

VI Incontri Mediterranei di Igiene Industriale

VALUTAZIONE DEI RISCHI NEGLI AMBIENTI DI LAVORO E DI VITA: IL CONTRIBUTO DELL'IGIENE INDUSTRIALE



MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DEL RISCHIO ERGONOMICO POSTURALE DEL LAVORATORE: UN TOOL SOFTWARE BASATO SU SENSORI LOW COST

Antonio E. Uva, Michele Fiorentino, Vito M. Manghisi, Michele Gattullo,
Antonio Boccaccio, Giuseppe Monno

DMMM, Politecnico di Bari, Bari



*Antonio UVA et al. - MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DEL RISCHIO ERGONOMICO POSTURALE DEL LAVORATORE.
UN TOOL SOFTWARE BASATO SU SENSORI LOW COST.*

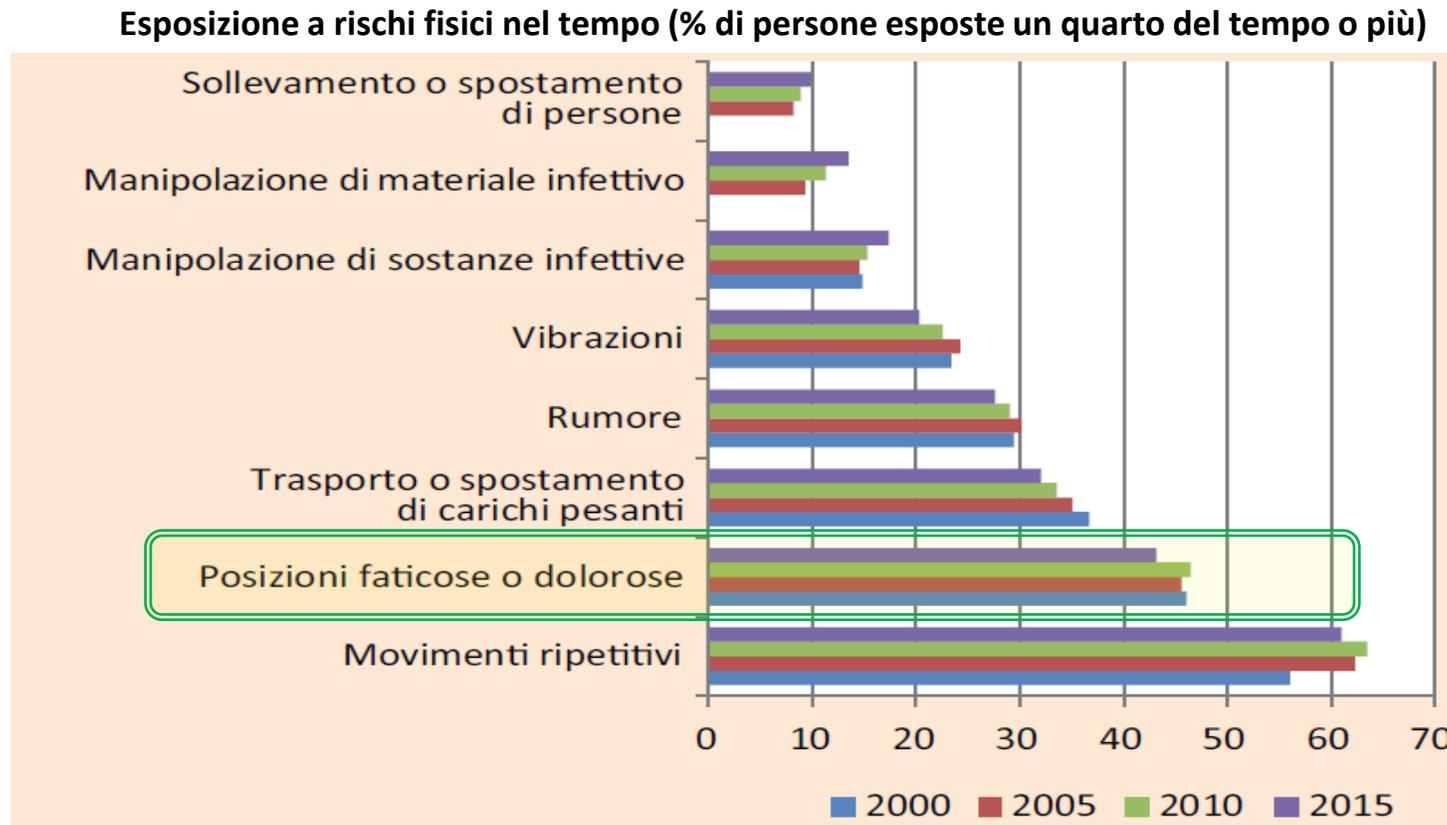
VI Incontri Mediterranei di Igiene Industriale -Bari: 26-27 Ottobre 2017

Topics

1. La valutazione del rischio negli ambienti di lavoro
2. L' esposizione al rischio di disturbo muscolo scheletrico
3. Metodi di valutazione del rischio ergonomico posturale
4. Le nuove tecnologie per il supporto all'esperto
5. Il metodo RULA
6. Caso di studio
7. Prototipo sviluppato
8. Funzionalità e vantaggi
9. Validazione
10. Conclusioni

L' esposizione al rischio di disturbo muscolo scheletrico

Secondo il Sesto Rapporto Europeo sulle Condizioni di Lavoro (Eurofound, 2015), l'esposizione al rischio di disturbo muscolo scheletrico derivante dall'assunzione di posture incongrue, è ancora importante



Metodi di valutazione del rischio ergonomico posturale

Lo standard ISO 11228-3:2007(E), citato dal D. Lgs. 81/2008, prevede uno screening preventivo di alto livello per la valutazione del rischio ergonomico posturale.

