ACCREDIA L'Ente Italiano di Accreditamento

NELLA MISURA IL DATO

L'incertezza di misura

Paola PEDONE
Funzionario Tecnico
Dipartimento Laboratori di Taratura

Forlì
10 ottobre 2018

GUM *Guide to the Expression of Uncertainty in measurement*

La **GUM** è stata pubblicata nel 1995 dal BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP e l'OIML.

Le organizzazioni coinvolte nello sviluppo della guida sono:

- **BIPM**: Bureau international des Poids et Mesures
- **IEC**: International Electrotechnical Commission
- **IFCC**: International Federation of Clinical Chemistry
- **ISO**: International Organization for Standardization
- **IUPAC**: International Union of Pure and Applied Chemistry
- **IUPAP**: International Union of Pure and Applied Physics
- **OIML**: International Organization of Legal Metrology
- **ILAC**: International Laboratory Accreditation Cooperation (dal 2005)

JCGM *http://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/*

Il JCGM (*Joint Commettee for Guides in Metrology*) è responsabile della GUM (WG 1) e del VIM (WG 2)

Bureau International des Poids et Mesures – the intergovernmental organization through which Member States act together on matters related to measurement science and measurement standards.

Search facility:

| Site map | News | Contact us | [FR]

ABOUT US | WORLDWIDE METROLOGY | INTERNATIONAL EQUIVALENCE | SI UNITS | SERVICES | PUBLICATIONS | MEETINGS

> You are here: worldwide metrology: committee structure > Joint Committees > JCGM

Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM)

JCGM | Mission | Members | JCGM Charter | WG1 | WG2 | JCGM publications | Members' working area

The tasks of the JCGM are to maintain and promote the use of the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (known as the GUM) and the *International Vocabulary of Metrology* (known as the VIM). The JCGM has taken over responsibility for these two documents from ISO TAG 4, who originally published them under the auspices of the BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML.

The JCGM operates through two working groups: the JCGM-WG1, with responsibility for the GUM, and the JCGM-WG2, with responsiblity for the VIM.

For full details please see:

- JCGM Charter

News from JCGM-WG1	News from JCGM-WG2

President: Dr M.J.T. Milton
Director of the BIPM
Bureau International des Poids et Mesures
France

Executive Secretary: Mr R. Sitton
Bureau International des Poids et Mesures
France

JCGM publications

- **GUM** – *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*
- **VIM** – *International Vocabulary of Metrology*

JCGM summary

- General information
- JCGM Charter
- Bibliography on Uncertainty
- JCGM Working Group on the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)
- JCGM Working Group on the International Vocabulary of Metrology (VIM)

Open documents

- JCGM documents
- JCGM-WG1 documents
- "Annotated VIM3"
- Rationale papers on VIM3
- FAQs on the VIM3

Guides *http://www.bipm.org/en/publications/guides/*

Bureau International des Poids et Mesures

– the intergovernmental organization through which Member States act together on matters related to measurement science and measurement standards.

Search facility:

| Site map | News | Contact us | [FR]

ABOUT US | WORLDWIDE METROLOGY | INTERNATIONAL EQUIVALENCE | SI UNITS | SERVICES | PUBLICATIONS | MEETINGS

Guides in Metrology

Overview | Uncertainty in Measurement (GUM) | Vocabulary of Metrology (VIM)

The Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) has responsibility for the following two publications:

- *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (known as the GUM); and
- *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms* (known as the VIM).

The latest versions of these and related publications can be downloaded free of charge from the BIPM website.

In order to benefit fully from the hyperlinking between the documents, the reader is advised to download all JCGM documents presently available in one ZIP file.

Related articles

GUM:

- **BIPM Workshop on Measurement Uncertainty**
- Software related to the GUM and the GUM supplements 1 and 2
- Tutorial for metrologists on the probabilistic and statistical apparatus underlying the GUM and related documents
- Bibliography on Uncertainty
- News from JCGM-WG1
- JCGM Working Group 1

VIM:

- "Annotated VIM3"
- The rationale for VIM3
- FAQs on the VIM3
- News from JCGM-WG2
- JCGM Working Group 2

Il WG1 del JCGM ha pubblicato due supplementi alla GUM e sta sviluppando nuovi documenti al fine di superare alcune limitazioni proprie della GUM

GUM http://www.bipm.org/en/publications/guides/

Guides in Metrology

Overview | Uncertainty in Measurement (GUM) | Vocabulary of Metrology (VIM)

In order to benefit fully from the hyperlinking between the documents, the reader is advised to download all JCGM documents presently available in one ZIP file.

The fundamental reference document is the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM):

Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement
JCGM 100:2008
(GUM 1995 with minor corrections)

Note: JCGM 100:2008 is also available in HTML form from the JCGM portal on ISO's website.

The JCGM Working Group 1 (JCGM-WG1) is producing a series of documents to accompany the GUM. The first four of these documents have been approved and are available for download as PDF files. Printed copies are available for purchase from ISO.

Evaluation of measurement data – An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents
JCGM 104:2009

Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method
JCGM 101:2008

Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Extension to any number of output quantities
JCGM 102:2011

Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment
JCGM 106:2012

Evaluation of measurement data – Concepts and basic principles

GUM 1995 con correzioni minori

Supplemento 1 Metodo Monte Carlo

Supplemento 2 Modelli Multivariati

JCGM 106:2012 Ruolo dell'incertezza di misura nella valutazione della conformità

GUM http://www.bipm.org/en/publications/guides/

Guides in Metrology

Overview | Uncertainty in Measurement (GUM) | Vocabulary of Metrology (VIM)

In order to benefit fully from the hyperlinking between the documents, the reader is advised to download all JCGM documents presently available in one ZIP file.

The fundamental reference document is the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM):

Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement
JCGM 100:2008
(GUM 1995 with minor corrections)

Note: JCGM 100:2008 is also available in HTML form from the JCGM portal on ISO's website.

The following documents are at an early stage of preparation:

- *Evaluation of measurement data – Supplement 3 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Modelling*
- *Evaluation of measurement data – Applications of the least-squares method*

W. Bich, "Revision of the "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement". Why and how", Metrologia 51 (2014), S155-S158.

VIM *http://www.bipm.org/en/publications/guides/*

Guides in Metrology

Overview | Uncertainty in Measurement (GUM) | Vocabulary of Metrology (VIM)

The following, corrected version of the 3rd edition cancels and replaces JCGM 200:2008 (see the JCGM 200:2008 *Corrigendum*) and the 2nd edition (1993). It can be downloaded as a PDF file or browsed online complete with annotations.

↘	*International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms* (VIM 3rd edition) JCGM 200:2012 (JCGM 200:2008 with minor corrections)
↘	See also: **VIM Definitions with Informative Annotations** (html format) (last updated 29 April 2017) The annotations are developed exclusively by JCGM-WG2.

The VIM, published by the JCGM in English and French, has been translated into a number of other languages, including:

Arabic, Catalan, Croatian, Czech, German, Hungarian, Italian, Japanese, Portuguese (Portugal and Brazil), Romanian, Russian, Serbian, Spanish (Spain and Peru), Thai, Turkish, and Ukrainian.

