

2026

Návrhy experimentů pro vyhodnocení nejistoty – Využití faktoriálních
návrhů pro určení funkcí nejistot

ČSN P
ISO/TS 23471

01 0292

Experimental designs for evaluation of uncertainty – Use of factorial designs for determining
uncertainty functions

Plans d'expériences pour l'évaluation de l'incertitude – Utilisation de plans factoriels pour la
détermination des fonctions d'incertitude

Tato předběžná norma je českou verzí technické specifikace ISO/TS 23471:2022. Překlad byl zajištěn
Českou agenturou pro standardizaci. Má stejný status jako oficiální verze.

This prestandard is the Czech version of the Technical Specification ISO/TS 23471:2022. It was
translated
by the Czech Standardization Agency. It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy

Tato předběžná česká technická norma přejímá technickou specifikaci ISO/TS 23471:2022 vydanou
v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 1 a je určena k ověření. Případné připomínky k obsahu normy
přijímá Česká agentura pro standardizaci.

Převzetí TS nevyžaduje zrušení konfliktních národních norem platných pro stejný předmět
normalizace.

Informace o citovaných dokumentech

ISO 3534-1 zavedena v ČSN ISO 3534-1 (01 0216) Statistika – Slovník a značky – Část 1: Obecné
statistické termíny a termíny používané v pravděpodobnosti

ISO 3534-2 zavedena v ČSN ISO 3534-2 (01 0216) Statistika – Slovník a značky – Část 2: Aplikovaná
statistika

ISO 3534-3 zavedena v ČSN ISO 3534-3 (01 0216) Statistika – Slovník a značky – Část 3: Navrhování
experimentů

ISO 3534-4 dosud nezavedena

ISO/IEC Guide 98-3 zavedena v TNI 01 4109-3 (01 4109) Nejistoty měření – Část 3: Pokyn pro vyjádření nejistoty měření (GUM:1995) (Pokyn ISO/IEC 98-3)

Souvisící ČSN

ČSN ISO 5725 (01 0251) (všechny části) Přesnost (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření

ČSN EN ISO 11074 (83 6150) Kvalita půdy – Slovník

Vysvětlivky k textu této normy

V případě nedatovaných odkazů na evropské/mezinárodní normy jsou ČSN uvedené v člancích „Informace

o citovaných dokumentech“ a „Souvisící ČSN“ nejnovějšími vydáními, platnými v době schválení této normy. Při používání této normy je třeba vždy použít taková vydání ČSN, která přejímají nejnovější vydání nedatovaných evropských/mezinárodních norem (včetně všech změn).

Upozornění na používání této normy

Modely popsané vztahy (1) a (2) v 6.4.1 a 7.4.1 normy ISO/TS 23471 obsahují člen nazvaný „relativní složka chyby opakovatelnosti měření“. Tento člen má zřejmě umožnit odhad rozptylu opakovatelnosti při různých úrovních měřené veličiny. Tímto způsobem však model vyjádřit nelze, protože model se smíšenými efekty odpovídající faktoriálnímu návrhu předpokládá konstantní rozptyl reziduální složky. Pokud by se rozptyl opakovatelnosti při různých úrovních lišil, musela by se jeho závislost na úrovni měřené veličiny modelovat zvlášť a rozptyl opakovatelnosti  by se potom odhadoval na základě vhodného modelu. Ze vztahů (1) a (2) byla proto vypuštěna složka  a ze všech vztahů pro opakovatelnost a reprodukovatelnost složka . Rozptyl opakovatelnosti při použití upraveného modelu (1) nebo (2) je tedy konstantní a platí . Odhady parametrů v tabulce F.2 přílohy F získané na základě upraveného modelu jsou stejné jako odhady prezentované v ISO/TS 23471, řádek s hodnotou  = 0 byl z tabulky vypuštěn. Při ověřování výsledků v příloze F s použitím jazyka R se odhady některých složek rozptylu nepatrně lišily, tabulky F.2 a F.3 prezentované v ISO/TS 23471 však byly ponechány beze změny (s výjimkou vypuštění řádku s  = 0).

