



UNIVERSITÀ DI PISA

Corso di Laurea in Scienze Motorie

Tecnologie e strumentazione biomedica

Caratteristiche della strumentazione biomedica

Nicola Vanello

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

A partire dal materiale del Prof. Alberto Macerata

UNIPISM-Caratteristiche della strumentazione biomedica

Strumentazione biomedica

Per “strumentazione biomedica” intendiamo:
dispositivi meccanici e/o elettronici da impiegare in ambito clinico, o come ausilio all'attività di ricerca nell'ambito delle scienze biologiche e fisiologiche.

La strumentazione biomedica può essere classificata in vario modo; per esempio in base allo scopo clinico, alla zona dell'organismo interessata, al tipo di analisi effettuata o alla fonte di energia utilizzata, al campo di applicazione, ecc.

In riferimento alla prima modalità citata, l'ambito clinico, la strumentazione può essere

- *diagnostica*
- *terapeutica*
- *riabilitativa*

UNIPISM-Caratteristiche della strumentazione biomedica

Strumentazione per le Scienze Motorie

In questo Corso di Laurea, noi siamo interessati a quel particolare tipo di strumentazione biomedica che viene impiegata nell'ambito delle Scienze Motorie. Anche in questo caso, in modo simile all'ambito clinico, possiamo distinguere strumentazione

- *valutativa*
- *preparatoria*
- *riabilitativa*

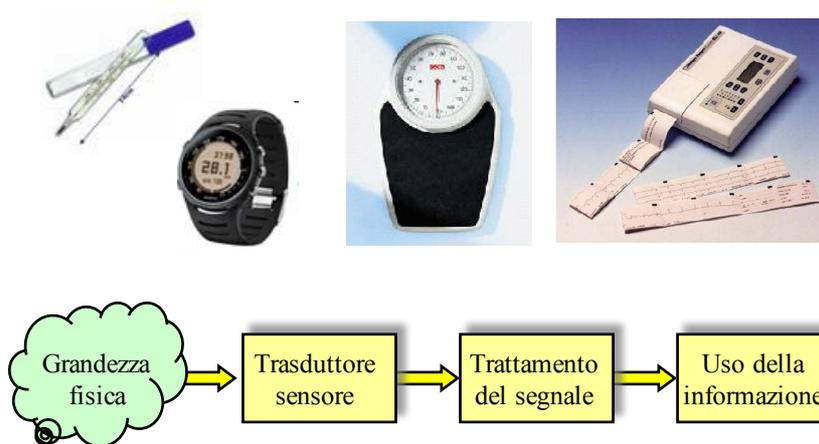
In ogni caso, anche facendo riferimento a strumentazione dedicata all'ambito "preparatorio" o "riabilitativo", la componente "valutativa" è sempre presente.

E' sempre necessario "valutare" la condizione di un soggetto prima o durante l'esecuzione di un esercizio fisico o riabilitativo. Ed è altresì necessario "valutare" i parametri strumentali coinvolti nell'esercizio.

Nel nostro caso, "valutare" significa "**misurare**" quest'insieme di parametri, del soggetto e dei dispositivi associati.

UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Schema di una catena di misura



UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Sensori e trasduttori

La maggior parte della strumentazione biomedica è elettronica e tratta **segnali elettrici**.

Se, per esempio, devo analizzare un biopotenziale devo avere un “qualcosa” che sia in grado di trasferire il potenziale **elettrico** dal paziente allo strumento, cioè devo usare un **sensore**, ed in particolare un **elettrodo**.

Se invece devo analizzare un segnale di pressione, o un movimento, o una accelerazione, o una forza, o una temperatura (tutti segnali **non elettrici**) devo prima convertirli mediante un sensore che agisce da trasduttore e che è in grado di fornire un segnale elettrico proporzionale allo stimolo originale.

