



# Animazione Facciale

## N. Alberto Borghese



## Sommario

### Introduzione.

Animazione attraverso morphing.

Performance driven.

Animazione parametrizzata.

Il FACS e l'animazione fisica.



## Animazione facciale



*Comunicazione bimodale.*

- Struttura comune (faccia + testa) , arrangiamento dei muscoli.
- Variabilità morfologica.
- Variabilità nell'attivazione muscolare e nella deformazione superficiale.



## Ambiti di animazione facciale





3 ambiti di animazione:


**Cartoni animati** compito principale è trasmettere una certa espressività

**Espressività realistica** il movimento deve aderire alle regole di produzione del movimento facciale nell'uomo (quali?).


**Telecomunicazioni ed interfaccia uomo-macchina**, requisiti di complessità computazionale sono impellenti.

**Lip-synch** non riguarda il solo movimento delle labbra ma di tutto l'apparato fonatorio visibile (mandibola + labbra + bocca + deformazione dei muscoli della lingua).

 **Cartoni animati** 





Modelli semplici.  
Texture animata.



Modelli stilizzati

Laboratory of Applied Intelligent Systems

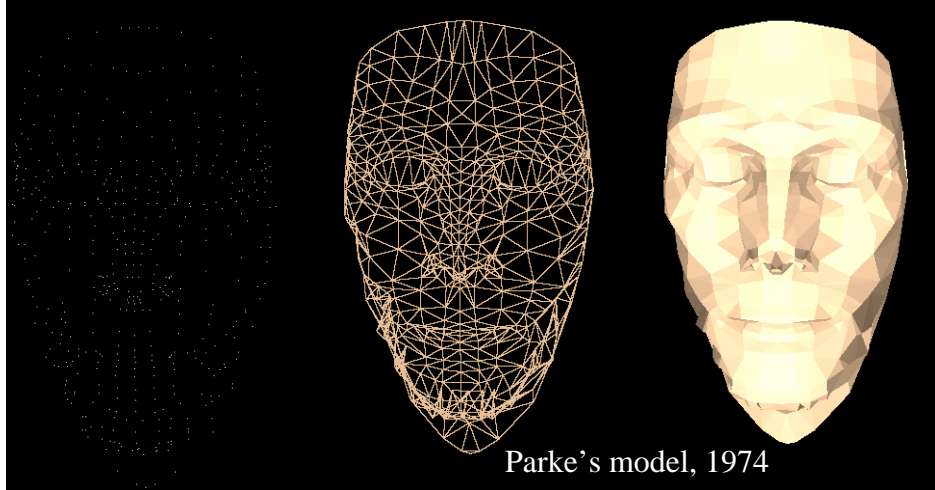
 **Sommario** 

Introduzione.  
**Animazione attraverso morphing.**  
Performance driven.  
Animazione parametrizzata.  
Il FACS e l'animazione fisica.

Laboratory of Applied Intelligent Systems 6/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



## 1. Interpolazione (key-poses)



*Modello universale morfabile costituito da 478 punti e 920 lati (il modello originale era definito per metà volto).*



## Interpolazione avanzata



Regioni **multiple** indipendenti. E.g. parte superiore (emozioni) e parte inferiore (parlato).

Interpolazione **non-lineare**. E.g.

$$\begin{aligned} \text{value} &= a * (\text{value}_2) + (1-a)*\text{value}_1 \\ &\textit{diventa} \\ \text{value} &= \cos'(a) * \text{value}_2 + (1-\cos'(a)) * \text{value}_1 \end{aligned}$$

**Limite:** gran numero di espressioni facciali che devono essere acquisite con accuratezza.



## Expression mapping



- Immagini di 20 espressioni.
- Identificazione delle corrispondenze tra immagine e personaggio in posizione neutrale.
- Calcolo del campo di deformazione per la persona.
- Applicazione del campo di deformazione al personaggio (possibilità di esagerazione dell'espressione).
  
- Tony de Peltrie, 1985.



## Sommario



- Introduzione.
- Animazione attraverso morphing.
- Performance driven.**
- Animazione parametrizzata.
- Il FACS e l'animazione fisica.



## Performance-driven

Animazione basata sulla misura in tempo reale del movimento di un attore (motion capture, ma anche data-glove).

Il movimento può essere interpolato a tutta la superficie facciale a partire dal movimento di marker o di feature facciali.

