

ASPECTE METROLOGICE ALE EVALUĂRII CONFORMITĂȚII PRODUSELOR

Alexandru TARLAJANU

Centrul Universitar Metodico-Didactic, Inovații și Transfer Tehnologic în Standardizare, Metrologie și Asigurarea Calității „METRONOM” al Universității Tehnice din Moldova

1. Introducere

Se știe, că în economia de piață calitatea devine un instrument eficient pentru competitivitatea întreprinderilor și prosperarea economică a țării. Despre esența și semnificațiile calității sunt publicate o mulțime de rapoarte științifice, monografiile și manuale. Însă, una din cele mai valoroase, pe drept, se consideră Manualul Calității Juran [1], care prezintă un concept multidimensional al ingineriei, managementului și asigurării calității. Conform conceptului dat geneza calității constă din trei procese distincte: planificarea calității, controlul calității și îmbunătățirea calității. Fiind destul de complexe și specifice, aceste procese au și o particularitate comună. Ele toate folosesc măsurările ca bază pentru evaluarea și asigurarea conformității cu cerințele specificate, pentru fiecare etapă a ciclului de viață al produsului. Deci, măsurările prezintă elementul cheie a aparatului decizional din cadrul proceselor de inspecție, control, asigurare și management al calității. Anume de calitatea, de precizia datelor rezultate din măsurări depinde corectitudinea și eficacitatea măsurilor întreprinse în scopul gestionării calității.

Esența problemei din domeniul măsurărilor, care se răsfrânge și asupra rezultatelor evaluării și asigurării calității, reflectă situația din țările CSI, inclusiv și Republica Moldova, unde nu există o abordare unică și uniformă de realizare a măsurărilor sau, mai precis, de exprimare a rezultatelor măsurărilor. Ca regulă, se utilizează metodele de măsurare cu exprimarea erorii de măsurare și rareori, în scopul respectării cerințelor standarelor internaționale, se aplică incertitudinea de măsurare. În consecință, se crează mari probleme în procesul de recunoaștere mutuală a rezultatelor măsurărilor și procedurilor de evaluare a conformității. Aceasta aduce la încercări și certificări repetate, care rezultă în costuri adiționale, pierdere de timp și deminuire a competitivității produselor.

Prezentul articol urmărește scopul de a compara procedurile de evaluare a conformității în baza erorii de măsurare și incertitudinii de măsurare pentru a mediatiza necesitatea trecerii treptate la metodele de măsurare și evaluare a conformității, recunoscute în plan regional și internațional.

2. Termeni și definiții din domeniul evaluării conformității și asigurării calității produselor

Evaluarea conformității este o procedură prin care se stabilește îndeplinirea cerințelor specificate pentru un anumit produs. Evaluarea conformității se efectuează în scopul asigurării calității fie prin procedura de certificare, procedura de inspecție sau cea de declarație de conformitate a producătorului.

Certificarea este o procedură prin care o terță parte dă o asigurare în scris precum că produsul, procesul sau serviciul este conform cu cerințele specificate. Procedura de certificare prevede eliberarea unui certificate de conformitate și a dreptului de utilizare a mărcii de conformitate, care demonstrează că produsul dat corespunde unui set de cerințe specificate, de obicei în reglementările tehnice sau în standarde.

Inspecția este o formă timpurie de evaluare a conformității prin observație și judecată, însoțite, dacă este cazul, de măsurări și încercări. Specificul inspecției constă în faptul că ea se axează pe evaluarea cantitativă, utilizează preponderent metode vizuale de examinare a produselor, serviciilor, echipamentelor și a documentelor de însoțire cu implicarea eventuală a unor metode și mijloace

simple de măsurare și încercări. Procedurile de inspecție se utilizează frecvent de către autoritățile statale de reglementare în scopul reglementării operațiilor de export/import.