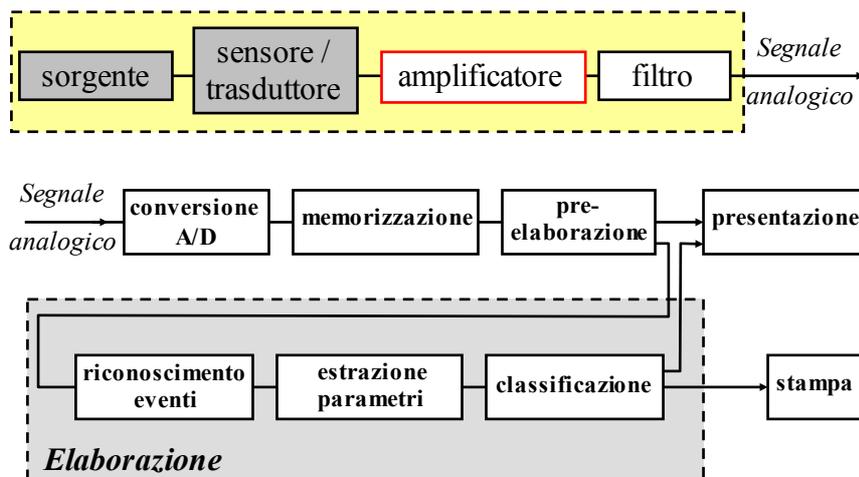
Nel nostro contesto, si definisce **trasduttore** un dispositivo che converte una qualsiasi forma di energia prodotta da uno stimolo fisico nel suo corrispondente elettrico.



UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Strumento di misura

Blocchi funzionali



UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Misura

Operazione Complessa

calibrazione strumento, misura in senso stretto, elaborazione

Interazione con sistema sotto misura

se è un sistema vivente: interazioni fisiche, chimiche, fisiologiche
ma anche psicologiche

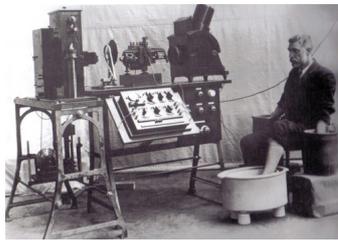
Importante ridurre al massimo l'interazione indesiderata con il sistema sotto misura

De Rossi, D., et al. Sensori per Misure Biomediche, Patron Editore

UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Misura

Importante ridurre al massimo l'interazione indesiderata con il sistema sotto misura



Einthoven –
primo elettrocardiogramma



UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Misura

La complessità del sistema deve essere in funzione dello scopo della misura



Risonanza Magnetica
Studio cervello



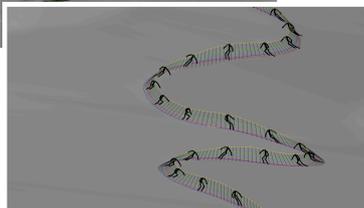
Elettroencefalogramma



UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Misura

La complessità del sistema deve essere in funzione dello scopo della misura



UNIFI-SM- Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Misura

La complessità del sistema deve essere in funzione dello scopo della misura

Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer

Julen Castellano¹ and David Casamichana²
¹University of the Basque Country, ²University of Malaga, Spain

Table 3. Time participating and distribution of time according to running intensity: mean, standar deviation (\pm SD) and confidence interval (CI-95%), Percentage of distance covered in each speed category for all the players considering only their time participating (TP) (n = 55 measurements).

| | Mean (\pm SD) | CI-95% | %TP |
|-------------------------------------|------------------|-------------|---------|
| Time participating (min:sec) | 11:48 \pm 3:05 | 10:28–13:09 | |
| Maximum speed (km·h ⁻¹) | 21.67 \pm 4.5 | 19.7–23.6 | |
| Stationary-walking (min:sec) | 5:17 \pm 2:23 | 4:17–06:18 | 43.67 % |
| jogging (min:sec) | 3:04 \pm 0:43 | 2:46–03:23 | 26.50 % |
| Quick running (min:sec) | 2:25 \pm 0:49 | 2:14–02:36 | 22.79 % |
| High-intensity running (min:sec) | 0:26 \pm 0:11 | 0:21–00:31 | 3.79 % |
| Sprint (min:sec) | 0:05 \pm 0:05 | 0:03–00:07 | 0.87 % |
| Work:rest ratio | 1.4 \pm 0.6 | 1.1–1.6 | |

UNIFI-SM-*Caratteristiche della strumentazione biomedicale*

Tipi di Misura

Misure Dirette

Confronto tra elementi omogenei (ad esempio lunghezza con un metro)

Misure Indirette

Misura tramite una relazione matematica tra altre misure in gioco

(ad esempio stima della velocità come rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato)

http://www.pd.infn.it/~gibin/teoriaErrori_1.pdf

UNIFI-SM-*Caratteristiche della strumentazione biomedicale*

Errori

Incertezza presente in una misura

Non sono sbagli

Non possono essere evitati

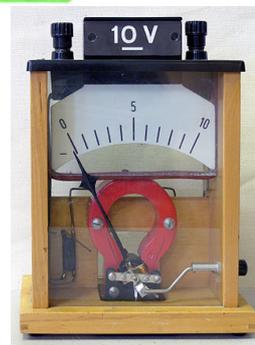
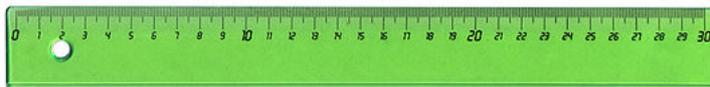
Possiamo cercare di renderli il più piccoli possibile

