

Università degli Studi di Catania  
A.A. 2010/2011 Computer forensics- prof. Sebastiano Battiato  
Dal Cybercrime all'Image Forensics

# Elaborazioni e sperimentazioni in ambito forense

**Nello Balossino**



Catania 16 maggio 2011

Ideazione e realizzazione del seminario:  
Nello Balossino (unito)  
Sergio Rabellino (unito)

# Parte prima

3

## Ricostruzione del teatro di un delitto

- Nello Balossino (unito)
- Giuliano Geminani (unito)
- Sergio Rabellino (unito)
- Massimo Siracusa (architetto politico)
- Altri esplicitamente indicati

4

# Il teatro di un delitto

Il luogo (teatro) in cui si è svolto un evento (p.e. un delitto) e la sua evoluzione nello spazio e nel tempo (riprese video-fotografiche) possono essere studiati mediante tecniche:

- a) virtuali (completamente automatiche)
- b) semi-virtuali (sistemi informatici e sperimentazione reale)

5

# I dati di base

- a) immagini fotografiche digitali e non
- b) filmati
- c) registrazioni sonore
- d) testimonianze
- e) altro

6

# Le immagini della scena

- Devono fornire una documentazione visiva che rispecchi fedelmente la realtà.
- E' opportuno disporre di immagini d'insieme e degli oggetti singoli nonché di particolari.

7

## Le immagini degli oggetti

E' opportuno riferirsi a due fotografie di ogni oggetto:

- a) una che mostri l'orientamento dell'oggetto e la sua posizione in relazione al contesto che lo circonda
- b) la seconda in primo piano che mostri i dettagli dell'oggetto stesso ed eventuali particolarità.

8

# Misure metriche

- Per facilitare la misura metrica conviene far uso di strisce metriche, righelli, marcatori numerati.
- In caso di loro utilizzo conviene scattare due fotografie: una con l'apparato e una senza, in modo che sia evidente che non vi sia alcun occultamento

9

## Un esempio di foto di partenza



10

# Necessità di tecniche fotogrammetriche

- E' la tecnica che consente di ottenere informazioni metriche (forma, dimensione e posizione) di oggetti bi o tridimensionali mediante la misura e l'interpretazione di immagini fotografiche.
- E' la scienza che consente di ottenere informazioni affidabili di oggetti fisici e dell'ambiente circostante mediante processi di registrazione, misura e interpretazione delle immagini fotografiche.

## Il raddrizzamento

Il foto-raddrizzamento è l'elaborazione di un'immagine fotografica prospettica, in modo da trasformarla in un'immagine di tipo ortogonale, come fosse una fotografia presa dall'infinito perciò coi raggi proiettanti paralleli fra di loro e ortogonali al piano dell'immagine.

# Esempio di ortofoto



( Piero Boccardo, Politecnico di Torino)

13

## Estrazione macchie ematiche

- Le acquisizioni fotografiche sono relative alle bande spettrali del visibile; risulta pertanto ovvio che le tracce ematiche presenti sul pavimento appaiano di una colorazione rossastra e quindi facilmente identificabili a occhio nudo.

14

# Estrazione macchie ematiche



15

# Estrazione macchie ematiche

- Considerando questo presupposto e utilizzando algoritmi di classificazione assistita basati sulla componente spettrale delle immagini, è possibile estrarre macchie di sangue presenti sulla scena del crimine.

16



# Estrazione macchie ematiche

- E' importante porre cura di definire campioni spettrali delle tracce rilevate a monitor (statisticamente rappresentativi e significativi).

17

# Estrazione macchie ematiche

- Poiché la classificazione automatica non permette generalmente di individuare tutte le tracce ematiche presenti (fondamentalmente a causa delle differenze di luminosità, contrasto e cromatiche) delle differenti immagini mosaicate, è opportuno procedere con l'estrazione, mediante foto interpretazione diretta a video, delle tracce non rilevate automaticamente

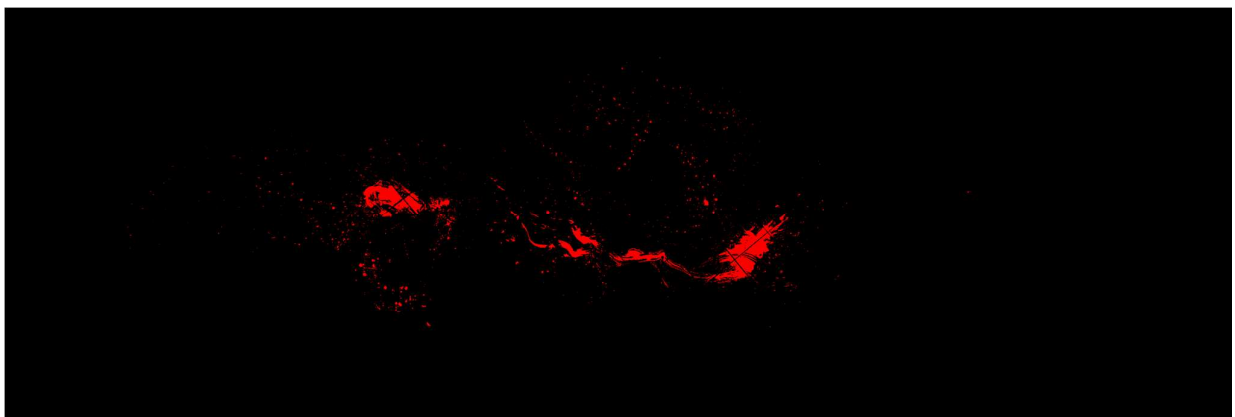
18

## Esempio di segmentazione di macchie ematiche



19

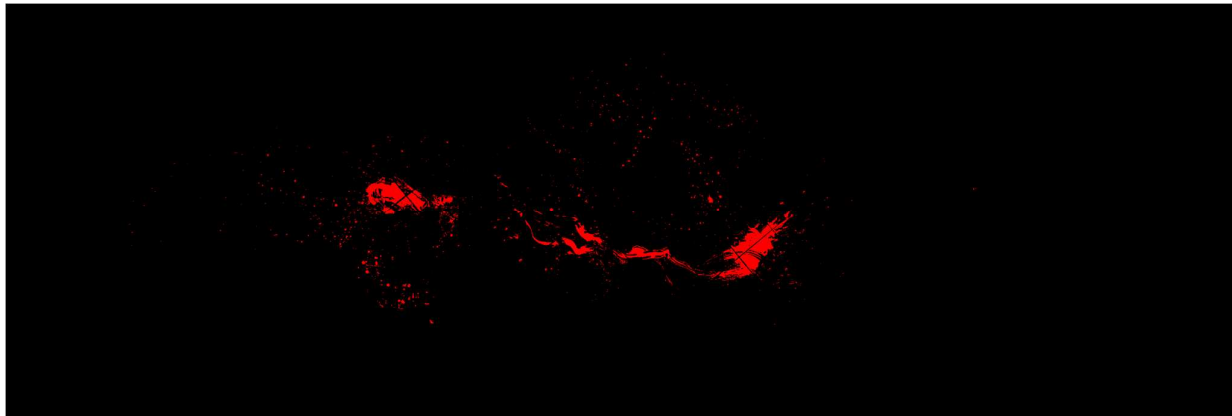
## Determinazione mappa macchie ematiche



( Piero Boccardo, Politecnico di Torino, ENVI)

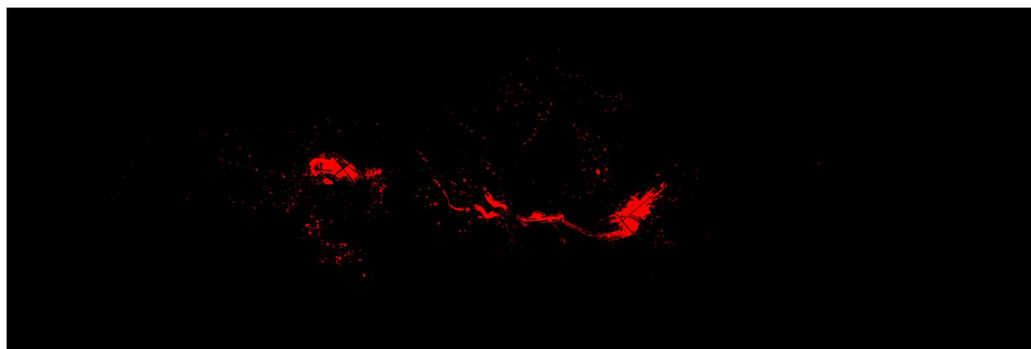
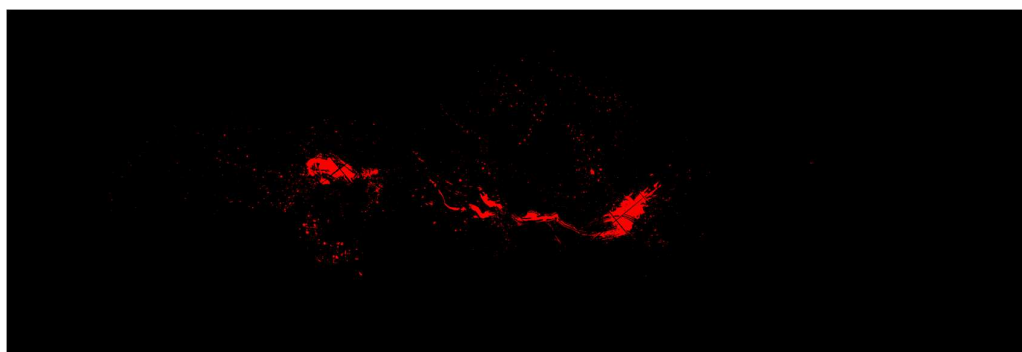
20

# Mappa ematica con macchie di area $> 9\text{mm}^2$



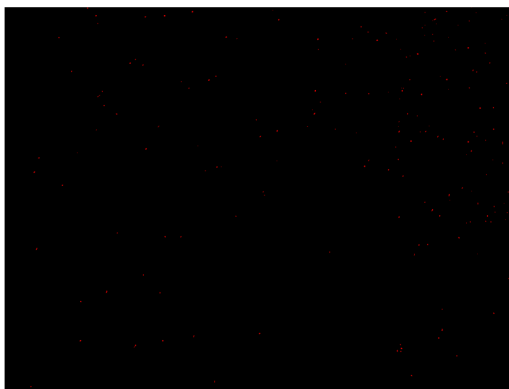
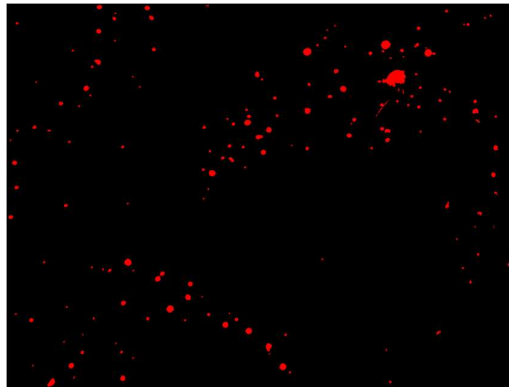
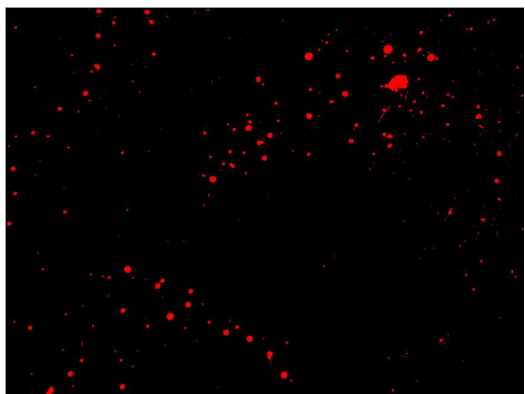
21

