

Esame di Bioingegneria della Riabilitazione LM

Modulo 2

12-01-2016

Esercizio N.1

Un medico valuta regolarmente i suoi pazienti che soffrono di problemi di equilibrio con un esame stabilometrico effettuato attraverso una pedana di forza. I parametri che è solito analizzare sono la velocità media (Mean Velocity: MV, [mm/s]) e l'area spazzata (Sway Area: SA, [mm²/s]). Avendo deciso di verificare la bontà del suo strumento di misura, chiede a 10 soggetti sani di controllo di ripetere due volte il test ottenendo i parametri riportati in tabella.

	MV#1	MV#2	SA#1	SA#2
S1	7.1	7.5	10.5	11.3
S2	6.6	7.0	9.9	9.5
S3	7.2	6.8	9.7	10.2
S4	7.8	7.9	10.0	9.8
S5	6.9	7.1	9.5	9.9
S6	6.6	7.2	11.3	10.7
S7	7.3	7.5	8.9	10.1
S8	8.6	8.9	9.2	10.0
S9	7.8	7.9	10.1	9.2
S10	8.0	7.7	12.1	11.2

- 1.1 Quale analisi dovete fare per valutare quale dei due parametri mostra la migliore ripetibilità test-retest? Quanti sono i raters in questo caso? Riportate la formula risolutiva. (*)
- 1.2 Sapendo che l'analisi di varianza ha prodotto le seguenti tabelle per i due parametri, calcolate i loro coefficienti di correlazione intraclassa per decidere quale dei due è più ripetibile e, per entrambi, esprimete il livello di ripetibilità secondo il criterio di Fleiss. (*)

MV	Source	SS	df	MS	F
	Subjects	6,6420	9	0,7380	15,3700
	Time+Error	0,5600	10	0,0560	2,6700
	Total	7,2020	19		

SA	Source	SS	df	MS	F
	Subjects	10,0345	9	1,1149	3,8100
	Time+Error	2,6550	10	0,2655	0,0800
	Total	12,6895	19		

- 1.3 Solo per il parametro migliore calcolate quindi l'errore standard della media (SEM) e lo smallest detectable change (SDC).
- 1.4 Dopo questa caratterizzazione, il medico effettua il test stabilometrico su tre pazienti prima e dopo un intervento riabilitativo ottenendo i seguenti risultati:

	MV#pre	MV#post	SA#pre	SA#post
P1	9.3	8.6	20.5	19.3
P2	8.7	7.9	12.9	12.5
P3	8.2	7.8	11.7	10.2

Indicate in quali pazienti il parametro migliore scelto al punto 1.2 denota una variazione che può essere interpretata come *cl clinicamente* significativa.

1.5 Quale test dovrete invece usare per verificare se le variazioni nel tempo sono *statisticamente* significative? E per verificare se i valori del parametro post-trattamento differiscono significativamente da quelli del gruppo di controllo? In quale dei due test precedenti i dati sono appaiati?

Traccia di soluzione

1.1 Analisi test-retest, con 1 rater e $k=2$ ripetizioni. Formula: $ICC(1,1) = BMS - WMS / (BMS + WMS)$

1.2 La prima riga delle tabelle si riferisce alla variabilità Between, la seconda alla variabilità Within.

La colonna da considerare è quella delle rispettive MS. $ICC(MV) = 0,86$; $ICC(SA) = 0,61 \Rightarrow MV$ è più ripetibile di SA.

1.3 $SEM(MV) \approx 0,22$ (stimabile come $SD_DIFF/\sqrt{2}$ o come \sqrt{EMS})

$SDC(MV) \approx 0,61$ (stimabile come $1,96 \times SEM \times \sqrt{2}$)

1.4 Nei primi due, perché $MV\#pre - MV\#post > SDC(MV)$

1.5 Confronto nel tempo: Paired Two sample t-test; Confronto tra gruppi: Two-sample t-test. I dati sono appaiati solo nel primo test.

Esercizio N.2

Si vuole progettare un sistema a biofeedback per il potenziamento della funzione locomotoria che soddisfi le seguenti specifiche:

- Variabile di feedback: *variabilità della durata del passo*;
- Caratteristiche del segnale di feedback: *terminale, posticipato, non-verbale, cumulativo (ogni 5 passi), basato sulla Knowledge of Performance*;
- Input device: IMU 3D indossata sul piede destro;
- Output device: occhiale per realtà aumentata con unità di elaborazione.