For more information, please contact your NMI.

VIM *https://www.ceinorme.it/it/normazione-it/vim/vim-content-it.html*

VIM - Vocabolario Internazionale di Metrologia

Lavori Normativi

Comitati Tecnici

Le norme

Organismi normatori internazionali

Programma di normazione nazionale

Inchieste Pubbliche

Aggiornamenti Normativi

Quesiti Tecnici

VIM – Vocabolario Internazionale di Metrologia

Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM) Concetti di base e generali e termini associati

Indice | Indice alfabetico | Indice analitico | <<<<<<< | Info su VIM

Contents	Sommaire	Indice
1 Quantities and units	**1 Grandeurs et unités**	**1 Grandezze e unità**
1.1 quantity	1.1 grandeur	1.1 grandezza
1.2 kind of quantity	1.2 nature de grandeur	1.2 specie di grandezza
1.3 system of quantities	1.3 système de grandeurs	1.3 sistema di grandezze
1.4 base quantity	1.4 grandeur de base	1.4 grandezza di base
1.5 derived quantity	1.5 grandeur dérivée	1.5 grandezza derivata
1.6 International System of Quantities	1.6 Système international de grandeurs	1.6 Sistema internazionale di grandezze
1.7 quantity dimension	1.7 dimension	1.7 dimensione di una grandezza
1.8 quantity of dimension one	1.8 grandeur sans dimension	1.8 grandezza adimensionale
1.9 measurement unit	1.9 unité de mesure	1.9 unità di misura
1.10 base unit	1.10 unité de base	1.10 unità di base
1.11 derived unit	1.11 unité dérivée	1.11 unità derivata
1.12 coherent derived unit	1.12 unité dérivée cohérente	1.12 unità derivata coerente
1.13 system of units	1.13 système d'unités	1.13 sistema di unità
1.14 coherent system of units	1.14 système cohérent d'unités	1.14 sistema di unità coerente
1.15 off-system measurement unit	1.15 unité hors système	1.15 unità fuori sistema
1.16 International System of Units	1.16 Système international d'unités	1.16 Sistema Internazionale di unità
1.17 multiple of a unit	1.17 multiple d'une unité	1.17 multiplo dell'unità
1.18 submultiple of a unit	1.18 sous-multiple d'une unité	1.18 sottomultiplo di una unità
1.19 quantity value	1.19 valeur d'une grandeur	1.19 valore di una grandezza

VIM - Vocabolario Internazionale di Metrologia

Lavori Normativi

Comitati Tecnici

Le norme

Organismi normatori internazionali

Programma di normazione nazionale

Inchieste Pubbliche

Aggiornamenti Normativi

Quesiti Tecnici

VIM – Vocabolario Internazionale di Metrologia

Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM) Concetti di base e generali e termini associati

Indice Indice alfabetico Indice analitico <<<<<<< Info su VIM

2.26 (3.9)	2.26 (3.9)	2.26
measurement uncertainty uncertainty of measurement uncertainty	**incertitude de mesure, f** incertitude, f	**incertezza di misura** incertezza
non-negative parameter characterizing the dispersion of the **quantity values** being attributed to a **measurand**, based on the information used	paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des **valeurs** attribuées à un **mesurande**, à partir des informations utilisées	parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei **valori** che sono attribuiti a un **misurando**, sulla base delle informazioni utilizzate
NOTE 1 Measurement uncertainty includes components arising from systematic effects, such as components associated with **corrections** and the assigned quantity values of **measurement standards**, as well as the **definitional uncertainty**. Sometimes estimated systematic effects are not corrected for but, instead, associated measurement uncertainty components are incorporated.	NOTE 1 L'incertitude de mesure comprend des composantes provenant d'effets systématiques, telles que les composantes associées aux **corrections** et aux valeurs assignées des **étalons**, ainsi que l'**incertitude définitionnelle**. Parfois, on ne corrige pas des effets systématiques estimés, mais on insère plutôt des composantes associées de l'incertitude.	NOTA 1 L'***incertezza di misura*** include componenti che hanno origine da effetti di natura sistematica, come le componenti associate alle **correzioni** e i valori assegnati ai **campioni di misura**, e comprende anche l'**incertezza di definizione**. Talvolta, effetti sistematici stimati non vengono corretti, ma si preferisce aggiungere ulteriori componenti dell'***incertezza di misura*** che ne tengano conto.
NOTE 2 The parameter may be, for example, a standard deviation called **standard measurement uncertainty** (or a specified multiple of it), or the half-width of an interval, having a stated **coverage probability**.	NOTE 2 Le paramètre peut être, par exemple, un écarttype appelé **incertitude-type** (ou un de ses multiples) ou la demi-étendue d'un intervalle ayant une **probabilité de couverture** déterminée.	NOTA 2 Il parametro citato nella presente definizione può essere, per esempio, uno scarto tipo chiamato **incertezza tipo** (o un multiplo specificato di questa), oppure può essere la semiampiezza di un intervallo avente una **probabilità di copertura**

Norme UNI

ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE

Login

CERCA IN TUTTO IL CATALOGO...

Home | Chi siamo | Associazione | Normazione | Catalogo | Formazione | Aree di lavoro | Notizie

Home > Catalogo > Catalogo Norme > Ricerca Avanzata del Catalogo > **Risultati**

Catalogo

- NAVIGA PER :
  - ICS
  - Organo tecnico UNI
  - Organo tecnico ISO
  - Organo tecnico CEN
- RICERCA AVANZATA
- HOME

Carrello UNIstore

Non ci sono articoli nel tuo carrello.

Lista dei risultati

Numero norme trovate: **33**

Titolo: INCERTEZZA
Stato: Valida
Tipo Norma: Norme UNI
Tipologie: Tutte le tipologie

Modifica la ricerca Nuova ricerca

Articoli da 1 a 10 di 33 in totale **Pagina:** 1 2 3 4 ▸ ⏭ Mostra 10 per pagina

Ordina per: Codice norma | Data entrata in vigore |

EC 1-2018 UNI EN ISO 14253-5:2015
Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Verifica mediante misurazione dei pezzi lavorati e delle apparecchiature per misura - Parte 5: Incertezza nelle prove di strumenti di misura indicatori

EC 1-2018 UNI CEI 70098-3:2016
Incertezza di misura - Parte 3: Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Normativa di riferimento e guide

- CEI UNI 70098-3:2016, Incertezza di misura - Parte 3: Guida all'espressione dell'incertezza di misura (recepisce la ISO/IEC 98-3:2008 e "sostituisce" la UNI CEI ENV 13005:2000) ⇨ JCGM 100:2008
- UNI CEI 70099:2008, Vocabolario Internazionale di Metrologia - Concetti fondamentali e generali e termini correlate (VIM) (recepisce la ISO/IEC 99:2007) ⇨ JCGM 200:2012 (VIM3)
- ISO 21748:2017, Guide to the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty evaluation
- ISO/TS 21749:2005, Measurement uncertainty for metrological applications -- Repeated measurements and nested Experiments

