

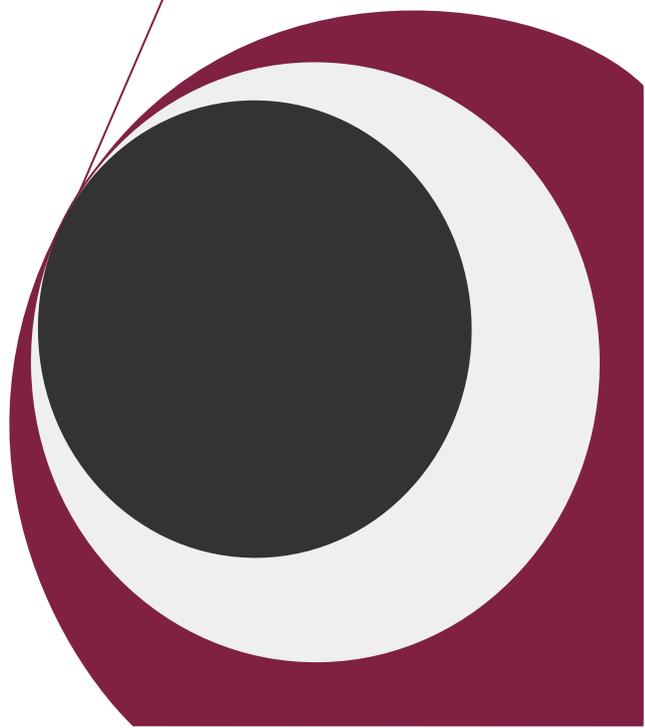
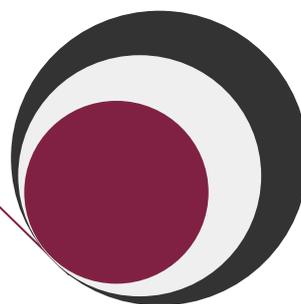
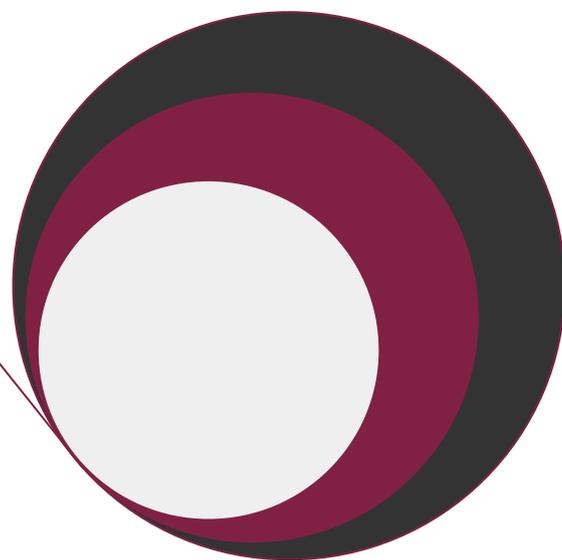


**PEGASO**

Università Telematica

**“SOFTWARE CLASSIC JACK”**

**PROF.SSA GERMANA DE STEFANO**



# Indice

<b>1</b>	<b>INTERAGIRE CON JACK</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>COLLISION DETECTION</b> .....	<b>7</b>
2.1	ANALISI DELLE FORZE E DEI MOMENTI .....	8
<b>3</b>	<b>CLASSIC JACK E L'AMBIENTE CAD</b> .....	<b>10</b>
3.1	ANALISI DI SOLLEVAMENTO NIOSH .....	11
3.2	VALUTAZIONE RAPIDA DELLO STATO DI AFFATICAMENTO DEGLI ARTI SUPERIORI (RULA) .....	14
3.3	CALCOLO DEL CONSUMO DI ENERGIA METABOLICA .....	15
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>19</b>

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

# 1 Interagire con Jack

L'interazione con gli oggetti importati nell'ambiente del software e la regolazione della postura assunta dal manichino sono effettuate attraverso appositi controlli, contemplati nella finestra "Human Control" (Figura 1). Attraverso lo Human Control Panel è possibile selezionare un segmento, muoverlo e ruotarlo secondo gli assi del site locale interessato.

