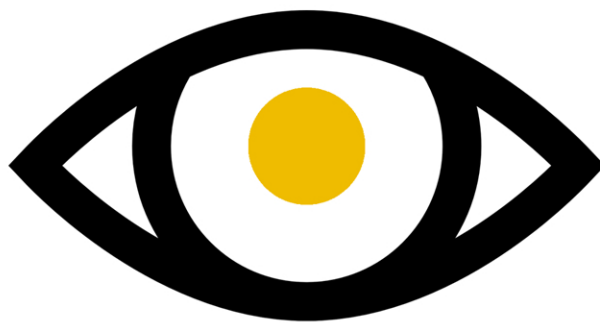


I LINGUAGGI DELLE
SCIENZE COGNITIVE

a cura di

MARCO CRUCIANI E MARCO ELIO TABACCHI

Nuovi sguardi sulle scienze cognitive



(CORISCO)

**I LINGUAGGI DELLE
SCIENZE COGNITIVE**

I LINGUAGGI DELLE SCIENZE COGNITIVE

© 2017 .. Corisco Edizioni . Marchio Editoriale ..
Roma-Messina

Proprietà artistica e letteraria riservata.

È vietata qualsiasi riproduzione totale o parziale ai sensi
della L. N. 633 del 22/04/1941, L. N. 159 del 22/05/1993,
L. N. 248 del 18/08/00 e successive modificazioni.

ISBN: 978-88-98138-25-8

A CURA DI M. CRUCIANI, M.E. TABACCHI

Nuovi sguardi sulle scienze cognitive

(corisco)

A CURA DI
MARCO CRUCIANI
MARCO ELIO TABACCHI

Nuovi sguardi
sulle scienze cognitive

Indice

Prefazione Marco Cruciani	7
Nuovi sguardi sulle scienze cognitive Marco Cruciani	8
Capire le menti o comprendere il mondo? Un'analisi del pretence come attività cognitiva proto-razionale non "essenzialmente" linguistica Gaetano Albergò	15
Comportamenti abitudinari eseguiti automaticamente: the habit loop theory Marsia Barbera	26
Le differenze di genere nei DSA e nelle difficoltà di apprendimento della L2: il caso dei mancini Antonino Bucca, Carmen V. Arcoraci	38
L'indecisione emisferica, i DSA e le difficoltà di apprendimento della L2 Antonino Bucca, Caterina Caruso, Carmen V. Arcoraci	49
Come le serie TV cambiano la nostra mente Olimpia Cali	59

Un'architettura robotica per l'honest signalling nell'interazione uomo umanoide Carmelo Cali, Rosario Sorbello, Antonio Chella, Salvatore Tramonte, Marcello Giardina, Ishiguro Hiroshi, Nishio Shuichi	68
Gli interventi scolastici correttivi nei mancini con DSA e difficoltà di apprendimento della L2 Caterina Caruso, Antonino Bucca	83
Schadenfreude. Tra invidia, rivalsa, e il godere delle disgrazie altrui Christian Cecconi	93
Lontani dal (senso dell') equilibrio: qualche aspetto cognitivo del nostro modo di vivere nel presente Luciano Celi	105
Una o più menti? Alcuni commenti critici riguardo a due definizioni della distinzione tra conscio e inconscio Antonella Corradini, Nicolò Gaj	121
Livelli di interazione nelle Scienze Cognitive post-classiche: alcune riflessioni Marco Cruciani	132
Concetti, oggetti e seguire regole: il primato della prassi nell'estensione di un concetto e nella determinazione del riferimento Marco Cruciani, Francesco Gagliardi	153
Un modello cognitivo-computazionale basato sulla tipicità per la classificazione del comfort vibro-acustico nei velivoli a propulsione ad elica dell'aviazione civile Francesco Gagliardi, Angela Brindisi, Antonio Concilio	173
L'antropologia molecolare nello studio delle basi genetiche del linguaggio: una prospettiva futura Francesco Gagliardi, Marco Miele	185
Prototipi ed esemplari nei processi di categorizzazione: un possibile metodo d'indagine sperimentale sul gradiente di tipicità Francesco Gagliardi, Stefania Moretti, Alberto Greco	194
Artigiano o designer? Conoscenza, pratica e semiologia Giusy Gallo	207