- EA-4/02 M: 2013, Expression of the uncertainty of measurement in calibration
- ILAC-G8:03/2009, Guidelines on the reporting of compliance with specification

Normativa di riferimento e guide

- S. L. R. Ellison, A. Williams (Eds), Quantifying uncertainty in analytical measurement, 3rd Edition, Eurachem/CITAC, 2012, ISBN 978-0-948926-30-3 (www.eurachem.org)
- S. L. R. Ellison, A. Williams, Use of uncertainty information in compliance assessment, Eurachem/CITAC, 2007
- N. Majcen, P. Taylor, T. Martišius, A. Menditto, M. Patriarca, Practical examples on traceability, measurement uncertainty and validation in chemistry, Vol 2, 2011, European Commission, Joint Research Centre
- B. Magnusson and U. Örnemark (eds.), Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). Tradotta in italiano da E. Gregori, M. Patriarca e M. Sega

GUM

Scopo e campo di applicazione:

- stabilire le regole generali per la valutazione e l'espressione dell'incertezza di misura che possono essere eseguite, a vari livelli di accuratezza, in molti campi – dall'officina alla ricerca di base;
- definire principi applicabili ad un vasto spettro di misure, tra cui quelle necessarie per :
  - mantenere il controllo e l'assicurazione della qualità nella produzione;
  - essere conformi a leggi e regolamenti o imporne il rispetto;
  - condurre ricerca di base, o applicate, o di sviluppo, nella scienza e nell'ingegneria;
  - tarare campioni e strumenti, ed eseguire prove nell'ambito di un sistema nazionale di misurazione, allo scopo di ottenere la riferibilità ai campioni nazionali.
- Espressione dell'incertezza di misura di una grandezza fisica ben definite – il misurando – che sia caratterizzabile mediante un unico valore

Incertezza di misura

(Definizione §2.2.3)

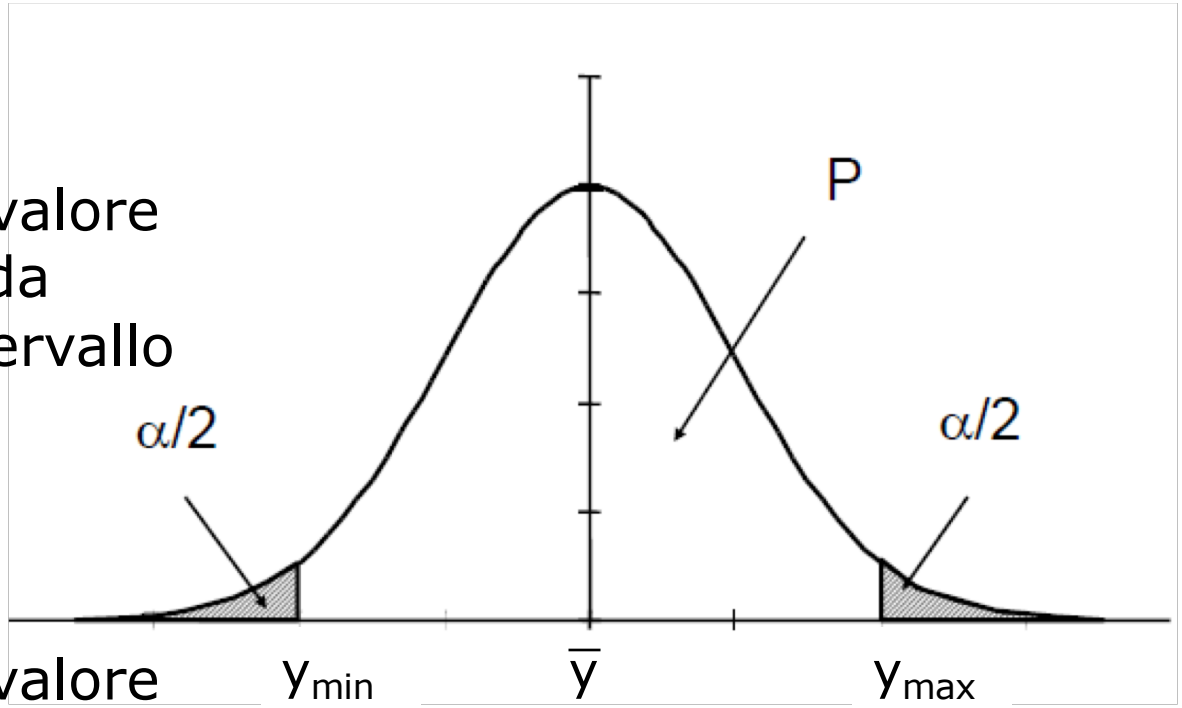
Un parametro, associato al risultato di una misurazione, che caratterizza la dispersione dei valori **ragionevolmente** attribuibili al misurando

La parola "incertezza" significa dubbio, e pertanto "incertezza di misura", nella sua accezione più ampia, significa dubbio circa la validità del risultato di una misurazione

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Rischio d'errore di prima specie (α)

Definito l'intervallo di fiducia [y_{min}, y_{max}] nell'intorno di $\bar{y}$, miglior stima di y



P → probabilità che il valore del misurando cada all'interno dell'intervallo [y_{min}, y_{max}]