2.1 Verificate preliminarmente se le *misure di variabilità* ottenute con il sensore indossabile sono in accordo con il gold standard rappresentato da una pedana di pressione. In tabella sono riportati (espressi in secondi) gli istanti di contatto iniziale del piede destro (heel strike, HS) forniti dai due sistemi di misura per i primi 10 passi. Valutate la bontà dell'accordo quantificando i *limits of agreement* (LOA) tra le due misure.

	Pedana	IMU
1	1.0	0.9
2	2.1	2.1
3	2.9	3.0
4	4.1	4.3
5	5.3	5.0

6	6.3	6.5
7	7.2	7.4
8	8.3	8.3
9	9.6	9.7
10	10.7	11.0

2.2 Disegnate lo schema a blocchi del sistema di biofeedback che soddisfi le specifiche precedenti, illustrando tutte le componenti funzionali del sistema e indicando esplicitamente i principali passi algoritmici relativi all'elaborazione del segnale, al calcolo della funzione di variabilità secondo una delle metriche viste a lezione, e alla codifica della variabile di feedback.

2.3 Illustrate la variabile di output che otterreste, adottando le scelte di codifica che avete fatto al passo precedente, nel caso dei 10 passi presentati in tabella. Con un simile sistema sarebbe anche possibile utilizzare come variabile di feedback la variabilità della lunghezza del passo?

Traccia di soluzione

2.1

	Pedana	IMU
1	1	0,9
2	2,1	2,1
3	2,9	3
4	4,1	4,3
5	5,3	5
6	6,3	6,5
7	7,2	7,4
8	8,3	8,3
9	9,6	9,7
10	10,7	11

Durata passi → Variabilità

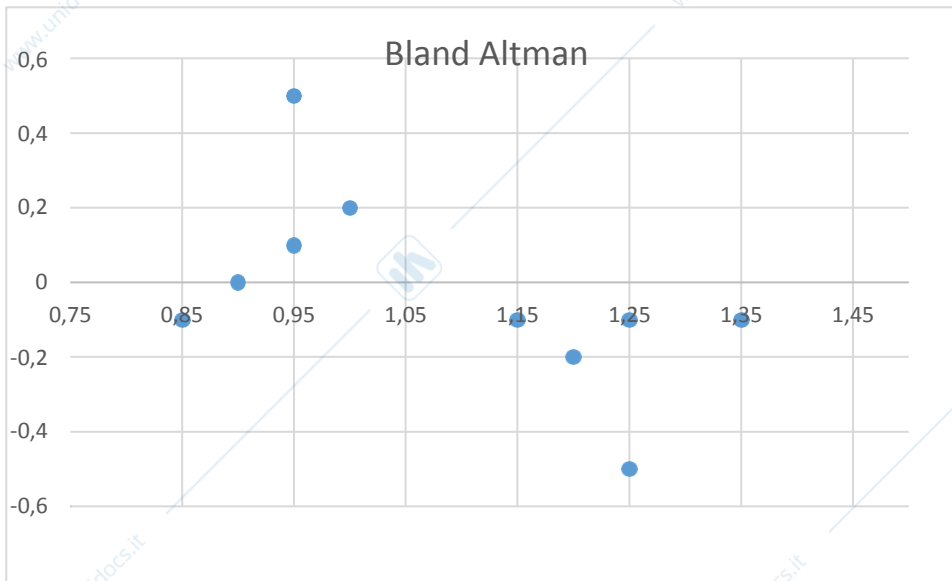
Pedana	IMU	Diff	Mean
1	0,9	0,1	0,95
1,1	1,2	-0,1	1,15
0,8	0,9	-0,1	0,85
1,2	1,3	-0,1	1,25
1,2	0,7	0,5	0,95
1	1,5	-0,5	1,25
0,9	0,9	0	0,9
1,1	0,9	0,2	1
1,3	1,4	-0,1	1,35
1,1	1,3	-0,2	1,2

Mean_Diff

1,07 1,1 -0,03

SD_Diff

0,149443 0,270801 0,262679 0,525357



LOA = -0.03 ± 0.52

2.2 Illustrare lo schema a blocchi nel dettaglio, usando pseudocodice per le parti di tipo algoritmico o legate all'elaborazione del segnale.