Le varie metodologie di valutazione possono essere classificate in tre macro-categorie:

i) metodi di autovalutazione

Si basano su questionari somministrati al lavoratore. Sono affetti dai limiti intrinseci di una autovalutazione che può essere inficiata da elementi soggettivi quali condizioni psicofisiche temporanee del lavoratore.

i) metodi diretti

Utilizzano parametri ottenuti da sensori applicati sul lavoratore. Particolarmente intrusivi rispetto lo svolgimento normale delle mansioni lavorative, sono più costosi in quanto richiedono tecnologie adeguate, personale specializzato ed un maggior tempo di preparazione.

i) metodi osservazionali (OWAS, NIOSH, RULA, OCRA, REBA, LUBA, EAWS, etc.)

Basati sull'operato di un esperto che analizza le posture e i carichi nelle mansioni svolte dal lavoratore e che, con l'ausilio di metriche dedicate, determina un punteggio di rischio e propone adeguati interventi correttivi.

Limiti metodi osservazionali

I metodi hanno ampio impiego in ambito industriale, ma presentano alcuni limiti:

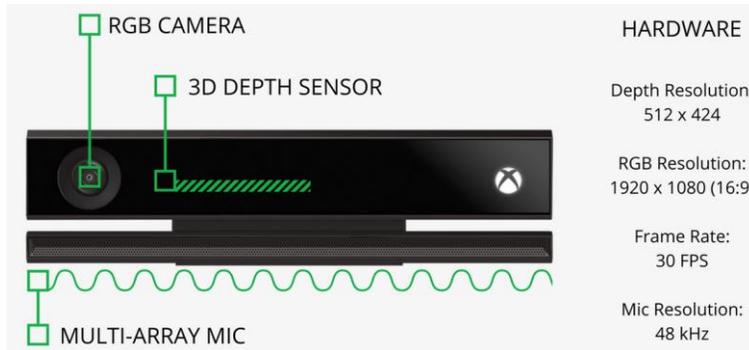
- Richiedono un lungo impegno temporale per la stima del rischio ergonomico posturale che viene compiuto attraverso la valutazione visiva di ogni postura assunta, senza la disponibilità di un ausilio strumentale che restituisca misure ripetibili.
- Sono affetti dal problema della inter-rater e della intra-rater variability delle misure.

Uno nostro studio evidenzia il la inter-rater variability tra 1 valutatore esperto e 7 praticanti.

Coppia a confronto	P _o	Cohen's kappa	Accordo (scala di Landis e Koch)	z (k/sqrt(var))	p value	Statisticamente significativo
Esperto-Praticante 1	0.89	0.60	Moderate	2.41	0.0160	Si
Esperto-Praticante 2	0.77	0.16	Poor	0.37	0.7143	No
Esperto-Praticante 3	0.89	0.57	Moderate	1.93	0.0203	Si
Esperto-Praticante 4	0.84	0.44	Moderate	1.62	0.1055	No
Esperto-Praticante 5	0.84	0.46	Moderate	1.26	0.2082	No
Esperto-Praticante 6	0.79	0.26	Fair	0.62	0.5369	No
Esperto-Praticante 7	0.81	0.28	Fair	0.69	0.4918	No

L'idea

Nuovi sensori di profondità a basso costo in ambito gaming come il Microsoft Kinect™ consentirebbero la raccolta automatica di dati posturali suggerendo un approccio semi-automatico ai metodi osservazionali.