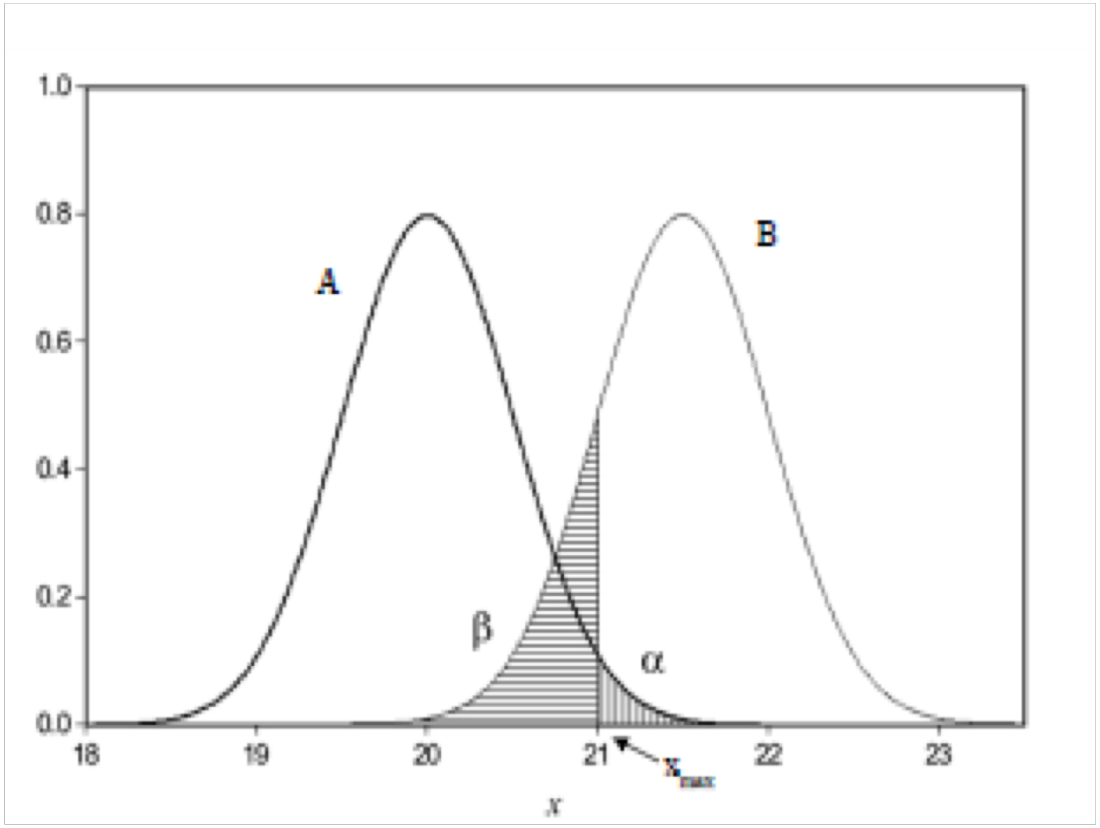
P → Livello di fiducia

α → probabilità che il valore del misurando cada al di fuori dell'intervallo [y_{min}, y_{max}]

α → Rischio d'errore

Rischio d'errore di seconda specie (β)

α ⇩ β ⇧



In ambito metrologico è definito un livello di fiducia (P) **convenzionale** pari al **95 %** che porta ad un **rischio d'errore** α **= 5 %**

Taratura

(Definizione § 2.3.9)

Operazione eseguita in condizioni specificate, che in una prima fase stabilisce una relazione tra i valori di una grandezza, con le rispettive incertezze di misura, forniti da campioni di misura, e le corrispondenti indicazioni, comprensive delle **incertezze di misura** associate, e in una seconda fase usa queste informazioni per stabilire una relazione che consente di ottenere un risultato di misura a partire da un'indicazione

Calibrazione deriva dall'inglese *calibration* e NON DEVE essere usato

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Riferibilità Metrologica

(Definizione § 2.41)

proprietà di un **risultato di misura** secondo cui esso è posto in relazione a un riferimento attraverso una documentata catena ininterrotta di **tarature**, ciascuna delle quali contribuisce alla **incertezza di misura**.

Metrological Traceability

property of a measurement result whereby the result can be related to a reference through a documented unbroken chain of calibrations, each contributing to the measurement uncertainty

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Riferibilità Metrologica

Proprietà del risultato della misurazione che consente di poterlo riferire a campioni appropriati attraverso una catena ininterrotta di confronti, tutti con **incertezza** determinata

Caratteristica acquisita attraverso l'operazione di **taratura**

La riferibilità implica che sia stata definita una gerarchia di campioni materiali e di strumenti di misura dal campione primario ai dispositivi di misura. Essi sono caratterizzati da un'incertezza intrinseca crescente, dal momento che la catena di confronti aggiunge in ogni passaggio nuovi contributi d'incertezza.

Incertezza estesa

(Definizione § 2.3.5)

grandezza che definisce, intorno al risultato di una misurazione, un intervallo che ci si aspetta comprendere una frazione rilevante della distribuzione di valori ragionevolmente attribuibili al misurando

Nota 1 La frazione può essere interpretata come la probabilità di copertura o livello di fiducia dell'intervallo

Nota 2 Per poter associare uno specifico livello di fiducia all'intervallo definito dall'incertezza estesa è necessario fare ipotesi, esplicite o implicite, sulla distribuzione di probabilità caratterizzata dal risultato di misura e della sua incertezza tipo composta. Il livello di fiducia che può essere attribuito a questo intervallo può essere conosciuto solo nei limiti entro i quali quelle ipotesi siano giustificate

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Accuratezza di misura

(Definizione § 2.13)

Grado di concordanza tra un valore misurato e un valor vero di un misurando

Nota 1: non è una grandezza e a essa non si assegna un valore numerico. Una misurazione è ritenuta tanto più accurata quanto minori sono gli errori di misura che la caratterizzano

Nota 3: Talvolta l'accuratezza di misura è interpretata come concordanza tra i valori misurati attribuiti a un misurando

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Precisione di misura

(Definizione § 2.15)

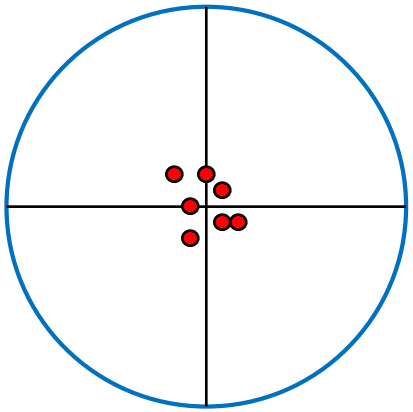
Grado di concordanza tra indicazioni o valori misurati ottenuti da un certo numero di misurazioni ripetute dello stesso oggetto o di oggetti similari, eseguite in condizioni specificate

Nota 1: generalmente è espressa numericamente mediante scarti tipo, varianza, o coefficienti di variazione sotto condizioni di misurazione s specificate

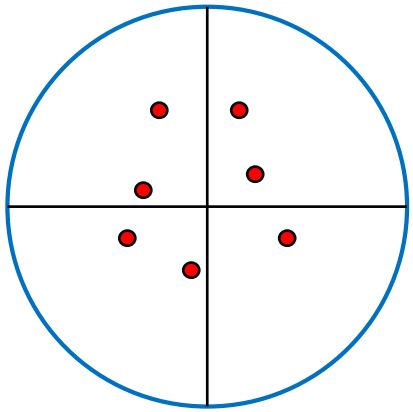
Nota 2: Le condizioni specificate, citate nella presente definizione, possono essere, per esempio, condizioni di ripetibilità, condizioni di ripetibilità intermedia, oppure condizioni di riproducibilità

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Accuratezza e Precisione

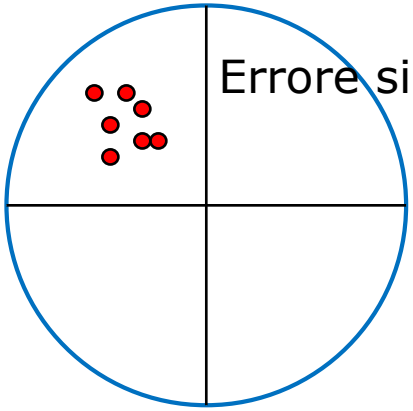


Accurata e precisa



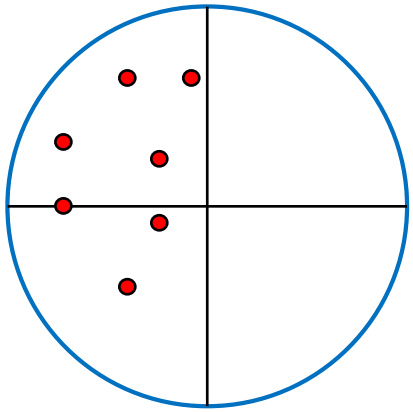
Ripetibilità e/o riproducibilità scarsa

Accurata ma non precisa



Errore sistematico

Precisa ma non accurata



Ripetibilità e/o riproducibilità scarsa

Non accurata e non precisa

Ripetibilità

(Definizione § B.2.15)