### Tipi di performance-driven:

- Expression mapping
- Model-based persona transmission

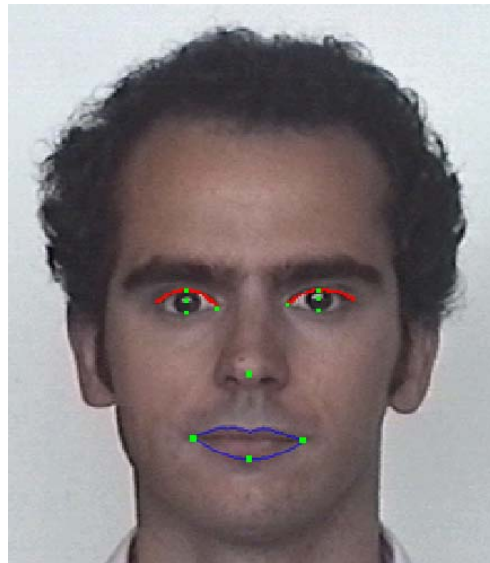


## Model-based Persona Transmission

Identificazione in tempo reale di opportune feature sulle immagini.

Queste feature possono essere punti e/o linee.

Donato, Bartlett, Hager, Ekman, and Sejnowski *Classifying Facial Actions* IEEE Trans. on PAMI, 21(10), 1999.

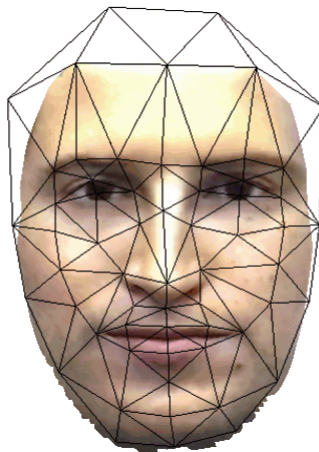




## Maria Callas: Virtual Tosca



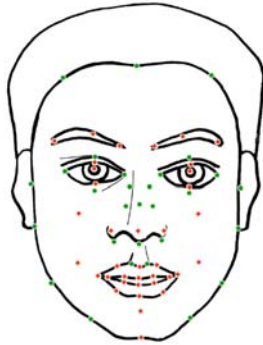
## Two-layers technique



- Deformation of a topological mesh induced by a control mesh.
- The control mesh connects the marker points.



## Markers disposition



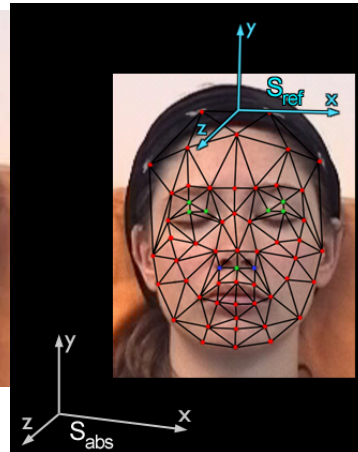
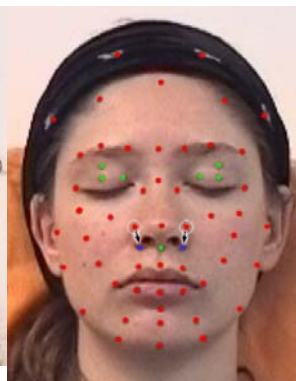
Position of the feature points according to MPEG-4 standard:

- ◆ principali
- secondari

*Problems with:*  
Eyes and tongue.  
Nose basis (visibility).



## Construction of the Control Mesh



**47 markers on the skin:**

- *Problems with:*  
Eyes and tongue.  
Nose basis (visibility).

**4 markers on an elastic band:**

*To identify a local Reference Frame (LRF).*

- 51 Markers acquired (cf. MPEG-4 specifications).
- 7 virtual markers defined through the LRF (green).
- 2 Virtual markers defined through Real Markers (blue).
- 56 control points for the mesh + 4 for LRF.

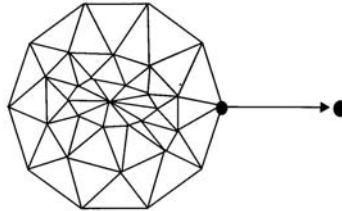




## Come propagare lo spostamento dei vertici



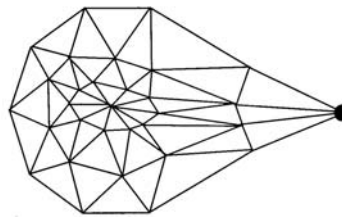
Free-form deformation +  
parametric deformation.



Displacement of seed vertex

*Metriche:*

- Distanza Euclidea.
- Distanza sulla superficie.
- Numero di vertici.