Fiducia ed evoluzione delle norme sociali. Come fare breccia nelle preferenze altrui Mario Graziano	219
L'introspezione tra psicologia del senso comune e psicologia scientifica Giuseppe Lo Dico	234
Neurocomputazione del comportamento morale e dimensione socioculturale Alessio Plebe, Sebastiano Nucera	246
Perché l'intelligenza artificiale (finalmente) funziona Alessio Plebe	260
Autoconsapevolezza corporea Anna Re	277
Con gli occhi dell'emozione. Il ruolo oggettivo e soggettivo nell'esperienza estetica Melania Scorrano	286
Categoria e oggetto. Sulla possibilità di integrare ontologia e cognizione Andrea Velardi	296
Possibilità e limiti dell'empatia. Una discussione filosofica sul riduzionismo e l'ottimismo naturalista delle altre scienze cognitive Andrea Velardi	310
Abstracts	330

Un'architettura robotica per l'honest signalling nell'interazione uomo umanoide

Carmelo Calì, Rosario Sorbello, Antonio Chella,
Salvatore Tramonte, Marcello Giardina
Università di Palermo

Ishiguro Hiroshi
Nishio Shuichi
Ishiguro Laboratories Kyoto
Department of Systems Innovation Osaka

1. Introduzione

Il progresso tecnologico ha reso sempre più attuale l'integrazione dei robot nella vita quotidiana con finalità di cooperazione, assistenza e formazione e, dunque, richiede lo studio delle condizioni alle quali la partecipazione di agenti artificiali a tali compiti sia vissuta dai soggetti come soddisfacente perché efficace ma anche naturale. La ricerca interdisciplinare in scienze cognitive, robotica sociale, interazione uomo-robot (HRI) e uomo-umanoide (HHI) ha cercato di rispondere a questa esigenza, individuando le condizioni di naturalezza nell'aspetto che realizza l'embodiment del robot (Kanda *et al.* 2002, Walter *et al.* 2009), nella capacità di mostrare affetti (Breazeal 2002), nella dotazione del robot di indici comportamentali che dimostrino ai soggetti il suo accesso a capacità di intelligenza sociale (Dautenhahn 2007). In questa ricerca la naturalezza assume, dunque, un ruolo funzionale nella progettazione dell'agente artificiale e dei requisiti, specifici per contesto o generalizzabili, per un'interazione uomo-robot efficace. Essa contribuisce in modo tanto implicito quanto fondamentale alle condizioni per cui i soggetti attribuiscono intenzionalità, causalità personale, agency ai robot e sono perciò inclini a condividere con essi la

fiducia che è fondamento di qualsiasi interazione. Data la varietà costitutiva di questo campo di ricerca, è lecito ipotizzare che essa possa beneficiare dello studio di modelli del comportamento di agenti biologici che vivono in un ambiente condiviso in cui si coordinano nel perseguire obiettivi comuni e realizzare azioni conseguenti (Chella *et al.* 2011).

2. Il modello biologico di equilibrio dell'*honest signalling*

La teoria dell'*honest signalling* è un modello promettente per individuare e testare gli elementi che compongono un'interazione uomo-robot tanto efficace quanto naturale. Essa è stata sviluppata in biologia evolutivista per descrivere le condizioni di equilibrio nelle quali gli animali comunicano scambiandosi segnali "sinceri" (*honest*) sui propri tratti o qualità e al contempo massimizzando la fitness. Per tratti o qualità si intendono proprietà a lungo termine adattive, come per esempio una storia nutrizionale soddisfacente, una capacità di procacciare cibo efficace, un territorio disponibile dotato di risorse che assicurano cura parentale migliore per il partner che deve esercitare una scelta tra esemplari in competizione, e abilità nell'evitare o sfuggire alla predazione. La teoria dell'*honest signalling* considera gli animali come giocatori per i quali è vantaggioso condividere informazioni sulle proprie qualità nella competizione per pressione selettiva indotta dalla scelta del partner, dal combattimento per il territorio e per il cibo oppure dalla predazione. Affinché la loro condivisione sia efficace, queste informazioni devono essere trasmesse da segnali sinceri in senso statistico. Assumendo che gli individui posseggano gradi variabili di una qualità di interesse per il partner o il predatore non direttamente osservabile e che possano manifestarla però con un segnale direttamente percepibile per il partner o il predatore suscettibile di diversi livelli di cospicuità, allora il segnale è statisticamente sincero se in media la sua manifestazione è correttamente correlata con il grado di qualità posseduto cosicché è probabile che l'emissione e la ricezione inducano comportamenti in media più vantaggiosi di quelli che si sarebbero realizzati in assenza di segnale. La sincerità del segnale è assicurata dal costo di emissione per i diversi livelli di cospicuità.