Grado di concordanza tra i risultati di successive misurazioni dello stesso misurando effettuate nelle stesse condizioni di misura

Nota 1: queste condizioni sono denominate condizioni di ripetibilità

Nota 2: le condizioni di ripetibilità comprendono:

- la stessa procedura di misura
- lo stesso osservatore
- lo stesso strumento di misura utilizzato nelle stesse condizioni
- lo stesso luogo
- ripetizione entro un breve periodo di tempo

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Riproducibilità

(Definizione § B.2.16)

Grado di concordanza tra i risultati di misurazioni successive dello stesso misurando effettuate cambiando le condizioni di misura

Nota 1: perché un'espressione della riproducibilità sia valida è necessario specificare le condizioni che sono state fatte variare

Nota 2: le condizioni che possono essere variate comprendono:

- il principio di misura
- Il metodo di misura
- lo strumento di misura
- il campione di riferimento
- il luogo
- le condizioni di utilizzo
- la data

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Misurando

(Definizione § 2.3)

Grandezza che si intende misurare

Nota 1: richiede la conoscenza della specie di grandezza la descrizione del fenomeno, del corpo o della sostanza di cui la grandezza costituisce una proprietà, includendo tutti i relativi componenti e le entità chimiche in gioco

Esempio: la lunghezza di una barra d'acciaio alla temperatura di 20 °C

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Risultato di misura

(Definizione § 2.9)

Insieme di valori attribuiti a un misurando congiuntamente a ogni altra informazione pertinente disponibile

NOTA 1: Generalmente un risultato di misura contiene informazioni pertinenti circa l'insieme dei valori di una grandezza, per esempio che alcuni di questi possono essere maggiormente rappresentativi del misurando rispetto ad altri. Tale informazione può essere espressa nella forma di una funzione di densità di probabilità (in lingua inglese «probability density function», da cui l'acronimo PDF).

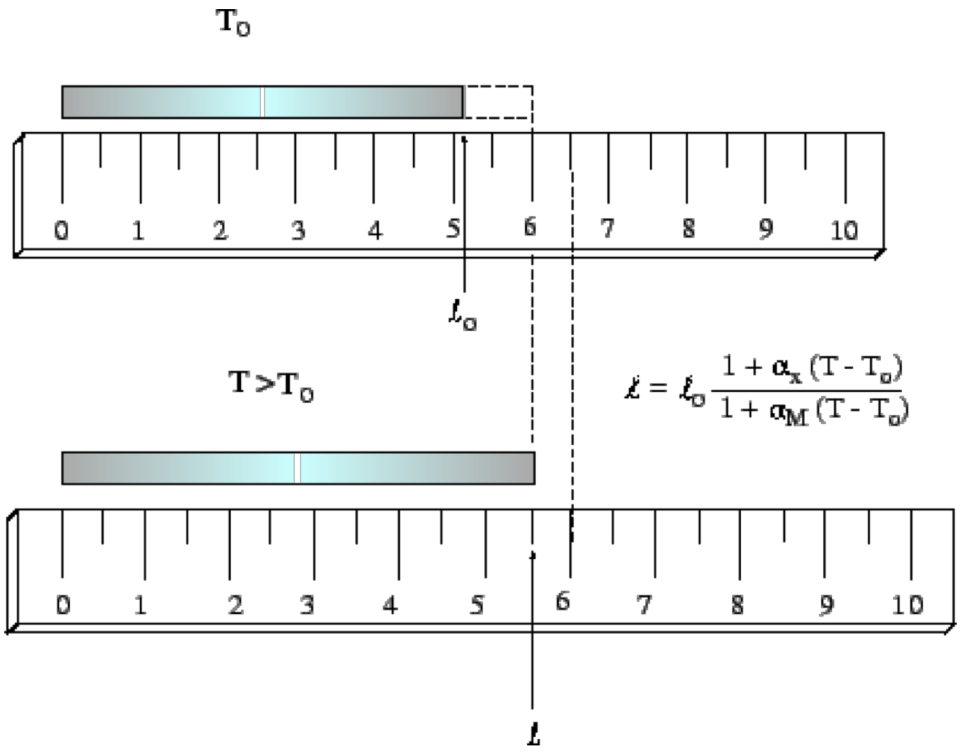
Nota 2: generalmente un risultato di misura è espresso come un unico valore misurato e un'incertezza di misura

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Errore di misura

(Definizione § 2.16)

Valore misurato di una grandezza meno un valore di riferimento di una grandezza



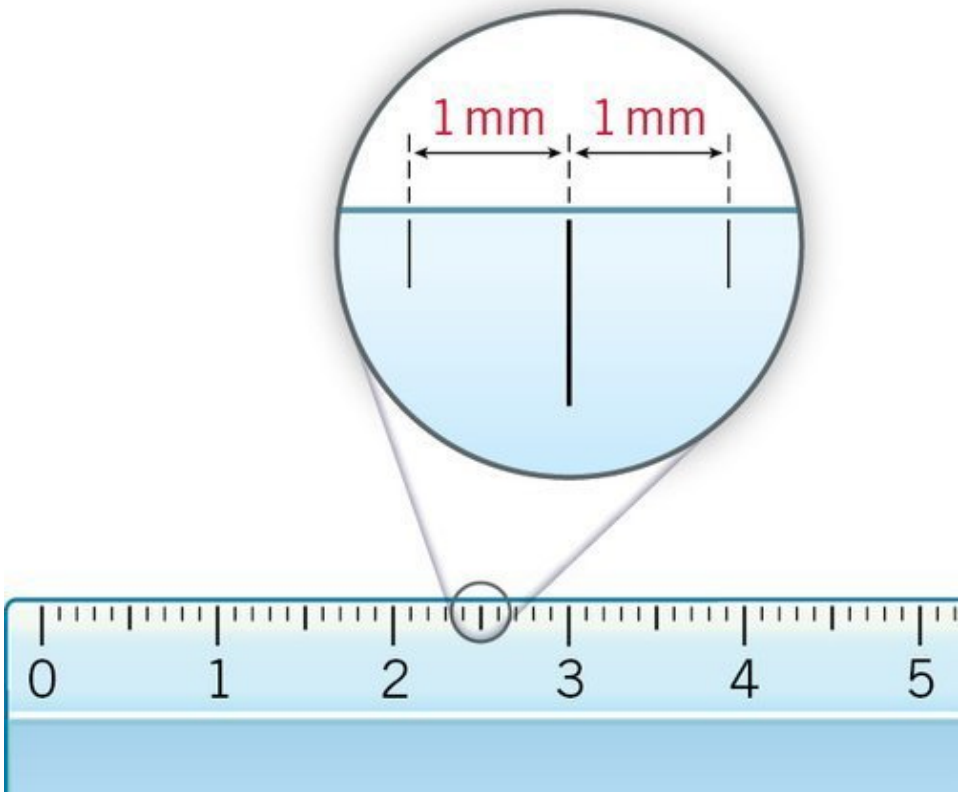
Nota 1: il concetto è impiegato quando per esempio esiste un singolo valore di riferimento a cui riferirsi per esempio quando si effettua una taratura impiegando una campione di misura ad incertezza molto più bassa

UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Risoluzione

(Definizione § 4.14)

Il più piccolo cambiamento della grandezza sottoposta a misurazione che provoca un cambiamento rilevabile nell'indicazione corrispondente



UNI CEI 70099 (2008): Vocabolario Internazionale di Metrologia.
Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM).