Termín replikace se někde používá ve smyslu opakování, někde znamená počet výskytů (p) téže kombinace úrovní faktorů. Jestliže se každé nastavení faktorů při dané úrovni měřené veličiny vyskytuje v celém návrhu pouze jednou, tj. zkouška se neopakuje, je počet replikací $p = 1$. V uvažovaných modelech, kde jsou bloky určené nastavením faktorů, dochází ke směšování efektů bloků s některými hlavními efekty faktorů. Neplatí však, že se opakováním zkoušek v rámci bloků, tj. při $p > 1$, toto směšování odstraní a že je potom možné efekty faktorů a bloků od sebe oddělit, jak se uvádí v B.3 nebo D.3. V B.3 na tento fakt upozorňuje národní poznámka, v D.3 už se tato poznámka neopakuje. Bez ohledu na počet replikací lze použít oba modely tam uvedené, se zahrnutím efektů bloků i bez nich (i když v modelu s jedinou replikací nemá použití indexu k opodstatnění, byl ve všech vztazích ponechán). U efektů, které jsou smíšeny s bloky, je tuto skutečnost třeba komentovat.



Upozornění na národní poznámky

Do této normy byly k úvodu, ke kapitolám 4, B.3, C.2, F.2, F.3 a k článkům 7.3 a 7.4.2 doplněny národní poznámky.

Vypracování normy

Zpracovatel odborného překladu: Jarošová, IČO 43703411

Technická normalizační komise: TNK 4 Aplikace statistických metod

Vydala: Česká agentura pro standardizaci, státní příspěvková organizace

Citované dokumenty a souvisící ČSN lze získat v e-shopu.

Česká agentura pro standardizaci je státní příspěvková organizace zřízená Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví na základě ustanovení § 5 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

ICS 03.120.30; 17.020

Obsah

Strana

Předmluva.....	6
Úvod.....	8
1..... Předmět normy.....	9
2..... Citované dokumenty.....	9
3..... Termíny a definice.....	9
4..... Značky.....	10
5..... Obecné zásady.....	12
5.1..... Obecně.....	12
5.2..... Principy tradičního přístupu.....	12
5.3..... Principy faktoriálního přístupu.....	12

6..... Tradiční přístup.....	12
6.1..... Obecné zásady.....	12
6.2..... Výběr vzorků a úrovní.....	12
6.3..... Návrh experimentu.....	13
6.4..... Statistická analýza.....	13
6.4.1... Statistický model.....	13
6.4.2... Výpočet interní opakovatelnosti a interní reprodukovatelnosti.....	14
6.4.3... Výpočet nejistoty měření.....	14
7..... Faktoriální přístup.....	15
7.1..... Obecné zásady.....	15
7.2..... Volba vzorků materiálu, faktorů a jejich úrovní.....	15
7.3..... Návrh experimentu.....	16
7.4..... Statistická analýza.....	16
7.4.1... Statistický model.....	16

7.4.2... Výpočet interní opakovatelnosti a interní reprodukovatelnosti.....	17
7.4.3... Výpočet nejistoty měření.....	18
Příloha A (informativní) Odhad metodou REML.....	19
Příloha B (informativní) Ortogonální návrh s 8 kombinacemi úrovní faktorů pro 7 faktorů s 2 úrovněmi.....	20
Příloha C (informativní) Ortogonální návrh s 12 kombinacemi úrovní faktorů pro 3 faktory s 2 úrovněmi a jeden faktor se 3 úrovněmi.....	21
Příloha D (informativní) Ortogonální návrh s 9 kombinacemi úrovní faktorů pro 4 faktory se 3 úrovněmi.....	22
Příloha E (informativní) Asymetrický interval pro nejistotu měření.....	23

Příloha F (informativní)

Příklad.....
..... 24

Bibliografie.....
..... 28

**DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM**

© ISO 2022

Veškerá práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být, není-li specifikováno jinak nebo nepožaduje-li se to v souvislosti s její implementací, reprodukována nebo používána v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem, elektronickým ani mechanickým, včetně pořizování fotokopii nebo zveřejňování na internetu nebo intranetu, bez předchozího písemného souhlasu. O souhlas lze požádat buď ISO na níže uvedené adrese, nebo členskou organizaci ISO v zemi žadatele.