## Disgusto

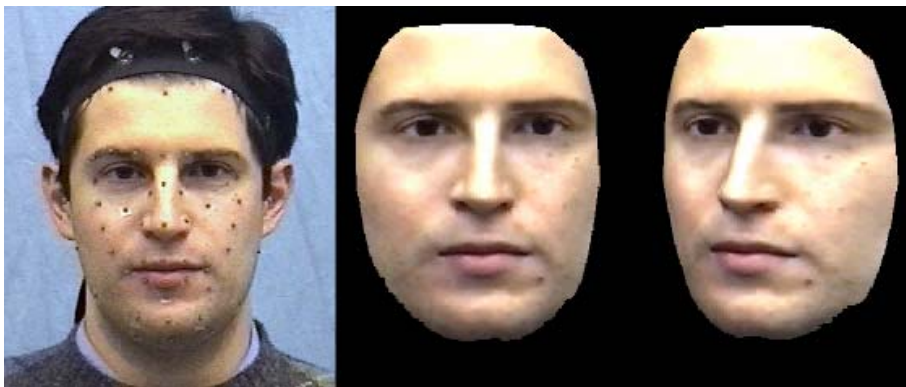




## Paura



## Rabbia





## Sorpresa



## Tristezza





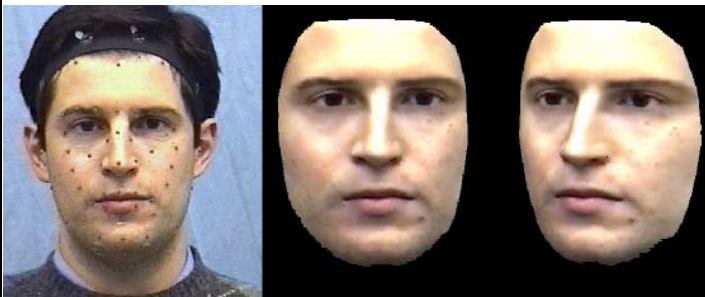
## Felicità



## Topologia poligonale: i problemi

Modello adattato all'animazione.

Rughe di espressione possono essere aggiunte come discontinuità delle normali ai vertici. Non possono essere rese dal campo di deformazioni che è lineare.





## Sommario



Introduzione.  
Animazione attraverso morphing.  
Performance driven.  
**Animazione parametrizzata.**  
Il FACS e l'animazione fisica.

.



## 3. Parametrizzazione diretta



Modello universale + pochi parametri per adattare il modello o ottenere una "key pose".

Rappresentazione cinematica della  
complessità fisica dei volti.





## Parametrizzazione del volto

- 1) *Definizione dei parametri*
- 2) *Associazione dei parametri al modello.*

- 1) Parametri di conformazione del volto (modellazione).
- 2) Parametri di espressione (animazione).

Qualità desiderate:

- Ampiezza di espressioni.
- Semplicità e naturalezza.
- Dimensionalità del set dei parametri.
- Ortogonalità.
- Possibilità di essere gestito da un livello più alto di controllo.



## Una possibile implementazione (modello di Parke)

Modello costituito da una mesh 3D, ispirato all'anatomia.

Obiettivo: replicare l'aspetto del volto nelle espressioni con pochi parametri.

Modifica della mesh indotta dalle modifiche delle feature (parametri di controllo).

**Motion Capture -> parametri -> animazione**

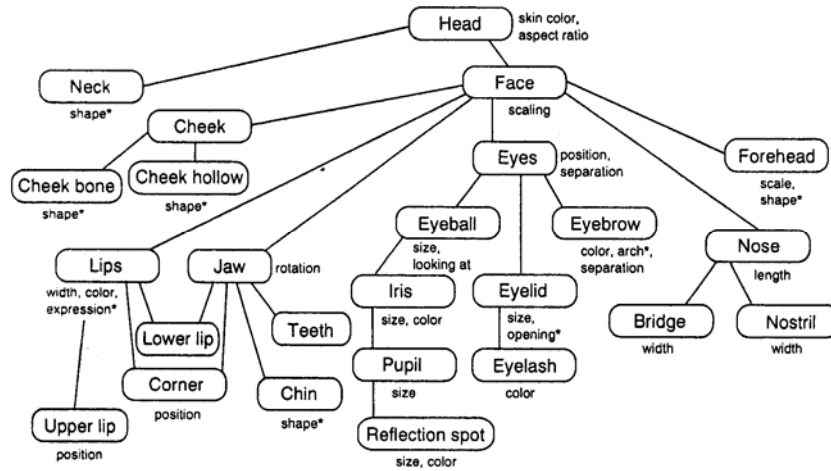
Applicazione del rendering alla mesh modificata (in tempo reale).

**Due approcci possibili:**

- A) Modello orientato all'animazione
- B) Modello orientato alla fisiologia del movimento.



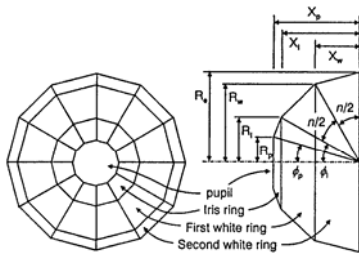
## Volto universale come base per le espressioni – Approccio animazione



Parametri agiscono su **gruppi di vertici** (quasi-località) mediante operazioni elementari: Interpolazione di forma; costruzione procedurale; rotazione; scala ed offset.