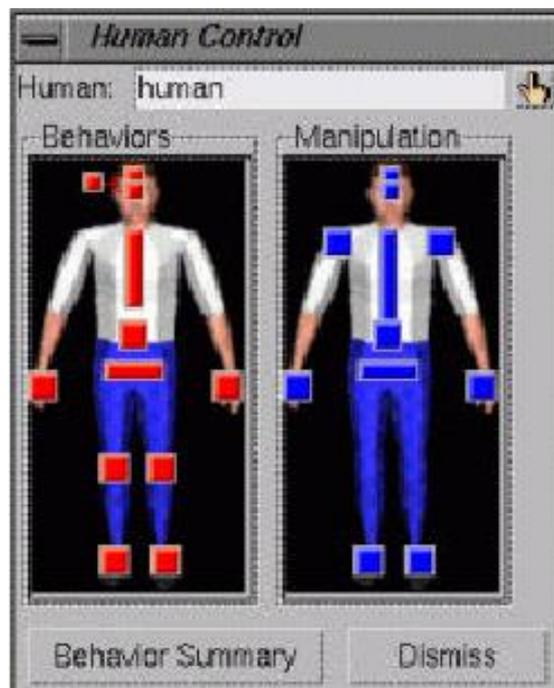


Figura 1 Lo Human Control Panel.

Quando si manipola un segmento, il software utilizza la cinematica inversa per determinare, in tempo reale, la posizione di segmenti e di articolazioni collegati. Per esempio, quando si muove la mano di Jack, i segmenti superiori ed inferiori del braccio, e i giunti relativi, si muovono come avverrebbe nel corpo umano (Figura 2).

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*



Figura 2 Quando si manipola un segmento, il software utilizza la cinematica inversa per determinare, in tempo reale, la posizione di segmenti e di articolazioni collegati.

Il manichino può effettuare quattro tipi predefiniti di presa (grasp): precisione, potenza, tripode, controllo. Si specifica il tipo di presa, si seleziona l'oggetto da afferrare e il software provvede a far chiudere realisticamente la mano sull'oggetto (Figura 3).

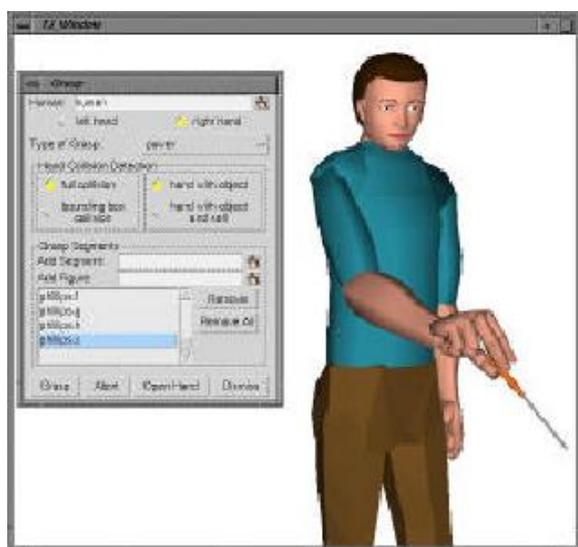


Figura 3 Jack che afferra un cacciavite con la presa "precisione".

L'elevato numero di segmenti e di giunture costituenti le mani consente all'operatore di definire sul manichino qualsivoglia tipo di presa (Figura 4).

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

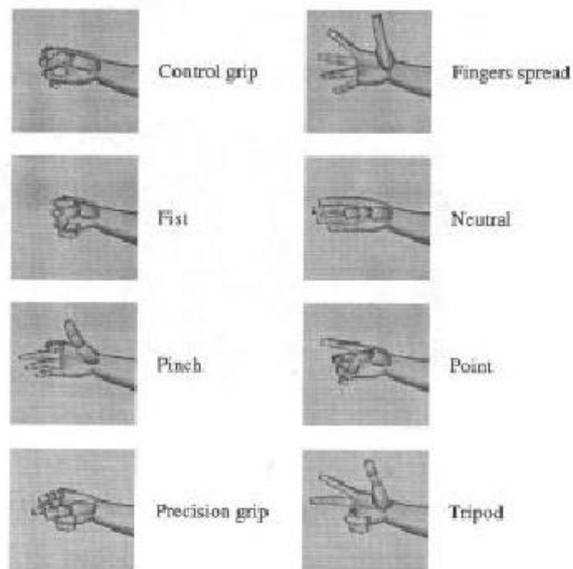


Figura 4 Alcuni tipi di presa definibili in Jack.