Possiamo utilizzare dei metodi e modelli per una valutazione della loro entità

J.R. Taylor, introduzione all'analisi degli errori, Zanichelli

UNIFI-SM-Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Errori



In qualche modo si esegue una interpolazione:

Si stima la posizione tra gli elementi di una scala

UNIFI-SM-Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Tipi di Misura

Errori Casuali

Possono essere rilevate ripetendo le misure.

Possono essere trattati in modo statistico.

Errori sistematici

Non possono essere rilevati come nel modo precedente

http://www.pd.infn.it/~gibin/teoriaErrori_1.pdf

UNIFI-SM-Caratteristiche della strumentazione biomedicale

Tipi di Misura

Errori Casuali

Possono essere rilevate ripetendo le misure.

Possono essere trattati in modo statistico.

Errori sistematici

Non possono essere rilevati come nel modo precedente

- **errori strumentali**, legati all'utilizzo di strumenti poco precisi (ogni strumento è contraddistinto da una classe che ne indica il grado di precisione), mal tarati o non adatti alla misura che si deve effettuare;
- **errori soggettivi**, provocati dalla poca abilità o dalla negligenza dello sperimentatore, quali errori di lettura, di apprezzamento ecc.;
- **errori ambientali**, determinati da fattori esterni come, per esempio, la presenza di fonti di calore, campi magnetici esterni ecc.

<http://online.scuolanzanichelli.it/chimicafacile/files/2011/02/esp01.pdf>

UNIFI-SM-Caratteristiche della strumentazione biomedicale

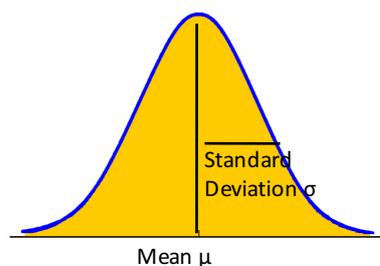
La distribuzione normale



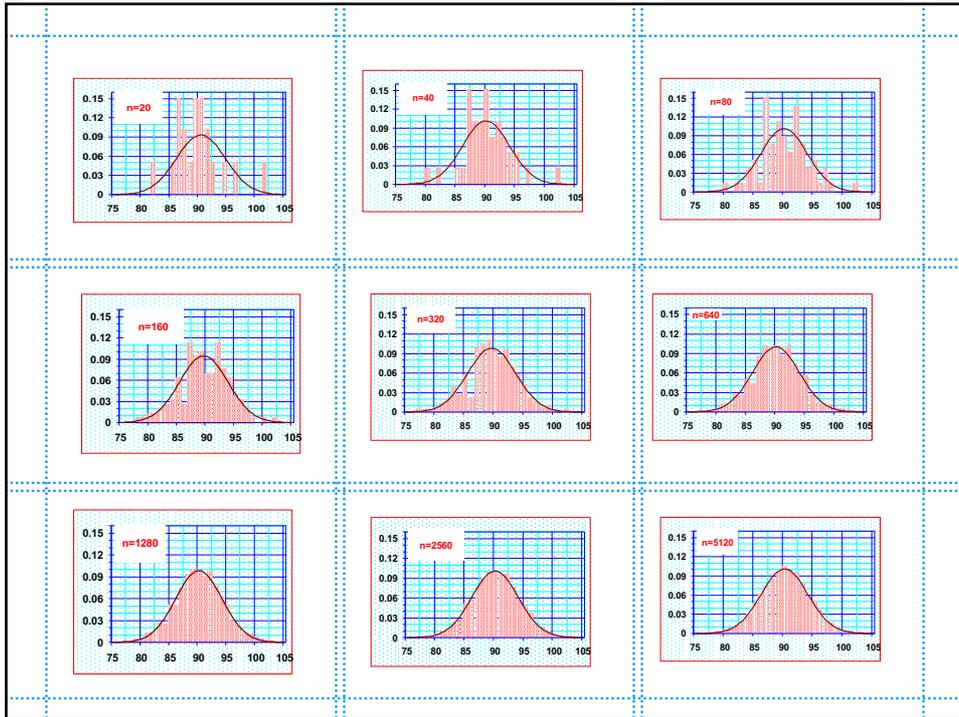
Johann Carl Friedrich Gauss
(1777-1855)