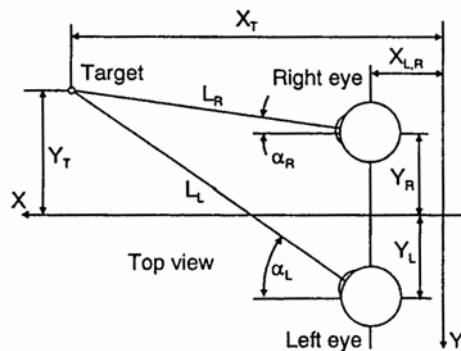


## Gli occhi

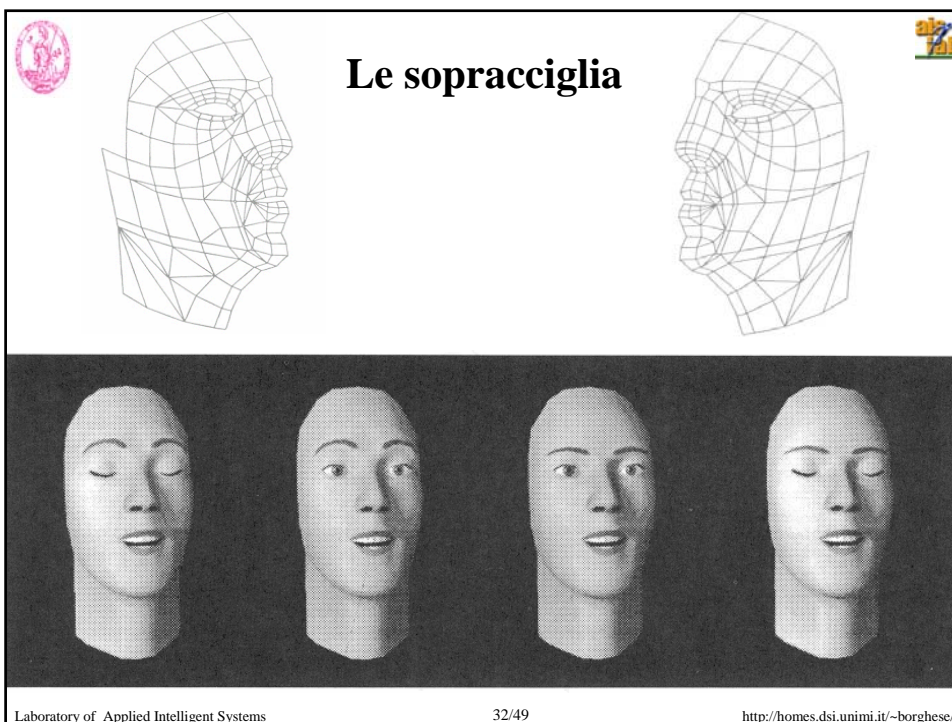
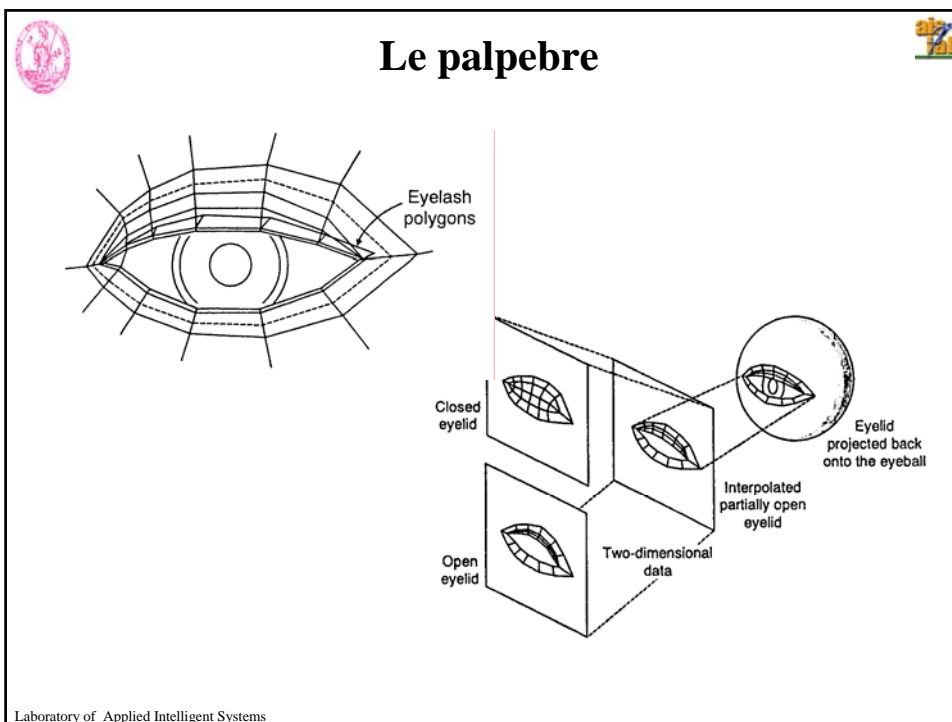


Animazione coordinata dal meccanismo della vergenza.