Si può assegnare al manichino una postura selezionandola da una biblioteca che ne contiene 30 predefinite, o crearla e salvarla secondo le particolari esigenze (Figura 5).



Figura 5 Jill al lavoro.

Il manichino può afferrare gli oggetti, guardare, sollevare, camminare su un percorso pre-assegnato: un sistema di animazione consente di assegnare facilmente a Jack ogni tipo di movimento. Si può inoltre osservare il compito svolto da Jack attraverso i suoi stessi occhi (Figura 6).

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*



Figura 6 Jack alla guida. Nel riquadro l'operazione osservata dal punto di vista del manichino.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

## 2 Collision Detection

Classic Jack non tiene conto dell'impenetrabilità dei solidi e non può essere altrimenti, dato che sarebbe estremamente difficoltoso e oneroso, dal punto di vista computazionale, manipolare gli oggetti e interagire con essi.

Esiste però una funzione di Collision Detection che permette di visualizzare eventuali collisioni tra oggetti. Per attivarla bisogna selezionare preventivamente una coppia di segmenti; tale coppia si illumina appena si verifica la collisione (Figura 7).

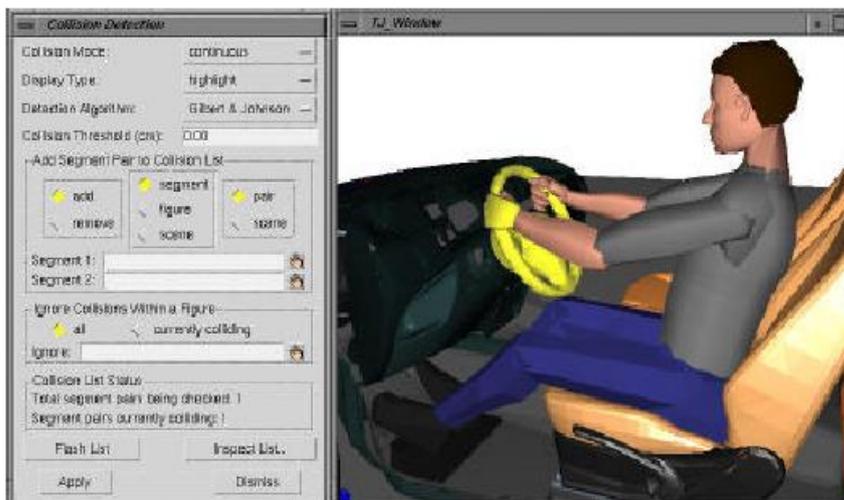


Figura 7 Un esempio di Collision Detection.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

Classic Jack dispone di quattro differenti algoritmi per individuare la collisione tra gli oggetti (Tabella 1).

<b>Metodo collisione</b>	<b>Velocità</b>	<b>Precisione</b>
Bounding box/sphere	Alta	Bassa
Gilbert & Johnson	Media	Media
Moore & Whelhem	Bassa	Alta
Modified M & W	Bassa	Alta

Tabella 1 I diversi algoritmi a disposizione per il comando collision detection.

Con il primo algoritmo, Bounding box / sphere viene a costruirsi, intorno al segmento selezionato, una sfera o un rettangolo fittizio. Il metodo non è accurato, ma è molto utile per valutazioni di massima perché è molto veloce. Al contrario, il metodo “Gilbert e Johnson” è più accurato ma più lento ed è particolarmente indicato per oggetti concavi. Il metodo “Moore e Whelhem” e il metodo “Moore e Whelhem modificato” sono molto accurati ma altresì molto lenti.

## 2.1 Analisi delle forze e dei momenti

Fissata la postura del manichino, si possono calcolare le forze che vengono ad esercitarsi sulle articolazioni e sui vari segmenti con l'opzione Human Force and Torque Analysis (Figura 8) dando un opportuno peso agli oggetti con cui il manichino interagisce.