Declarația de conformitate a producătorului este o procedură prin care un producător sau furnizor dă o asigurare în scris precum că produsul, procesul sau serviciul este conform cu cerințele specificate. În rezultatul efectuării procedurii date se emite o declarație de conformitate și se oferă dreptul de utilizare a mărcii de conformitate scare se aplică pe produsul respectiv sau ambalajul acestuia [2].

Reieșind din termenii și definițiile de mai sus se poate concluziona că măsurările au o însemnătate majoră pentru evaluarea și demonstrarea conformității produselor cu cerințele specificate în scopul emiterii unor asigurări, fie în formă de certificat de conformitate, certificat de inspecție sau declarație de conformitate. Și pentru ca rezultatele măsurărilor și procedurilor de asigurare a calității să fie recunoscute la nivel regional și internațional se cere ca metodele de măsurare și exprimare a rezultatelor să se bazeze pe estimarea și exprimarea incertitudinii de măsurare[3,4]. Important este, că cerința dată se stipulează în standarde internaționale, preluate de Republica Moldova ca naționale, și, deci, trebuie asigurată trecerea treptată de la metodele bazate pe eroarea de măsurare la cele care utilizează incertitudinea de măsurare. În acest scop este necesar să se stabilească, prin ce se deosebesc cele două metode de măsurare și, respectiv, evaluare a conformității cu cerințele specificate?

3. Evaluarea conformității în baza erorii de măsurare

În fond, evaluarea conformității produselor rezultă într-o operație de comparare a cerințelor pentru produs, specificate în documentele tehnice și caracteristicile efective ale produsului, stabilite în rezultatul măsurărilor. Pentru aceasta, produsul în cauză, se supune măsurărilor, se determină eroarea de măsurare și să compară rezultatele obținute cu cele specificate. În cazul dat trebuie să se țină cont de termenii și definițiile referitoare la măsurări și erorile de măsurare [5].

- *Mărimia* - o proprietate comună unei mulțimi de obiecte, evenimente, sisteme, stări sau fenomene de aceeași natură, care poate fi deosebită calitativ și evaluată cantitativ. Dacă proprietatea care caracterizează mulțimea respectivă este de natură fizică, mărimea se numește *mărime fizică*.

- Evaluarea cantitativă a unei mărimi prin procedee experimentale este *măsurarea acestei mărimi*.

- O mărime supusă operației de măsurare se numește *măsurand*.

- *Exactitatea de măsurare* este difinită prin gradul de concordanță între rezultatul unei măsurări și o valoare adevărată a măsurandului.

- *Uniformitatea măsurărilor* presupune efectuarea acestora folosind aceleași unitați de măsură de către toți utilizatorii, în toate întreprinderile.

- *Eroarea de măsurare* –abaterea rezultatului măsurării față de valoarea (convențional) adevărată a măsurandului

- *Eroarea absolută* - suma algebrică dintre rezultatul măsurării și valoarea(convențional) adevărată a măsurandului

$$\Delta X = X_a - X_m \quad (1)$$

unde:

X_a - valoarea adevărată

X_m -rezultatul măsurării

- *Eroarea relativă* - raportul dintre eroarea absolută și valoarea (convențional) adevărată a măsurandului

$$\delta_x = \frac{\Delta X}{X_a} = \frac{X_a - X_m}{X_a} = 1 - \frac{X_m}{X_a} \quad (2)$$

În scopul evaluării conformității, rezultatele măsurării pot fi exprimate cât prin eroarea absolută, atât și prin eroarea relativă. Important este, ca să se compare date exprimate prin același tip de eroare.

4. Evaluarea conformității în baza incertitudinii de măsurare

Procedura de evaluare a conformității în baza incertitudinii de măsurare este asemănătoare cu cea în baza erorii de măsurare. Deferă numai metoda de măsurare, prelucrare a datelor și exprimare a rezultatelor. În cazul dat se cere estimarea și exprimarea incertitudinii de măsurare. În plan istoric, necesitatea de trecere de la eroare la incertitudinea de măsurare a avut următoarele premise.