Semi-sfere concentriche con diverso colore e proprietà di riflettenza.











## La bocca e la mandibola

Apertura:

rotazione attorno all'asse per i condili.  
tapering nella regione del labbro inferiore.

Movimento verticale labbro superiore che decade lateralmente.

Thickness delle labbra.



## Sommario

Introduzione.

Animazione attraverso morphing.

Performance driven.

Animazione parametrizzata.

**Il FACS e l'animazione fisica.**

.



## Struttura espressiva del volto – Approccio fisiologia



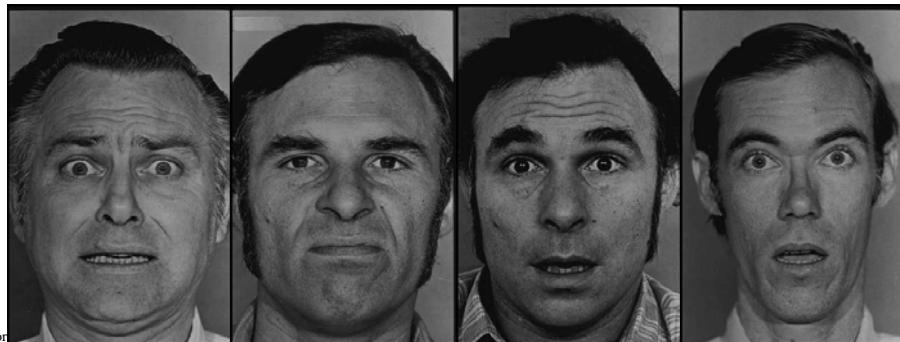
- Espressioni principalmente marcate in occhi, sopracciglia e bocca.

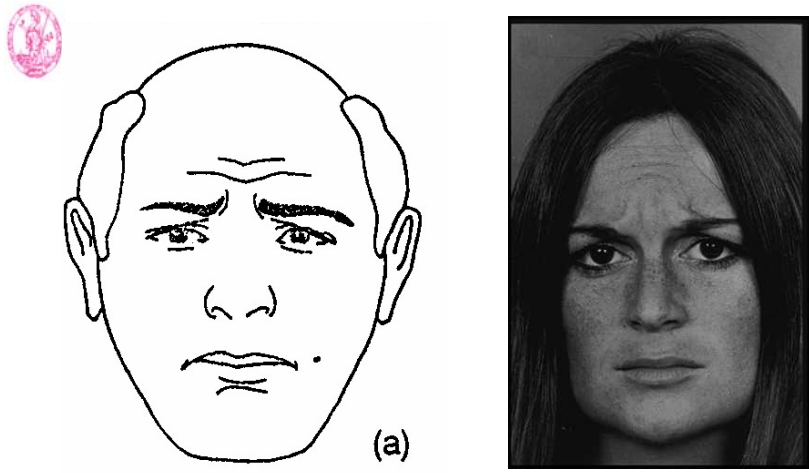


- Espressioni somatiche: dolore, sonnolenza, fame, attenzione, shock...



Alcuni volti di Paul Ekman

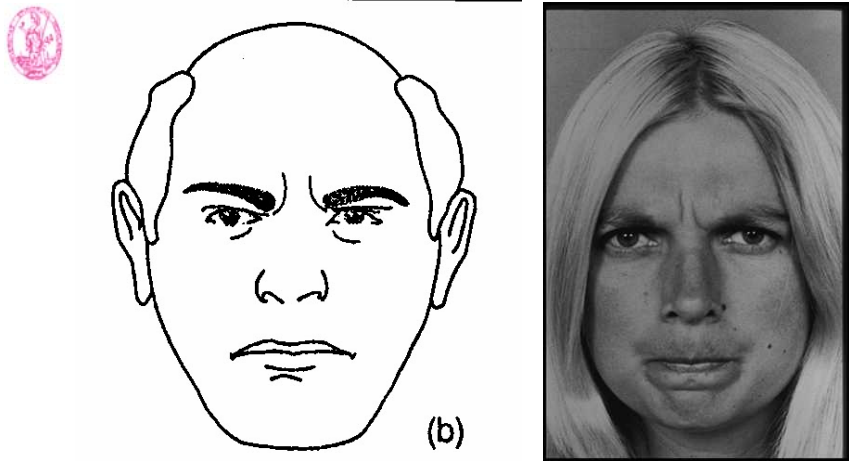




**Tristezza (Sadness)**

- Porzione interna delle sopracciglia piegata all'insù.
- Pelle e tessuto molle sotto le sopracciglia arrotolato sopra le palpebre.
- Gli occhi si chiudono un po' per la pressione del tessuto sopra sopracciglia.
- Rughe di espressione:** centro della fronte, tracce verticali tra gli occhi, rughe oblique sopra le palpebre superiori e una piega simile al sorriso sotto il labbro inferiore.

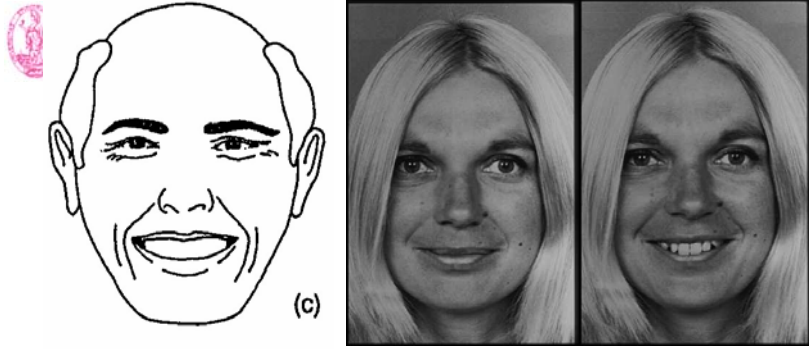
Laboratory of Applied Intelligent Systems 37/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



**Rabbia (Anger)**

- Angoli interni delle sopracciglia sono tirati verso il basso e avvicinati.
- Gli occhi sono ben aperti, ma la pressione da parte della fronte impedisce alla pupilla di essere completamente scoperta.
- La bocca è chiusa con il labbro superiore leggermente squadrato.
- Rughe di espressione:** Sopra la palpebra superiore e verticali tra le sopracciglia.

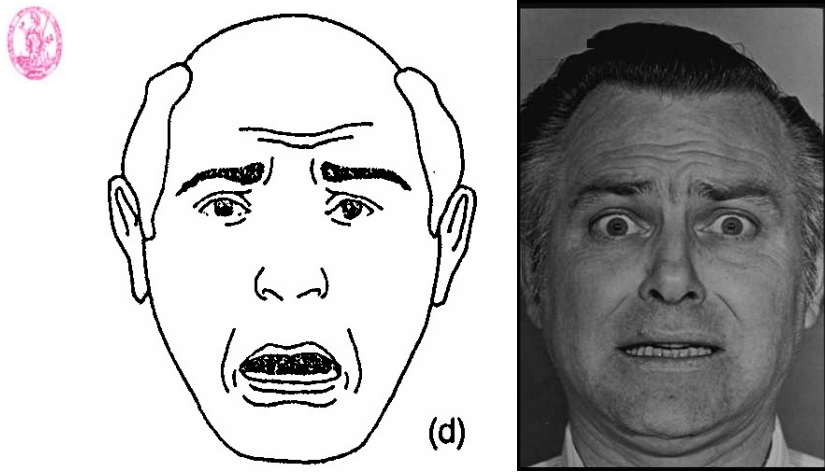
Laboratory of Applied Intelligent Systems 38/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



**Gioia (Joy)**

- Sopracciglia rilassate e palpebre superiori abbassate leggermente.
- Palpebre inferiori stirate in quanto sospinte verso l'alto dalla parte superiore della guancia.
- Bocca allargata con gli angoli tirati indietro verso le orecchie.
- Se la bocca è chiusa, le labbra vengono premute leggermente indietro.
- Se la bocca è aperta, il labbro superiore è diritto, ed i denti superiori vengono mostrati.
- Rughe di espressione:** centro della fronte, tracce verticali tra occhi, rughe oblique sopra le palpebre superiori; piega sotto il labbro inferiore.

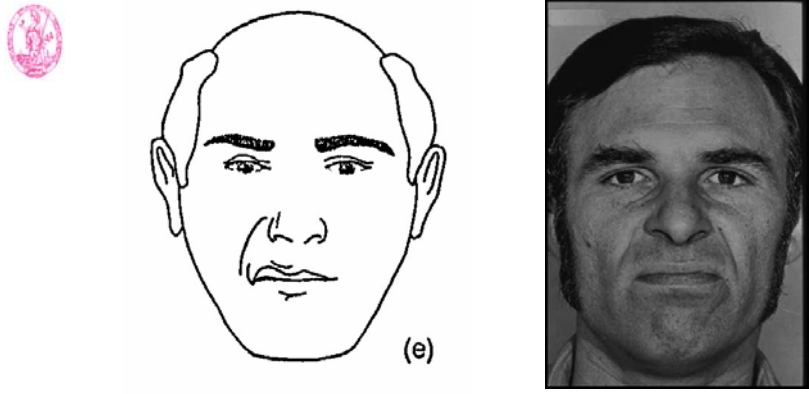
Laboratory of Applied Intelligent Systems 39/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



**Paura (Fear)**

- Sopracciglia sollevate e tirate una verso l'altra. La parte interna delle sopracciglia è curvata verso l'alto. Gli occhi sono aperti. La bocca può rimanere leggermente aperta e stirata di lato.
- Rughe di espressione:** centro della fronte, tracce verticali tra gli occhi, rughe oblique sopra le palpebre superiori e una piega simile al sorriso sotto il labbro inferiore.

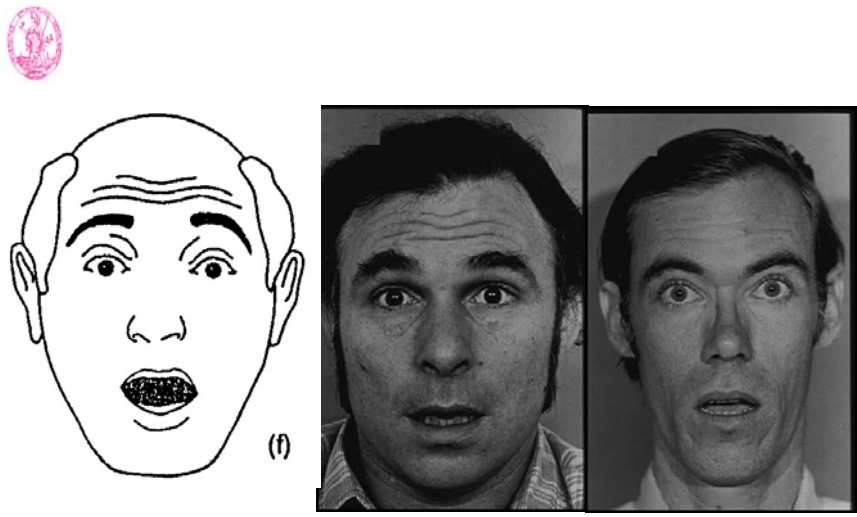
Laboratory of Applied Intelligent Systems 40/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



**Disgusto (Disgust)**

- Sopracciglia rilassate. Palpebre rilassate o leggermente chiuse.
- Labbro superiore alzato a formare una protuberanza, spesso asimmetrica, attraverso cui si mostrano i denti.
- Labbro inferiore rilassato o leggermente spinto verso l'alto.
- Profonda piega naso-labiale di fianco al naso.
- Rughe espressive tra i due lati della fronte, zampe di gallina e pieghe sulla palpebra inferiore, rughe piccole dall'angolo inferiore dell'occhio attraverso il naso, e una fossetta sul mento.

Laboratory of Applied Intelligent Systems 41/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



**Sorpresa (Surprise)**

- Sopracciglia sollevate il più in alto possibile.
- Palpebre superiori il più aperte possibili e palpebre inferiori rilassate.
- Bocca spalancata senza tensione muscolare, forma ovale.
- Rughe di espressione** orizzontali attraverso la fronte.

Laboratory of Applied Intelligent Systems 42/49 <http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



## Facial Action Coding System



- Hjortsjo (1970) *The Mimic Language*.

- Paul Ekman (1978) *The Facial Action Coding System*.

Descrizione di tutte le unità di azione (*Action Units*).

Descrizione cinematografica.

“FACS ALLOWS THE DESCRIPTION OF ALL FACIAL BEHAVIOR WE HAVE OBSERVED, AND EVERY FACIAL ACTION WE HAVE ATTEMPTED” (P. Ekman).

FACS è stato sviluppato per categorizzare le espressioni facciali in psicologia; la computer grafica ha preso in prestito il FACS per l'animazione.



## Come è stato sviluppato il FACS



- Determinare quali muscoli possono essere attivati **indipendentemente** e determinare come questi muscoli modificano l'apparenza della faccia.

- La corrispondenza tra muscoli e Action Units è molti a molti.

- Identificare le azioni elementari associate. Viene definita un'unica azione elementare quando più muscoli producono lo stesso movimento elementare.

- Le Action Units sono in totale 46. *Vengono attivate in misura diversa in ogni espressione → Vengono sommate per produrre le espressioni facciali.*

- Problemi nella descrizione esatta del movimento della mandibola e della labbra.

**Movimento -> Action Units -> Muscoli -> Movimento.**

AU	FACS Name	Muscular Basis
1	Inner Brow Raiser	Frontalis, Pars Medialis
2	Outer Brow Raiser	Frontalis, Pars Lateralis
4	Brow Raiser	Depressor Supercilii, Corrugator
5	Upper-Lid Raiser	Levator Palpebrae Superioris
6	Cheek Raiser	Orbicularis Oculi, Pars Orbitalis
7	Lid Tightener	Orbicularis Oculi, Pars Palpebralis
8	Lips Together	Orbicularis Oris
9	Nose Wrinkler	Levator Labii Superioris, Alaeque Nasi
10	Upper-Lip Raiser	Levator Labii Superioris, Caput Infraorbitalis
11	Nasolabial Furrow Deepener	Zygomatic Minor
12	Lip Corner Puller	Zygomatic Major
13	Cheek Puffer	Caninus
14	Dimple	Buccinator
15	Lip Corner Depressor	Triangularis
16	Lower-Lip Depressor	Depressor Labii
17	Chin Raiser	Mentalis
18	Lip Pucker	Incisivii Labii Superioris, Incisivii Labii Inferioris
20	Lip Stretcher	Risorius
22	Lip Funneler	Orbicularis Oris
23	Lip Tightener	Orbicularis Oris
24	Lip Pressor	Orbicularis Oris
25	Parting of Lips	Depressor Labii, or relaxation of Mentalis or Orbicularis Oris
26	Jaw Drop	Masseter; relaxed Temporal and Internal Pterygoid
27	Mouth Stretch	Pterygoids; Digastric
28	Lip Suck	Orbicularis Oris
38	Nostril Dilator	Nasalis, Pars Alaris
39	Nostril Compressor	Nasalis, Pars Transversa and Depressor Septi Nasi
41	Lid Droop	Relaxation of Levator Palpebrae Superioris
42	Eyelid Slit	Orbicularis Oculi
43	Eyes Closed	Relaxation of Levator Palpebrae Superioris
44	Squint	Orbicularis Oculi, Pars Palpebralis
45	Blink	Relax Levator Palpebrae and then contract Orbicularis Oculi, Pars Palpebralis
46	Wink	Orbicularis Oculi

AU	FACS Name
19	Tongue Out
21	Neck Tightener
29	Jaw Thrust
30	Jaw Sideways
31	Jaw Clencher
32	Lip Bite
33	Cheek Blow
34	Cheek Puff
35	Cheek Suck
36	Tongue Bulge
37	Lip Wipe

## Le action Units (AU)

## Animazione con pseudo-muscoli (Magenat-Thalmann et al., 1988)

Basata su AU più complesse di quelle del FACS.  
Esempio delle procedure dell'AMA (Abstract Muscle Action):

<i>Chiusura del Labbro Superiore</i>	<i>Chisura del Labbro inferiore.</i>
<i>Azionamento Palpebra destra</i>	<i>Azionamento Palpebra sinistra.</i>
<i>Zigomatico destro</i>	<i>Zigomatico sinistro.</i>
<i>Azionamento Sopracciglio destro</i>	<i>Azionamento Sopracciglio sinistro.</i>
<i>Sollevatore labbro sinistro</i>	<i>Sollevatore Labbro destro.</i>
<i>Movimento orizzontale Occhio dx</i>	<i>Movimento orizzontale Occhio sx</i>
<i>Movimento verticale Occhio dx</i>	<i>Movimento verticale Occhio sx</i>
<i>Movimento verticale Mandibola</i>	<i>Compressione Labbra</i>

Spazio di controllo semplificato. I movimenti sono non-commutativi.



## Dalle immagini alla sintesi

• Jeffrey F. Cohn, Karen Schmidt, Ralph Gross, and Paul Ekman - Individual Differences in Facial Expression: Stability over Time, Relation to Self-Reported Emotion, and Ability to Inform Person Identification – Proc. IV IEEE Int. Conf. Multimodal Interfaces (ICMI'02).

• Gianluca Donato, Marian Stewart Bartlett, Joseph C. Hager, Paul Ekman, and Terrence J. Sejnowski – Classifying facial actions, IEEE Trans. PAMI, 1999.

Analysis of facial motion through:

- estimation of optical flow;
- holistic spatial analysis, such as principal component analysis, independent component analysis, local feature analysis, and linear discriminant analysis;
- methods based on the outputs of local filters, such as Gabor wavelet representations and local principal components.

Best performances were obtained using the Gabor wavelet representation and the independent component representation, both of which achieved 96 percent accuracy for classifying 12 facial actions of the upper and lower face.

The results provide converging evidence for the importance of using local filters, high spatial frequencies, and statistical independence for classifying facial actions.



## Animazione dinamica mediante muscoli

Modellazione fisica (dinamica).

Ipotesi semplificative e trattamento mediante FEA o nodi  
(computazionalmente costosa nel caso non lineare).

Elementi altamente non-lineari:

- Isteresi.
- Rilassamento da stress.
- Aumento dello stiramento col tempo.
- Precondizionamento.

E poi?





## Sommario

Introduzione.

Animazione attraverso morphing.

Performance driven.

Animazione parametrizzata.

Il FACS e l'animazione fisica.

.