2.3 Sì.

Domande a scelta multipla

Ogni affermazione può essere vera o falsa. Indicare a fianco V o F. Indicazione errata o non data: 0 punti.

Meccanismi Neurali dell'apprendimento:

- la punizione positiva è un contesto del condizionamento operante in cui si punisce un comportamento del soggetto fornendo una stimolazione spiacevole e/o dolorosa; (V)
- Il segnale di ricompensa si origina nei neuroni dopaminergici situati nella sostanza nera pars compacta (SNc) e nell'area tegmentale ventrale (VTA); (V)
- per la teoria cognitivista l'apprendimento è l'acquisizione di abitudini e associazioni fra stimolo e risposta e viene studiato analizzando le connessioni esistenti tra stimolo e risposta. (F)

Biofeedback (BF) ed elaborazione dei segnali:

- Il rationale che ispira l'approccio a BF è quello del condizionamento operante; I criteri che devono guidare dall'inizio la progettazione di un buon sistema di BF devono quindi tenere conto dei principi cardine dell'apprendimento per condizionamento operante (es. principi di contingenza e sazietà). (V)
- L'EMG viene normalmente utilizzato in applicazioni di biofeedback, ma solo per l'arto inferiore; (F)
- Gli schemi variabili di rinforzo parziale producono comportamenti meno resistenti all'estinzione. (F)

La misura in riabilitazione:

- Le variabili latenti sottese ad un fenomeno medico-biologico non sono osservabili direttamente e, men che meno, misurabili. E' possibile valutarle solo attraverso loro manifestazioni indirette; (V)
- Tra i principali problemi dei metodi psicometrici classici possiamo annoverare l'ordinalità di item e punteggi e la violazione del principio dell'invarianza; (V)
- Le scale cliniche costituiscono un valido strumento per la misura in riabilitazione perché soddisfano le proprietà di unidimensionalità, linearità e invarianza. (F)

Esame di Bioingegneria della Riabilitazione LM

Modulo 2

09-02-2016

Esercizio N.1

Un fisiatra valuta regolarmente i suoi pazienti sottoposti a programmi riabilitativi con un'analisi del cammino effettuata attraverso un sistema inerziale indossabile. I parametri che è solito analizzare sono la cadenza (Cadence: CAD, [passi/min]) e la durata del passo (Stride Duration: SD, [s]) medi, calcolati durante un test di cammino della durata di 2 minuti. Avendo deciso di verificare le proprietà del suo strumento di misura, chiede a 10 soggetti sani di controllo di ripetere due volte il test ottenendo i parametri riportati in tabella.

	CAD#1	CAD#2	SD#1	SD#2
S1	54	53	1.1	1.2
S2	50	48	1.3	1.4
S3	55	50	0.9	1.0
S4	52	53	1.2	1.0
S5	47	46	1.6	1.6
S6	50	50	1.4	1.3
S7	50	47	1.3	1.4
S8	51	49	1.2	1.4
S9	45	46	1.6	1.6
S10	48	46	1.5	1.7

1.6 Quale analisi dovete fare per valutare quale dei due parametri mostra la migliore ripetibilità test-retest? Quanti sono i rater in questo caso? Riportate la formula risolutiva.

1.7 Sapendo che l'analisi di varianza ha prodotto le seguenti tabelle per i due parametri, calcolate i loro coefficienti di correlazione intraclassa per decidere quale dei due è più ripetibile e, per entrambi, esprimete il livello di ripetibilità secondo il criterio di Fleiss.

CAD

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Subjects	134,0000	9	14,8889	8,8200	0,0017
Time+Error	25,0000	10	2,5000	5,8000	0,0393
Total	159,0000	19			

SD

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Subjects	0,9005	9	0,1001	12,4200	0,0004
Time+Error	0,0850	10	0,0085	1,5500	0,2443
Total	0,9855	19			

1.8 Solo per il parametro più ripetibile calcolate quindi l'errore standard della media (SEM) e lo smallest detectable change (SDC).