Determinarea erorii de măsurare a fost utilizată timp îndelungat în calitate de metodă de bază pentru caracterizarea preciziei de măsurare. Prin definiție, eroarea de măsurare este abaterea rezultatului măsurării față de valoarea adevărată a măsurandului. Însă, așa cum este imposibil de a determina cu o precizie absolută valoarea adevărată a măsurandului, este imposibilă și determinarea abaterii de la valoarea adevărată.

Adăugător, datorită progresului tehnic și implementării pe larg a abordărilor de proces și de sistem, s-a stabilit că procedurile existente de măsurare în baza erorii de măsurare, având un caracter static, nu pot fi utilizate la măsurarea caracteristicilor proceselor, cărora le este specifică variația în timp. Cu atât mai mult, că din punct de vedere a acestor noi abordări, însăși măsurările pot fi considerate ca un proces variabil, și pentru determinarea caracteristicilor de calitate a acestuia sunt necesare metode bazate pe tehnicile statistice de măsurare, prelucrare a datelor și exprimare a rezultatelor.

Aceste premise au stat la temelia dezvoltării unui nou concept al măsurărilor, corespunzător metodelor statistice de control al proceselor, și bazat pe determinarea preciziei de măsurare prin estimarea și exprimarea incertitudinii de măsurare.

Trecând prin multiple etape de concepere, fundamentare și dezvoltare acest concept a fost sistematizat în prestandardul european ENV 13005 „Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare” [6], care specifică următorii termeni, definiții și relații:

1) *incertitudinea de măsurare* este parametrul asociat rezultatului unei măsurari, care caracterizează dispersia valorilor ce în mod rezonabil, pot fi atribuite măsurandului.

2) *incertitudinea standard* - incertitudine a rezultatului unei măsurari exprimată printr-o abatere standard.

3) *evaluare de tip A a incertitudinii* - metodă de evaluare a incertitudinii prin analiza statistică a șirurilor de observații, care include:

-evaluarea mediei aritmetice " \bar{q} " a unui șir de "n" măsurări cu rezultatele q_1, \dots, q_n

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad (3)$$

-evaluarea variației experimentale a observațiilor

$$S^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (4)$$

- calcularea abaterii standard experimentale

$$S(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2} \quad (5)$$

Estimația variației distribuției de probabilitate a lui q și a abaterii standard experimentale $S(q_k) = \sqrt{S^2(q_k)}$, caracterizează variabilitatea valorilor q_k observate sau, mai adecvat, dispersia acestora în jurul mediei \bar{q} .

Estimația cea mai bună a lui $\overline{\sigma^2(q)} = \sigma^2/n$, respectiv a variației medii teoretice este exprimată prin

$$S^2(\overline{q}) = \frac{S^2(q_k)}{n} \quad (6)$$

Variația experimentală a mediei $S^2(\overline{q})$ și abaterea standard a mediei $S(\overline{q})$, egală cu rădăcina parată pozitivă a lui $S^2(\overline{q})$, exprimă cantitativ cât de bine estimează \overline{q} media teoretică μ_q a lui q și oricare din ele poate fi folosită drept măsură a incertitudinii lui q

Pentru o mărime de intrare X_i determinată pe baza a n observații (măsurări) repetate independente $X_{i,k}$, **incertitudinea standard**

$$U(x_i) = S(x_i), \quad (7)$$

$$\text{unde } S(X_i) = \sqrt{S^2(x_i)} = \sqrt{\frac{S^2(x_i)}{n}} \quad (8)$$

Din comoditate, $U^2(x_i) = S^2(x_i)$ și $U(x_i)$ sunt uneori denumite **varianță de tip A** și, respectiv, **incertitudine standard de tip A**.

4) **evaloarea de tip B a incertitudinii**- metodă de evaluare a incertitudinii prin alte metode decît analiza statistică a șirurilor de observații.

Pentru o estimatie x_i a unei mărimi de intrare X_i care nu a fost obținută pe baza unor observații repetate, **varianța estimată** $U^2(x_i)$ **asociată** sau **incertitudinea standard** $U(x_i)$ este evaluată printr-o analiză științifică bazată pe toate informațiile de care se dispune despre posibilă variabilitate a lui x_i .

