MOŽNOSTI STATISTICKÉHO POSOUZENÍ KVANTITATIVNÍCH VÝSLEDKŮ POŽÁRNÍCH ZKOUŠEK PRO POTŘEBY CERTIFIKACE A POSUZOVÁNÍ SHODY VÝROBKŮ

STATISTICAL ASSESSMENT POSSIBILITIES OF QUANTITATIVE FIRE TESTS RESULTS FOR THE CERTIFICATION NEEDS AND THE CONFORMITY ASSESSMENT OF PRODUCTS

Otto DVOŘÁK
odvorak@mvcr.cz

Abstract

The paper deals with possible procedures to assessment quantitative results of test determination of fire technical characteristics of substances and materials, the qualitative parameters of fighting means or extinguishing agents measured under repeatibility conditions. Such a procedure , among others, is applicable for certification / conformity assessment , based on test verification of their qualitative parameters.

Keywords
Fire Technical Characteristics, flammable substances and materials, fire fighting products, extinguishing agents, quantitative qualitative parameters, test determination, statistical assessment, certification, conformity assessment.

Statistické posouzení kvantitativních výsledků zkušebních stanovení jakostních parametrů výrobků

Kvalita materiálových výrobků, technických prostředků PO a hasiv může být charakterizována měřitelnou jakostní vlastností např. M, která má u kvalitního výrobku určitou hodnotu např. M_O. Pokud při ověřování vlastnosti M při certifikaci/posuzování shody byla u dodaného vzorku výrobku zjištěna hodnota $\mathbf{M = M_O}$, je potvrzena jeho kvalita a certifikát mu může být udělen.

V opačném případě, pokud je $\mathbf{M < M_O = M_O - \Delta}$**,** nebo když
$\mathbf{M > M_O = M_O + \Delta}$, nepotvrdila se jeho jakost a certifikát mu udělen být nemůže.

Zkušební normovaná metoda obvykle vyžaduje měření vlastnosti výrobku M opakovaně n-krát s konkrétními číselnými výsledky $\mathbf{X_1, X_2, \ldots, X_n}$**.**

Výsledky $\mathbf{X_i}$ $\mathbf{(i = 1,2,\ldots,n)}$ nejsou rovny **M**, ale mají hodnoty $\mathbf{X_i = M + \varepsilon_i}$, kde $\boldsymbol{\varepsilon_i}$ jsou nejistoty měření. Pokud jsou tyto nejistoty navzájem nezávislé a mají normální rozdělení se střední hodnotou $\boldsymbol{\Theta}$ a s rozptylem $\boldsymbol{\sigma^2}$**,** respektive směrodatnou odchylkou $\boldsymbol{\sigma}$**,** potom lze použít k hodnocení výsledků zkoušek následující postup:

Určí se tzv **interval spolehlivosti** (též konfidenční interval) pro hodnotu **M** tak, aby platilo:

$P(\underline{M} \leq M) = 1 - \alpha/2$, tj. $P(\underline{M} > M) = \alpha/2$,

$P(\overline{M} \geq M) = 1 - \alpha/2$, tj. $P(\overline{M} < M) = \alpha/2$,

tj. **$P(\underline{M} \leq M \leq \overline{M}) = 1 - \alpha$,**

Pravděpodobnost, že interval nebude obsahovat skutečnou hodnotu je **α**.

Číslo **(1- α)** , zvolené podle závažnosti následků omylů (zpravidla 0,90 nebo 0,95 či 0,99), je tzv. **koeficient spolehlivosti** (též konfidenční koeficient). Jeho doplněk do 1, rovný α, je tzv. **risiko omylu**.

Za daných předpokladů (normalita rozdělení chyb) má interval spolehlivosti tvar

$$\underline{M} = \bar{x} - \mu_{1-\alpha/2} \frac{\partial}{\sqrt{n}}, \qquad \overline{M} = \bar{x} + \mu_{1-\alpha/2} \frac{\partial}{\sqrt{n}},$$

Kde $\bar{x}$ je aritmetický průměr výsledků

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \ldots + x_n)$$

a $\mu_{1-\alpha/2}$ je tzv **kvantil standardního normálního rozdělení**, definovaný vztahem

$$\Phi(\mu_{1-\alpha/2}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu_{1-\alpha/2}} e^{-\frac{z^2}{2}} .dz = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

Pro nejběžnější hodnoty α (0,1 nebo 0,05 či 0,01) jsou velikosti těchto kvantil uvedeny v následující tabulce

α	**1 – α /2**	**$M_{1-\alpha/2}$**
0,01	0,995	2,576
0,05	0,975	1,960
0,1	0,950	1,645
0,2	0,900	1,282

Rozhodování o způsobilosti výrobku k danému účelu by mohlo být následující:

$\overline{M} > M_H = M_0 + \Delta$, není vyloučena možnost, že **$M > M_H$**, proto výrobek nesplňuje kvalitativní kritérium a nelze ho schválit,

$\underline{M} < M_D = M_0 - \Delta$, není vyloučena možnost **$M < M_D$** . Opět výrobek nesplňuje kvalitativní kritérium a nelze ho schválit,

$M_D < \underline{M} < \overline{M} < M_H$ s vysokou pravděpodobností je **M** mezi přípustnými hodnotami **M_D** a **M_H** a proto lze výrobek schválit.

Stupeň ochrany proti možným omylům lze vyjádřit takto:

- Je-li ve skutečnosti **$M > M_H = M_0 + \Delta$,** potom s vysokou pravděpodobností (předem zvolenou) **1 – α /2** bude $\underline{M} < M_D$ a výrobek je potřebné neschválit.