ISO copyright office

CP 401 · Ch. de Blandonnet 8

CH-1214 Vernier, Geneva

Tel.: + 41 22 749 01 11

E-mail: copyright@iso.org

Web: www.iso.org

Publikováno ve Švýcarsku

Předmluva

ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) je celosvětová federace národních normalizačních orgánů (členů ISO). Mezinárodní normy obvykle vypracovávají technické komise ISO. Každý člen ISO, který se zajímá o předmět, pro který byla vytvořena technická komise, má právo být v této technické komisi zastoupen. Práce se zúčastňují také vládní i nevládní mezinárodní organizace, s nimiž ISO navázala pracovní styk. ISO úzce spolupracuje s Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC) ve všech záležitostech normalizace v elektrotechnice.

Postupy použité při tvorbě tohoto dokumentu a postupy určené pro jeho další udržování jsou popsány ve směrnících ISO/IEC, část 1. Zejména se má věnovat pozornost rozdílným schvalovacím kritériím potřebným pro různé druhy dokumentů ISO. Tento dokument byl vypracován v souladu s redakčními pravidly uvedenými ve směrnících ISO/IEC, část 2 (viz www.iso.org/directives).

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. ISO nelze činit odpovědnou za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv. Podrobnosti o jakýchkoliv patentových právech identifikovaných během přípravy tohoto dokumentu budou uvedeny v úvodu a/nebo v seznamu patentových prohlášení obdržených ISO (viz www.iso.org/patents).

Jakýkoliv obchodní název použitý v tomto dokumentu se uvádí jako informace pro usnadnění práce uživatelů a neznamena schválení.

Vysvětlení nezávazného charakteru technických norem, významu specifických termínů a výrazů ISO, které se vztahují k posuzování shody, jakož i informace o tom, jak ISO dodržuje principy Světové obchodní organizace (WTO) týkající se technických překážek obchodu (TBT) viz URL: www.iso.org/iso/foreword.html.

Tento dokument vypracovala technická komise ISO/TC 69 *Aplikace statistických metod*, subkomise SC 6 *Metody a výsledky měření*.

Jakákoli zpětná vazba nebo otázky týkající se tohoto dokumentu mají být adresovány národnímu normalizačnímu orgánu uživatele. Úplný seznam těchto orgánů lze nalézt na adrese www.iso.org/members.html.

Úvod

Tento dokument byl vypracován v reakci na potřebu normalizovaných návrhů pro určení nejistoty měření (JCGM 100^[1]) v jedné laboratoři pomocí experimentů. Použije se v situacích, kdy směrodatná odchylka pozorování není konstantní, ale závisí na měřené veličině, a kdy se nejistota měření odvozuje přístupem shora dolů. Tato potřeba se projevila v takových oblastech, jako je ochrana spotřebitele, bezpečnost potravin, analýza životního prostředí a lékařská diagnostika.

Vyhodnocení nejistot obvykle vyžaduje kvantifikaci a následnou kombinaci nejistot vyplývajících z náhodné variability a nejistot spojených s korekcemi. Náhodná variabilita se může v rámci konkrétního experimentu projevit při stejných podmínkách nebo v důsledku různých podmínek. První druh variability se vyskytuje za podmínek opakovatelnosti, a proto se obvykle charakterizuje jako směrodatná odchylka opakovatelnosti nebo variační koeficient opakovatelnosti; preciznost při různých podmínkách se obvykle označuje jako mezilehlá preciznost nebo reprodukovatelnost (všechny části ISO 5725^[3]).

Nejběžnějším návrhem experimentu pro odhad rozptylu mezi laboratořemi a rozptylu opakovatelnosti je návrh ANOVANP1) popsáný v normě ISO 5725-2. Při tomto uspořádání se pro každou zúčastněnou laboratoř shromažďuje stejný počet pozorování za podmínek opakovatelnosti. Alternativní návrhy pro mezilaboratorní studie, v nichž se kromě faktoru Laboratoř mění i další faktory, jsou popsány v normě ISO 5725-3. Vyhodnocením nejistot na základě takového návrhu studie se zabývá norma ISO 21748^[6]. Podobně v případě, že pozorování nejsou tříděna podle laboratoří, ale podle různých podmínek měření (např. různé týdny nebo technici) v rámci jedné laboratoře, lze složku rozptylu mezi skupinami považovat za příspěvek nejistoty vyplývající z náhodné variability podmínek měření, které představují třídící faktor. Pokud jsou například výsledky zkoušek získávány za podmínek opakovatelnosti jednou týdně, může analýza rozptylu poskytnout odhad vlivu variability mezi týdny.