Risultato della misurazione

Il risultato della misurazione non è la determinazione di uno dei possibili valor veri del misurando, ma l'individuazione di un intervallo di valori ragionevolmente attribuibili al misurando

Le informazioni a disposizione possono modulare l'estensione dell'intervallo dei valori, ma non possono ridurlo ad ampiezza nulla a causa della quantità finita di dettagli nella definizione del misurando stesso

L'obiettivo della misurazione è stabilire la probabilità con la quale un unico valore rappresenta l'intervallo possibile sulla base delle informazioni di cui si dispone

Termini e Definizioni

variabile casuale

variabile che può assumere un qualsiasi valore compreso in un insieme specificato di valori, a cui è associata una probabilità di distribuzione

varianza

valore atteso del quadrato della deviazione di una variabile casuale attorno al suo valore atteso (u^2)

scarto tipo

radice quadrata positiva della varianza di una variabile casuale (u)

incertezza tipo di misura

incertezza di misura espressa come scarto tipo (u)

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Termini e Definizioni

correlazione

relazione tra due o più variabili casuali in una distribuzione di due o più variabili casuali

coefficiente di correlazione

espressione quantitativa della mutua interdipendenza di due variabili casuali, uguale al rapporto tra la loro covarianza e la radice quadrata positiva delle loro varianze

covarianza

espressione quantitativa della mutua dipendenza di due variabili casuali, uguale al valore atteso del prodotto delle deviazioni di due variabili casuali dai loro rispettivi valori attesi.

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Termini e Definizioni

fattore di copertura

***k* = 2**

fattore numerico usato come moltiplicatore dell'incertezza tipo di misura per ottenere una incertezza estesa di misura

livello di fiducia

95 %

La frazione, normalmente grande, della distribuzione dei valori che come risultato di una misurazione possa ragionevolmente essere attribuito al misurando.

incertezza estesa

± 2 µm

grandezza che definisce un intervallo intorno al risultato di una misurazione che ci si può attendere comprenda una grande frazione dei valori che possano ragionevolmente essere attribuiti al misurando.

CEI UNI 70098-3 (2016): Guida all'espressione dell'incertezza di misura

Applicazione della GUM

1. Definizione del modello di misura

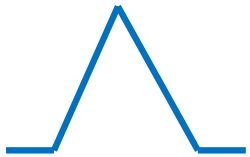
grandezza di uscita, misurando

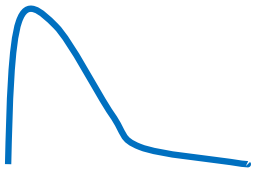
$$Y = f(\mathrm{X}_1, \mathrm{X}_2, \ldots \mathrm{XN})$$

grandezze di ingresso

2. Stima dell'incertezza tipo delle variabili di ingresso x_i

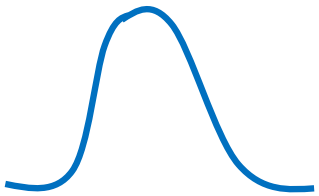
$\mathrm{X}_1 \Rightarrow$ $\Rightarrow u(x_1)$

$\mathrm{X}_2 \Rightarrow$  $\Rightarrow u(x_2)$

$\mathrm{X}_\mathrm{N} \Rightarrow$  $\Rightarrow u(x_1)$

Risultato della misurazione

$$y = f(x_1, x_2, \ldots x_\mathrm{N}) \Rightarrow$$



Applicazione della GUM

3. Calcolo dell'incertezza tipo composta di y, $u_c(y)$ tramite la *legge di propagazione dell'incertezza* (o meglio della varianza)

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^{N} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)$$

basata sull'approssimazione di $Y = f(X_1, X_2, \ldots X_N)$ al prim'ordine di una serie di Taylor

dove le derivate parziali rappresentano i *coefficienti di sensibilità* c_i, descrivono come la stima d'uscita y varia al variare delle stime di ingresso x_i

Assenza di correlazione tra le variabili di ingresso

Applicazione della GUM

4. Calcolo dell'incertezza estesa *U* di *y* tramite il prodotto dell'incertezza tipo composta di *y* per il fattore di copertura *k*

$$U = k\, uc(y)$$

Definizione dell'intervallo di fiducia [*y* – *U*, *y* + *U*] ad un desiderato livello di fiducia *p;* ci si aspetta che tale intervallo comprenda una gran parte della distribuzione di valori (*p*) ragionevolmente attribuibili a *Y* (misurando)

Il fattore di copertura *k* dipende da *p* e dalla forma della distribuzione di probabilità associata al risultato della misurazione

Applicazione della GUM

Determinazione del fattore di copertura *k*

- Y segue una distribuzione normale

  - le $u(x_i)$ sono tutte dello stesso ordine di grandezza

  - non ci sono incertezze di tipo A con pochi gradi di libertà

  - non ci sono incertezze di tipo B definite a partire da distribuzioni uniformi

Purché non prevalgano sulle altre componenti

- Y segue una distribuzione t-student con gradi di libertà effettivi ν_{eff} determinabili con la formula di Welch-Satterthwaite

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^{N} \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}}$$

Possibili fonti di incertezza

Caratteristiche del misurando (es. forma e dimensioni, rugosità, rigidezza, materiale, magnetismo, dilatazione termica, conduttività elettrica/termica, caratteristiche igroscopiche, pulizia, tensioni interne, ecc.)

Definizione incompleta del misurando *(ad es. definizione non esatta del punto in cui eseguire la misurazione)*

Imperfetta realizzazione della definizione del misurando *(spesso la misura si basa su formule o leggi approssimate)*

Campionatura non rappresentativa *(in molti casi si verifica un campione, la cui rappresentatività deve essere valutata)*

Possibili fonti di incertezza

Inadeguata conoscenza degli effetti delle condizioni ambientali sulla misurazione *(temperatura, umidità, pressione atmosferica, gravità, rumore elettrico, vibrazioni, luminosità, radiazioni elettromagnetiche, contaminazione, composizione dell'aria, ecc.)*

Incertezza dell'operatore nella lettura di indicatori, soprattutto analogici
(abilità di lettura, capacità visiva, indice di misura non stabile, ecc.)

Incertezza della strumentazione di misura
(stabilità/deriva, risoluzione, linearità, isteresi, costruzione, parallasse, tempo di risposta, interpolazione, ecc.)

Incertezza dei materiali e/o campioni di riferimento
(es. Blocchetti piano-paralleli, soluzioni campione, ecc.)