- Je-li ve skutečnosti **M = M₀** (M se rovná ideální hodnotě M_0), potom s vysokou pravděpodobností **1 – α** bude $\mathbf{M_D} < \underline{\mathbf{M}} < \mathbf{M_0} < \overline{M} < \mathbf{M_H}$ a výrobek lze schválit.

Nepříjemná/nerozhodná situace může nastat, když interval spolehlivosti ($\underline{M}$, $\overline{M}$) obsahuje jak hodnotu M_0 , tak i některou z hodnot $\mathbf{M_D}$, $\mathbf{M_H}$. V tom případě nelze vyloučit ani možnost $M = M_0$ (ideální hodnota), ani $\mathbf{M} < \mathbf{M_D}$ (M má příliš nízkou hodnotu), případně $\mathbf{M} > \mathbf{M_H}$ (M má příliš vysokou hodnotu). Této situaci se lze vyhnout , když se zvolí počet měření **n** tak, aby délka intervalu spolehlivosti

$\mathbf{d} = \underline{\mathbf{M}} - \overline{M}$ byla menší než **Δ,** tj. když se položí

$$\mathbf{n}= \min \{\mathbf{k}, \mathbf{k} \geq \frac{4\mu^2_{1-\alpha/2} . \sigma^2}{\Delta^2} \}$$

Jednoduchým výpočtem se lze přesvědčit, že v tomto případě není možné, aby interval ($\underline{M}$, $\overline{M}$) obsahoval ideální hodnotu $\mathbf{M_0}$ a zároveň některou z hodnot $\mathbf{M_D}$ nebo $\mathbf{M_H}$.

Pokud však hodnota **σ**, charakterizující variabilitu výsledků chyb měření, nebude známa, musí se odhadnout z výsledků měření $\mathbf{X_1, X_2, \ldots, X_n}$ podle vzorce

$$\mathbf{s} = \frac{1}{\sqrt{n-1}} . \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2} \, ,$$

kde $\bar{X} = \frac{1}{n} . \sum_{i=1}^{n} X_i$

Interval spolehlivosti potom je

$$\underline{\mathbf{M}} = \bar{\chi} - \mathbf{t}_{\mathbf{n-1},\ \alpha/2} . \frac{\beta}{\sqrt{n}}$$

$$\overline{M} = \bar{\chi} + \mathbf{t}_{\mathbf{n-1},\ \alpha/2} . \frac{\beta}{\sqrt{n}}$$

kde $\mathbf{t}_{\mathbf{n-1},\ \alpha/2}$ je tzv. **100 α/2 % kritická hodnota** Studentova t-rozdělení s (n-1) stupni volnosti [1]. Délka intervalu spolehlivosti ($\underline{M}$ - $\overline{M}$) = 2 $t_{n-1,\ \alpha/2} . \frac{\beta}{\sqrt{n}}$ samozřejmě není známa. Je závislá na hodnotě β , která bude zjištěna měřením.

Nelze tudíž zjistit potřebný počet opakovaných měření **n**.

Východiskem z této situace je následující dvoustupňový postup pro určení intervalu spolehlivosti předem dané délky:

1. uskuteční se n_1 opakovaných měření sledované veličiny **X** a následně se vypočítají základní statistické ukazatele výsledku

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_{n1}}(x_1 + x_2 + \ldots + x_n)$$

a směrodatná odchylka

$$s_1 = \frac{1}{\sqrt{n_1 - 1}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}_1)^2},$$

2. vypočte se délka intervalu spolehlivosti při těchto hodnotách

$$d_1 = \overline{M} - \underline{M} = 2\, s_1 .\, t_{n-1,\alpha/2} . \frac{1}{\sqrt{n_1}}$$

Je-li $d_1 \leq \Delta$. postupuje se stejně jako v případě, kdy je známa σ s hodnotou β_1 na místo σ.

3. Jestliže v 2. kroku vyjde $d_1 > \Delta$, provede se dalších n_2 měření $X_{n1+1}, X_{n1+2}, \ldots, X_{n1+} X_{n1+n2}$ a vypočte se nový aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n_{n1} + n_2}(x_1 + x_2 + \ldots + x_n + X_{n1+1} {}^{+} X_{n1+n2}),$$

$\bar{x}$ je aritmetický průměr všech $n = n_1 + n_2$ měření.

Interval spolehlivosti ($\underline{M}$, $\overline{M}$) se určí jako

$\underline{M} = \bar{x} - \Delta$, $\overline{M} = \bar{x} + \Delta$,

Počet dodatečných potřebných měření n_2 se určí tak, aby bylo

$$\sqrt{(n1 + n2)} \geq 2\, t_{n1-1,\alpha/2} . \frac{\beta 1}{\Delta}$$

Závěr

O 21. století se předpovídá, že bude „Stoletím kvality“. Zlepšení kvality výrobků bezesporu vyžaduje nejenom jejich správné , přesné a nestranné zkoušení podle mezinárodně uznávaných zkušebních metod, ale též správné používání statistických metod při hodnocení naměřených výsledků. V plné míře to platí pro obor požární ochrany a jeho hlavní disciplíny včetně požárního zkušebnictví, certifikace a výzkumu a vývoje.

Résumé

It is predicted about the 21st century that it will be "The century of quality". Without question the products´ quality improvement demands not only the correct, accurate and fair testing according to the respected international test methods, but also the statistical methods used properly during the assessment of

measured results. It is valid fully for the fire protection field and its main branches including the fire testing, the certification and research and development.

Literatura

[1] MELOUN, M., MILITKÝ, J. *Statistické zpracování experimentálních dat*. Praha: PLUS, 1994.
[2] Poznámky z konzultace s Ing. J. Machkem, CSc., MFF Praha, 2004.
[3] JANKO, J. *Statistické tabulky*. Praha: Nakladatelství ČAV, 1958.