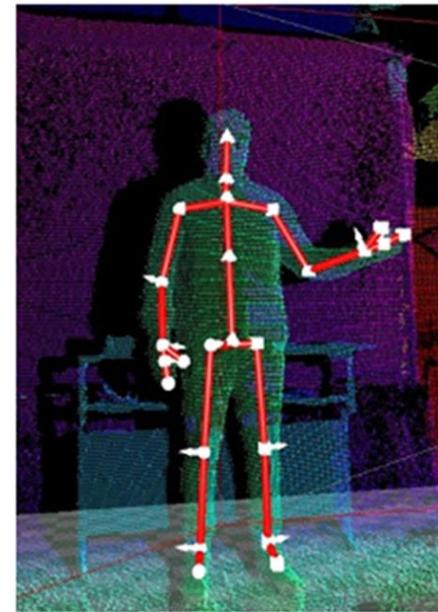
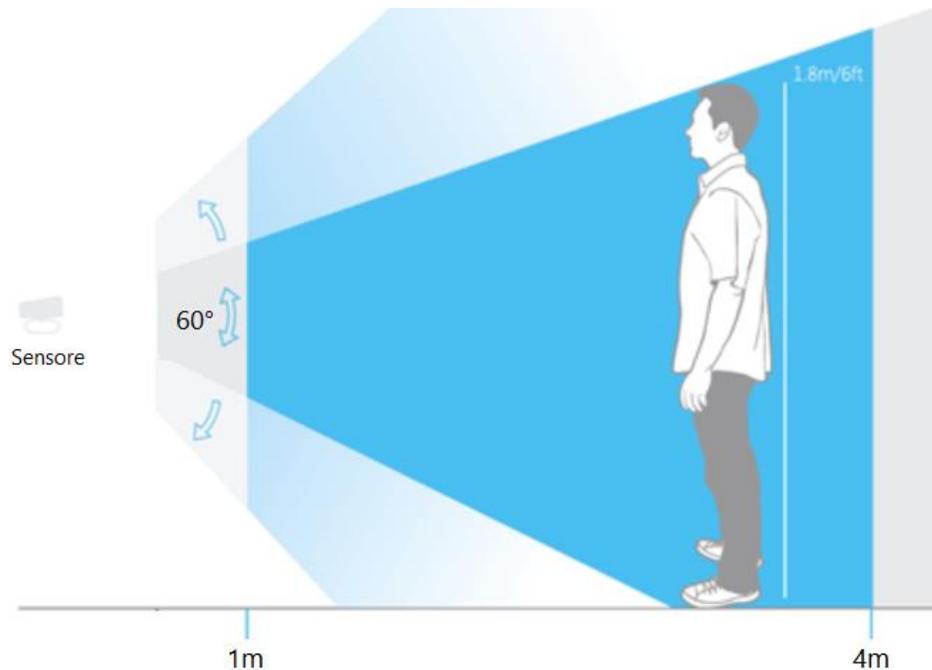


*Antonio UVA et al. - MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DEL RISCHIO ERGONOMICO POSTURALE DEL LAVORATORE.
UN TOOL SOFTWARE BASATO SU SENSORI LOW COST.*

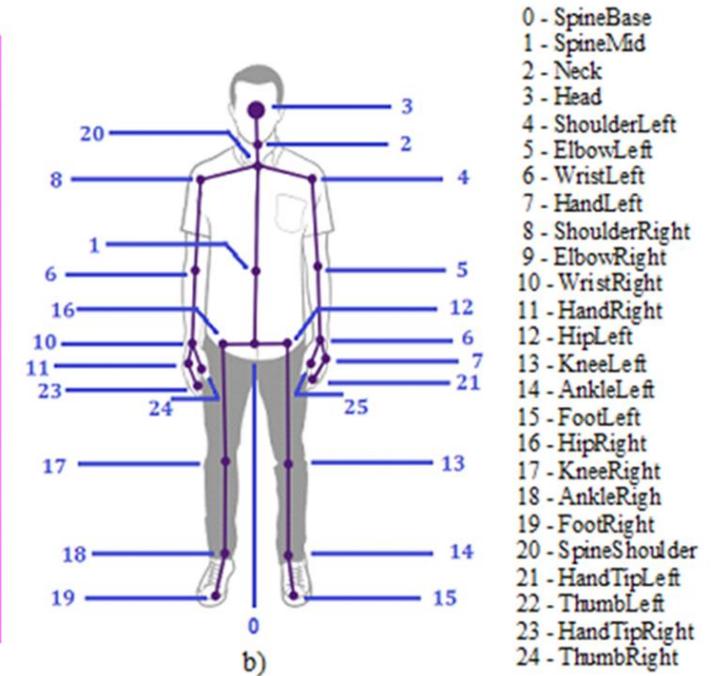
VI Incontri Mediterranei di Igiene Industriale -Bari: 26-27 Ottobre 2017

Le nuove tecnologie per il supporto all'esperto

Il Kinect V2 ha una profondità di campo massima di 4 metri, un FoV orizzontale di 70° ed un FoV vertical di 60°.



a)