Possibili fonti di incertezza

Incertezza del procedimento e del setup di misura *(es. errore del coseno, errore di Abbe, rigidezza del supporto, interazione fra misurando e strumento, numero di misure, frequenza delle misure, acquisizione dati, ecc.)*

Incertezza dovuta ad apparecchiature ausiliarie *(es. cavi elettrici per misurazioni, connettori, termometri per misura della temperatura ambiente, ecc.)*

Incertezza dovuta al software e ai calcoli *(es. approssimazioni, arrotondamenti, algoritmi, campionamento/filtrazione, gestione interna dei valori anomali, interpolazione/estrapolazione, ecc.)*

Incertezza legata alla conoscenza di costanti o valori fisici *(es. accelerazione di gravità, punto di fusione, punto triplo, ecc.)*

Stima delle incertezze delle variabili di ingresso X_i

- **Valutazione di incertezza di tipo A**

- **Valutazione di incertezza di tipo B**

Lo scopo della classificazione è quello di indicare le due diverse modalità di valutazione delle componenti dell'incertezza e non sottintende l'esistenza di differenze nella natura delle componenti risultanti dai due tipi di valutazione.

Entrambi i tipi di valutazione sono basati su distribuzioni di probabilità e le componenti risultanti da ambedue i metodi sono quantificate mediante varianze o scarti tipo.

Incertezza di tipo A

Un'incertezza è considerata di tipo A se è determinata per via statistica, sulla base cioè di una serie di misure.

In questo caso l'incertezza tipo è semplicemente lo scarto tipo risultante dalla serie di misure.

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \overline{x_i})^2}{n-1}}$$

Ad esempio, è molto comodo ed usuale trattare in questo modo l'incertezza legata alla ***ripetibilità****.*

Incertezza di tipo A

Il limite di queste considerazioni risiede tuttavia nella necessità di poter disporre di un numero sufficientemente ampio di valori:

- almeno 15 secondo la versione EA
- almeno 30 secondo la versione ISO della GUM.

E questo ovviamente contrasta con la necessità industriale di contenere i costi, soprattutto quando si ha a che fare con prove distruttive.

Agli inizi del '900 l'inglese W. S. Gosset pubblicò, con lo pseudonimo di "Student" uno studio nel quale dimostrava che era comunque possibile gestire questi casi a patto di moltiplicare lo scarto tipo per un fattore dipendente dal numero di dati disponibili e dalla probabilità desiderata (potremmo dire dell'attendibilità o confidenza richiesta). Questo coefficiente è ancora noto come "coefficiente di Student" e indicato con la lettera *t.*

Incertezza di tipo A

df	1-a							
	0.90	0.95	**0.975**	0.99	0.995	0.9975	0.999	0.9995
	P *(per intervallo bilaterale)*							
	80%	90%	**95%**	98%	99%	99.5%	99.8%	99.9%
1	3.078	6.314	**12.706**	31.821	63.657	127.3	318.3	636.6
2	1.886	2.92	**4.303**	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599
3	1.638	2.353	**3.182**	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	1.533	2.132	**2.776**	3.747	4.604	5.598	7.173	8.61
5	1.476	2.015	**2.571**	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	1.44	1.943	**2.447**	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	1.415	1.895	**2.365**	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	1.397	1.86	**2.306**	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	1.383	1.833	**2.262**	2.821	3.25	3.69	4.297	4.781
10	1.372	1.812	**2.228**	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
15	1.341	1.753	**2.131**	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
20	1.325	1.725	**2.086**	2.528	2.845	3.153	3.552	3.85
30	1.31	1.697	**2.042**	2.457	2.75	3.03	3.385	3.646
50	1.299	1.676	**2.009**	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
100	1.29	1.66	**1.984**	2.364	2.626	2.871	3.174	3.39
∞	1.282	1.645	**1.96**	2.326	2.576	2.807	3.09	3.291

In caso di intervallo bilaterale $a = (1 - P) / 2$. e quindi **$1 - a = 1 - (1 - P) / 2$**

La colonna evidenziata corrisponde perciò a $P = 0{,}95 = 95\%$

Incertezza di tipo A

Proviamo ad applicare quanto appena esposto.

Q: Se vogliamo contare su un livello di fiducia del 95% (usuale nell'industria), per quanto dobbiamo moltiplicare lo scarto tipo di una media di 10 misure, o di 5 misure, per avere una stima della relativa incertezza?

A: Dalla Tabella precedente, considerando che la media toglie un grado di libertà, dobbiamo cercare nella **colonna 0.975** e nelle righe corrispondenti a **9 e 4 *df*** rispettivamente. Cioè:

$t = 2.262$ per $n = 10$

e

$t = 2.776$ per $n = 5$

In caso di regressione lineare (8 e 3 *df*) avremmo avuto rispettivamente

$t = 2.306$ e $t = 3.182$.

Come si vede c'è un certo margine di sicurezza rispetto al $k \approx 2$ di una distribuzione con ∞ gradi di libertà.

Incertezza di tipo A

Un'incertezza è considerata di tipo A se è determinata per via statistica, sulla base cioè di una serie di misure.

In questo caso l'incertezza tipo è semplicemente lo scarto tipo risultante dalla serie di misure.

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \overline{x_i})^2}{n-1}}$$

Se nel processo di misurazione si assume non un singolo valore ma la media di una serie di misure, allora lo scarto tipo della media si riduce di un fattore $\sqrt{n}$:

$$u_{\text{media}} = \sqrt{\frac{\sum_i \left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n \cdot (n-1)}} = \frac{u}{\sqrt{n}}$$

Incertezza di tipo B

Quando non ci sono dati statistici si cui operare, l'incertezza è classificata di tipo B, e si deve ricorrere ad altre informazioni per valutarne l'effetto sull'incertezza della grandezza che si intende misurare.

Queste informazioni possono avere origini molto diverse fra loro, ma in ogni caso l'incertezza deve essere ricondotta ad uno scarto tipo per poterla poi combinare con le incertezze di tipo A nel "cumulo" delle varianze.

Il procedimento che andremo a esporre potrà sembrare grossolano, ma certamente ha un grande valore pratico e una notevole utilità sul piano tecnico.

Incertezza di tipo B

Prima di tutto ci si deve ricondurre ad una forma di distribuzione che, seppur non derivante da misure ripetute ed analisi dei risultati, comunque consenta di definire, dai dati disponibili - sostanzialmente gli estremi di un intervallo di variabilità - uno scarto tipo associato.

