمایشگاه‌های شرکت کننده و آزمایشگاه‌های متخصص به ترتیب با رنگ آبی تیره، آبی روشن و اریبی حاصل از تفاوت مقادیر تخصیص یافته مرجع و شرکت کنندگان به رنگ قرمز نشان داده شده است. اریبی (گرایش) موجود در نتایج آزمایشگاه‌ها نسبت به مقدار تخصیص یافته آزمایشگاه‌های متخصص (۱/۷۸۵۶۱)، حاکی از خطاهای سیستماتیک (ES)

آزمایشگاه‌ها است. انحراف استاندارد آزمون مهارت ( $\sigma_{Pt}$ )، از روش آماری استوار مطابق با شکل ۲ محاسبه و برای رتبه بندی و مقایسه شرکت کنندگان از نمره‌های استاندارد استفاده گردید. در این پژوهش کلیه روش‌های آماری مطابق با استاندارد ملی ۱۳۲۸۳



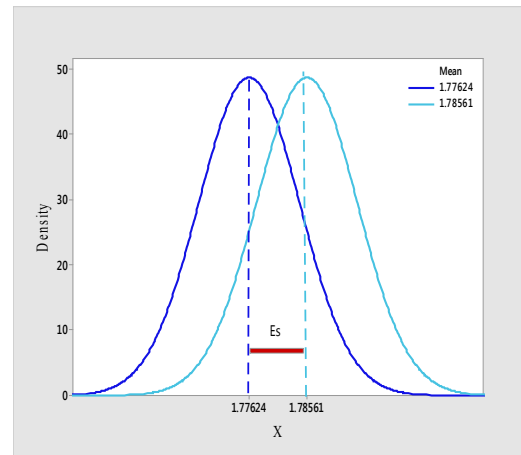
شکل ۶. نمودار صحت برای نشان دادن رده کیفی  
آزمایشگاه‌ها



شکل ۳. پراکندگی داده‌های آزمایشگاه‌های شرکت  
کننده نسبت به مقدار تخصیص یافته

جدول ۳. تفسیر نتایج داده‌ها بر اساس رده کیفی  
آن‌ها

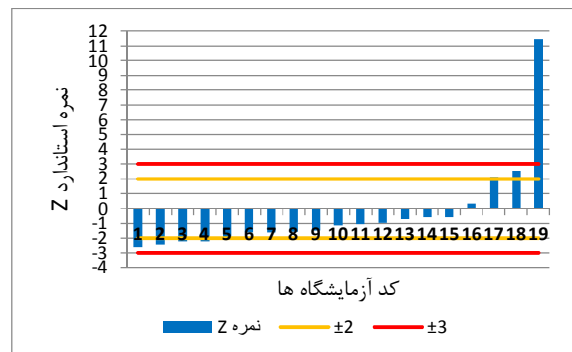
| تفسیر حدود                          | حدود   |
|-------------------------------------|--|
| رده کیفی A<br>(بالاترین رده کیفی)   | $X - \sigma_{Pt} < x < X + \sigma_{Pt}$  |
| رده کیفی B                          | $X + \sigma_{Pt} < x < X + 2\sigma_{Pt}$<br>$X - 2\sigma_{Pt} < x < X - \sigma_{Pt}$   |
| رده کیفی C                          | $X + 2\sigma_{Pt} < x < X + 3\sigma_{Pt}$<br>$X - 3\sigma_{Pt} < x < X - 2\sigma_{Pt}$ |
| رده کیفی D<br>(پایین‌ترین رده کیفی) | $x > X + 3\sigma_{Pt}$   |



شکل ۴. تابع چگالی توزیع نرمال حاصل از مقدار  
تخصیص یافته شرکت کنندگان در مقایسه با  
آزمایشگاه‌های متخصص

یکی از دلایل مهم نتایج ضعیف آزمایشگاه‌ها در مقایسات بین آزمایشگاهی و آزمون مهارت، خطاهای تصادفی و خطاهای سیستماتیک مراحل مختلف اندازه‌گیری در آزمایشگاه‌ها می‌باشد. خطاهای تصادفی منجر به تولید نتایجی مشابه در دو طرف مقدار میانگین یعنی در بالا و پایین مقدار واقعی می‌شوند، مجموع این مقادیر در اندازه‌گیری‌های متعدد می‌تواند به صفر برسد، بنابراین تاثیر خطاهای تصادفی را می‌توان با تکرار آزمون کاهش داد. خطاهای سیستماتیک تقریباً در اکثر اندازه‌گیری‌ها وجود دارد و از جمله روش‌های شناسایی این نوع خطا می‌توان به استفاده از مواد مرجع با مقدار مشخص، کالیبراسیون تجهیزات، مقایسات بین آزمایشگاهی و مشارکت در آزمون‌های مهارت اشاره کرد [۱۴] و [۱۵].