Ačkoli hierarchické návrhy patří k nejběžnějším návrhům pro odhad náhodné variability, nejsou jedinou užitečnou skupinou návrhů. Příkladem je experiment prováděný s použitím tří přístrojů, tří šarží činidel a tří šarží kazet pro extrakci pevnou fází (SPE), kde jsou do návrhu zahrnuty všechny možné kombinace pro celkem $3 \times 3 \times 3 = 27$ zkoušek. Protože při každé možné kombinaci je stejný počet pozorování, nazývá se tento návrh vyvážený, a protože faktory nejsou vnořeny jeden do druhého, označují se faktory Přístroj, Činidlo a SPE kazeta jako „zkřížené“. Tento typ experimentu je uvažován v normě ISO/TS 17503^[5] pro vyhodnocení nejistoty průměru ve dvoufaktorových faktoriálních návrzích. Stejně jako v případě hierarchického návrhu je v uvedeném příkladu cílem určit složky rozptylu odpovídající třem faktorům. Vhodné modely jsou k dispozici a ve statistické literatuře se označují jako modely s náhodnými efekty nebo (pokud je jeden z faktorů s pevnými efekty) modely se smíšenými efekty. Tento přístup lze rozšířit tak, aby zohledňoval více než tři faktory. Pokud se však do návrhu zahrnou všechny kombinace úrovní faktorů, může být odpovídající počet měření velmi vysoký. Například pro pět faktorů, z nichž každý má tři úrovně, existuje již $3^5 = 243$ kombinací úrovní faktorů. Pokud je nutné do experimentu zahrnout pět nebo více faktorů, měl by být počet úrovní co nejnižší (dvě úrovně) a doporučuje se realizovat ortogonální návrh pouze s vybranými kombinacemi úrovní faktorů.

V tomto dokumentu se předpokládá, že měřené hodnoty jsou nezáporná čísla a že všechny složky rozptylu kromě reziduální se skládají ze dvou částí: jedna část závisí na měřené veličině a druhá je při různých úrovních konstantní. Odhad složek rozptylu lze provést několika metodami.

U vyvážených návrhů je určení středních hodnot průměrných čtverců v rámci klasické analýzy

rozptylu jednoduché. Pro odhad složek rozptylu se obecně doporučuje metoda restriktivní (někdy také nazývané reziduální) maximální věrohodnosti (REML), která je použitelná jak pro vyvážené, tak pro nevyvážené návrhy.

1 Předmět normy

Tento dokument specifikuje experimentální postupy a statistickou analýzu pro určení nejistoty měření v situacích, kdy platí tyto podmínky:

Podmínka 1: Úroveň měřené veličiny je nezáporná, např. úroveň koncentrace kontaminantu ve vzorku.

Podmínka 2: Chyba měření se skládá ze dvou nezávislých složek: pro jednu z těchto složek je relativní směrodatná odchylka konstantní (tj. absolutní odchylka je úměrná úrovni měřené veličiny), zatímco pro druhou složku je směrodatná odchylka konstantní (tj. nezávislá na úrovni měřené veličiny).

Podmínka 3: Mohou být připraveny vzorky pro různé úrovně měřené veličiny; pokud je úroveň měřené veličiny koncentrace chemické látky, lze vzorky získat např. obohacením (spikováním) čistých vzorků.

Podmínky 1 a 2 jsou splněny pro většinu aplikací instrumentálních chemických analýz. Podmínku 3 lze u chemických analýz splnit, jsou-li k dispozici čisté vzorky.

Tento dokument lze také použít ke stanovení preciznosti určité laboratoře pro různé techniky, různé podmínky prostředí, stejné nebo podobné zkoušené jednotky se stejnou úrovní měřené veličiny, za určité časové období.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.

NP1) NÁRODNÍ POZNÁMKA Termín návrh ANOVA je nesprávný. ANOVA se využívá k odhadu složek rozptylu.