LA FORMA DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI ERRORI DI MISURA

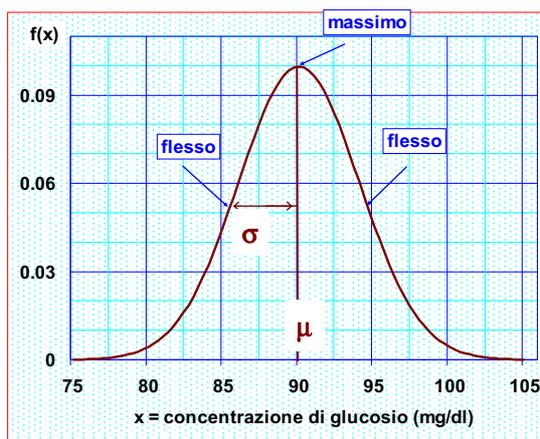
All'aumentare del numero di misure, i valori tendono ad accentrarsi attorno alla loro media e l'istogramma assume una forma **a campana** sempre più regolare, che può essere approssimata con una funzione reale nota come **funzione di gauss/ funzione normale**.



Johann Carl Friedrich Gauss
(1777-1855)



La funzione di Gauss



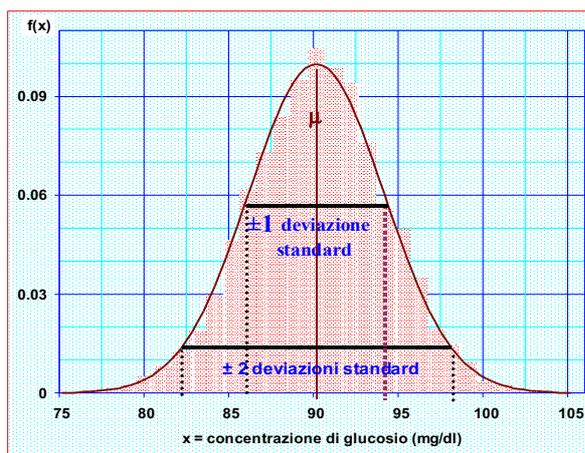
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

dove: σ è la deviazione standard della totalità delle misure;
 μ è la media della totalità delle misure;

La funzione di Gauss

- Gli errori casuali di misura, considerati nel loro complesso, mostrano un comportamento tipico che può essere così descritto:
- Gli **errori piccoli** sono più frequenti di quelli **grandi**;
- Gli errori di **segno negativo** tendono a manifestarsi con la stessa frequenza di quelli con segno positivo;
- All'aumentare del numero delle misure si ha che circa **2/3** dei valori tendono ad essere inclusi nell'intervallo **media ± 1 deviazione standard**
- Il **95%** dei valori tende ad essere incluso nell'intervallo **media ± 2 deviazioni standard**

La funzione di Gauss



Rilevanza della distribuzione Normale

Può essere utile per descrivere molti fenomeni

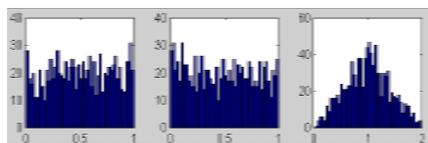
Molte distribuzioni discrete possono essere approssimate con una distribuzione normale al crescere del numero di elementi

Molte distribuzioni continue possono essere trasformate in distribuzioni normali

Gli errori di una misura si distribuiscono attorno ad un valore

Teorema del limite centrale

- **TLC: la distribuzione della somma di variabili aleatorie indipendenti e identicamente distribuite (iid) tende ad una gaussiana.**



- i.i.d.= se ogni variabile ha la stessa distribuzione di probabilità delle altre variabili, e sono tutte statisticamente indipendenti.
- Tale ipotesi può essere rilassata se le varianze delle singole variabili sono diverse da zero, e se i valori delle variabili sono superiormente limitati

Errori

Errori Sistematici

Confronto tra elementi omogenei (ad esempio lunghezza con un metro)

Errori Casuali

Misura tramite una relazione matematica tra altre misure in gioco

(ad esempio stima della velocità come rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato)

UNIFI-SM-Caratteristiche della strumentazione biomedicale