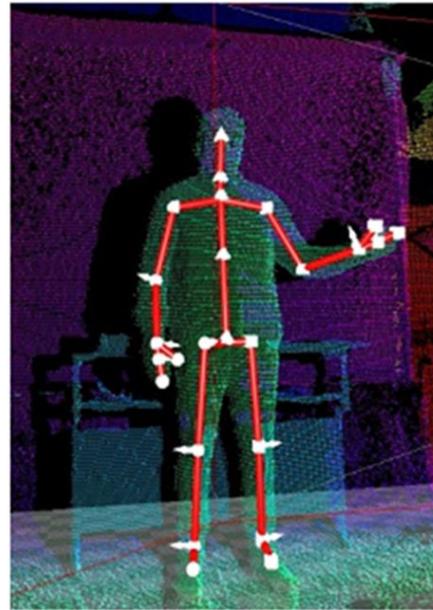
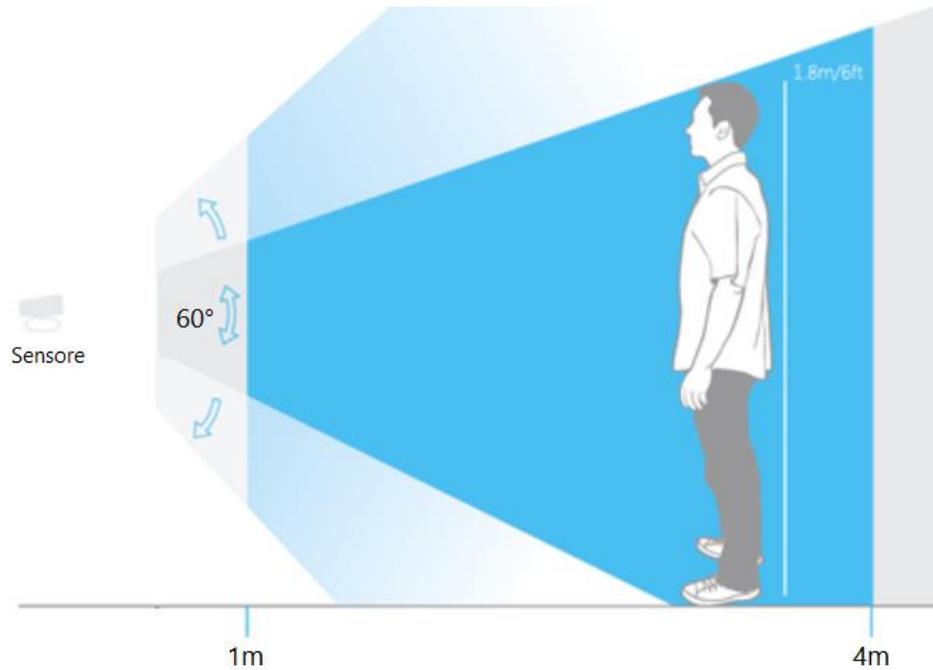


b)

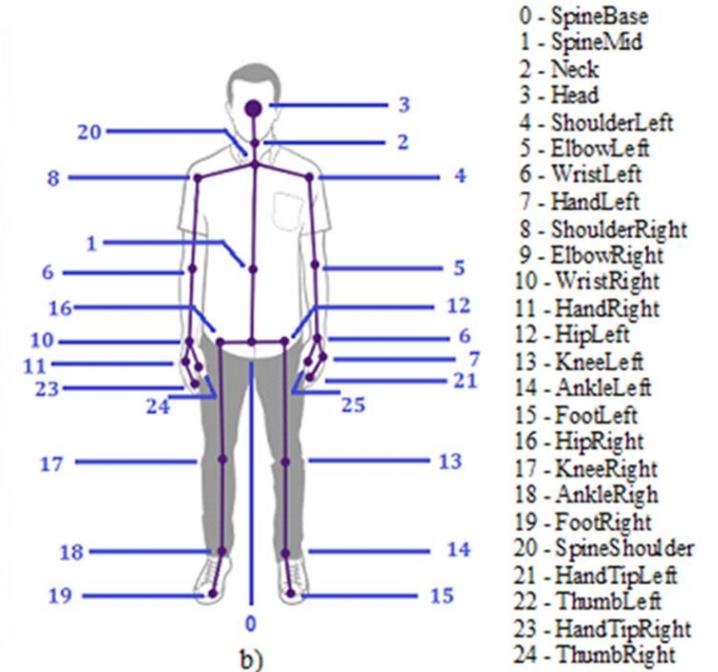
Il Kinect V2 permette la raccolta di 25 giunti articolari. In figura: a) La scheletrizzazione del corpo ottenuta attraverso sensore; b) I giunti articolari tracciabili.

Le nuove tecnologie per il supporto all'esperto

Il Kinect V2 ha una profondità di campo massima di 4 metri, un FoV orizzontale di 70° ed un FoV vertical di 60°.



a)



b)

Il Kinect V2 permette la raccolta di 25 giunti articolari. In figura: a) La scheletrizzazione del corpo ottenuta attraverso sensore; b) I giunti articolari tracciabili.

Il metodo RULA 1/2

Tra i metodi osservazionali, il RULA (Rapid Upper Limb Assessment), è uno dei più utilizzati in ambito industriale.

E' espressamente citato dallo standard ISO 11228-3:2007(E) tra i metodi applicabili per una rapida valutazione del rischio ergonomico posturale a carico delle articolazioni degli arti superiori e della schiena per compiti prevalentemente statici e ripetitivi.

L'esperto compila una griglia di valutazione ottenendo due valori (variabili tra 1 e 7) proporzionali al rischio della postura.

Il metodo RULA 2/2

RULA Employee Assessment Worksheet

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

20° +1, 30° +2, 45° +2, 60° +3, 90° +4

Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

+1, +2

Step 2a: Adjust...
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

+1, +2, +3

Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
 If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held 10 minutes):
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C:
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist						
		Twist	Twist	Twist	Twist			
1	1	1	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
	2	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Trunk Posture Score												
	Legs		Legs		Legs								
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	7
4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	7	7
5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	5
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Table D: Final Score

Upper Arm Score	Lower Arm Score	Wrist Twist Score	Wrist and Arm Score	Muscle Use Score	Force/Load Score	Final Score
-----------------	-----------------	-------------------	---------------------	------------------	------------------	-------------

Scoring: (final score from Table C)
 1 or 2 = acceptable posture
 3 or 4 = further investigation, change may be needed
 5 or 6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

15° +1, 30° +2, 45° +3, 60° +4

Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

15° +1, 30° +2, 45° +3, 60° +4

Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
 If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held 10 minutes),
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeatedly): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C:
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Attività completate

- Implementati algoritmi in grado di calcolare il punteggio di rischio posturale secondo il metodo RULA.
- Implementazione prototipo hardware/software
- Validazione con posture standard
- Validazione rispetto ad un sistema di tracking ottico.