Attraverso il sistema di animazione è possibile visualizzare i compiti assegnati al manichino e la sua movimentazione nell'ambiente virtuale. In questo modo è possibile ottimizzare, ad esempio, il lay-out di un reparto o l'organizzazione del posto di lavoro.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

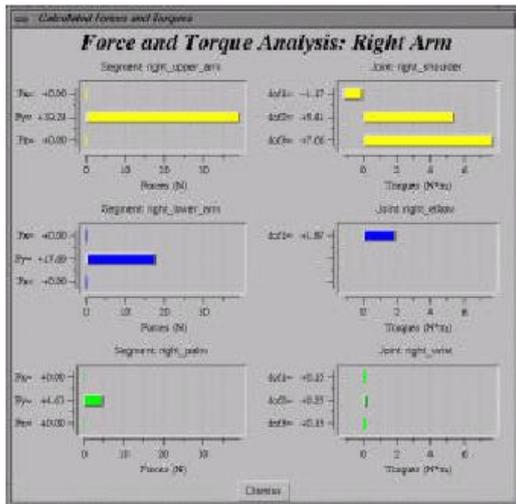


Figura 9 Il pannello Human Torque Analysis.

Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)

### 3 Classic Jack e l'ambiente CAD

Il programma è dotato di driver interni per l'importazione e l'esportazione di file dal CAD. Esso supporta i file CAD più comuni: IGES, VRML, STL, IV, CSB, VTK, PFB, JT. E' inoltre possibile creare primitive geometriche che possono essere integrate nel modello ed esportate nel CAD.

Classic Jack contiene un'utility (OpenGL Optimizer and Decimate) che serve a semplificare la rappresentazione delle superfici presenti nel modello. Per interagire in tempo reale con il programma è necessario, infatti, in taluni casi, ridurre preventivamente il numero di poligoni costituenti la superficie dell'oggetto importato nel programma.

E' un add-on di Classic Jack composto da cinque strumenti utili allo sviluppo dell'abitacolo ed, in particolare, della postazione di guida. Essi sono:

- SAE Packaging Guidelines
- Posture Prediction
- Confort Assessment
- Reach Zone
- Parts Library

Il Task Analysis Toolkit è il secondo modulo aggiuntivo di Classic Jack, costituito da nove strumenti per l'analisi ergonomica, che supporta la progettazione dei compiti industriali tesa al raggiungimento della produttività e della sicurezza ottimali.

Il Task Analysis Toolkit fornisce i seguenti strumenti:

- NIOSH Lifting Analysis,
- Rapid Upper Limb Assessment (RULA),

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

- Metabolic Energy Expenditure,
- Manual Material Handling Limits,
- Static Strength Prediction,
- Ovako Working Posture Analysis System (OWAS),
- Fatigue and Recovery Analysis,
- Low Back Compression Analysis,
- Predetermined Time Analysis.

### **3.1 Analisi di sollevamento NIOSH**

Il NIOSH Lifting Analysis permette di valutare i compiti di sollevamento simmetrici ed asimmetrici, considerando anche sollevamenti con accoppiamenti non ottimali tra l'oggetto e le mani del lavoratore. Questo strumento, basato sulle equazioni di sollevamento NIOSH sviluppate da una commissione di esperti, consente di:

Individuare il peso o carico atteso che, sotto assegnate condizioni posturali, la maggior parte dei lavoratori sani potrebbe sollevare con sicurezza per un notevole periodo di tempo;

Effettuare una stima relativa del livello di stress fisico associato ad un compito di sollevamento manuale o ad un lavoro che comporta sollevamenti multipli.