با توجه به اینکه فرآیند اندازه‌گیری، فرآیندی تولیدی است که محصول آن، ارقام می‌باشد. بنابراین کلیه پارامترهای تاثیرگذار در



شکل ۵. نمره استاندارد Z شرکت کنندگان



بیشتر بر فرآیندها، بستری مناسب برای بهبود کیفیت و عملکرد آزمایشگاه‌ها، اصلاح خطاها و پیشگیری از وقوع مجدد آن فراهم می‌کند و منجر به ارتقاء سطح دانش فنی و سطح کیفیت در آزمایشگاه‌ها می‌گردد. مطابق با این استاندارد آزمون مهارت به عنوان یک روش کنترل کیفی مناسب، فرآیند آزمایشگاه‌ها را در مقایسه با دیگر آزمایشگاه مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد.

#### جدول ۴. رتبه کیفی شرکت کنندگان با توجه به شرایط انجام آزمون

| ردیف | رتبه کیفی | ۱۷۰۲۵ | کالیبراسیون | نوع تجهیز | زمان هم دمایی (ساعت) |
|------|-----------|-------|-------------|-----------|----------------------|
| ۱    | C         | ✓     | ✓           | --        | ۳                    |
| ۲    | B         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۳                    |
| ۳    | B         | ✓     | ✓           | --        | ۲/۵                  |
| ۴    | A         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۲                    |
| ۵    | C         | ✓     | ✓           | --        | ۴                    |
| ۶    | C         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۰/۵                  |
| ۷    | A         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۲                    |
| ۸    | B         | ✓     | ✓           | --        | ۴                    |
| ۹    | C         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۰/۵                  |
| ۱۰   | A         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۲                    |
| ۱۱   | C         | ×     | ✓           | --        | ۳                    |
| ۱۲   | A         | ✓     | ✓           | --        | ۱                    |
| ۱۳   | B         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۱                    |
| ۱۴   | A         | ×     | ✓           | مناسب     | -                    |
| ۱۵   | B         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۰/۵                  |
| ۱۶   | B         | ×     | ✓           | --        | ۱                    |
| ۱۷   | B         | ✓     | ✓           | مناسب     | ۳                    |
| ۱۸   | C         | ×     | ✓           | مناسب     | ۳                    |
| ۱۹   | D         | ×     | ✓           | مناسب     | -                    |

#### ۴. نتیجه گیری

هدف از برنامه‌های آزمون مهارت تصدیق توانمندی آزمایشگاه‌ها در انجام یک آزمون بوده که درجه‌ای از اطمینان را برای آزمایشگاه و مشتریان آن در خصوص نتایج آزمون فراهم می‌کند. در واقع برنامه‌های آزمون مهارت این امکان را برای آزمایشگاه‌ها میسر می‌سازد تا نتایج آزمون‌های خود را به طور مکرر و در دوره‌های زمانی پیوسته با یکدیگر مقایسه نمایند. آزمون مهارت سیم و کابل برای اولین بار به صورت رسمی در ایران توسط مرکز آزمون مهارت استاندارد- پژوهشگاه استاندارد برگزار گردید.