Il progetto viene condotto all'interno dell'Accordo attuativo tra Inail Direzione regionale per la Puglia e Politecnico di Bari:

Sviluppo e Diffusione di un tool software low cost basato su Kinect™ v2, per il monitoraggio automatico in real time del rischio ergonomico

Durata Progetto marzo 2017/marzo 2018

c)

Il prototipo implementato

Gli algoritmi sono stati integrati in un sistema semiautomatico munito di una interfaccia utente che consente la customizzazione del setup di misura e la visualizzazione istantanea dei punteggi misurati.

Setup
parametri
posturali

The image displays two windows from the K2RULA software. The 'SettingsWindow' on the left is titled 'Arms and Wrists manual Settings' and 'Neck Trunk Legs Manual Settings'. It contains various dropdown menus and checkboxes for configuring measurement parameters. The 'Arms and Wrists manual Settings' section includes options for Wrist Deviation (Right/Left), Wrist Twist (Left/Right), Muscle use (A Left/A Right), and Arm Load (Left/Right). The 'Neck Trunk Legs Manual Settings' section includes a checkbox for 'Leg and feet NOT supported and balanced', Muscle use (B), Leg Load, and a checkbox for 'Is Neck twisted'. An 'Apply Settings' button is located at the bottom of this window. The 'K2RULA GUI' window on the right shows a 3D visualization of a worker's posture in a simulated environment. It includes a 'Time Evolving RULA' section with 's' and 'ms' input fields, a 'Start' button, and a 'Real Time RULA' button. Below this is a 'Buffer Size' section with 's' and 'ms' input fields and a 'Live' checkbox. The 'Visualization' section has a 'Depth' dropdown menu and a checked 'Skeleton' checkbox. At the bottom of the K2RULA GUI, there is a 'Color Frame' section with 'PLOT DATA' and 'COLOR FRAME' buttons, a timestamp '00:00:12.3233373', and a 'Loops' section with '0', 'Play', 'Resume', 'Pause', and 'Stop' buttons. A file path is visible at the bottom: 'File: C:\Users\Vito\Desktop\Codice K2RULA\Demo tempo reale\20160530102329_00.xef'.

*Antonio UVA et al. - MONITORAGGIO IN TEMPO REALE DEL RISCHIO ERGONOMICO POSTURALE DEL LAVORATORE.
UN TOOL SOFTWARE BASATO SU SENSORI LOW COST.*

VI Incontri Mediterranei di Igiene Industriale -Bari: 26-27 Ottobre 2017

Funzionalità e vantaggi 1/3

Lo strumento realizzato permette la misurazione del punteggio RULA per posture statiche per entrambi gli arti

Acquisita la misurazione, l'interfaccia utente permette di visualizzare i punteggi per i due lati del corpo.

The screenshot displays the RULA software interface with the following data:

Joint	Angle (L)	Angle (R)	Final Score	Notes
Upper Arm	157.31°	149.09°	6	Shoulder Raised: True, Arm Abducted: True
Lower Arm	29.79°	29.61°	2	Lower Arm medium range
Wrist	19.86°	25.18°	3	

Summary Scores:

- WristTwistScore: 1
- Posture Score A: 8
- Muscle Use Score A: 0
- Force/load Score A: 0
- Final Wrist/Arm Score: 8

Final Score: 7 (Red box)
Investigate and change immediately (Red box)
ARM: Right (Green text)

Other Body Scores:

- Final Neck Score: 4 (Neck Angle = -7.54°, Neck Twisted = False)
- Final Trunk Score: 2 (Trunk Angle = 8.56°, Is Bended=False, Trunk Twisted = False)
- Final Leg Score: 1
- Posture Score B: 5
- Muscle Use Score B: 0
- Force/load Score B: 0
- Final Neck/Trunk/Leg Score: 5

Additional Metrics:

- KEY INFERRED JOINT: 0
- ALL INFERRED JOINT: 0

Buttons: Change Settings, Save (floppy disk icon)

Funzionalità e vantaggi 2/3

- Visualizzazione score di rischio globale (Grand-score)
- Score intermedi di calcolo relativi alle sezioni del corpo analizzate.
- Dettaglio degli angoli tra i vari giunti articolari di interesse.

Angoli tra i giunti articolari

The screenshot displays the RULAwindow software interface. It features a central 3D model of a human figure with blue lines indicating joint angles. The interface is divided into several sections:

- Left Panel:** A table of joint angles and scores. Red circles highlight specific values: 157.31° L (FinalUpperArmScore: 6), 149.09° R (Arm Abducted: True), 29.79° L (FinalLowerArmScore: 2), 29.61° R (Lower Arm medium range), 19.86° L (FinalWristScore: 3), and 25.18° R. Other scores include WristTwistScore: 1, Posture Score A: 8, Muscle Use Score A: 0, Force/load Score A: 0, and Final Wrist/Arm Score: 8.
- Right Panel:** A table of scores and angles. Red circles highlight: Neck Angle = -7.54°, Final Neck Score: 4, Neck Twisted = False, Trunk Angle = 8.56°, Final Trunk Score: 2, Trunk Bended=False, Trunk Twisted = False, Final Leg Score: 1, Posture Score B: 5, Muscle Use Score B: 0, Force/load Score B: 0, and Final Neck/Trunk/Leg Score: 5.
- Bottom Center:** A red banner displays "FINAL SCORE: 7" and "Investigate and change immediately". Below it, "ARM: Right" is shown in green.
- Bottom Right:** A table shows "KEY INFERRED JOINT" and "ALL INFERRED JOINT" both with a value of 0. A "Change Settings" button is also present.