# Confronto mappa originale con $>9\text{ mm}^2$



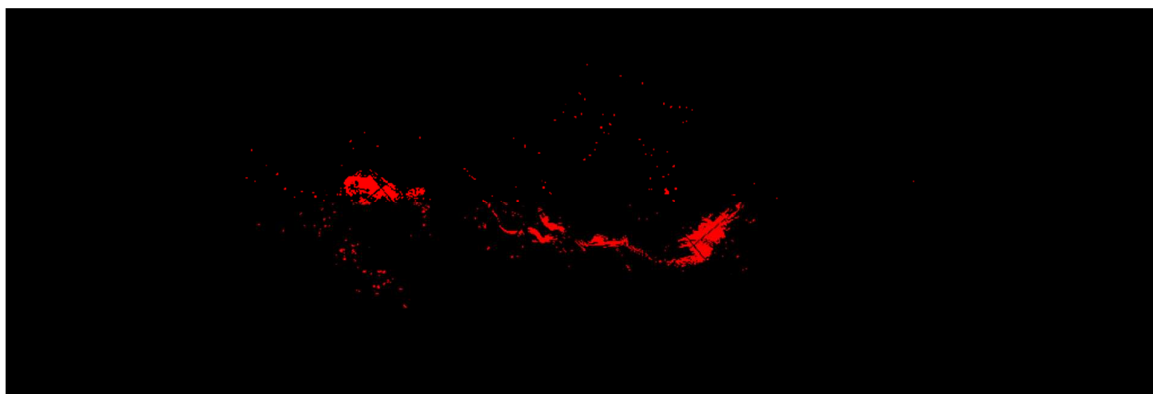
22

## Confronto particolare mappa originale con >9 mm<sup>2</sup>



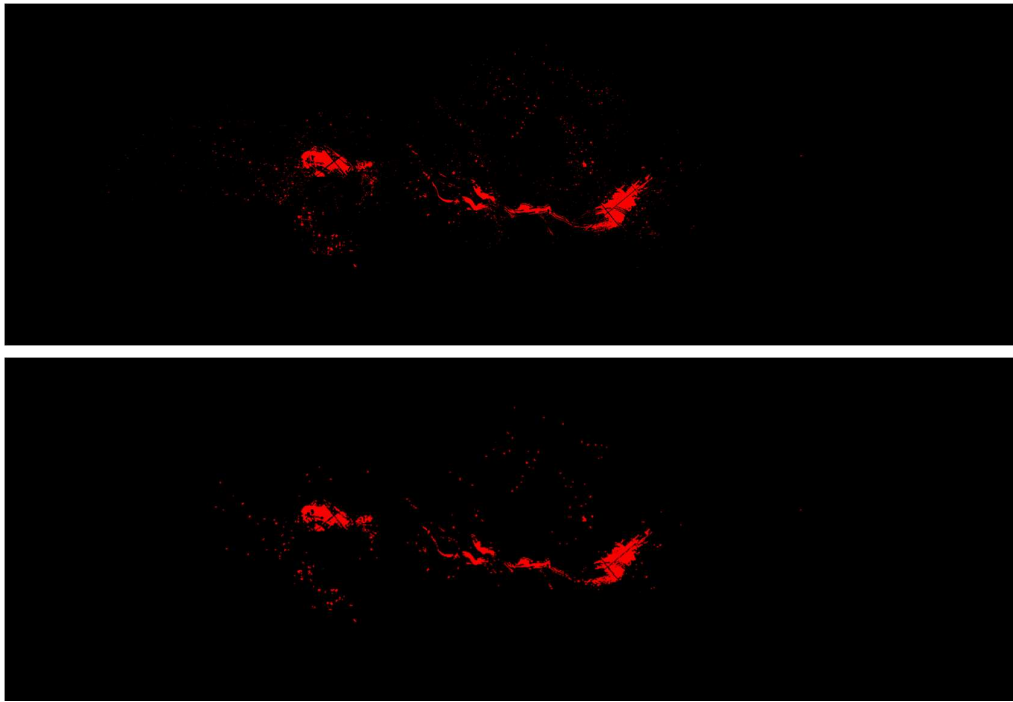
23

## Mappa ematica con macchie di area > 64mm<sup>2</sup>



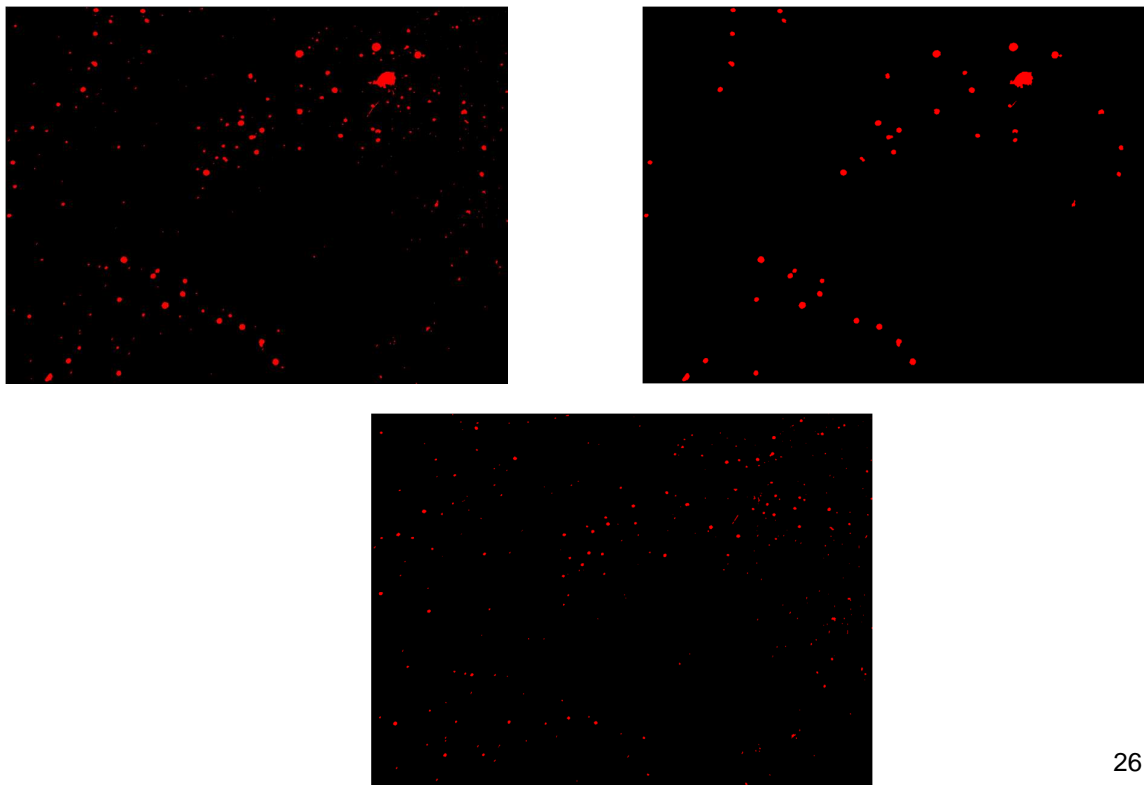
24

## Confronto mappa originale con $>64 \text{ mm}^2$



25

## Confronto particolare mappa originale con $>64 \text{ mm}^2$



26

## Simulazione del pavimento con e senza macchie ematiche



27

## Il teatro del delitto ricostruito digitalmente



28

## Confronto fra ambiente originale e quello ricostruito



## Parte seconda

# Sperimentazione semi-virtuale

Nello Balossino (unito)  
Giuliano Geminani (unito)  
Sergio Rabellino (unito)  
Massimo Siracusa (unito)  
Altri esplicitamente indicati

31

## Sperimentazione semi-virtuale

- sperimentazioni reali
  - caratteristiche del cammino di un soggetto (per esempio un imputato)
  - analisi delle traiettorie compiute in un insieme di cammini compiuti da soggetti sperimentali
- sperimentazioni virtuali
  - simulazioni delle possibili/probabili traiettorie ai fini della definizione delle probabilità di intercettazione di aree di interesse (p.e. tracce ematiche)

32



# Obiettivi

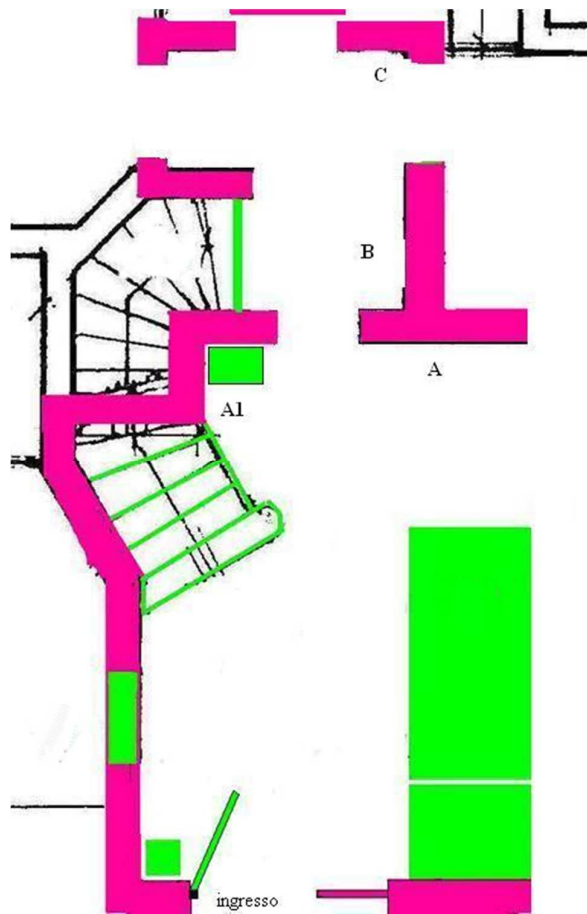
1. documentare la possibilità o meno di comportamenti di evitamento “implicito” in condizioni ambientali spaziali e percettive il più possibile simili a quelle dichiarate dal soggetto (o supposte);
2. evidenziare il tipo di comportamento locomotorio in termini di traiettorie al fine di ottenere uno “spazio di traiettorie” definite dai comportamenti locomotori di soggetti sperimentali; lo “spazio di traiettorie” di evitamento evidenziate dalla sperimentazione comportamentale costituiscono uno “spazio probabilistico” all’interno del quale simulare i possibili comportamenti locomotori del soggetto.

33

## Analisi del percorso

- Occorre considerare le fasi critiche del percorso riferito dal soggetto come p.e.
  - i. traiettoria effettuata in entrata in un ambiente
  - ii. traiettoria di esplorazione
  - iii. esplorazione di eventuali vani
  - iv. traiettoria in uscita dall’ambiente

34



Esempio di  
ambiente

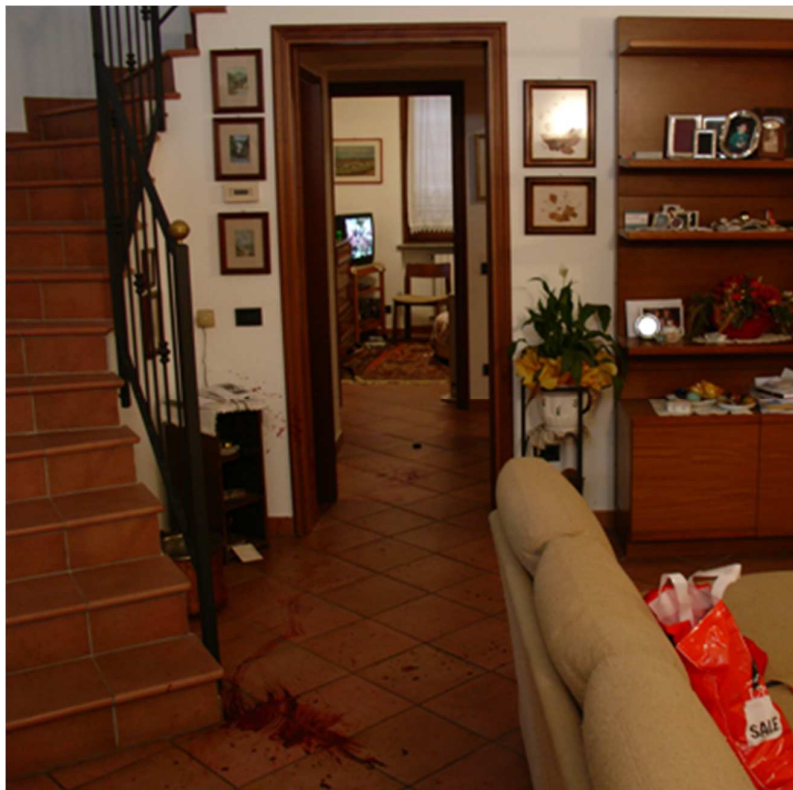
A,A1,B,C:  
landmark

35

**Ricostruzione ambiente**

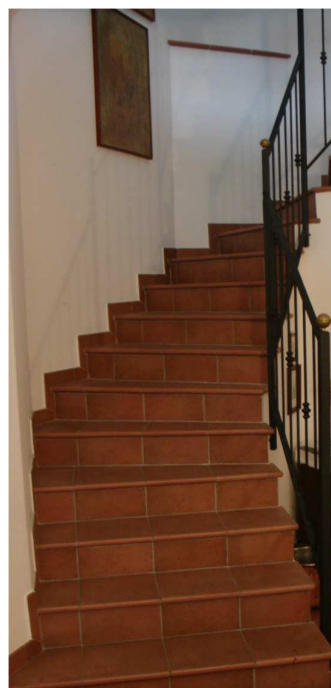
36

# Ambiente reale



37

# I pannelli per la ricostruzione



(Computer To Magic Torino)

38

# Ricostruzione miniaturizzata: il teatrino



39

## Fasi di realizzazione del set



40

# Ambiente ricostruito in scala 1:1



## Protocollo e procedura sperimentale

- **Compito preliminare A:** familiarizzazione con l'ambiente 3D e memorizzazione sequenza di Landmark da esplorare
- **Compito base B:** compito di esplorazione in ambiente senza macchie ematiche
- **Compito C:** esplorazione dell'ambiente con macchie di sangue e obiettivo esplicito non locomotorio
- **Compito D:** compito di esplorazione con obiettivo locomotorio di evitamento esplicito delle macchie

# Soggetti sperimentali

- discreto numero di individui maschi volontari con età e altezza coerente con il soggetto
- i volontari sono informati sul fatto che partecipano ad un esperimento scientifico per studiare come le persone si comportano di fronte ad una situazione imprevista
- solo al termine della sperimentazione i volontari sono informati della partecipazione ad un esperimento con finalità peritali

43

## Acquisizione movimento soggetti sperimentali

44

## Acquisizione cammino soggetti: caso A



45

## Acquisizione cammino soggetti: caso A



46

Acquisizione cammino soggetti: caso B



47

Acquisizione cammino soggetti: caso B



48



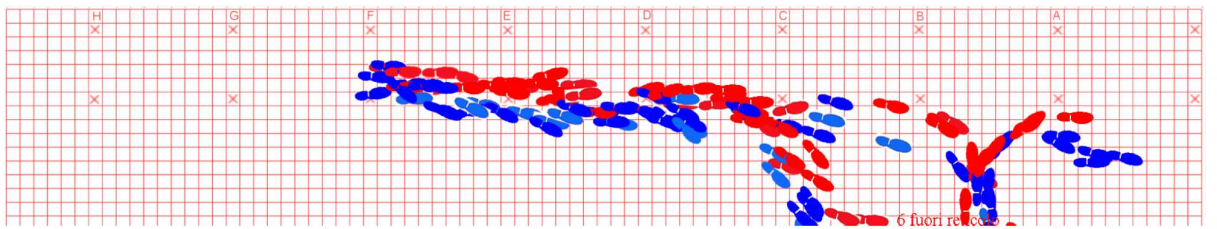
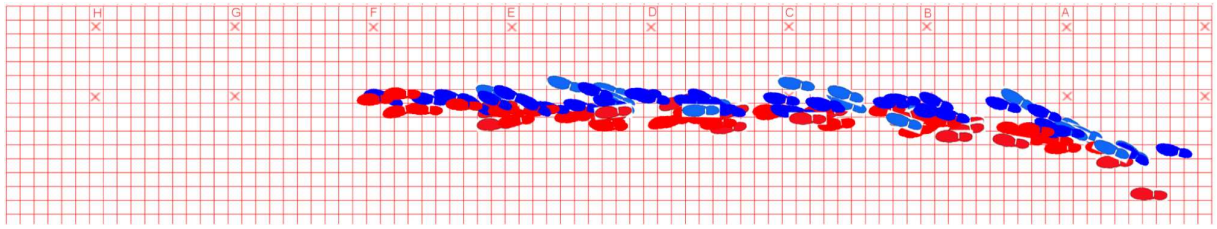
# Rilevamento impronte: evitamento implicito

49

La sperimentazione con i soggetti ha permesso di ricavare lo “spazio dei percorsi” definito dalla sovrapposizione dell’occupazione del piede destro e di quello sinistro nel cammino effettuato nei casi di “entrata” e “uscita.

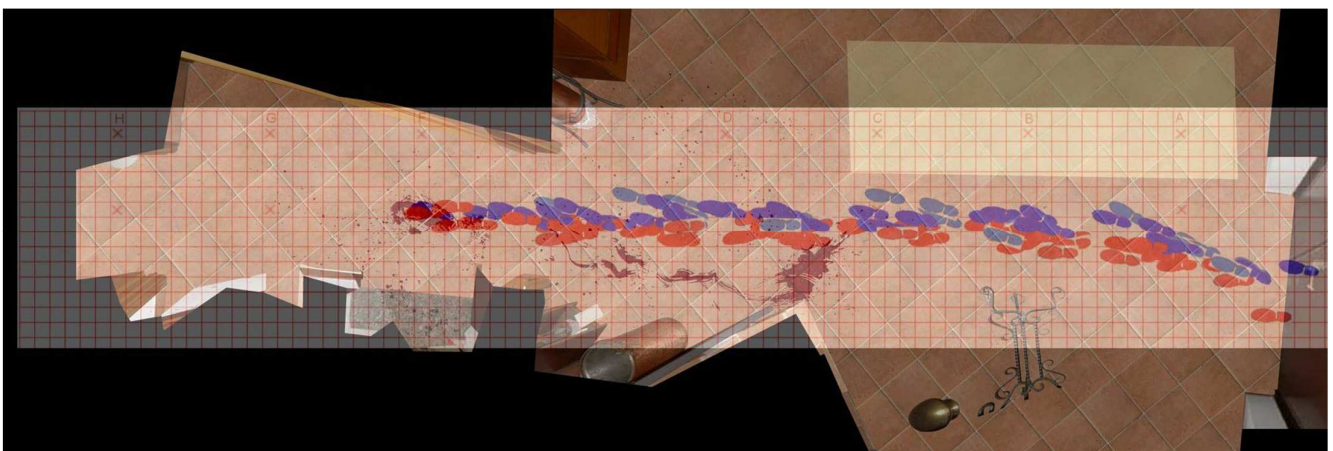
50

# Spazio dei percorsi in ingresso e in uscita



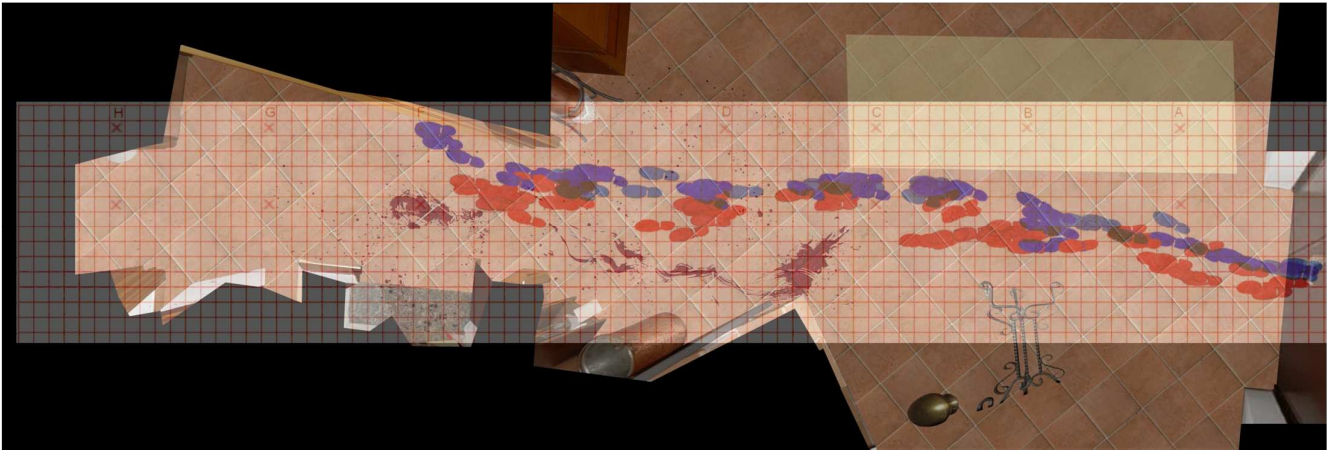
51

## Sovrapposizione Caso A



52

## Sovrapposizione Caso B



53

Acquisizione e analisi del  
movimento in ambiente ricostruito

54

L'interesse per l'acquisizione del movimento di un soggetto può essere rivolto:

a) alla posizione dei due piedi durante i successivi contatti piede-pavimento, al fine di quantificare i fondamentali parametri spazio-temporali del cammino

b) a una rappresentazione globale dell'evoluzione del cammino quale è quella resa disponibile dalla traiettoria delle due ginocchia.

55

L'acquisizione dei parametri che caratterizzano la camminata di un individuo richiede un ambiente in cui il soggetto possa muoversi, mentre opportuni sensori optoelettronici acquisiscono i dati.

56

I sensori sono generalmente equipaggiati con flash illuminatori nello spettro infrarosso, in modo da ottenere il massimo di rifrazione luminosa da parte di marcatori rifrangenti. La scelta di far lavorare i sensori nella banda dell'infrarosso consente di rendere indipendente il sistema di acquisizione dal livello di luminosità nello spettro visibile presente nell'ambiente permettendo di lavorare anche in condizioni di oscurità.

57

La sperimentazione descritta è stata svolta presso il LAM (Laboratorio di Analisi del Movimento) del Polo Tecnologico, con sede presso il Centro IRCCS di S. Maria Nascente della Fondazione Don Carlo Gnocchi di Milano.

58

## POLO TECNOLOGICO

BIOMEDICAL TECHNOLOGY DEPARTMENT

Furio Gramatica  
Maurizio Ferrarin  
Marco Rabuffetti

59

Il LAM ha in dotazione un sistema optoelettronico per l'analisi del movimento SMART-E (BTS, Garbagnate Milanese) equipaggiato con 9 telecamere; il campionamento temporale ha una frequenza di 60 Hz per la massima risoluzione spaziale.

60

Allo scopo di caratterizzare e quantificare il cammino all'interno di un volume calibrato in cui il soggetto può muoversi, occorre individuare opportuni punti di repere su cui applicare speciali marcatori.

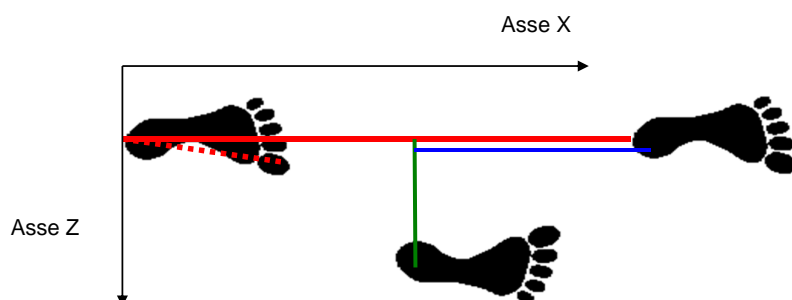
I marcatori possono essere per esempio 6 per ciascun piede (con calzatura) e due sulle ginocchia

61



62

# Caratterizzazione della camminata



SEGMENTO ROSSO: LUNGHEZZA PASSO

SEGMENTO ROSSO TRATTEGGIATO: ANGOLO PIEDE

SEGMENTO BLU: LUNGHEZZA PASSO ANTERIORE

SEGMENTO VERDE: LARGHEZZA PASSO

63

# L'ambiente e la strumentazione



64



## L'ambiente e la strumentazione



65

## Acquisizione della camminata



66

# Acquisizione della camminata



67

## I parametri del cammino

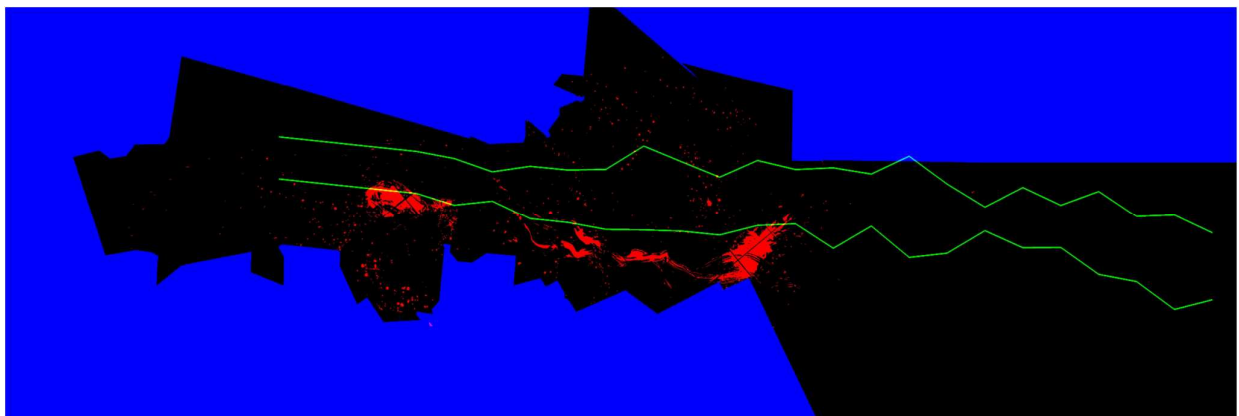
Direzione	Lato	X1	Z1	X2	Z2	Lunghezza Passo	Angolo Piede1	Lunghezza_Passo_Anteriore	Larghezza a Passo
In	DX	-1500	285	47	250	1,55		782	105
In	DX	47	250	1628	256	1,58		805	91
In	DX	-455	249	1035	287	1,49	91,4	764	114
In	DX	-1293	282	229	274	1,52	90	764	108
In	DX	-252	373	1235	269	1,49	93,5		
In	DX	-1054	314	563	313	1,62	90,4	818	106
In	DX	563	313	2161	262	1,60	91,4	803	66
						1,55		789,28	98,33
						0,05		22,35	17,26
In	SX	-736	162	824	161	1,56	86,1	776	88
In	SX	824	161	2386	101	1,56	85,9	764	126
In	SX	-1177	162	274	153	1,45		730	91
In	SX	274	153	1750	191	1,48		712	114
In	SX	-535	170	969	197	1,51	88,8	739	90
In	SX	-255	207	1356	222	1,61	87,6	793	99

68

# Simulazione della camminata con strumenti informatici

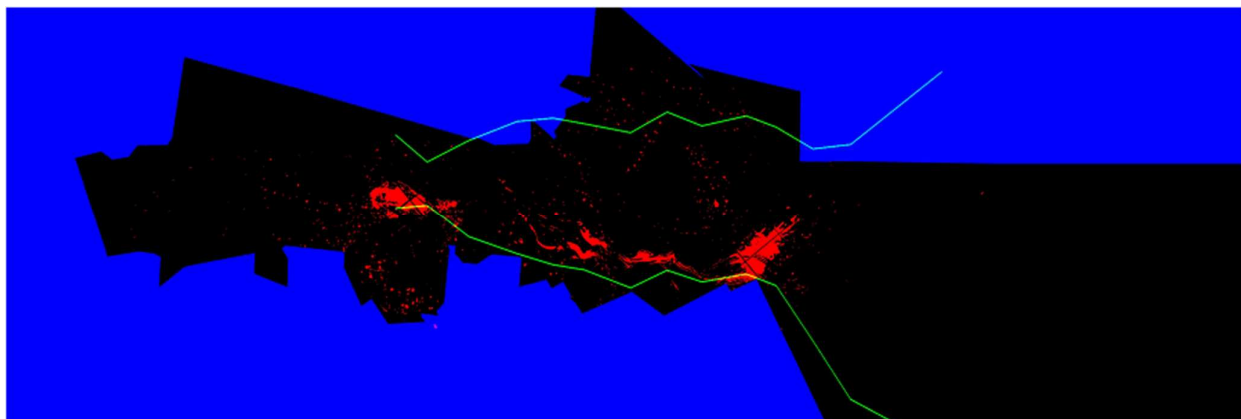
69

Variabilità del cammino in ingresso ( $3\sigma$ )



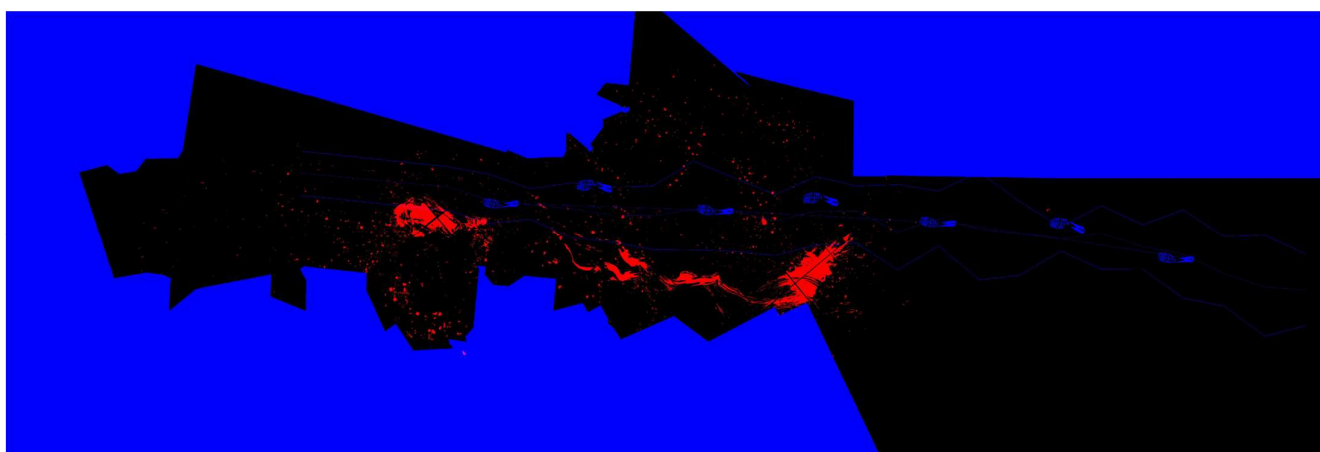
70

## Variabilità del cammino in uscita ( $3\sigma$ )

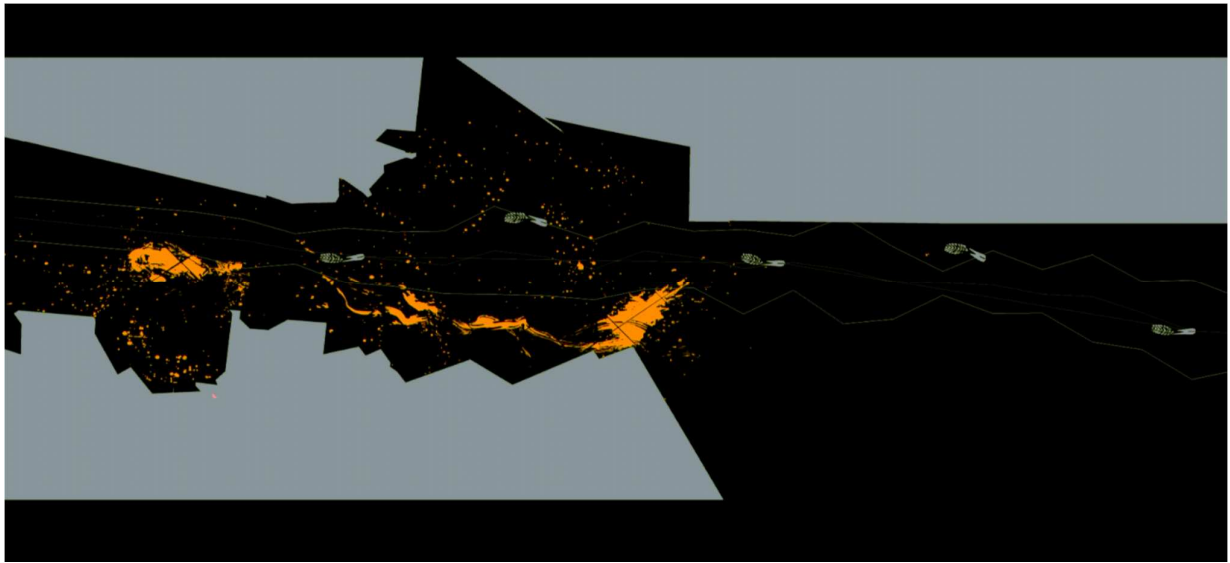


71

Simulazione di possibili percorsi vincolati nello spazio e nei parametri antropometrici. Applicazione del metodo Montecarlo per la stima della probabilità (5.000.000 di esperimenti eseguiti)



72



## Parte 3

# Analisi di riprese video di un evento

Nello Balossino

Simona Siracusa

Carlo Torre

Paolo Romanini

Pietro Benedetti

75

## Estrazione dei frame ed analisi del contenuto



76



77



78

# Simulazioni fisiche: colpo di pistola contro concrezioni di diversa consistenza

79



80





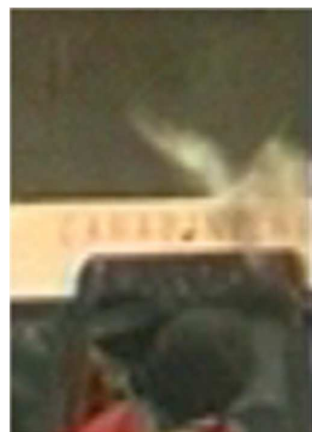
81

## Deviazione traiettoria proiettile



82

# Confronto del pattern per compatibilità morfologica



83

## IDENTIKIT

Nello Balossino  
Sergio Rabellino

84

# Il riconoscimento di volti

- Nella percezione di un volto e nel processo di riconoscimento sono coinvolte sia le caratteristiche **globali** (la forma del volto, i capelli, l'apparenza delle orecchie, il mento) sia quelle **locali** (morfologia di naso-bocca-occhi)

85

## Volto familiare e non

- Nel riconoscimento di un volto familiare (cioè nell'ambito delle conoscenze oppure famosi) sono sufficienti le caratteristiche locali
- Le caratteristiche globali non sono sufficienti per il riconoscimento nemmeno quando si tratti di volti familiari: seguono due esempi di personaggi di cronaca.

86

????????????





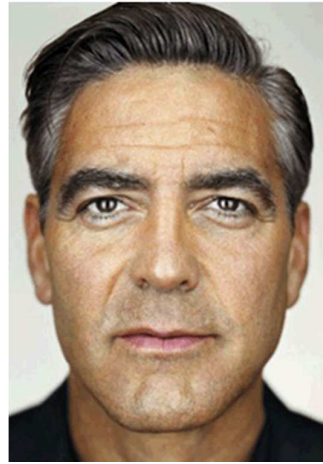
Olindo Romano



????????????



George Clooney



91

## FACES

- Creato dalla IQ Biometrix, FACES è un programma di disegno composito, dotato di comandi intuitivi, per la creazione di identikit professionali. Contiene un database di quasi 4.000 caratteristiche facciali riferibili a persone di qualsiasi razza, età e sesso.

92

# Un esempio di descrizione per stilare un identikit

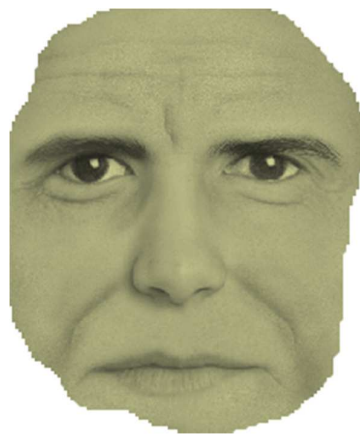
Quell'uomo HA ESTRATTO UN COLTELLO e MI HA TAGLIATO LA GOLA, POI HO PERSO CONOSCENZA. POSSO DESCRIVERE L'UOMO CHE SEGUE: CORPO RAGURRA ROBUSTA, PARRI CAPELLI E PARRI NERI, CARNA GIO NE OLIVASTRA, OCCHI SCURI, TANTA BARBA, ERA VESTITO DI SCURO, MA NON SO PRECISARE IL COLORE. LA LUCE DELLA SCALE, CHE E' A TAPPO, SI E' SPENTA e io per me HA CONSENTITO A REAGIRE PRONTAMENTE ALL'AGGRESSIONE, IL QUALE AVEVA UNA FORZA BREVE. PRIMA VENIVO AGGRESSIONE,

già fumo. Il suo aggressore, aveva il viso grosso, capelli rasati corti di colore nero, occhi nocciola, non aveva barba, non aveva baffi; l'assassino era freddo e tranquillo, non era agitato, vestiva una specie di tuta grigia o marrone scura. Aveva gli occhi da assassino. Aveva aperto e poi richiuso perché aspettava che arrivassi vicino. Gli si era

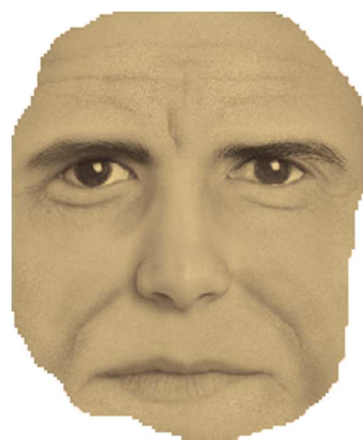
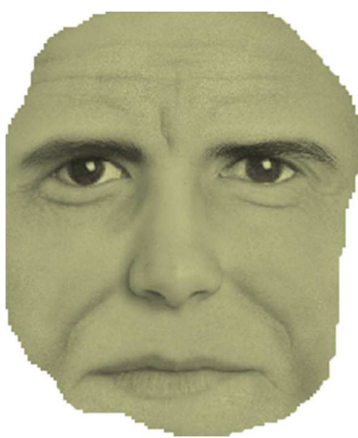
93



94

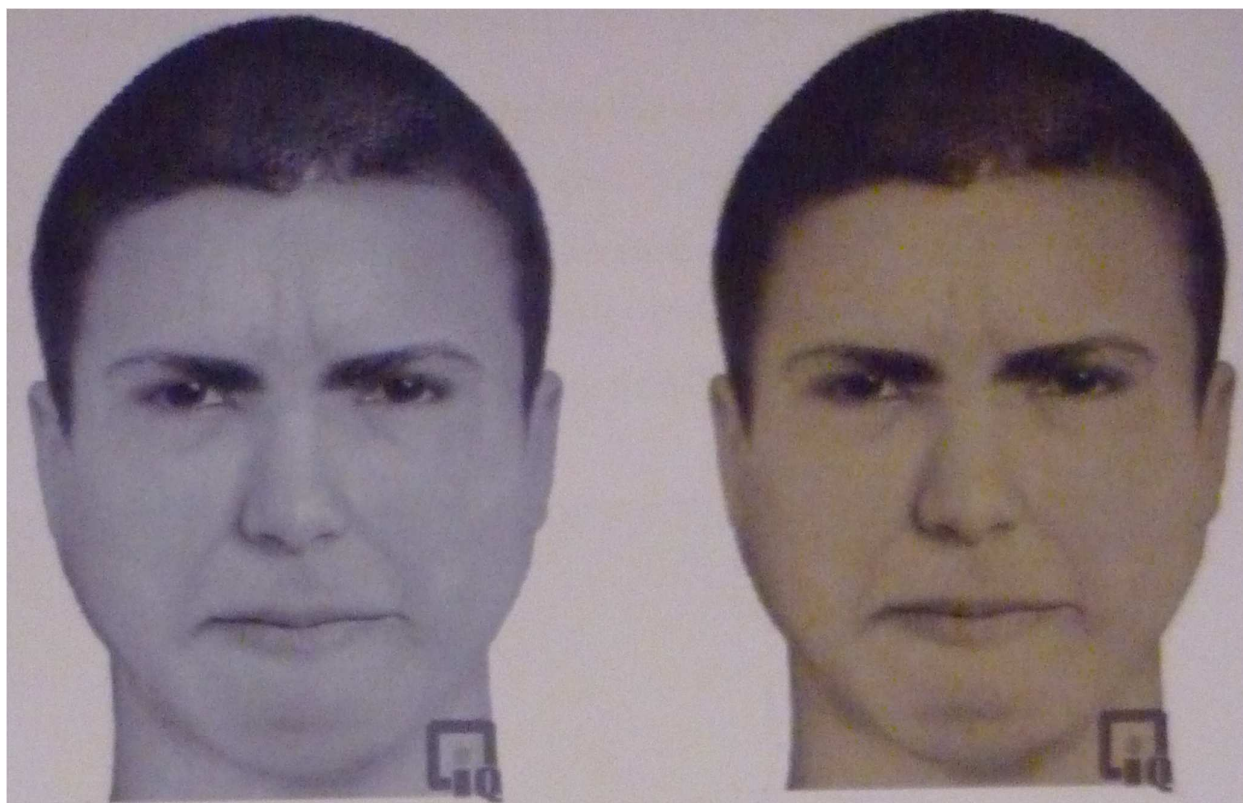


95



96





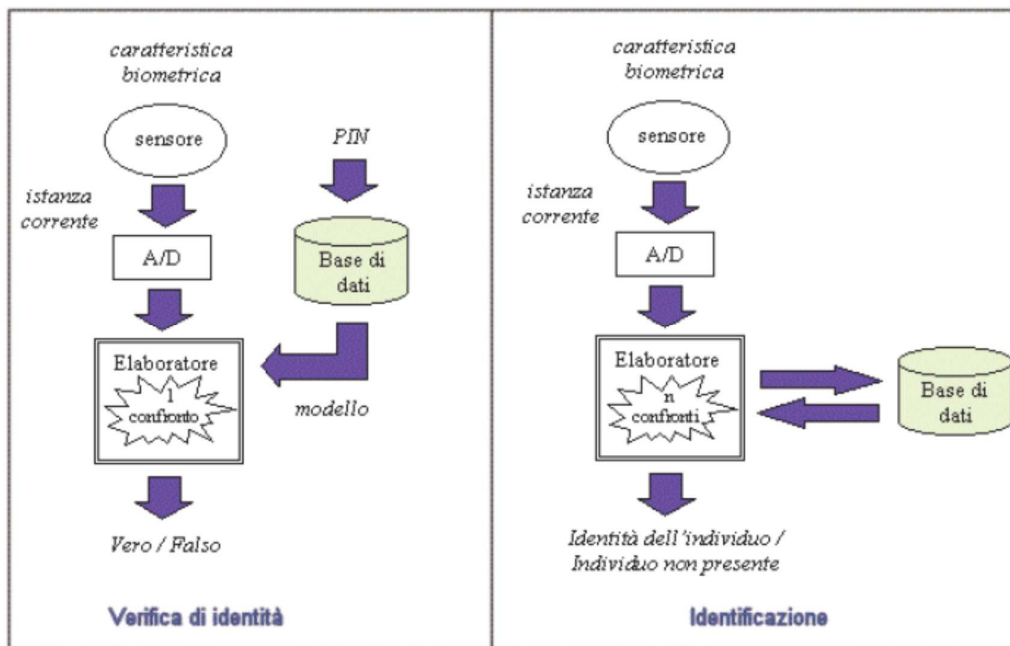
97

## Parte 4: identificazione

Nello Balossino  
Davide Cavagnino  
Marco Grangetto  
Maurizio Lucenteforte  
Sergio Rabellino  
Simona Siracusa

98

# Verifica e attribuzione di identità



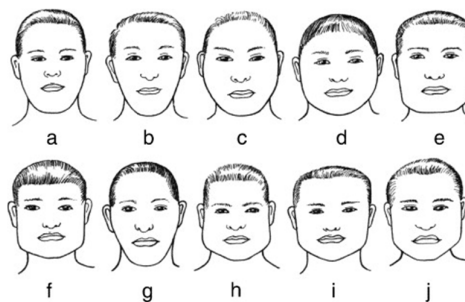
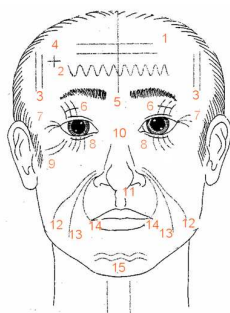
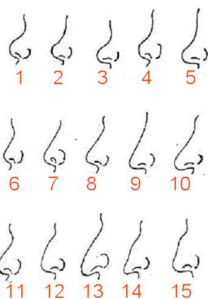
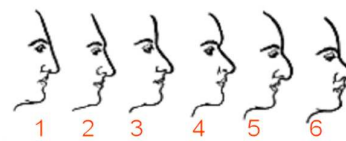
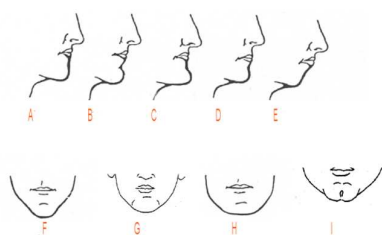
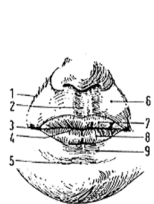
99

# I punti di repere



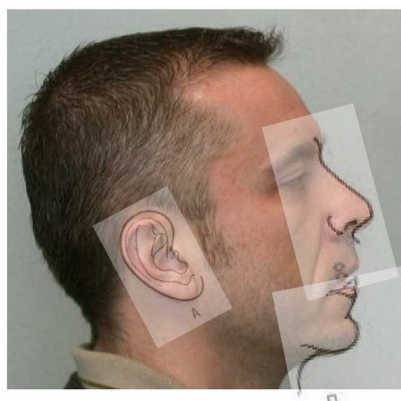
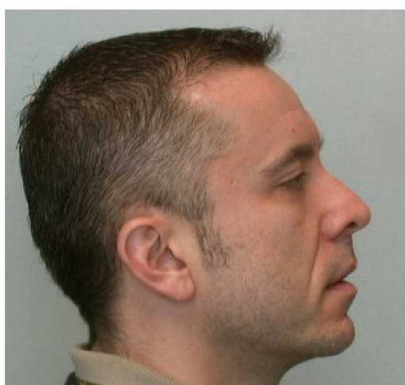
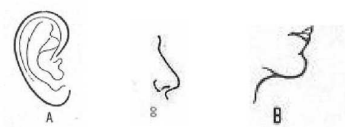
100

# Connotati



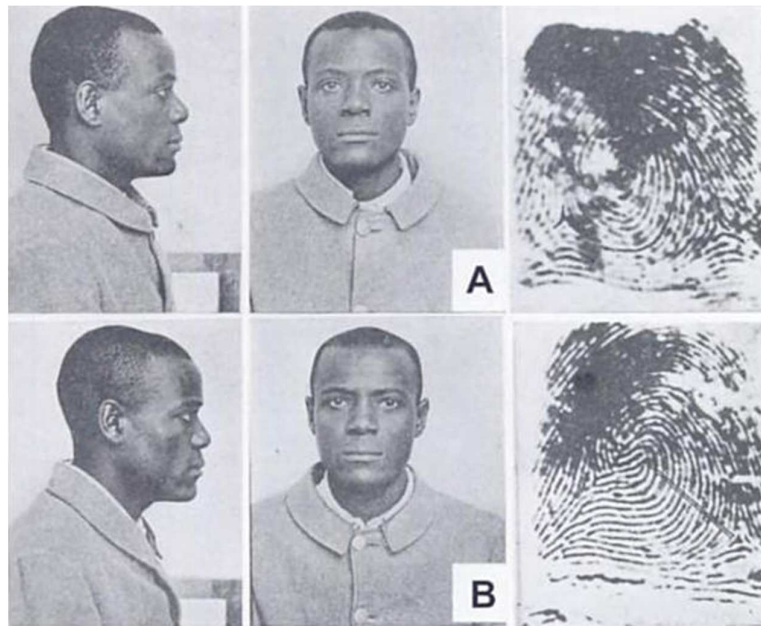
101

# Ricerca dei connotati



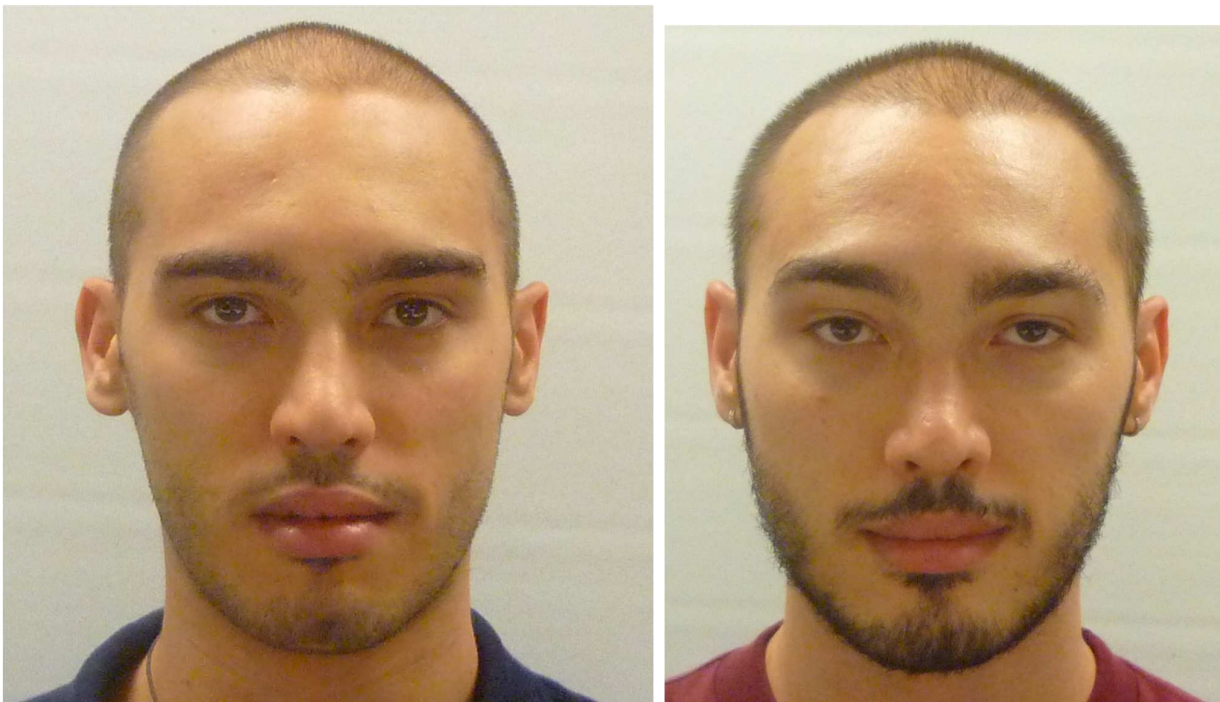
102

## Gemelli: William West e Will West



103

## Gemelli



104

## Gemelli



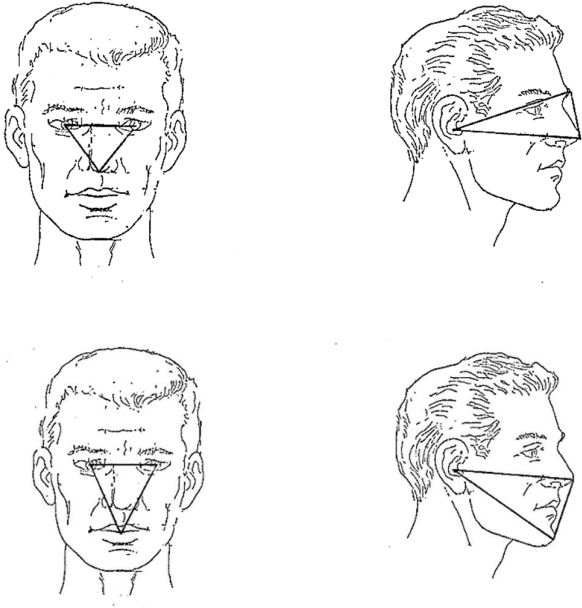
105

## Profilo gemelli

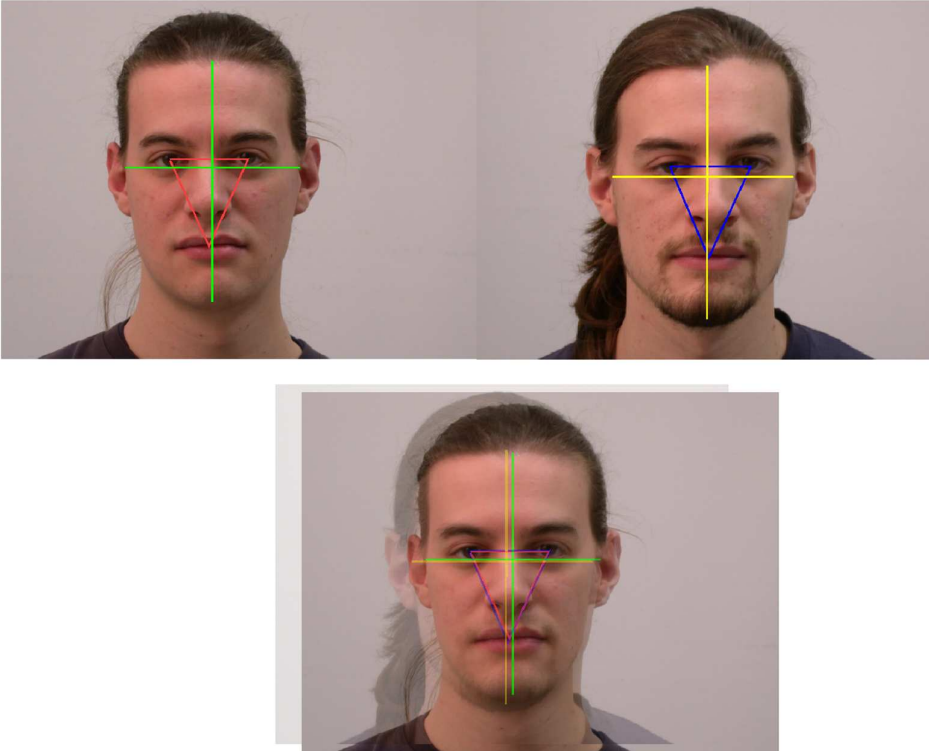


106

# Triangolazione: parametro metrico



# Differenza metrica

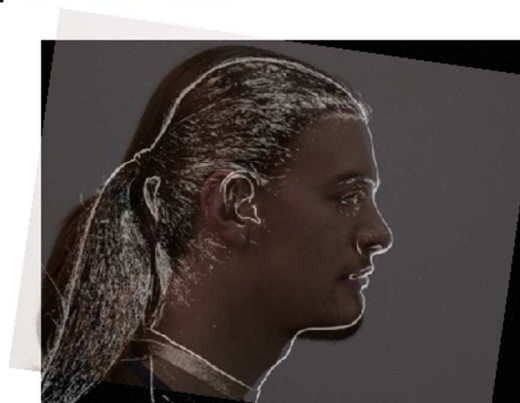
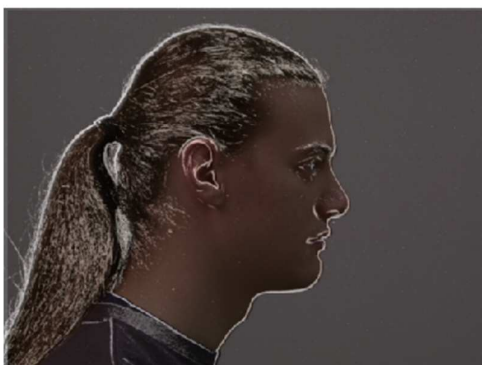


# Mappa Facciale



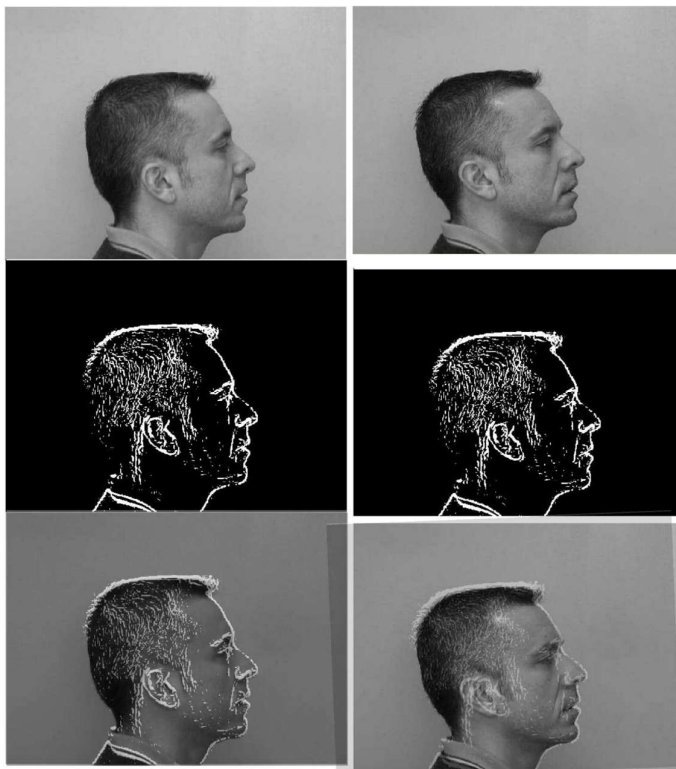
109

# Discriminazione metrica con mappa facciale



110

## Robustezza della mappa facciale per il profilo



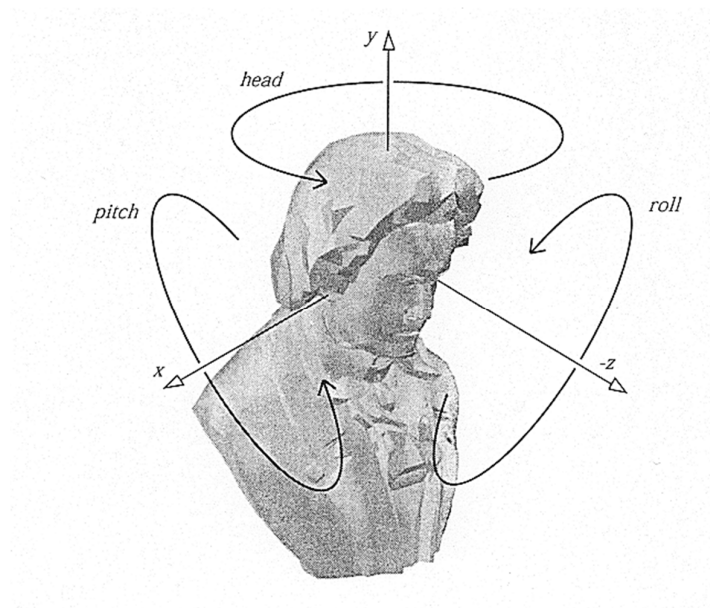
111

## LA RICOSTRUZIONE 3D DI UN VOLTO

112

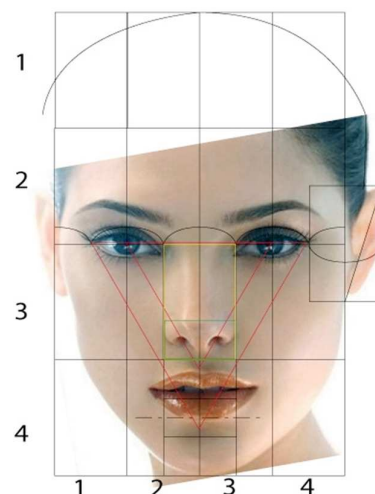
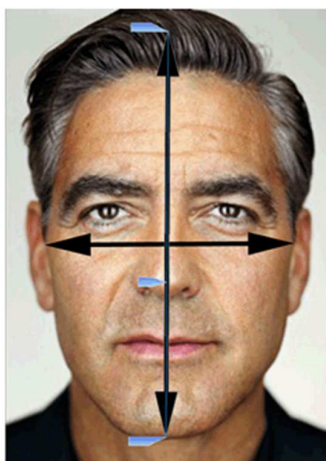


# La postura



113

Un volto umano è una forma geometrica molto complessa che è soggetta a vincoli di proporzionalità fra le parti che la compongono.



114

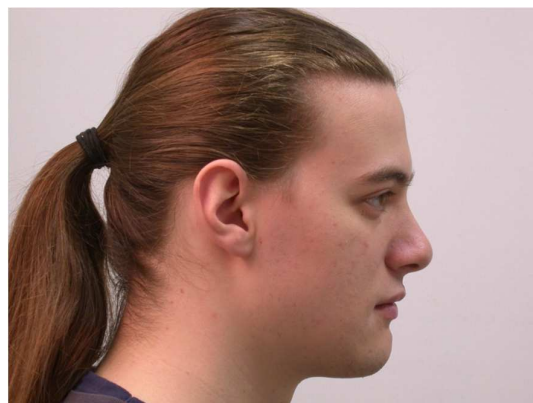
Per la modellazione sono stati proposti e sviluppati metodi che si possono ricondurre a due principali categorie:

- a) quelli basati sull'utilizzo di scanner laser che rileva le posizioni tridimensionali dei punti sulla superficie
- b) quelli che utilizzano immagini e modificano una forma predefinita .

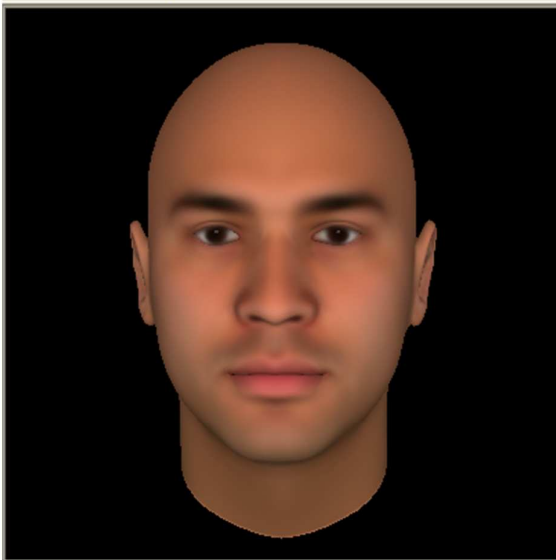
115

Si utilizzano generalmente immagini ortogonali che ritraggono il soggetto nella vista frontale e in quella laterale destra. Il profilo mancante (il sinistro) si ottiene con una trasformazione speculare.

116



## Ricostruzione di un volto con Facegen



Viewport Help

Detail Texture

(None)

Detail Texture Modulation

0.0 1.5

Texture Gamma Correction

1.5 2.0 2.5

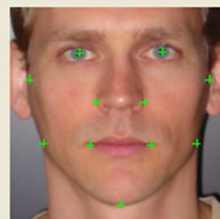
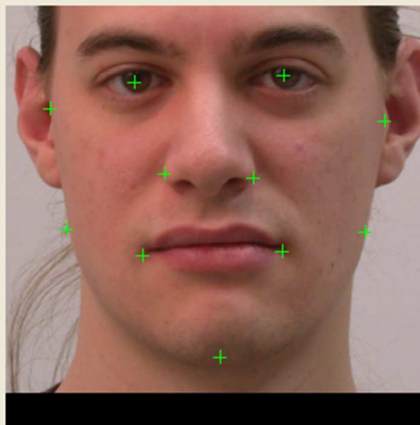
Texture Overlay

Change Polys There are 6152 polys and 6292 vertices

FaceGen PhotoFit

Step 3 - Assign Feature Points (Frontal Image)

1. Use the rotate buttons to ensure the image is upright.
2. Assign feature points as shown on the right. If the face is very small in the image, assign the points anyway - you'll get another chance to refine them. Use the right mouse button to scale all the points. The left mouse button will move all the points if it is not positioned over a specific point.



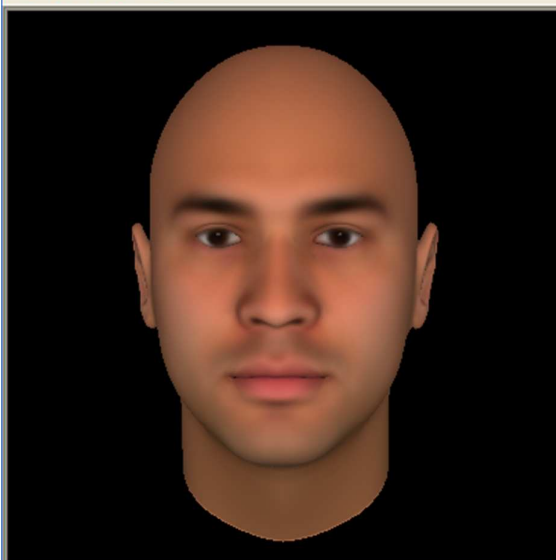
Rotate Left

Rotate Right

Reset

Back

Next



Viewport Help

Detail Texture

(None)

Detail Texture Modulation

0.0 1.5

Texture Gamma Correction

1.5 2.0 2.5

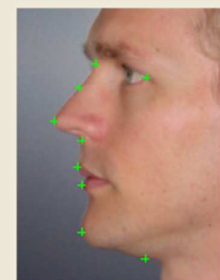
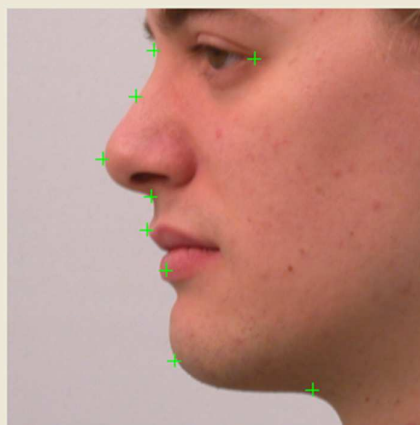
Texture Overlay

Change Polys There are 6152 polys and 6292 vertices

FaceGen PhotoFit

Step 3 - Assign Feature Points (Left Profile Image)

1. Use the rotate buttons to ensure the image is upright.
2. Assign feature points as shown on the right. If the face is very small in the image, assign the points anyway - you'll get another chance to refine them. Use the right mouse button to scale all the points. The left mouse button will move all the points if it is not positioned over a specific point.



Rotate Left

Rotate Right

Reset

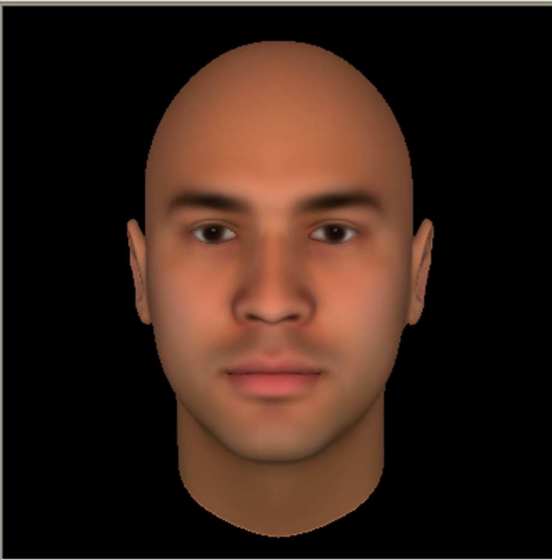
Back

Next

FaceGen PhotoFit

Step 3 - Assign Feature Points (Right Profile Image)

1. Use the rotate buttons to ensure the image is upright.
  2. Assign feature points as shown on the right.
- If the face is very small in the image, assign the points anyway - you'll get another chance to refine them. Use the right mouse button to scale all the points. The left mouse button will move all the points if it is positioned over a specific point.

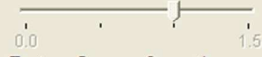


Viewport Help

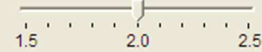
Detail Texture

(None)

Detail Texture Modulation



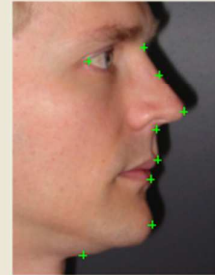
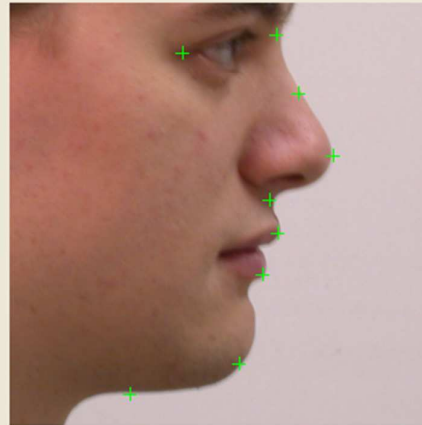
Texture Gamma Correction



Texture Overlay

Change Polys

There are 6152 polys and 6292 vertices



Rotate Left

Rotate Right

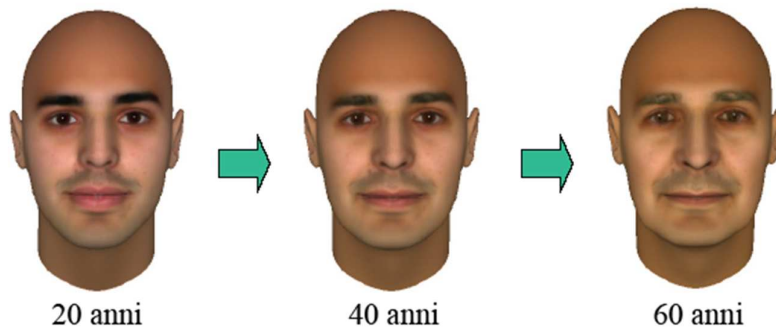
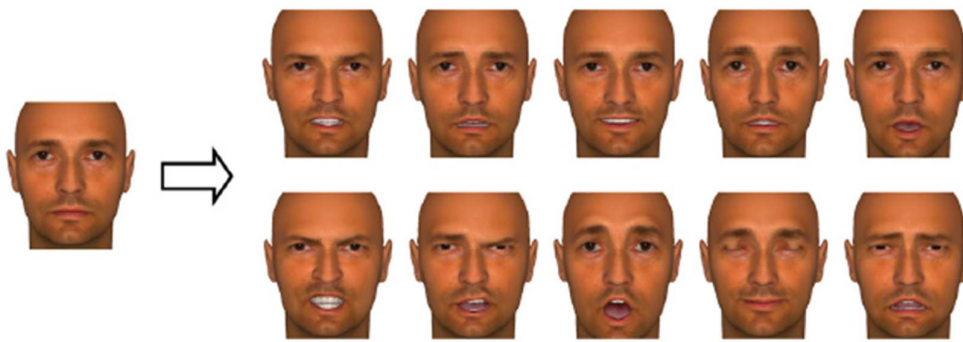
Reset

Back

Next



## Controllo espressioni ed età



123

## Iscan e Loth due famosi antropologi



124

# L'orecchio come connotato saliente

125

## Soggetti di studio



126

## Variabilità intra-individuo



127

## Variabilità intra-individuo



128



## Variabilità inter-individuo



129

## Variabilità inter-individuo



130

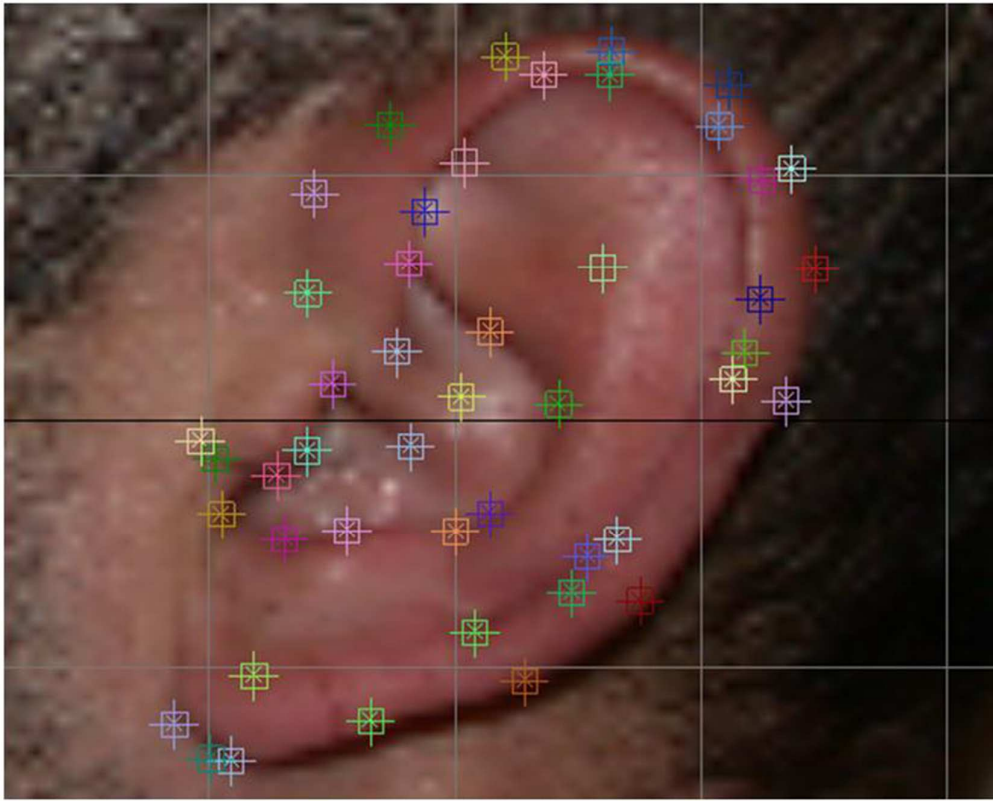
# Variabilità dell'orecchio per rotazione



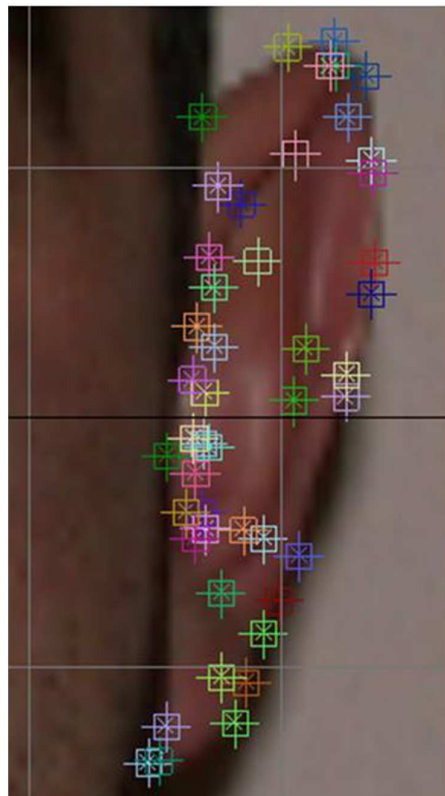
131

# La ricostruzione 3d dell'orecchio

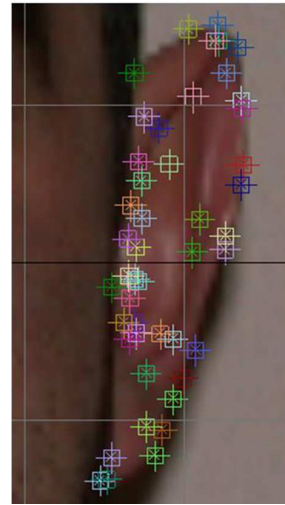
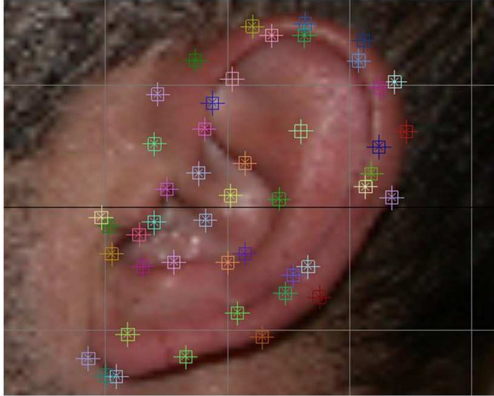
132



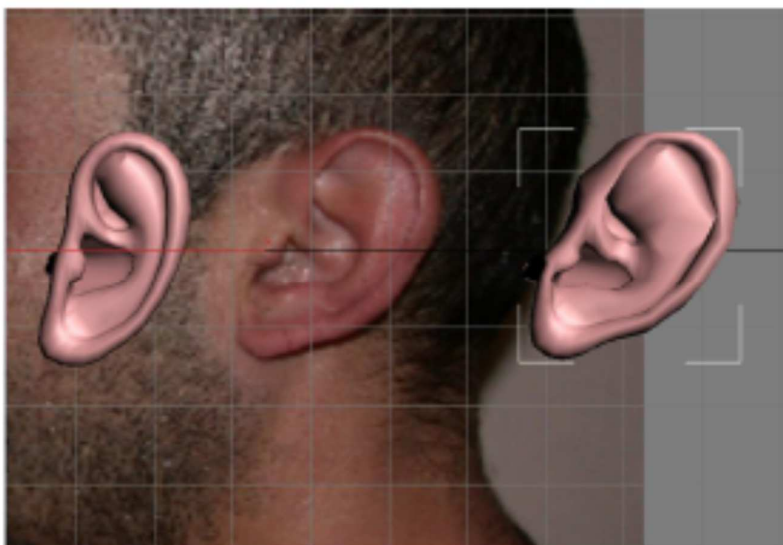
133



134



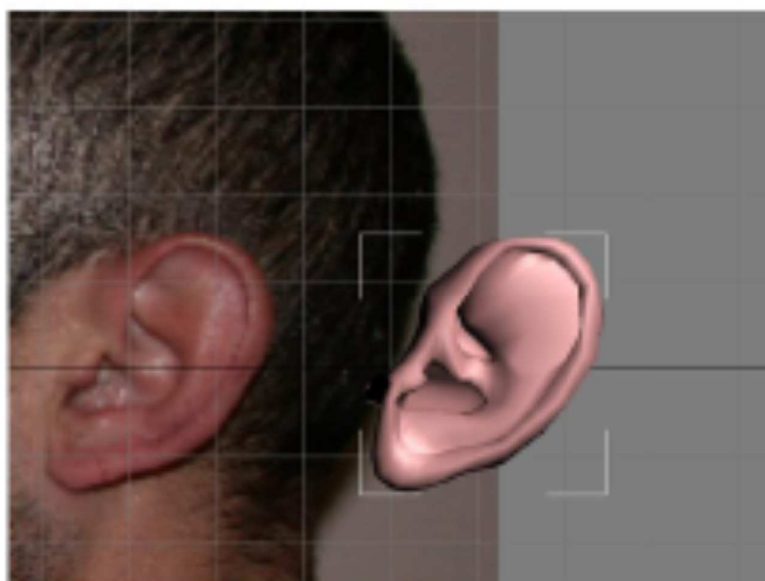
135



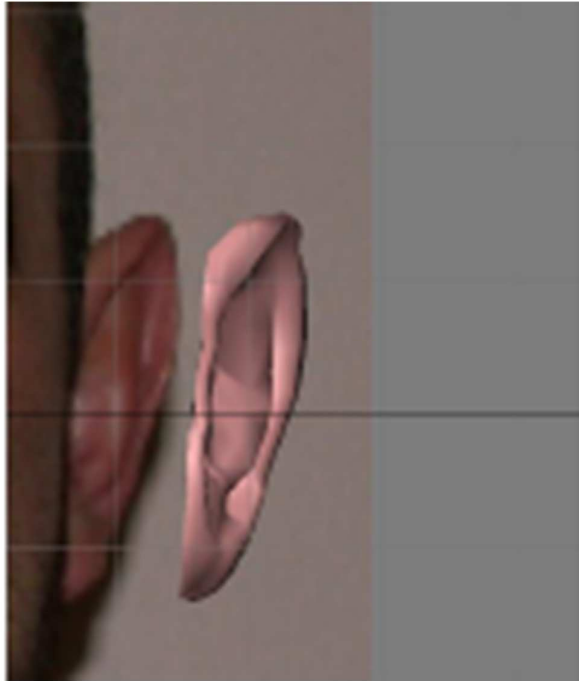
136

## Adattamento della ricostruzione ai dati reali

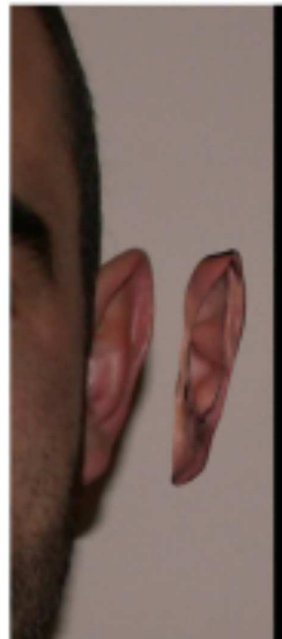
137



138

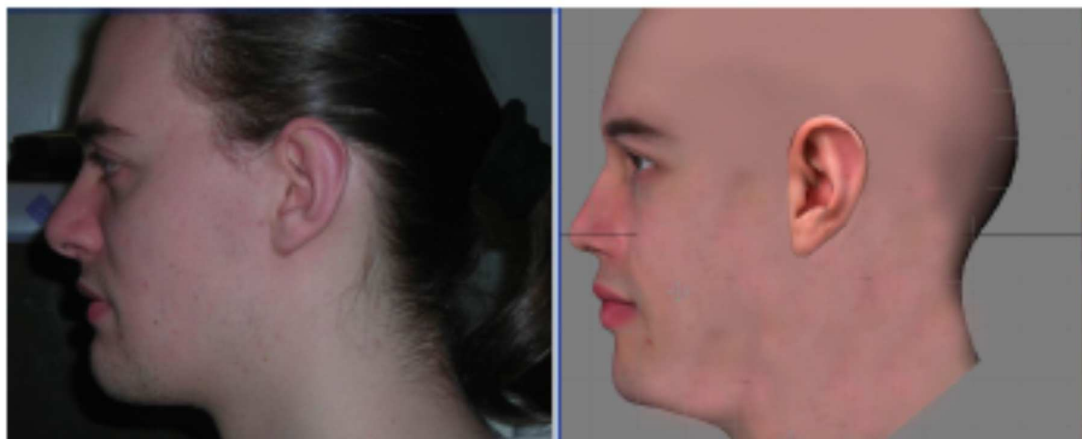


139



140

# Integrazione con il volto simulato



141



142

L'informatica forense richiede attività interdisciplinare fra diverse figure professionali come medici legali, patologi, biologi, psichiatri, balistici.

143

La figura dell'informatico è centrale in quanto deve possedere elevate competenze tecniche e scientifiche, corroborate da un costante confronto con gli altri esperti, ciò al fine di individuare strumenti e tecnologie adeguate al caso in esame.

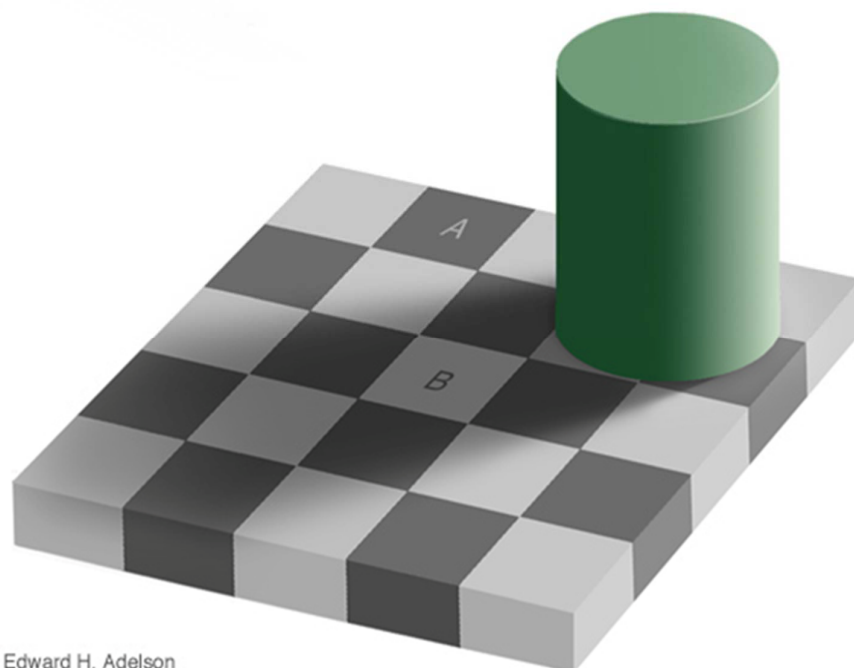
144



E' opportuno lavorare alla cieca con una terna di esperti del dominio per discutere i risultati conseguiti. L'elaboratore è un grosso ausilio ma l'uomo deve trarre le conclusioni finali e firmare le relazioni di consulenza

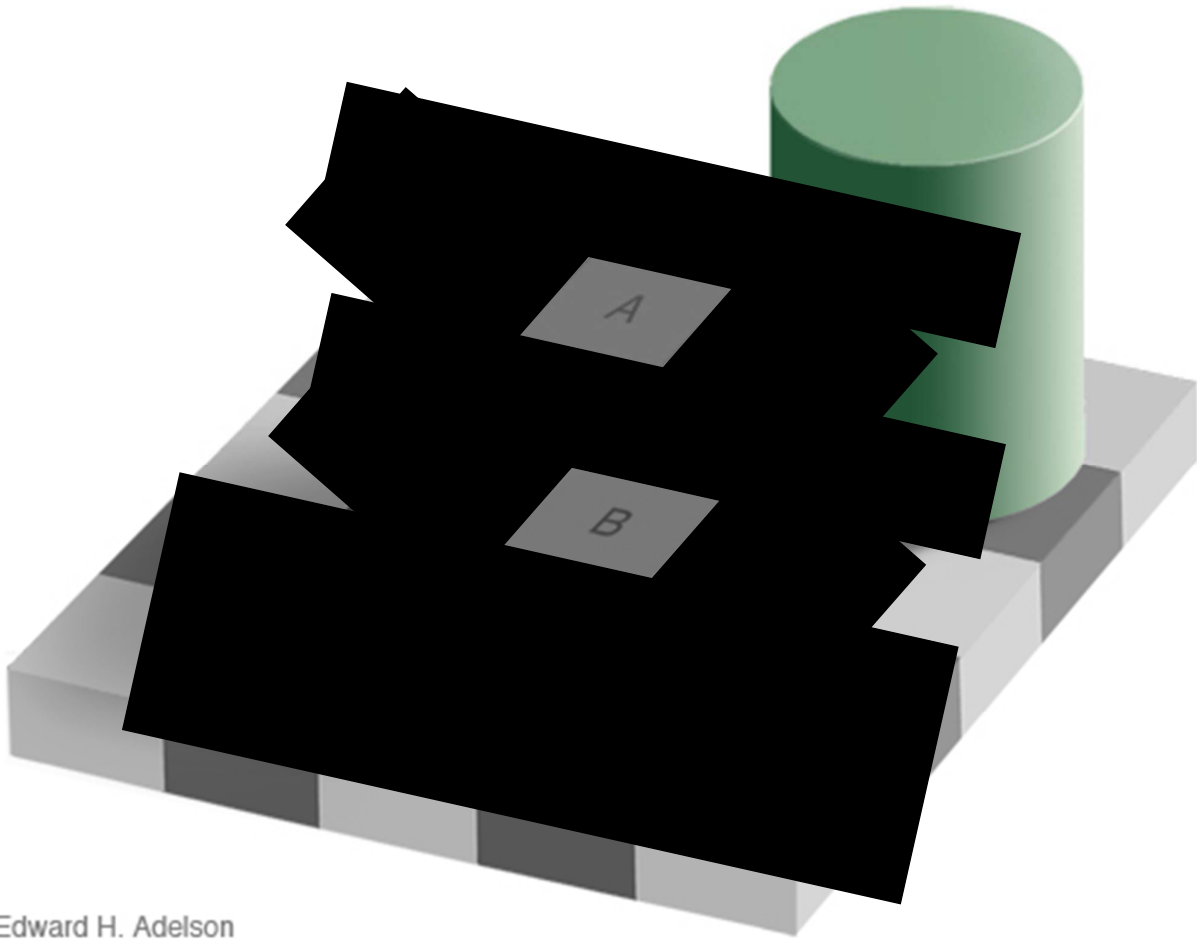
145

Dobbiamo sempre credere a ciò che si percepisce: la casella A ha la stessa intensità di B?



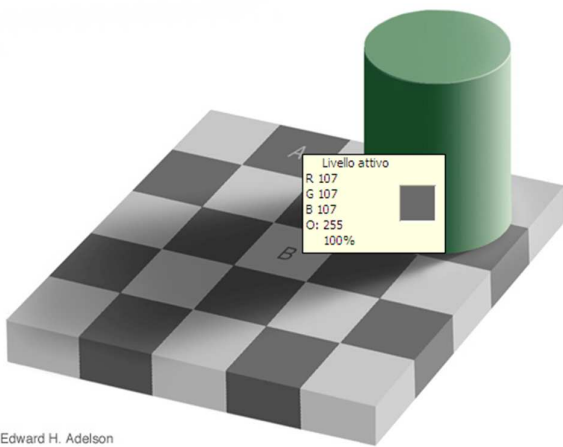
Edward H. Adelson

146

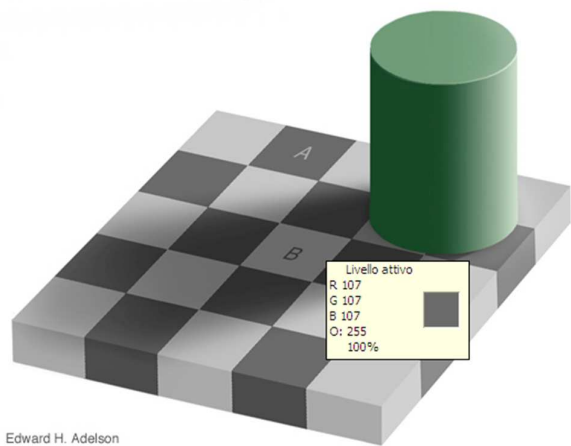


Edward H. Adelson

Incredibilmente, la risposta è  
SI'



Edward H. Adelson



Edward H. Adelson

## Titoli di coda

- nello BALOSSINO (fisico)
- davide CAVAGNINO (informatico)
- giuliano GEMINIANI (psichiatra)
- marco GRANGETTO (ingegnere informatico)
- maurizio LUCENTEFORTE (informatico)
- sergio RABELLINO (ingegnere informatico)
- paolo ROMANINI (balistico)
- pietro BENEDETTI (balistico)
- simona SIRACUSA (informatico)
- massimo SIRACUSA (architetto polito)
- carlo TORRE (medico legale)

149

## Ringraziamenti

- ICT staff - Dipartimento di Informatica
- alessio angius (phd informatica)
- fabio angius (phd informatica)
- livio bioglio (phd informatica)
- valerio bioglio (phd informatica)

150