این فرآیند از جمله تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری، کارشناسان دخیل در انجام آزمون، شرایط هم دمایی، نحوه بودجه‌بندی عدم قطعیت و ... جز عوامل بالقوه خطا محسوب می‌شود. از این رو در این آزمون، از نقطه نظری دیگر به شناسایی عوامل به وجود آورنده خطا پرداخته شده است. نتایج ارزیابی بر اساس تحلیل‌های آماری، حاکی از نقش موثر شرایط محیطی، نوع تجهیز، کالیبراسیون تجهیز و همچنین نقش برقراری و اجرای استاندارد ۱۷۰۲۵ در محیط آزمایشگاه بر عملکرد و رتبه کیفی شرکت کنندگان می‌باشد. در این مطالعه، اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از تجهیزات مختلف صورت گرفته است. ۱۲ آزمایشگاه از یک نوع میکرو اهم متر مشابه و ۷ آزمایشگاه از تجهیز دیگری استفاده کرده‌اند. جدول ۴، رتبه کیفی شرکت کنندگان را با توجه به شرایط آزمون نشان می‌دهد. مطابق با جدول ۴، ۶۳/۱۵٪ شرکت کنندگان مجهز به میکرو اهم متر مناسب بودند که از این تعداد ۶۶/۶۶٪ موفق به کسب رتبه قابل قبول در این آزمون شدند، ۷۳/۶۸٪ شرکت کنندگان شرایط هم دمایی از ۱ تا ۴ ساعت را رعایت کردند که از این تعداد ۷۱/۴۲٪ رتبه قابل قبول در این آزمون به‌دست آورده‌اند و ۷۸/۹۴٪ از شرکت کنندگان دارای گواهینامه استاندارد ISO/IEC 17025 مبنی بر استقرار آن در محیط آزمایشگاه بودند که از این تعداد ۶۶/۶۶٪ موفق به کسب رده کیفی قابل قبول گردیدند. تجهیزات همه شرکت کنندگان در محدوده قابل قبول کالیبراسیون قرار داشت. ۶۰٪ شرکت کنندگانی که موفق به کسب رده کیفی A شدند هر چهار شرایط نوع تجهیز قابل قبول، کالیبره بودن تجهیز در محدوده اندازه‌گیری، رعایت هم دمایی و استقرار استاندارد ISO/IEC 17025 را دارا بودند. نتایج حاصل حاکی از نقش موثر این عوامل در بهبود و ارتقاء کیفیت اندازه‌گیری می‌باشد. در مجموع عملکرد آزمایشگاه‌های شرکت کننده با استفاده از نمره‌های استاندارد، مشخص می‌کند که ۱۲ آزمایشگاه نتایج اندازه‌گیری قابل قبول داشتند. تنها نتیجه آزمون یک آزمایشگاه غیر قابل قبول شناخته شد که با توجه به نمره Z بیشتر از ۳، سیگنال عمل دریافت کرد. ۶ آزمایشگاه باقیمانده دارای نتایج مشکوک بودند و نیاز به بررسی خطا در سیستم اندازه‌گیری داشتند. نتایج و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در یک آزمایشگاه از عوامل کسب رتبه غیر قابل قبول می‌تواند مواردی مانند نداشتن یک روش استاندارد برای اندازه‌گیری، نداشتن تجهیز مناسب و کالیبره، نداشتن یک سیستم کنترل کیفیت خارجی مطلوب با در بر داشتن آزمون‌های مقایسه‌ای برای پایش عملکرد آزمایشگاه‌ها، باشد. یک راه حل مناسب و کارا برای رفع نواقص و مشکلات احتمالی آزمایشگاه‌ها استقرار یک سیستم مدیریت کیفیت بر مبنای استاندارد بین‌المللی ISO/IEC 17025 است. این استاندارد با ایجاد کنترل

[۳] استاندارد ملی ۱۷۰۴۳. ارزیابی انطباق - الزامات کلی آزمون مهارت، (۱۳۹۳).

[۴] بهرامی، م. ع، رئیسی اردلی، غ. برآوردگر باثبات شناسایی نقاط پرت فاز اول نمودارهای کنترل کیفیت چندمتغیره با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، (۱۳۹۲)، جلد ۲۴، شماره ۴، صفحه ۴۲۴-۴۳۶.

[۵] شریعتی، ن، شهریاری، ح، شفائی، ر. نمودار کنترل استوار برای داده‌های سری‌های زمانی. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، (۱۳۹۲)، جلد ۲۴، شماره ۴، صفحه ۳۹۶-۴۰۳.

[۶] مسیحی، الپیس و امراتی، حمید. تحلیل الگوهای همزمان در نمودارهای کنترل فرآیند آماری با استفاده از شبکه عصبی. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، (۱۳۸۸)، جلد ۲۰، شماره ۳، صفحه ۱۵-۲۳.

[7] Ronald N. Jones, Teri Glick, Helio S. Sader, Robert K. Flamm, James E. Ross, Paul R. Rhomberg, Daniel C. Edson. Educational antimicrobial susceptibility testing as a critical component of microbiology laboratory proficiency programs: American Proficiency Institute results for 2007-201. Elsevier, (2013), Vol. 75, pp. 357-360.

[۸] استاندارد ملی ۱۳۲۸۳. روش های آماری برای کاربرد در آزمون خبرگی با مقایسه بین آزمایشگاهی، (۱۳۸۹).

[9] Rao, B. S. & Varadan, K. EMC Proficiency Testing Program-Conducted Emission Measurement. IEEE Conference, Electromagnetic Compatibility, EMC, International Symposium, (2004), Vol. 3, pp. 925-930.

[10] ISO/IEC Guide 43. Proficiency testing by inter-laboratory comparisons, (1997).

[۱۱] استاندارد ملی ۳۰۸۴. هادی های کابل های عایق شده، (۱۳۸۷).

در این بررسی از انحراف استاندارد، نمره  $Z$  و اختلاف  $D$  برای ارزیابی عملکرد آزمایشگاه‌ها استفاده گردید. در این پژوهش، کیفیت عملکرد شرکت کنندگان با استفاده از نمودارهای صحت بررسی شد. نتایج و تحلیل ها نشان داد که از ۱۹ آزمایشگاه شرکت کننده ۱۲ آزمایشگاه دارای قابلیت اندازه‌گیری مطلوب و از این تعداد ۵ آزمایشگاه دارای رده کیفی A بودند. ۶۰٪ از شرکت کنندگانی که موفق به کسب رده کیفی A شدند، دارای تجهیز مناسب و کالیبره در محدوده اندازه‌گیری بوده که شرایط هم‌دمایی را رعایت کرده و استاندارد ISO/IEC 17025 را در آزمایشگاه استقرار داده بودند. همانگونه که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد توجه به عوامل ذکر شده بر روی نتایج آزمون به صورت چشم‌گیری تاثیر گذار است و توجه به آن منجر به افزایش کیفیت عملکرد آزمایشگاه‌ها می‌گردد. بنابراین یکی از عوامل پیشرفت محسوس آزمایشگاه‌ها، برقراری سیستم مدیریت کیفیت بر مبنای استاندارد بین المللی ISO/IEC 17025 و هم‌راستا با آن شرکت در آزمون مهارت در بازه های زمانی مناسب است که شرکت کنندگان می‌توانند با استناد به آن پیشرفت یا بهبود سیستم اندازه‌گیری خود را بر اساس نمودارها و شاخص های استاندارد مورد پایش قرار دهند.

#### پی نوشت

1. International Laboratory Accreditation Cooperation
2. International Organization for Standardization
3. International Electro technical Commission
4. External Quality Control
5. Assigned Value
6. طرح اجرای هماهنگ استاندارد
7. Robust Statistical method
8. outlier
9. Cut-off values
10. Direct Current

#### مراجع

[۱] استاندارد ملی ۱۷۰۲۵. الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون، (۱۳۸۱).

[۲] استاندارد ملی ۱۷۰۱۱. ارزیابی انطباق - الزامات عمومی برای نهادهای تایید صلاحیت که نهادهای ارزیابی انطباق را تایید صلاحیت می‌کنند، (۱۳۹۲).

[۱۴] دهناد، ح. ر، حسین زاده، ب. کاربرد فنون آماری در آزمایشگاه‌ها (تخمین عدم قطعیت اندازه‌گیری و کنترل کیفیت داخلی و خارجی). شرکت ناقوس اندیشه، (۱۳۸۶).

[15] Perich, C., Ricos, C., & Alvarcz, V. External quality assurance programs as a tool for verifying standardization of measurement procedures: pilot collaboration in Europe. Elsevier journal of Clinica, (2014).

[12] <http://www.fapas.com>. Extract on "Protocol for Proficiency Testing scheme, version4, (2014).

[13] <http://www.rubymetrology.com>, Extract on, Measurement Systems Analysis (MSA), Reference Manual, fourth edition, (2010).