Angoli tra i giunti articolari

Punteggi parziali

Punteggi parziali

Funzionalità e vantaggi 3/3

La disponibilità dei punteggi parziali e degli angoli permette di individuare gli elementi della postura che ne aumentano l'indice di rischio e agevola la definizione di misure correttive.

The screenshot displays the RULA software interface for posture analysis. The central part shows a 3D model of a person with a blue skeletal overlay. The left sidebar provides detailed data for the right arm (Right):

157.31° L	FinalUpperArmScore: 6
Shoulder Raised: True	
149.09° R	Arm Abducted: True
29.79° L	FinalLowerArmScore: 2
29.61° R	Lower Arm medium range
19.86° L	FinalWristScore: 3
25.18° R	
WristTwistScore: 1	
Posture Score A: 8	
Muscle Use Score A: 0	
Force/load Score A: 0	
Final Wrist/Arm Score: 8	

The right sidebar shows summary scores:

Neck Angle = -7.54°	
Final Neck Score: 4	
Neck Twisted = False	
Trunk Angle = 8.56°	
Final Trunk Score: 2	Is Bended=False
Trunk Twisted = False	
Final Leg Score: 1	
Posture Score B: 5	
Muscle Use Score B: 0	
Force/load Score B: 0	
Final Neck/Trunk/Leg Score: 5	

The bottom section displays the final results:

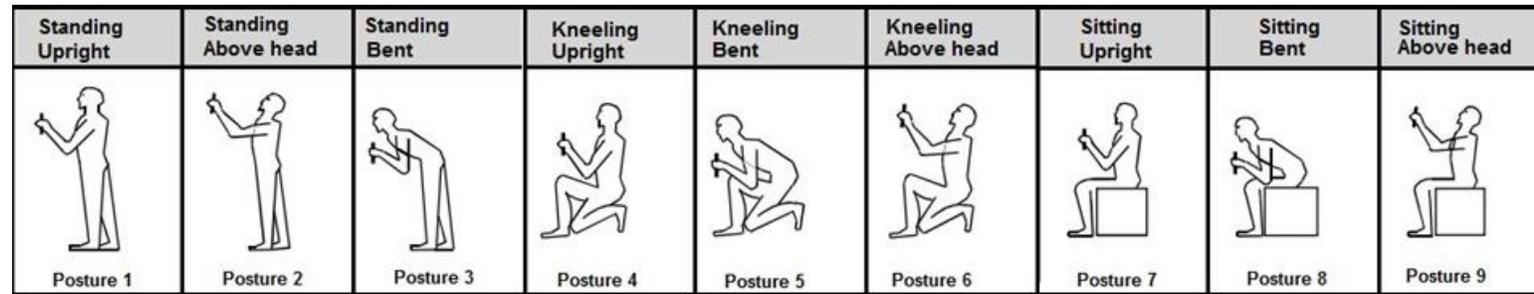
FINAL SCORE: 7
Investigate and change immediately
ARM: Right

Nell'esempio gli arti sono iperestesi verso l'alto, con abduzione a carico dell'articolazione gleno omerale e retroflessione del collo.

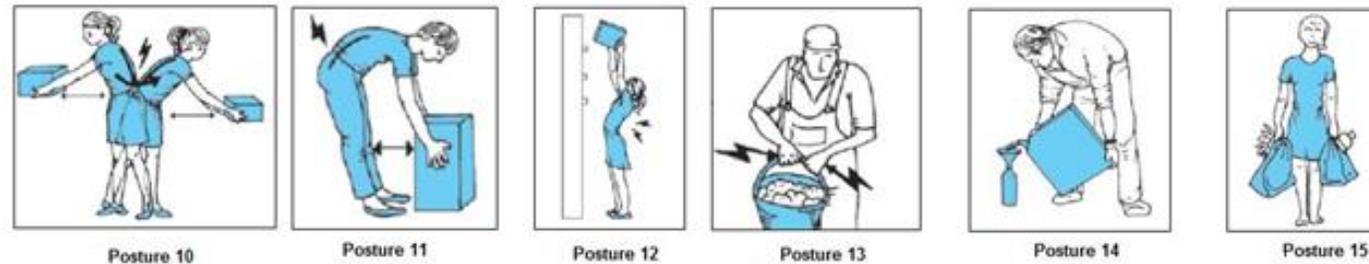
Validazione misure

Misurazioni effettuate su 15 posture statiche:

- 9 scelte dal modello di valutazione del metodo EWAS*



- 6 estratte da un manuale per la campagna europea** contro i disturbi muscoloscheletrici rappresentative delle posture incongrue più comuni