I biologi evuzionisti si sono interrogati in passato sull'esistenza di caratteri a prima vista dannosi per gli individui che li esprimono, come i palchi di alcune specie di cervidi, la colorazione sgargiante dell'uccello del paradiso, la coda lunga e pesante del pavone. Zahavi (1975, 1977) ha ipotizzato che questi caratteri sono equivalenti a un «handicap» in una competizione. Essi si sono evoluti e si preservano in una specie perché la loro espressione implica un costo che diminuisce la probabilità di sopravvivenza, mantenendo tutti gli altri fattori costanti, ma negli individui che posseggono un grado della qualità di interesse maggiore rispetto agli altri è controbilanciato da un guadagno in termini di scelta da parte del partner o deterrenza della predazione (Zahavi, Zahavi 1999). I caratteri interpretabili come handicap sono percepiti come segnali sinceri perché equivalgono a un investimento per comunicare una differenza nel grado di qualità posseduta dell'individuo. L'emittente esibisce un segnale con una cospicuità che implica un costo elevato evidente per mostrare che tale esibizione riduce meno la probabilità di sopravvivenza rispetto ai conspecifici con gradi minori della qualità di interesse, per i quali essa sarebbe più dannosa. Data la funzione di distribuzione della qualità in una popolazione eterogenea, un individuo adotterà allora la strategia di incrementare la cospicuità del segnale in funzione del grado di qualità posseduta. Il ricevente persegue, d'altra parte, l'obiettivo di diminuire il prezzo della scelta di un partner inadeguato, di lottare con un esemplare più forte o inseguire una preda più veloce. Data l'incertezza dovuta all'eterogeneità della popolazione, egli adotta la strategia di minimizzare la divergenza potenziale tra segnale percepito e attribuzione della qualità evitando di sovrastimare o sottostimare il livello di cospicuità del segnale. Le due strategie danno luogo a un sistema di comunicazione evolucionisticamente stabile perché le strategie alternative non sarebbero altrettanto vantaggiose per i giocatori.

Nur e Hasson (1984) presentano due modelli di *honest signalling* basati sul principio dell'handicap: uno per i casi in cui l'emissione del segnale diminuisce la probabilità di sopravvivenza ma aumenta la probabilità di essere scelti da parte del partner garantendo un guadagno in termini di fecondità, e l'altro per i casi in cui l'emissione del segnale comporta solo un costo per la sopravvivenza come per la sequenza di elevati salti sul posto delle gazzelle ("stotting") per disincentivare

l'inseguimento del predatore. In entrambi i modelli, sebbene con generalità maggiore nel primo che nel secondo, è possibile specificare un valore ottimale del costo che l'emissione del segnale comporta per livelli di cospicuità e gradi di qualità diversi. Assumendo l'esistenza di un valore massimo e uno minimo del costo del segnale, a cui la sopravvivenza o il guadagno rispettivamente si approssimano a zero, gli autori dimostrano che esiste un valore ottimale del costo della cospicuità del segnale tra gli estremi e che esso è diverso per classi di individui che possiedono la qualità di interesse con grado diverso. Gli individui con grado più elevato di qualità massimizzano la propria fitness con una esibizione del segnale a un valore ottimale di costo maggiore sia del valore ottimale medio della popolazione sia del valore ottimale per gli individui con il grado più basso di qualità. Si stabilisce così un ordine: per classi di individui con gradi di qualità diversi esistono diversi valori ottimali di costo correlati a livelli di cospicuità, che ne massimizzano la fitness. Per esempio, a causa del costo in termini di risorse per far crescere palchi di corna ramificate, di energie per sopportarne il peso e affrontare il pericolo dovuto all'ostacolo che essi possono comportare in caso di fuga, solo i cervi in condizioni migliori rispetto ai conspecifici possono esibirle e averne un vantaggio selettivo. Ciò indirizza la scelta del partner e ne premia l'accuratezza nella percezione della maggiore o minore cospicuità del segnale, poiché per definizione nessun altro valore oltre a quello ottimale massimizza la fitness per un individuo di una classe determinata.

Grafen (1990) estende questi risultati in un modello unificato che tratta la cospicuità del segnale, la qualità e il costo come variabili continue. Egli dimostra che esiste un equilibrio strategicamente stabile di *honest signalling*, date le condizioni del principio di handicap di Zahavi, e che dalla stabilità deriva l'affidabilità del sistema di comunicazione. Nel caso dello stotting, per esempio, i salti sul posto della gazzella in presenza di un predatore costano energia e tempo che sarebbero invece preziosi per sfuggirgli mentre non ne aumentano la distanza. Si tratta, dunque, di un segnale svantaggioso che esibisce in modo evidente un costo. Se si ammette che il grado di qualità correlato è l'abilità atletica della gazzella resa percepibile al predatore con livelli di cospicuità variabili in ragione dell'elevazione e della frequenza dei

salti, si può concludere che (i) il costo marginale del segnale sarà maggiore per la gazzella meno atletica, (ii) una gazzella più atletica esibirà un costo maggiore rispetto alle gazzelle meno atletiche e sufficiente affinché non convenga loro fingere di essere un po' più atletiche di quanto non siano, (iii) questo costo non sarà comunque superiore al valore ottimale che le assicura un beneficio almeno altrettanto grande di quello per la gazzella meno atletica, (iv) a parità di costo il segnale sarà più svantaggioso per la gazzella meno atletica perché esiste la probabilità che il predatore attacchi comunque. Senza stotting, d'altra parte, il predatore non avrebbe alcuna informazione per selezionare la preda, mentre se anche un individuo nel branco mostra questo comportamento la sua incertezza si riduce perché la scelta del predatore non cadrà su di lui. L'informazione che il predatore ricava dall'osservazione dello stotting dipende, inoltre, dal fatto che esso implica una competizione tra le gazzelle. Se la maggioranza in un branco ricorre allo stotting con un costo medio di energie e tempo, la pressione selettiva della predazione favorirà gli individui che esibiscono uno stotting con un costo marginale superiore. Perciò una gazzella in salute sopravvive nonostante lo spreco apparente di energie e tempo dello stotting. L'osservazione della diversa cospicuità con cui le gazzelle sopportano il costo della segnalazione dell'abilità atletica permette così al predatore di scegliere la preda e risparmiare il tempo e l'energia di un inseguimento casuale.

L'affidabilità del segnale derivante dal suo costo intrinseco, che assicura l'equilibrio del sistema come stato strategicamente stabile, rende poco vantaggiosa una strategia di manipolazione tramite un segnale ingannevole o mendace. Per definizione un individuo non ha incentivi per esibire un carattere o un comportamento per cui debba sopportare un costo superiore al valore ottimale per il quale esso massimizza la fitness. L'emissione di un segnale ingannevole o mendace in condizioni di equilibrio richiede un costo maggiore del beneficio compensativo che esso otterrebbe segnalando al livello ottimale. Inoltre il rischio di un segnale con cui l'emittente finga di appartenere a un ordine di ripartizione della qualità superiore a quello effettivo sarebbe troppo grande, dal momento che la probabilità che il predatore non tenga comunque conto del segnale è sempre maggiore di zero.

3. Dalla biologia alla sociometrics

La teoria dell'*honest signalling* è un modello promettente anche perché costituisce il riferimento di Pentland (2008) nella fondazione della «sociometrics»: la scienza che sviluppa tecniche statistiche e di *machine learning* per rilevare, mappare e creare modelli del modo in cui gli uomini interagiscono faccia-a-faccia o in gruppi e reti sociali informali, istituzionali o lavorative, risolvendo problemi di coordinamento in maniera automatica e inconsapevole. Poiché gli esseri umani non sono sistemi di ragionamento “general purpose” equipotenti per classi diverse di problemi sociali, Pentland sostiene che sia produttivo estendere il concetto di *honest signal* come modello del comportamento sociale plasmato dalla loro storia evolutiva. In analogia con il mondo animale, infatti, egli rileva l'esistenza di segnali con costi di emissione in termini di risorse cognitive che i soggetti esibiscono in modo obbligato e automatico in circostanze determinate. Questi segnali sono riducibili a quattro classi:

- segnali di controllo e orientamento della comunicazione e del comportamento per manifestare attenzione e impegno («influence»);
- segnali imitativi di sintonizzazione tra interlocutori come feedback di avvenuta comprensione e disponibilità alla cooperazione («mimicry»);
- segnali di aumento dell'energia nei gesti e nella conversazione che manifestano l'interesse a mantenere un'interazione a cui si attribuisce valore («activity»);
- segnali di modulazione dell'enfasi di gesti, parole e della loro integrazione nel tempo che rivelano determinazione e focalizzazione, nel caso di enfasi accresciuta e regolarità di emissione, o apertura agli altri, con enfasi accresciuta e variabile ma non irregolare e discontinua («consistency»).