1.9 Dopo questa caratterizzazione, il medico effettua il test di cammino su cinque pazienti prima e dopo un intervento riabilitativo ottenendo i seguenti risultati:

	CAD#pre	CAD#post	SD#pre	SD#post
P1	40	44	1.6	1.4
P2	48	48	1.4	1.3
P3	46	47	1.4	1.4
P4	50	52	1.3	1.2
P5	49	50	1.4	1.2

Indicate in quali pazienti il parametro migliore scelto al punto 1.2 denota una variazione che può essere interpretata come *clanicamente* significativa. Perché?

1.10 Quale test dovrete invece usare per verificare se le variazioni nel tempo (pre vs post) sono *statisticamente* significative? E per verificare se i valori del parametro post-trattamento differiscono significativamente da quelli del gruppo di controllo? In quale dei due test precedenti i dati sono appaiati?

Esercizio N.2

Si vuole progettare un sistema a biofeedback per il potenziamento dell'equilibrio che soddisfi le seguenti specifiche:

- Variabile di feedback: *valore picco-picco dello spostamento antero-posteriore del centro di massa (COM)*;
- Caratteristiche del segnale di feedback: *immediato, non-verbale, basato sulla Knowledge of Performance*;
- Input device: pedana di forza a 6 componenti;
- Output device: occhiale per realtà aumentata con unità di elaborazione.

2.1 La pedana di forza ha misurato, durante alcuni esercizi propriocettivi della durata di 30 s, una forza anteroposteriore con andamento approssimabile con la legge:

$$F_x(t) = 5 \cos(2 \pi t) - 2 \sin(\pi t + 0.2) \text{ N}$$

Se il soggetto ha un peso di 60 Kg, la distanza del suo COM dall'articolazione di caviglia è di 1.1 m, ed è approssimabile con un modello a pendolo inverso semplice, stimate la legge di variazione della coordinata antero-posteriore del COM sapendo che la sua posizione e velocità iniziale erano nulle.

2.2 Presentate dettagliatamente un metodo alternativo attraverso il quale è possibile stimare lo spostamento del COM a partire dai dati precedenti e dalle misure effettuate con una pedana di forza.

2.3 Verificate se la stima dell'oscillazione picco-picco media del COM durante l'esercizio, espressa in m e ottenuta con la pedana di forza su 10 soggetti, è in accordo con il gold standard

rappresentato da una misura stereofotogrammetrica. Valutate la bontà dell'accordo quantificando i *limits of agreement* (LOA) tra le due misure.

	Pedana	Stereo
1	0.5	0.55
2	0.4	0.5
3	0.6	0.6
4	0.65	0.7
5	0.3	0.45
6	0.5	0.6
7	0.8	0.75
8	0.75	0.7
9	0.4	0.5
10	0.5	0.5

2.4 Disegnate lo schema a blocchi del sistema di biofeedback che soddisfi le specifiche precedenti, illustrando tutte le componenti funzionali del sistema e indicando esplicitamente i principali passi algoritmici relativi all'elaborazione del segnale e alla codifica della variabile di feedback. Si desidera, in particolare, che il soggetto apprenda a mantenere l'oscillazione picco-picco anteroposteriore del COM, durante l'esercizio, compresa tra i 0.5 e i 0.6 m.

Domande a scelta multipla

Ogni affermazione può essere vera o falsa. Indicare a fianco V o F. Indicazione errata o non data: 0 punti.

...

Meccanismi Neurali dell'apprendimento:

- la punizione positiva è un contesto del condizionamento operante in cui si incentiva un comportamento del soggetto fornendo una stimolazione piacevole; (F)
- il rinforzo positivo è un contesto del condizionamento operante in cui si disincentiva un comportamento del soggetto fornendo una stimolazione spiacevole e/o dolorosa; (F)
- nel suo esperimento, Skinner si rese conto che l'acquisizione del comportamento bersaglio viene consolidata (e la sua estinzione è più lenta), quando il rinforzo è fornito SEMPRE dopo l'emissione del comportamento bersaglio. (F)

Neuroplasticità e neuroni specchio:

- la plasticità cerebrale è la capacità dei circuiti nervosi di poter variare struttura e funzione in risposta agli stimoli esterni sia durante lo sviluppo che nel corso della vita adulta; (V)
- la plasticità viene attuata aggiungendo o rimuovendo connessioni sinaptiche, modificando i pesi relativi di quelle già esistenti o, solo in alcune aree del SNC, aggiungendo nuovi neuroni nelle reti neurali; (V)
- I neuroni specchio sono BIMODALI in quanto si attivano sia durante l'osservazione che durante l'esecuzione in prima persona di specifici atti motori. (V)

Esame di Bioingegneria della Riabilitazione LM

Modulo 2

12-09-2016

Esercizio N.1

Due geriatri (A e B) valutano simultaneamente le capacità cognitive di un gruppo di 10 anziani seguiti nel loro ambulatorio attraverso la scala MMSE (Mini-Mental State Examination). I valori ottenuti sono riportati in tabella (colonne A#1 e B#1).

	A#1	B#1	A#2	A#3
S1	21	20	20	21
S2	27	26	27	27
S3	25	24	25	24
S4	24	25	25	25
S5	28	26	27	26
S6	20	21	21	21
S7	28	27	27	28
S8	28	28	29	28
S9	29	27	28	30
S10	28	26	27	29

1.11 Quale analisi dovete fare per valutare la consistenza tra le due valutazioni? Riportate la formula risolutiva spiegando il significato dei termini che compaiono nell'equazione. (*)

1.12 Sapendo che l'analisi di varianza tra le due valutazioni ha prodotto la seguente tabella, quantificate l'accordo tra i due valutatori e classificate il livello di ripetibilità utilizzando il criterio di Fleiss. (*)

Source	SS	df	MS	F
Time	3,2	1	3,2	4,97
Subjects	147,8	9	16,4222	25,48
Error	5,8	9	0,6444	
Total	156,8	19		

1.13 Il geriatra A ripete poi le valutazioni sui medesimi soggetti a distanza di una settimana (A#2) e due settimane (A#3) dalla prima. Quale analisi dovete fare per valutare la ripetibilità delle sue valutazioni? Riportate la formula risolutiva spiegando il significato dei termini che compaiono nell'equazione.

1.14 Sapendo che l'analisi di varianza tra le valutazioni del geriatra A ha prodotto la seguente tabella, quantificate la ripetibilità delle sue valutazioni e classificate utilizzando il criterio di Fleiss.

Source	SS	df	MS	F
Subjects	249,3667	9	27,7074	52,3147
Time+Error	10	20	0,7629	0,4406
Total	259,3667	29		

1.15 Calcolate l'errore standard della media (SEM) e lo smallest detectable change (SDC) del punteggio MMSE assegnato dal geriatra A nelle sue due prime valutazioni (A#1, A#2).

Esercizio N.2

Si vuole progettare un sistema a biofeedback per il potenziamento della funzione locomotoria che soddisfi le seguenti specifiche:

- Variabile di feedback: *cadenza media negli ultimi 5 passi*;
- Caratteristiche del segnale di feedback: *non-verbale, cumulativo, basato sulla Knowledge of Performance*;
- Input device: IMU 3D indossata sul tronco;
- Output device: occhiale per realtà aumentata con unità di elaborazione.

2.1 Verificate preliminarmente se le *misure di cadenza* ottenute con il sensore indossabile sono in accordo con il gold standard rappresentato da una pedana di pressione. In tabella sono riportate (espressi in passi/min) le cadenze istantanee stimate dai due sistemi di misura per i primi 10 passi. Valutate la bontà dell'accordo quantificando i *limits of agreement* (LOA) tra le due misure.

	Pedana	IMU
1	54	55
2	50	48
3	55	53
4	52	53
5	47	45
6	50	53
7	50	48
8	51	51
9	45	46
10	48	48

2.2 Disegnate lo schema a blocchi del sistema di biofeedback che soddisfi le specifiche precedenti, illustrando tutte le componenti funzionali del sistema e indicando esplicitamente i principali passi algoritmici relativi all'elaborazione del segnale, al calcolo della cadenza istantanea e media, e infine alla codifica della variabile di feedback.

2.3 Illustrate la variabile di output che otterreste, adottando le scelte di codifica che avete fatto al passo precedente, nel caso dei 10 passi registrati con IMU e presentati in tabella. Con un simile sistema sarebbe anche possibile utilizzare come variabile di feedback la lunghezza del passo?