Ansamblu de informații acumulate poate include:

- rezultatele unor măsurari anterioare;
- experiență sau cunoașterea generală referitoare la comportarea și proprietățile materialelor și mijloacelor de măsurare utilizate;
- specificațiile fabricanților;
- datele specificate în certificatele de etalonare sau alte certificate;
- incertitudinea atribuită valorilor de referință preluate din lucrări și manuale.

Pentru comoditate, varianța $U^2(x_i)$ și incertitudinea $U(x_i)$ evaluate în acest mod sunt denumite uneori **varianță de tip B** și, respectiv, **incertitudine standard de tip B**.

5) **incertitudine standard compusă** $U_c(y)$ - incertitudine standard a rezultatului unei măsurări, atunci cînd acel rezultat este obținut pe baza valorilor unor mărimi diferite, egală cu rădăcina patrată pozitivă a unei sume de termeni, termenii repectivi fiind varianțele sau covariantele acelor mărimi, ponderate în conformitate cu variația rezultatului măsurării în funcției de variația mărimilor respective.

Incetitudinea standard a lui y , unde y este estimația măsurandului Y și, deci, rezultatul măsurării, se obține combinînd în mod adecvat incertitudinile standard ale estimațiilor de intrare $X_1, X_2 \dots X_N$.

Note; 1. Această abordare se datorează faptului că în majoritatea cazurilor un măsurand Y nu este măsurat direct ci este determinat indirect, pe baza altor mărimi $X_1, X_2 \dots X_N$ prin intermediul unei relații funcționale.

2. Prin $X_1, X_2 \dots X_N$ se identifică **mărimile de intrare** de care depinde **mărimea de ieșire Y** .

Această **incertitudine standard compusă** a estimației y se notează cu $U_c(y)$.

$$U_c(y) = \sqrt{U_c^2(y)}, \quad (9)$$

$$U_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial X_i} \right]^2 U^2(X_i) \quad (10)$$

unde,

$$\frac{\partial f}{\partial X_i} = c_i \text{ -coeficient de pondere a lui } X_i \text{ în estimația lui } y, \text{ atunci cind } c_1 = 1$$

$$U_c^2(y) = \sum_{i=1}^N U^2(X_i) \quad (11)$$

Fiecare $U(x_i)$ este o incertitudine standard calculată conform metodei de evaluare **de tip A** sau **de tip B**. Incertitudinea standard compusă $U_c(y)$ este o abatere standard estimată (calculată) și caracterizează dispersia valorilor ce în mod rezonabil, pot fi atribuite măsurandului Y .

Estimația măsurandului Y , notată y , se obține din ecuația $Y = f(X_1, X_2 \dots X_N)$ folosind estimațiile de intrare $x_1, x_2 \dots x_n$ pentru valorile celor N mărimi de intrare $X_1, X_2 \dots X_N$. Astfel estimația de ieșire y , care reprezintă rezultatul măsurării, este exprimată prin

$$y = f(x_1, x_2 \dots x_n); \quad (12)$$

$$y = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(x_{1,k}, x_{2,k} \dots x_{N,k}) \quad (13)$$

6) incertitudinea extinsă U – mărime care definește un interval în jurul rezultatului unei măsurări, interval în care este de așteptat să fie cuprinsă o fracțiune ridicată a distribuției valorilor ce, în mod rezonabil pot fi atribuite măsurandului.

$$U = k U_c(y), \quad (14)$$

unde $U_c(y)$ -incertitudinea standard compusă, k -factor de putere.