Le 3 distribuzioni che si usano in pratica sono:

- **normale**: corrisponde ad una distribuzione in cui i valori centrali sono i più probabili, con decremento gaussiano verso gli estremi
- **rettangolare**: corrisponde ad un intervallo all'interno del quale la probabilità è uniforme fra i vari valori
- **ad U**, in cui la probabilità è massima agli estremi dell'intervallo e nulla al centro

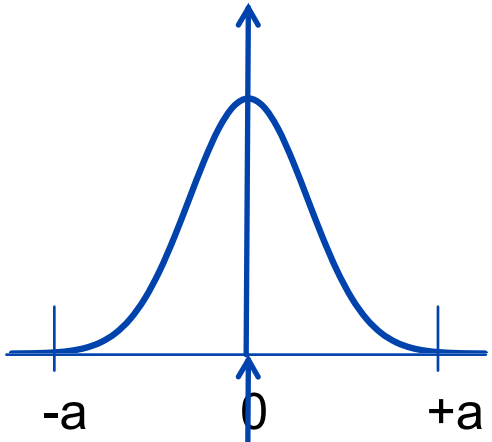
Esiste una ulteriore distribuzione di tipo **triangolare** in cui la probabilità è massima al centro con decremento lineare verso gli estremi: è da usarsi con cautela in quanto si potrebbe rischiare di sottostimare l'incertezza corrispondente.

Incertezza di tipo B

- **distribuzione normale**:

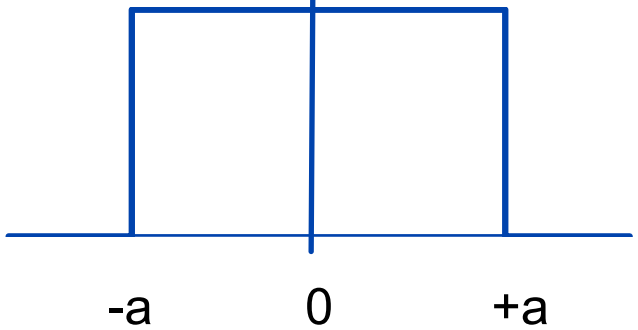
  $u(x) = 0.5\ a$

  Si considera che l'intervallo corrisponda a ± 2 volte lo scarto tipo



- **distribuzione rettangolare**:

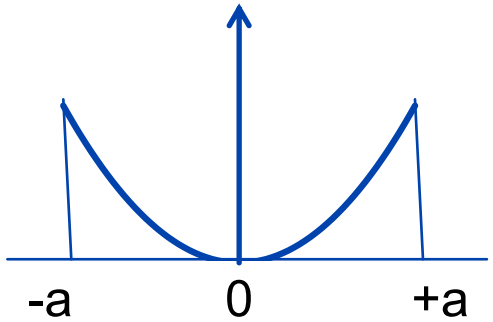
  $u(x) = a / \sqrt{3} \approx 0.6\ a$



- **distribuzione ad «U»**:

  $u(x) = a / \sqrt{2} \approx 0.7\ a$

  Si usa solitamente quando si è in presenza di un fenomeno oscillatorio (sinusoidale) in cui estremi del campo diventano i più frequenti (es. variazioni naturali di temperatura).



Incertezza di tipo B

Esempi di fonti incertezza gestibili come tipo B:

- **Certificato di Taratura**: l'incertezza U_t è fornita come incertezza estesa con fattore $k = 2$; pertanto l'incertezza tipo è $u = U_t / 2$;

- **accuratezza dichiarata del costruttore come compresa entro ± *a***, dove a è un valore che di fatto è il semintervallo. La distribuzione si assume rettangolare e quindi $u = 0.6\ a$

  Si potrebbe anche cautelativamente assumere una distribuzione ad U, e in questo caso l'incertezza tipo sarebbe u = 0.7 a.

- **effetto della variazione naturale di temperatura in un locale**; l'intervallo è la differenza ΔT fra la temperatura massima e la minima impostata; la distribuzione si assume ad U, e quindi $u = \Delta T / (2\sqrt{2}) = 0.35\Delta T$

Incertezza di tipo B

Esempi di fonti incertezza gestibili come tipo B:

- **esperienze simili precedenti**: si assume lo stesso valore di u delle volte precedenti, eventualmente correggendo in eccesso o in difetto per quanto noto di diverso;

- **risoluzione**: se d è la risoluzione (capacità di apprezzamento) della scala o l'incremento del display, si può ritenere la distribuzione rettangolare con ampiezza totale pari a d; pertanto si ha $u = 0.6\ d / 2 = 0.3\ d$;

- **isteresi**: analogamente alla risoluzione, se h è l'isteresi si ha $u = 0.3\ h$;

- **limite di norma**: se si usa uno strumento conforme ad una norma che prevede un errore massimo ammesso (MPE), si può semplicemente ritenere la distribuzione come rettangolare e quindi $u = 0.6$ MPE.

Gradi di libertà ν

Definizione gradi di libertà ν

- **Incertezza di tipo A**

differenza tra *n*, il numero di dati ed *m*, il numero di "vincoli", cioè dei parametri che definiscono la distribuzione.

- **Incertezza di tipo B**

si potrebbe considerare un numero di Gradi di libertà pari a ∞, come suggerisce la Guida.
Oppure, possiamo stabilire un numero comunque grande, ma graduato in base alla attendibilità dei dati che stiamo gestendo

Attendibilità	**Estremamente consolidata**	**Molto consolidata**	**Consolidata**	**Da verificare**
Gradi di libertà	**100**	**50**	**30**	**15**

Calcolo dell'incertezza

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Coeff. sensibilità c_i	Contributi all'incertezza tipo $u_i(y)$	Contributi alla varianza $u^2_i(y)$
X_1	x_1	$u(x_1)$	c_1	$u_1(y)$	$u^2_1(y)$
X_2	x_2	$u(x_2)$	c_2	$u_2(y)$	$u^2_2(y)$
					...
X_N	x_N	$u(x_N)$	c_N	$u_N(y)$	$u^2_N(y)$
				$u(y)=\sqrt{(\Sigma[u^2_i(y)])}$	$\Sigma[u^2_i(y)]$

1

2

3

4

L'incertezza $u(y)$ così calcolata è quella composta.
L'incertezza estesa $U(y)$ si determina moltiplicando $u(y)$ per $k = 2$.

$$U(y) = 2 \cdot u(y)$$

Calcolo dell'incertezza

X_i	x_i	$u(x_i)$	c_i	df_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$	$u^4_i(y)/df_i$
X_1	x_1	$u(x_1)$	c_1	df_1	$u_1(y)$	$u^2_1(y)$	$u^4_1(y)/df_1$
…	…	…	…	…	…	…	…
X_n	X_n	$u(x_n)$	c_n	df_n	$u_n(y)$	$u^2_n(y)$	$u^4_n(y)/df_n$
TOTALI ⇨						$U^2(y)=\Sigma[u^2_i(y)]$	$\Sigma(u^4_i(y)/df_i)$
Incertezza composta e gradi di libertà						$U(y)=\sqrt{(\Sigma[u^2_i(y)])}$	$df_y=u^4(y)/\Sigma(u^4_i(y)/df_i)$
Livello di fiducia						$\boldsymbol{P}$	
Fattore di copertura						$\boldsymbol{k = f(P, df_y)}$	
Incertezza estesa						$\boldsymbol{U = k \cdot u(y)}$	

Grazie per l'attenzione

www.accredia.it

Segui

info@accredia.it

Dipartimento Certificazione e Ispezione

Dipartimento Laboratori di prova

Dipartimento Laboratori di taratura