Durante l'interazione i soggetti emettono e ricevono reciprocamente tali segnali e questo scambio continuo forma «circuiti sociali» tra individui, entro o tra gruppi, su cui si costruiscono gli elementi di fiducia e affidabilità richiesti per decidere vantaggiosamente e risolvere i problemi di interazione in contesti di coordinazione. L'*honest signalling* agisce implicitamente come una macchina che estrae dai soggetti decisioni e azioni ottimali. Olguin et al. (2000) e Pentland

(2007) progettano, dunque, dei «socio-scopi» o macchine portatili di percezione sociale dotate di sensori, software e potenza di calcolo sufficiente per rilevare in modo continuo i segnali, estraendo le variabili fisiche correlate a scale temporali e spaziali definite. Per esempio, un socio-scopio può essere dotato di (i) un microfono per registrare le voci e di software per estrarne caratteri temporali, linguistici o di modulazione in altezza e intensità, (ii) un apparato di localizzazione a grana grossa per rilevare la posizione o a grana fine per rilevare prossimità e movimento e inferire la probabilità condizionale che certi soggetti si ritrovino assieme in date circostanze, (iii) moduli di riconoscimento facciale e di azioni tipiche. Così si può mappare la struttura e la dinamica dei circuiti sociali che lo scambio automatico di segnali costruisce durante le interazioni.

4. L'architettura e l'affinamento della teoria

Il lavoro teorico e sperimentale di Pentland e collaboratori suggerisce che è lecito utilizzare la teoria degli *honest signals* per rilevare, specificare e testare le condizioni per un'interazione HRI e HHI naturale e efficace. L'architettura che descriviamo può essere intesa come la trasposizione virtuale o la simulazione di interazioni, grazie alla presenza di robot umanoidi, in una piattaforma cognitiva con moduli di estrazione e classificazione automatica di segmenti percepibili del comportamento che i soggetti utilizzano inconsapevolmente come *honest signals*. La progettazione dell'architettura risponde anche a un'esigenza di affinamento dell'applicazione di Pentland di questa teoria biologica alla sociometrics. Per essere efficace la segnalazione deve avvenire in un ambiente condiviso in cui gli agenti sentono di essere «accessibili, disponibili e soggetti l'uno per l'altro», una condizione che Goffman (1963) denomina «co-presenza». Essa è caratterizzata dalla istantaneità, che distingue una interazione fondata sulla co-localizzazione nello spazio e nel tempo da una comunicazione mediata diacronicamente, e dalla bi-direzionalità che distingue la percezione reciproca dei soggetti in quanto interlocutori da un'interazione in cui le reazioni tra soggetti possono distribuirsi variamente e in modo sconnesso nel tempo. Zhao (2003) sostiene la validità dell'estensione dei caratteri della co-presenza a ambienti con agenti artificiali, tradu-

cendoli nei costrutti affini di «tele-copresenza» e di «co-localizzazione virtuale». Sorbello *et al.* (2014) hanno mostrato che l'interazione con un robot umanoide appare naturale ai soggetti, se questi percepiscono nel robot indizi di comportamenti o abilità osservabili ordinariamente o se vivono l'interazione come una sorta di “specializzazione” delle condizioni dell'esperienza ordinaria, delimitate nel «frame» (Goffman 1974) dato dal carattere artificiale del robot. L'architettura proposta mira a soddisfare tali requisiti cognitivi incorporando il senso di co-presenza che funge da sistema di riferimento per lo scambio di segnali. L'architettura (fig. 1) prevede un'interazione in più fasi – preliminare di training e test – del robot e del sistema di classificazione associato con i soggetti, quindi l'acquisizione e la classificazione di segnali tramite moduli dedicati a postura e gesti, il riconoscimento di cambiamenti di postura e gesti come segnali rilevanti e la predizione della loro occorrenza in fasi o interazioni successive secondo le istruzioni impartite dall'operatore o in modo semi-automatico chiudendo così il circuito soggetto-robot.

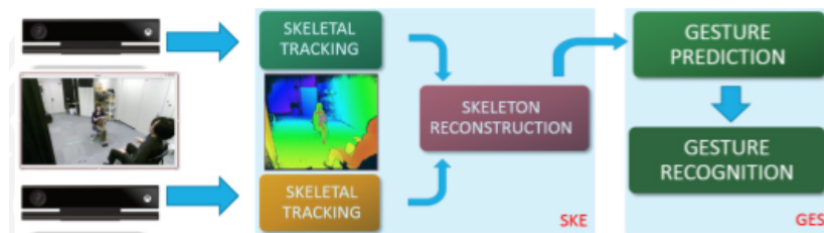


Fig. 1

4.1 Il modulo robotico

I robot impiegati sono gli umanoidi Telenoid e Geminoid Hi-2. Il Telenoid (fig. 2) è stato progettato per preservare solo i tratti minimi per indurre la percezione di un agente incorporato (*embodied*) e minimizzare gli effetti di disorientamento, turbamento o rifiuto (descritti con l'etichetta di *uncanny valley*) collegati ai valori decrescenti o negativi della curva di affinità tra uomo e robot al crescere della somiglianza tra i due (Mori 1970). Esso è tele-operato con un GUI

che controlla i movimenti di testa, braccia e occhi ed è dotato di una camera per visualizzare direttamente il soggetto. Il Geminoid Hi-2 (fig. 3) è una replica dotata di 50 gradi di libertà e sensori per la testa che gli consentono di muoversi come un uomo grazie a un controllo da remoto. La visualizzazione dei soggetti è resa possibile da camere HD. Nella fase di training, l'operatore induce cambiamenti di postura e gesti dei robot in presenza dei soggetti, che possono essere consistenti, contrastanti o non correlati con quelli manifestati dai soggetti in contesti di interazione dati. I dati acquisiti sul robot e sulle reazioni dei soggetti sono poi utilizzati come input nella fase di test e, una volta classificati, divengono condizioni di produzione per impostare in modo semi-automatico il comportamento del robot e la sintonizzazione dei suoi segnali con i soggetti.



Fig. 2



Fig. 3

4.2 I moduli di acquisizione e classificazione

La macchina di percezione sociale dell'architettura è composta da due moduli per cambiamenti di postura, gesti e movimenti che possono emergere come potenziali segnali della classe *mimicry*, come per esempio stare fermi in piedi o seduti, alzarsi, avvicinarsi o allontanarsi, inclinarsi, fare cenno con la testa. Lo Skeletal Modular Function rileva a una distanza di 0.5-4.5 metri i movimenti dei soggetti con sensori Kinect a 30 frame/sec. Da questi dati il modulo estrae 25 punti di giunzione (*joints*) in una finestra temporale adeguata. I *joints* sono

punti tridimensionali dello scheletro che fa da sistema di riferimento. Il sistema associa un'etichetta a ogni scheletro e può ricostruire sei scheletri simultaneamente (fig. 4a e 4b).



Fig. 4a: Estrazione di *joints*

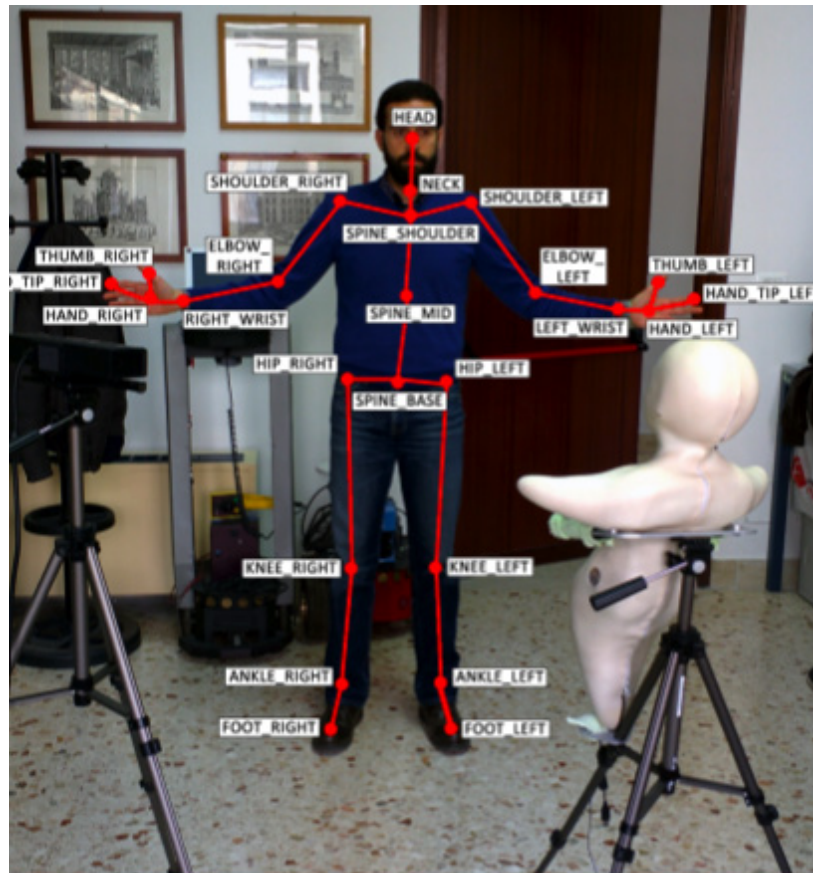


Fig 4b: Etichettatura dello scheletro

Il Gesture Modular Function combina due sotto-moduli: Gesture Prediction e Gesture Recognition. Il sotto-modulo Gesture Prediction aggrega insieme di punti di giunzione solidali per ciascuno scheletro in finestre temporali non sovrapposte. Da questi dati il sotto-modulo individua i joints che corrispondono agli assi del sub-sistema di riferimento per i cambiamenti di postura o i gesti rilevati. Per esempio, per l'inclinazione un dato sub-sistema di riferimento dello scheletro darà

le coordinate in termini di origine e angoli con cui misurare verso, direzione, velocità dei movimenti. Il sotto-modulo Gesture Recognition rileva le variazioni nel comportamento dei soggetti che emergono come segnali di interazione in ragione dei sistemi di riferimento in cui occorrono e, dopo una fase di training, li classifica come cambiamenti di postura e gesti grazie a una “support vector machine” (Suykens, Vandewalle 1999). Durante il training il Gesture Recognition rileva certe variazioni nel comportamento dei soggetti, le estrae come segnali associandole ai sistemi di riferimento e li invia a un sistema che assegna a ciascun segnale un’etichetta di classe (fig. 5).

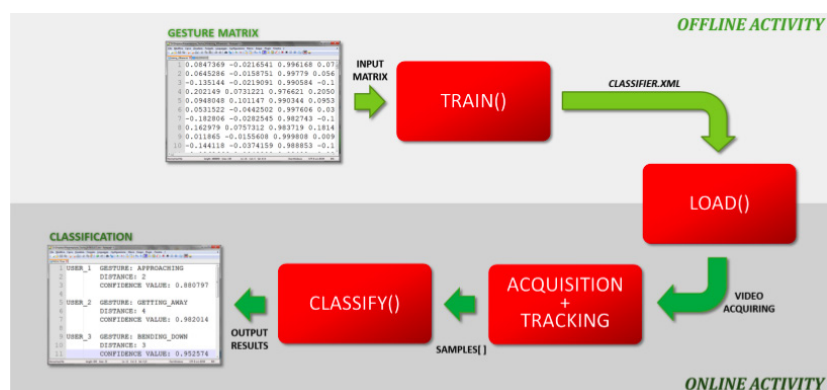


Fig. 5

Il Gesture Modular Function è così in grado di classificare i segnali dati dai cambiamenti di postura e dai gesti dei soggetti e predirne l’occorrenza nel corso dell’interazione. In ragione della modalità di controllo tele-operato o semi-automatico, che viene selezionata per l’interazione, il modulo può suggerire all’operatore o determinare automaticamente i parametri per modificare e modulare la risposta del robot ai soggetti e studiare il valore ottimale dei segnali. L’architettura può essere intesa, infatti, come una matrice di condizioni sperimentali con cui testare ipotesi su quali segnali emergono come *honest signals* della classe *mimicry* dalla stessa interazione tra soggetti e robot, misurarne la robustezza per comportamenti congruenti o incongruenti

degli agenti, determinare la probabilità di successo della predizione e, quindi, del riconoscimento di un particolare segnale in una fase data dell'interazione, quantificare l'effetto di rinforzo o di ostacolo al senso di naturalezza dell'interazione. La ricerca futura sarà dedicata allo sviluppo dell'architettura in parallelo ai risultati ottenuti nelle condizioni sperimentali generabili grazie a essa.

Conclusione

L'architettura presentata può essere intesa come un generatore di modelli per scoprire le condizioni di naturalezza che contribuiscono in maniera essenziale all'efficacia dell'interazione HRI e HHI, simulando i concetti della teoria dell'*honest signalling*, testandone l'esemplificazione in occorrenze di segnali specificabili e affinando l'applicazione di questa teoria alla *sociometrics*. In accordo con la tradizione delle scienze cognitive, se la simulazione degli elementi di naturalezza dell'interazione si dimostrasse valida, la ricerca futura potrebbe dedicarsi a testare l'estensione di specifici segnali e di determinati sistemi di riferimento all'interazione tra esseri umani in generale.

Bibliografia

- Breazeal C. (2002), *Designing Sociable Robots*, Cambridge (Ma.) – London, The MIT Press.
- Chella A., Lebiere C., Noelle D., Samsonovich A. (2011), *On a roadmap to biologically inspired cognitive agents*. In: «Frontiers in Artificial Intelligence and Applications», IOS Press, 233: 453-460.
- Dautenhahn K. (2007), *Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction*, in «Philosophical Transactions of the Royal Society B», 362, 679-704.
- Grafen A. (1990), *Biological signals as handicaps*, in «Journal of Theoretical Biology», 144, 517-546.
- Goffman E. (1963), *Behavior in Public Places*, New York, The Free Press.
- Goffman E. (1974), *Frame Analysis: An Essay on the organization of experience*, New York, Harper and Row.
- Kanda T., Miyashita T., Osada T., Haikawa Y., Ishiguro H. (2002), *Analysis of humanoid appearances in human-robot interaction*, in «IEEE Transactions

- in Robotics», 24, 725-735.
- Mori M. (1970), *The Uncanny valley*, in «Energy», 7 (4), 33-35; tr. ingl. di K. F. Mac Dorman, N. Kageki in «IEEE Robotics & Automation Magazine», 2, 2012, 98-100.
- Nur N., Hasson O. (1984), *Phenotypic plasticity and the handicap principle*, in «Journal of Theoretical Biology», 110, 275-297.
- Olguin D., Waber B.N., Kim T., Mohan A., Ara K., Pentland A. (2009), *Sensible organization: Technology and methodology for automatically measuring organizational behavior*, in «IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics – B», 39, 43-53.
- Pentland A. (2007), *Automatic mapping and modelling of human networks*, in «Physica A», 378, 59-67.
- Pentland A. (2008), *Honest Signals. How They Shape our World*, Cambridge (Ma.) – London, The MIT Press.
- Sorbello R., Chella A., Cali C., Giardina M., Nishio S., Ishiguro I. (2014), *Telenoid android robot as an embodied perceptual social regulation medium engaging natural human-humanoid interaction*, in «Robotics and Autonomous Systems», 62, 1329-1341.
- Suykens J. A., Vandewalle J. (1999), *Least squares support vector machine classifiers*, in «Neural Processing Letters», 9 (3), 293-300.
- Walters M.L., Koay K.L., Syrdal D.S., Dautenhahn K., Te Boekhorst R. (2009), *Preferences and perceptions of robot appearance and embodiment in human-robot interaction trials*, in K. Dautenhahn (eds.), «Proceedings of New Frontiers in Human-Robot Interaction Symposium», AISB 2009 Convention, Edinburgh, 136-143.
- Zahavi A. (1975), *Mate selection – a selection for a handicap*, in «Journal of Theoretical Biology», 53, 205-214.
- Zahavi A. (1977), *The cost of honesty (Further remarks on the handicap principle)*, in «Journal of Theoretical Biology», 67, 603-605.
- Zahavi A., Zahavi A. (1999), *The Handicap Principle. A Missing Piece of Darwin's Puzzle*, New York – Oxford, Oxford University Press.
- Zhao S. (2003), *Toward a taxonomy of copresence*, in «Presence: Teleoperators, «Virtual Environment», 12, 445-455.