*EAWS (Ergonomic Assessment Worksheet - section 4) web site <http://ergo-mtm.it/wpcontent/uploads/2013/09/EAWS-form-v1.3.4-EN.pdf>

** Colombini, D., Colombini, C., & Occhipinti, E. I disturbi muscolo-scheletrici lavorativi. Milano, Ed. INAIL. Web site http://www.inail.it/internet_web/wcm/idc/groups/internet/documents/document/ucm_portstg_093067.pdf

Validazione – Procedura

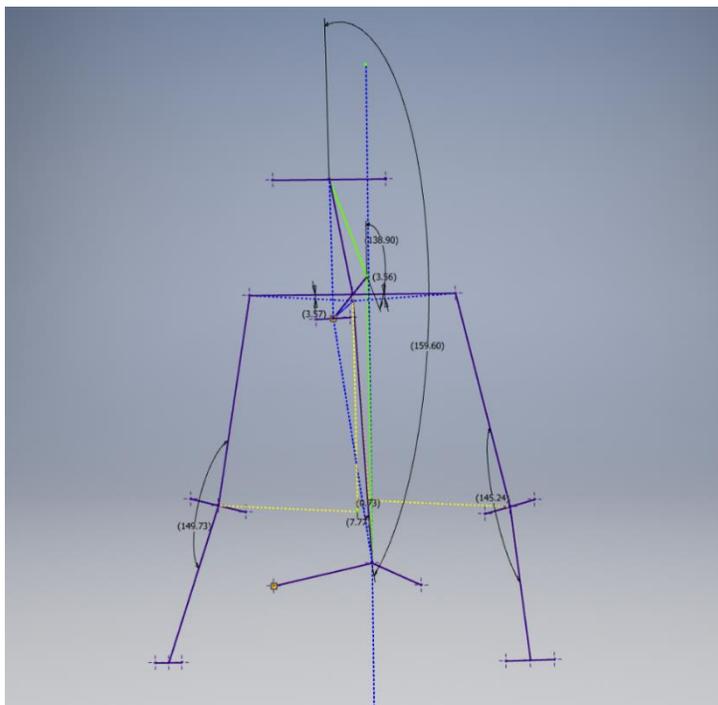


1. Un volontario (maschio, 26 anni, altezza 180 cm, peso 80 kg) ha simulato l'esecuzione delle posture statiche.
2. Individuati 18 landmark anatomici per il posizionamento dei marker ottici.
3. Kinect posizionato di fronte il volontario, ad una distanza di 240 cm ed ad una altezza di 180 cm dal pavimento.
4. Attore al centro dell'area inquadrata dal sistema di tracking ottico installato in laboratorio con un livello di illuminazione controllato di 400 Lux.

I 18 landmark anatomici con il posizionamento dei relative marker per il tracking ottico in laboratorio

Validazione – Procedura

- Importazione delle coordinate dei landmark anatomici in un modello CAD parametrico per il calcolo degli angoli di interesse.



Il modello CAD tridimensionale ricostruito a partire dalle coordinate dei landmark anatomici raccolti con il tracking ottico.

- Calcolo del punteggio RULA con l'ausilio di un datasheet dedicato.

RULA Employee Assessment Worksheet Based on: RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

Step 4: Adjust...
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Use values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. holds 10 minutes):
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C:
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. holds 10 minutes):
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C:
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture				
		Twist	Twist	Twist	Twist	
1	1	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	3	3
2	1	2	3	3	3	4
2	2	3	3	3	3	4
3	1	2	3	3	3	4
3	2	3	3	3	3	4
4	1	3	3	4	4	5
4	2	3	3	3	3	4
5	1	4	4	4	4	5
5	2	4	4	4	4	5
6	1	5	5	5	5	6
6	2	5	5	5	5	6

Table B: Neck, Trunk and Leg Score

Neck Posture	Trunk Posture						Legs
	1	2	3	4	5	6	
1	1	2	3	4	5	5	5
2	2	2	3	4	5	5	5
3	3	3	3	4	5	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	5	5
2	2	2	3	4	5	5	5
3	3	3	3	4	5	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