Valoarea factorului de putere (extindere) k este aleasă pe bază nivelului de incertitudine cerut pentru intervalul de la $y-U$ pînă la $y+U$. În general k este cuprins în intervalul de la 2 pînă la 3. Rezultatul unei măsurări se exprimă sub forma

$$Y = y \pm U, \quad (15)$$

ceea ce se interpretează astfel: cea mai bună estimație a valorii atribuite măsurandului Y este y , iar intervalul de la $y-U$ pînă la $y+U$ este un interval în care se poate considera că este cuprinsă o mare parte a distribuției valorilor ce în mod rezonabil pot fi atribuite lui Y , sau

$$y-U \leq Y \leq y+U \quad (16)$$

7) în cazul cînd măsurandul Y (ca mărime de ieșire) poate fi măsurat direct, prin intermediul a m măsurări repetate $y_1, y_2 \dots y_m$, în condiții identice, incertitudinea standard compusă experimentală

$$U_c(y)_e = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_k - \bar{y}_e)^2}, \quad (17)$$

unde,

$$\bar{y}_e = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m y_k \quad (18)$$

În cazul dat incertitudinea extinsă experimentală U_e se calculează conform expresiei 2.12, iar rezultatul măsurărilor măsurandului Y_e se exprimă precum urmează

$$Y_e = \bar{y}_e \pm U_e \quad (19)$$

Ținând cont de faptul, că în procedurile de evaluare a conformității caracteristica produsului ca măsurand se poate măsura direct, estimarea incertitudinii se reduce la: efectuarea măsurărilor repetate asupra măsurandului în condiții identice și înregistrarea rezultatelor; calcularea valorii medii a măsurărilor (formula 18) și a incertitudinii standard compuse experimentale (formula 17); calcularea incertitudinii extinse experimentale (formula 14) și exprimarea valorii măsurandului (formula 19).

Pentru evaluarea conformității produsului în cauză valoarea obținută a măsurandului se compară cu cea specificată.

5. Concluzii

O simplă suprapunere a celor două metode de evaluare a conformității, examinate în prezentul articol, demonstrează că utilizarea incertitudinii de măsurare complică procedura de evaluare, fiindcă necesită măsurări și calcule suplimentare care, la rândul său, rezultă în cheltuieli și consumuri adăugătoare. Deci, la prima vedere, această metodă pare a fi neatractivă pentru clienți, fiindcă ei trebuie să achite costuri adăugătoare.

Însă, dacă se ea în considerație calitatea măsurărilor și obiectivitatea acestora, mai ales în cazurile critice, când determinarea incorectă a caracteristicii poate aduce la mari daune pentru viața și sănătatea populației, atunci avantajele metodei bazate pe incertitudinea de măsurare devin indiscutabile. În acest caz, calitatea superioară se datorează faptului că incertitudinea de măsurare determină întregul diapazon de valori posibile ale măsurandului, pe când eroarea de măsurare - numai o singură valoare.

Adăugător metoda bazată pe incertitudinea de măsurare crează premise pentru recunoașterea la nivel mondial a rezultatelor evaluării și asigurării calității, reducerea barierilor tehnice în calea comerțului și ridicarea nivelului competitivității producătorilor autohtoni. Și cu cât mai operativ se va efectua trecerea la metoda dată, cu atât mai sensibile vor fi rezultatele obținute.

Referințe:

1. JOSEPH M. JURAN, A. BLANTON GODFREI: Manualul calității Juran. Traducere din limba engleză după ediția a cincea publicată de editura McGraw-Hill. Editat de SRAC – Societatea Română pentru Asigurarea Calității. Tipărit la Regia Autonomă „MONITORUL OFICIAL” . București, 2004
2. INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/WTO: Export Quality Management: An Answer Book for Small and Medium-sized exporters. Geneva: ITC, 2001
3. STANDARD MOLDOVEAN SM SR EN ISO/ IEC 17025:2006. Criterii generale pentru competența laboratoarelor de încercări și de etalonări
4. STANDARD INTERNAȚIONAL ISO 9001:2008 „Sisteme de management al calității. Cerințe”
5. CHICIUC A., CORJAN A. Metrologie, Standardizare și Măsurări. Curs de lecții. UTM, Chișinău – 2002
6. STANDARD ROMÂN SR ENV 13005: 2003. Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare