SPÉCIFICATION TECHNIQUE

ISO/TS 23471

Première édition
2022-11

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

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

ISO/TS 23471:2022 - Preview only Copy via ILNAS e-Shop

Numéro de référence
ISO/TS 23471:2022(F)

© ISO 2022

ISO/TS 23471:2022 - Preview only Copy via ILNAS e-Shop

DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **iv**
Introduction ..... **v**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **1**
3 Termes et définitions **1**
4 Symboles **3**
5 Principes généraux **5**
5.1 Généralités 5
5.2 Principes de l'approche conventionnelle 5
5.3 Principes de l'approche factorielle 5
6 Approche conventionnelle **6**
6.1 Considérations d'ordre général 6
6.2 Sélection des échantillons et des niveaux 6
6.3 Plan d'expérience 6
6.4 Analyse statistique 6
6.4.1 Modèle statistique 6
6.4.2 Calcul de la répétabilité interne et de la reproductibilité interne 7
6.4.3 Calcul de l'incertitude de mesure 9
7 Approche factorielle **9**
7.1 Considérations d'ordre général 9
7.2 Sélection des matériaux d'échantillon, des facteurs et des niveaux de facteur 10
7.3 Plan d'expérience 10
7.4 Analyse statistique 11
7.4.1 Modèle statistique 11
7.4.2 Calcul de la répétabilité interne et de la reproductibilité interne 12
7.4.3 Calcul de l'incertitude de mesure 13
Annexe A (informative) **Estimation par la méthode REML** **15**
Annexe B (informative) **Plan orthogonal à 8 combinaisons de niveaux de facteur pour 7 facteurs à 2 niveaux de facteur** **16**
Annexe C (informative) **Plan orthogonal à 12 combinaisons de niveaux de facteur pour 3 facteurs à 2 niveaux de facteur et 1 facteur à 3 niveaux de facteur** **18**
Annexe D (informative) **Plan orthogonal à 9 combinaisons de niveaux de facteur pour 4 facteurs à 3 niveaux de facteur** **20**
Annexe E (informative) **Intervalle d'incertitude de mesure asymétrique** **22**
Annexe F (informative) **Exemple** **23**
Bibliographie **27**

ISO/TS 23471:2022 - Preview only Copy via ILNAS e-Shop

© ISO 2022 – Tous droits réservés

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 69, *Application des méthodes statistiques*, sous-comité SC 6, *Méthodes et résultats de mesure*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

ISO/TS 23471:2022 - Preview only Copy via ILNAS e-Shop

© ISO 2022 – Tous droits réservés

Introduction

Le présent document a été élaboré en réponse au besoin de plans intralaboratoires normalisés pour déterminer l'incertitude de mesure (JCGM 100[1]) au moyen d'expériences. Il s'applique aux situations dans lesquelles l'écart-type des observations n'est pas constant mais dépend du mesurande, et où l'incertitude de mesure est dérivée en utilisant une méthode descendante. Ce besoin a été exprimé dans des secteurs tels que la protection des consommateurs, la sécurité alimentaire, l'analyse environnementale et le diagnostic médical.

L'évaluation de l'incertitude requiert habituellement la quantification et la combinaison subséquente d'incertitudes ayant pour origine une variation aléatoire et d'incertitudes associées à des corrections. Une variation aléatoire peut survenir au sein d'une expérience spécifique sous les mêmes conditions ou sur toute une plage de conditions. Dans le premier cas, la variation apparaît dans des conditions de répétabilité et est, de ce fait, généralement qualifiée d'écart-type de répétabilité ou coefficient de variation de répétabilité; la fidélité sur toute une plage de conditions est en général appelée «fidélité intermédiaire» ou «reproductibilité» (ISO 5725 (toutes les parties)[3]).

Le plan d'expérience le plus courant pour l'estimation de la variance de laboratoire et de la variance de répétabilité est le plan ANOVA, décrit dans l'ISO 5725-2. Dans ce plan, un nombre égal d'observations est recueilli dans des conditions de répétabilité pour chaque laboratoire participant. D'autres plans destinés aux études interlaboratoires, dans lesquels d'autres facteurs sont modifiés en plus du facteur «laboratoire», sont décrits dans l'ISO 5725-3. L'évaluation des incertitudes fondée sur un tel plan de l'étude est traitée dans l'ISO 21748[6]. De manière similaire, lorsque les observations ne sont pas rassemblées dans différents laboratoires mais selon des groupes de différentes conditions de mesure (par exemple semaines ou techniciens différents) au sein du même laboratoire, la composante inter-groupes de la variance peut être considérée comme représentative de la contribution à l'incertitude ayant pour origine la variation aléatoire de la condition de mesure représentée par le facteur «groupe». Par exemple, si des résultats d'essai sont obtenus dans des conditions de répétabilité une fois par semaine, l'analyse de variance peut fournir une estimation de l'effet de la variation inter-semaines.

S'ils comptent parmi les plans d'estimation de la variation aléatoire les plus courants; les plans emboîtés ne sont pas pour autant les seuls à présenter une utilité. Considérons par exemple une expérience menée en utilisant trois instruments, trois lots de réactifs et trois lots de cartouches d'extraction en phase solide (SPE, de l'anglais «solid phase extraction»), où chaque combinaison possible est prise en compte dans le plan, soit un total de 3 × 3 × 3 = 27 traitements. Étant donné que chaque combinaison possible comprend le même nombre d'observations, ce plan est dit «équilibré» et, les facteurs n'étant pas emboîtés les uns dans les autres, les facteurs «instrument», «réactif» et «cartouche SPE» sont dits «croisés». Ce type d'expérience est traité dans l'ISO/TS 17503[5] relative à l'évaluation de l'incertitude de la moyenne des modèles à deux facteurs croisés. Tout comme dans le cas du plan emboîté, l'objectif est d'extraire les composantes de la variance correspondant aux trois facteurs. Il existe dans la littérature statistique des modèles appropriés appelés «modèles à effets aléatoires» ou (si un des facteurs a un effet fixe) «modèles à effets mixtes». Cette approche peut être étendue à plus de trois facteurs. Cependant, si toutes les combinaisons de niveaux de facteur sont prises en compte dans le plan, le nombre de mesurages correspondant peut devenir très élevé. Par exemple, cinq facteurs ayant chacun trois niveaux donnent déjà 3^5 = 243 combinaisons de niveaux de facteur. S'il est nécessaire d'inclure au moins cinq facteurs dans l'expérience, il convient que le nombre de niveaux soit aussi faible que possible (deux niveaux) et il est recommandé de mettre en œuvre un plan orthogonal, incluant une sélection limitée de combinaisons de niveaux de facteur.

Il est supposé, dans le présent document, que les valeurs mesurées sont des nombres non négatifs et que toutes les composantes de la variance comportent deux parties: l'une qui est proportionnelle au niveau du mesurande et l'autre qui est constante pour tous les niveaux. Plusieurs méthodes permettent d'estimer les composantes de la variance. Pour les plans équilibrés, le calcul des carrés moyens attendus à partir d'une analyse de variance classique s'effectue directement. Le recours à l'estimation du maximum de vraisemblance restreint (parfois également dit «résiduel» [REML, de l'anglais «restricted maximum likelihood estimation»]) est largement recommandé pour l'estimation des composantes de la variance; cette méthode s'applique aussi bien aux plans équilibrés qu'aux plans non équilibrés.

ISO/TS 23471:2022 - Preview only Copy via ILNAS e-Shop

© ISO 2022 – Tous droits réservés

ISO/TS 23471:2022 - Preview only Copy via ILNAS e-Shop