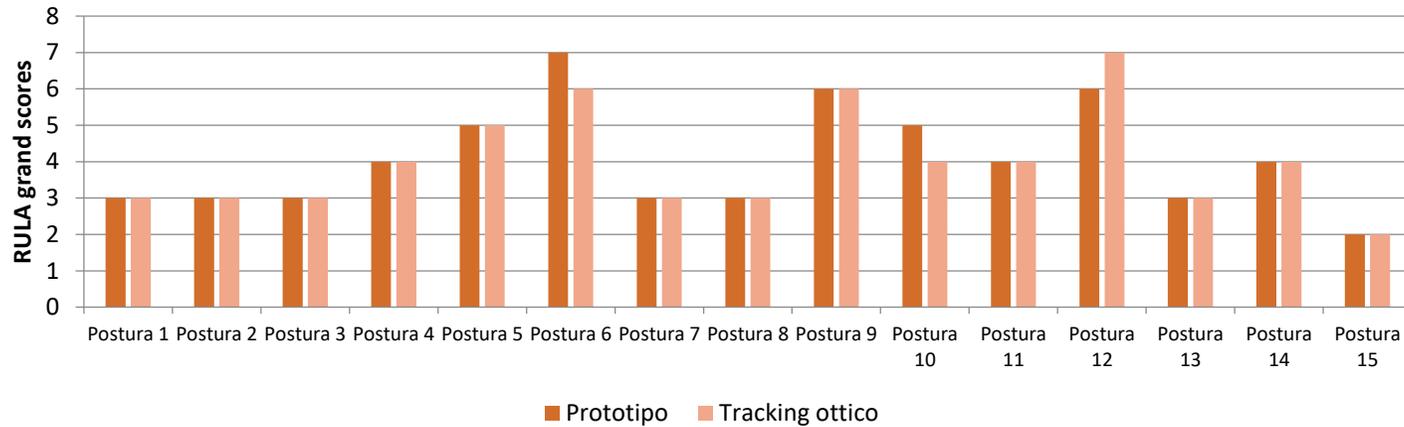
Scoring: (final score from Table C)
 1 or 2 = acceptable posture
 3 or 4 = further investigation, change may be needed
 5 or 6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: ____/____/____
This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in RULA. © 2008 New Consulting, Inc. provided by Practical Ergonomics. starkier@ergonomics.com (816) 444-1667

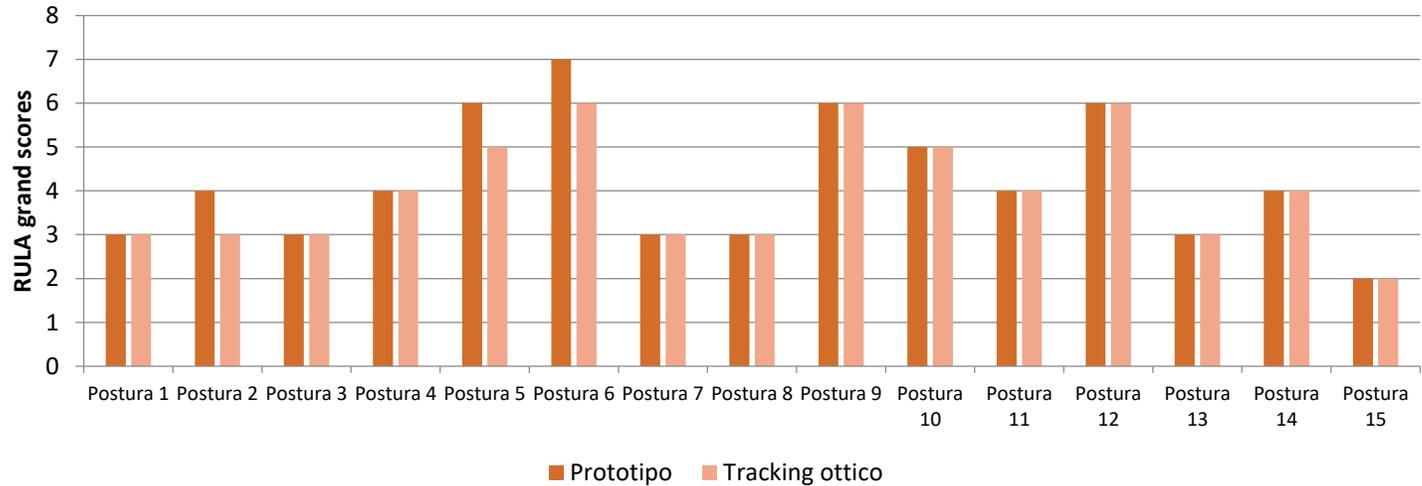
Validazione - Risultati

Un confronto visivo tra le misure restituite dai due strumenti porta a confermare l'ipotesi iniziale di accordo tra i due sistemi.

Lato destro



Lato sinistro



Validazione - Risultati

- Il test di significatività statistica dell'ipotesi di accordo tra i due strumenti di misura è stato condotto utilizzando tabelle di contingenza bidimensionali.
- L'agreement è stato calcolato stimando il proportion agreement index (p_0).
- La significatività del proportion agreement index è stata valutata tramite la kappa di Cohen pesata linearmente.

Tabella riassuntiva dei risultati del test statistico

Lato	P_0	kappa di Cohen	Agreement (scala di Landis and Koch)	z (k/sqrt(var))	p value	Ipotesi nulla
Sinistro	0.97	0.87	Perfetto	4.38	<0.001	Rifiutata
Destro	0.97	0.87	Perfetto	4.78	<0.001	Rifiutata

- I punteggi ottenuti, analizzati secondo la scala di Landis and Koch indicano un agreement perfetto tra i due metodi.
- Il test dell'ipotesi nulla che l'agreement osservato sia accidentale rigetta l'ipotesi per entrambi i lati destro e sinistro ($p < 0.001$).
- Viene confermata quindi l'ipotesi iniziale che le stime restituite dal prototipo sviluppato e dal sistema di tracking ottico sono in accordo tra di loro.

Video



Conclusioni

Attuale stato di sviluppo del prototipo:

- Validazione con test in laboratorio
- Analisi RULA real time e off-line

Step di sviluppo futuri:

- Sperimentazione sul campo in azienda
- Implementazione versione semplificata per la distribuzione gratuita online

Grazie per l'attenzione!

Contatti: antonio.uva@poliba.it