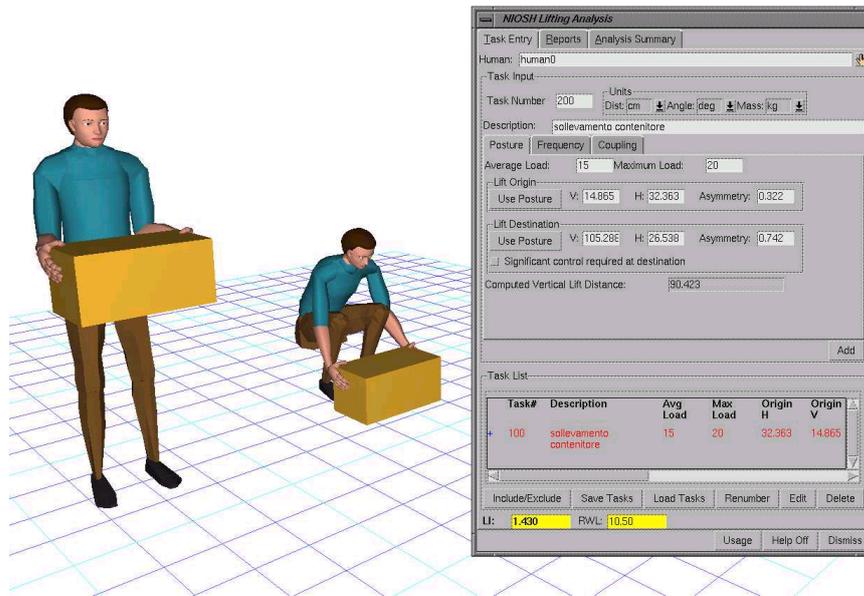


Figura 10 Applicazione e Box Dialog del NIOSH Lifting Analysis.

Jack genera automaticamente la maggior parte delle informazioni necessarie per l'utilizzo del tool. Occorre semplicemente:

- Stabilire se si sta analizzando in un lavoro un'operazione di sollevamento semplice o composta,
- Settare Jack nella postura iniziale per il sollevamento,
- Definire la frequenza di sollevamento per minuto e la durata del lavoro,
- Determinare se l'accoppiamento mano-oggetto è buono, sufficiente o scarso,
- Settare Jack nella postura finale per il sollevamento,
- Nel caso di sollevamenti multipli (composti), specificare, per ogni sollevamento, i parametri precedentemente elencati.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

Nel Box Dialog (Figura 10) le posture, la frequenza di sollevamento e la tipologia di presa sono definite tramite le finestre: POSTURE, FREQUENCY, COUPLING.

## POSTURE

I parametri geometrici posturali possono essere assegnati secondo due modalità:

1. Selezionando direttamente le posture iniziale e finale cliccando il comando “USE POSTURE” e selezionando le posture corrispondenti.
2. Inserendo i valori geometrici preventivamente misurati sul campo (V, H, Asymmetry).

Semplice il primo modo ma nella stessa misura impreciso, sicuramente più rigoroso il secondo comportando, però, maggiori tempi legati all’operazione di misurazione.

## FREQUENZA DI SOLLEVAMENTO (Frequency)

Il box-dialog appare ambiguo e poco chiaro nella richiesta di alcuni parametri.

## TIPOLOGIA DELLA PRESA (Coupling)

Sintetico ed apparentemente efficace.

Lo strumento NIOSH fornisce il limite di peso raccomandato (RWL), l’indice di sollevamento (LI) e, nel caso di sollevamenti multipli, l’indice di sollevamento cumulato (CLI).

- RWL (Limite di Peso Raccomandato) è calcolato considerando i dati inseriti nel box-dialog.
- LI, l’indice di sollevamento, è dato dal rapporto tra il PESO EFFETTIVO (Overange Weight) e RWL:

$$LI = \text{PESO EFFETTIVO} / \text{RWL}$$

Non appena  $LI \geq 3$ , il che significa che il Peso Effettivo è almeno tre volte maggiore di RWL, ci si trova in condizione di stress fisico, condizione non accettabile.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d’autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

L'analisi fornisce suggerimenti in termini posturali per migliorare l'esecuzione del task. Il Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n° 626 impone al datore di lavoro di sottoporre i lavoratori all'obbligo di sorveglianza sanitaria nel caso in cui:

INDICE DI SOLLEVAMENTO > 1.

### 3.2 Valutazione rapida dello stato di affaticamento degli arti superiori (RULA)

Il Rapid Upper Limb Assessment (RULA) permette di valutare l'esposizione dei lavoratori al rischio di fastidi e/o danni agli arti superiori. Assegnata un'operazione manuale, il RULA consente di:

- Valutare il rischio di discomfort per gli arti superiori basandosi su: postura del lavoratore, muscoli sollecitati, peso dei carichi, durata e frequenza delle operazioni,
- Assegnare ad ogni operazione valutata un punteggio che indica il livello d'urgenza dell'intervento per ridurre il rischio di danni agli arti superiori.

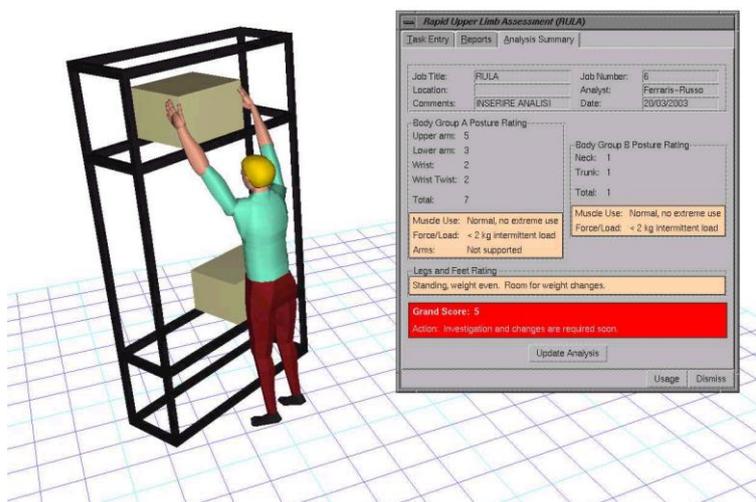


Figura 11 Applicazione e Box Dialog del Rapid Upper Limb Assessment (RULA).

Per utilizzare lo strumento (Figura 11), occorre:

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

- ✓ Posizionare Jack nella postura maggiormente sollecitata durante l'operazione. Il RULA assegna un indice di rischio ad ogni postura basandosi sui valori degli angoli delle articolazioni, sulla torsione delle braccia, dei polsi, del collo, del tronco e delle gambe,
- ✓ Indicare se la postura è mantenuta per più di un minuto o ripetuta per più di quattro volte in un minuto,
- ✓ Specificare il peso del carico e indicare se esso è statico o ciclico.

La procedura di calcolo implementata dallo strumento si attiene scrupolosamente agli step del Foglio di Lavoro Rula. I valori e il rispettivo significato dello score finale sono sinteticamente mostrati nella seguente tabella (Tabella 2):

<i>SCORE</i>	<i>Valutazione Postura</i>
<b>1 o 2</b>	Accettabile
<b>3 o 4</b>	Ulteriore Indagine
<b>5 o 6</b>	Ulteriore Indagine e Rapido Cambiamento
<b>7</b>	Indagine e Immediato Cambiamento

Tabella 2 Valori del Foglio di Lavoro Rula.

Il tool si limita a fornire una valutazione della postura senza indicare eventuali azioni correttive per ridurre il rischio di discomfort.

### **3.3 Calcolo del consumo di energia metabolica**

Il Metabolic Energy Expenditure consente di prevedere il consumo di energia metabolica necessario per l'espletamento di una mansione, basandosi sulle caratteristiche del lavoratore e su di

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

una semplice descrizione dei compiti connessi con il lavoro. Basato sul lavoro di ricerca di Garg, Chaffin e Herrin, tale strumento permette di:

- Stabilire se le attività, normalmente svolte o di nuova definizione, sono conformi alle direttive NIOSH o alle linee guida specifiche dell'utente per il consumo di energia metabolica o espongono il lavoratore ad un grave rischio di eccessivo affaticamento o danno,
- Identificare le operazioni principali di un lavoro e le variabili di queste operazioni che costituiscono i parametri ottimali da modificare per la riduzione del fabbisogno complessivo di energia metabolica per tale lavoro.

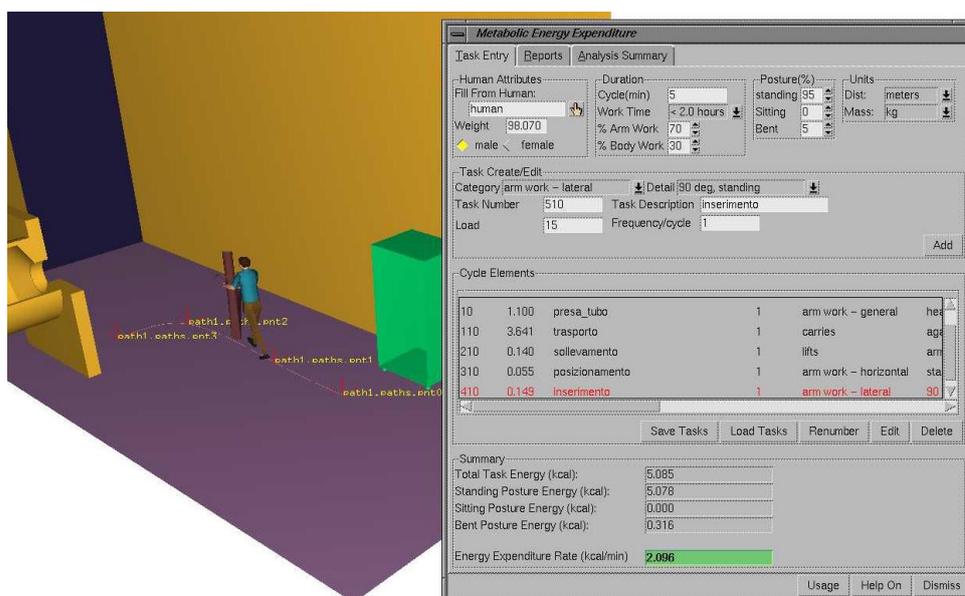


Figura 12 Applicazione e Box Dialog del Metabolic Energy Expenditure.

Lo strumento calcola il tasso del consumo energetico per un lavoro suddividendolo in operazioni elementari e assegna ad ognuna di esse un “costo energetico”, considerando fattori

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

misurabili come: forze, distanze, frequenze, posture, pesi corporei e tempi ciclo. Per utilizzare il tool, è necessario:

- Definire i dati antropometrici del manichino virtuale,
- Definire la durata totale del lavoro che si intende valutare,
- Stimare la percentuale di tempo spesa rimanendo in posizione eretta, curvata o seduta,
- Specificare ogni singola operazione che compone il lavoro, scegliendo fra 25 attività elementari: rimani in piedi, curvato, seduto, cammina, alza, abbassa, trasporta, spingi, tira e muovi le braccia,
- Fornire altre variabili connesse all'attività come: carico, tempo, distanza, inclinazione, posizione iniziale e finale del lavoratore e frequenza nel ciclo di lavoro.

Il Task Entry (Figura 12) è essenzialmente costituito da due parti:

1) Nella prima vengono definiti gli attributi dell'uomo, dell'intero ciclo di lavoro (in termini di tempo e percentuali di parti del corpo a lavoro) e, infine, le percentuali di tempo di mantenimento delle posture. L'elaborazione di questi parametri fornisce le Aliquote di Energia spesa "per il mantenimento delle posture":

- a) In piedi (Standing Posture Energy) (kcal),
- b) Seduto (Sitting Posture Energy) (kcal),
- c) Curvato (Bent Posture Energy) (kcal).

2) Nella seconda vengono definiti i singoli task dell'intero ciclo, descritti in modo dettagliato e completo. Sulla base di queste informazioni, l'algoritmo calcola la "Total Task Energy" (kcal) come somma delle energie spese per l'esecuzione di ogni compito.

Il rapporto tra la somma delle energie ricavate ( $E_i$ ) e il tempo di durata dell'intero ciclo (T.C.) in minuti fornisce il "Tasso di Consumo Energetico" (kcal/min):

$$\text{Tasso di Consumo Energetico} = \sum E_i / \text{T.C.}$$

Il risultato ottenuto è confrontato con i limiti NIOSH raccomandati o con i limiti massimi determinati da alcuni studi, e sulla base di questo riscontro è possibile individuare i singoli *task* o l'intero lavoro che eccedono i limiti raccomandati o massimi.

Molte variabili che influenzano in modo minore il consumo energetico non sono considerate, tra queste:

- Sesso del lavoratore
- Età
- Condizioni Fisiche
- Velocità di Esecuzione
- Temperatura ed Umidità

L'applicazione di questo strumento richiede da parte dell'utente un'analisi particolareggiata del ciclo di lavoro; inoltre, le attività che richiedono una quantità significativa di piccoli movimenti delle mani e/o delle braccia sono difficilmente scomponibili in operazioni delle mani.

Si osserva, infine, che, a causa dell'assenza di adeguate spiegazioni nella guida in linea, molte delle opzioni disponibili nel *task-entry* sono poco chiare.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

## Bibliografia

- AA.VV., Anthropometric Source Book, Vol. 2: A Handbook of Anthropometric Data, Technical Report NASA Rp-1024.
- “Human physical dimensions”, SAE J833, May 1989.
- G. Di Gironimo, “Studio e sviluppo di metodologie di progettazione ergonomica in ambiente virtuale”, Dottorato di Ricerca in Progettazione e Costruzione Meccanica XV Ciclo, Facoltà di Ingegneria dell’Università degli Studi di Napoli Federico II, 2003.