

# La Visione delle Macchine

Giuseppe Pirlo

# INTRODUZIONE

Data Acquisition

Preprocessing

Feature Extrction

Classification

# DATA ACQUISTION

Immagine:

$$i(x,y)$$

- $i(x,y)$ : funzione continua
- $x,y$ : variabili indipendenti

Immagine campionata:

Il campionamento nello spazio è definito come il processo di valutazione di  $i(x,y)$ , per particolari valori di  $x$  ed  $y$ :

# CAMPIONAMENTO NELLO SPAZIO

## *Teorema di campionamento (Shannon)*

Sia:  $F\{i(x, y)\} = I(f_x, f_y)$  la trasformata di Fourier di  $i(x, y)$ .

Se  $I(f_x, f_y) = 0$ , per  $|f_x| > B_x$  e  $|f_y| > B_y$

allora scegliendo  $\Delta x$  e  $\Delta y$  tali che:

$$\frac{1}{\Delta x} > 2 \cdot B_x \quad \text{e} \quad \frac{1}{\Delta y} > 2 \cdot B_y$$

$i(x, y)$  può essere esattamente ricostruita e posta dalla sua versione campionata

$$i_s(k \cdot \Delta x, l \cdot \Delta y)$$

$B_x, B_y$  : larghezze delle bande nelle direzioni  $x$  ed  $y$

$\frac{1}{\Delta x}$  e  $\frac{1}{\Delta y}$  : frequenze di campionamento

# PREPROCESSING

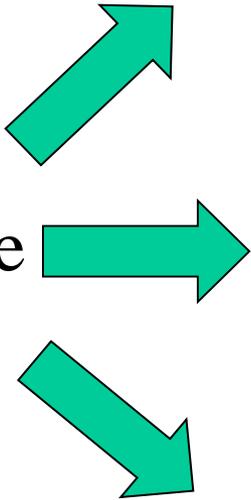
Trasformazioni geometriche

Filtraggio

Segmentazione

# TRASFORMAZIONI GEOMETRICHE

Le trasformazioni geometriche correggono le distorsioni geometriche.

1. determinare il tipo di distorsione e creare un modello matematico
  2. determinare i valori dei parametri della trasformazione
  3. ricostruzione dell'immagine digitale
- Correzione
- 

# METODOLOGIA DI BASE

Trasformazioni geometriche:

$$(1) \quad x' = f_1(x, y)$$
$$(2) \quad x'' = f_2(x, y)$$

Immagine originale:

$$(3) \quad i(x, y) = i'(x', y') = i'[f_1(x, y), f_2(x, y)]$$

Distorsioni: traslazioni, scalature, rotazioni, e inclinazioni, sono corrette dalle trasformazioni *'Affini'*.

# METODOLOGIA DI BASE

Rappresentazione matriciale delle traslazioni, scalature, rotazioni, e inclinazioni:

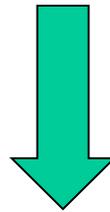
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$$

Tipo	Proprietà	Note
Traslazione	$a_{ij} = 0 ; i, j = 1,2$	
Scalatura	$a_{12} = a_{21} = 0$	
Rotazione	$a_{11} = \cos\alpha \quad a_{12} = -\sin\alpha$ $a_{21} = \sin\alpha \quad a_{22} = \cos\alpha$	$\alpha$ :angolo di rotazione
Inclinazione	$a_{11} = 1 \quad a_{12} = \operatorname{tg}\beta$ $a_{21} = 0 \quad a_{22} = 1$	$\beta$ : angolo di Inclinazione

proprietà  
delle  
trasformazioni  
'affine'

# STIMA DEI PARAMETRI

## INCLINAZIONI



Algoritmo di stima dell'angolo di inclinazione  
(basato sul test delle ipotesi)

# RICOSTRUZIONE DELL'IMMAGINE DIGITALE

$i(x,y)$ : immagine originale

$i'(x',y')$ : immagine distorta

$$(4) \quad i(x, y) = i'(x', y') = i'[f_1(x, y), f_2(x, y)]$$

dove:  $x' = f_1(x, y)$

$y' = f_2(x, y)$

Immagini digitali:

$$i(k \cdot \Delta x, l \cdot \Delta y)$$
$$i'(k' \cdot \Delta x', l' \cdot \Delta y')$$

# FILTRAGGIO

Il filtraggio consiste nel trasformare un'immagine di input  $i(k,l)$  in un'immagine di output  $i_o(k,l)$ , la quale è chiamata versione filtrata.

 Filtri lineari

 Filtri non lineari



# FILTRAGGIO LINEARE

Filtri a Risposta all'Impulso Finito (FIR)  
caratterizzati dall'equazione di *convoluzione*:

$$i_0(k, l) = i(k, l) \cdot f(k, l) = \sum_{k'=-\infty}^{\infty} \sum_{l'=-\infty}^{\infty} i(k - k', l - l') \cdot f(k', l')$$

$F(k, l)$  è il filtro a risposta all'impulso (*mask* o *template*).

# FILTRAGGIO LINEARE

Risposte generalmente usate nell'analisi di documenti:

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{appianatura o filtro a basso passaggio})$$

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (\text{filtro sensibile all'orlo verticale})$$

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (\text{rilevatore d'orlo discreto di Laplace})$$

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -2 & 4 & -2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \quad (\text{filtro sensibile alle linee verticali})$$

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{filtro d'intensificazione})$$



# FILTRAGGIO NON LINEARE

Filtro *ordine-grado*

$i(k,l)$ : pixel

$S_{k,l} = \{i(k',l') \mid |k'-k| \leq 1, |l'-l| \leq 1\}$  insieme di livelli di grigio  
nell'intorno di  $i(k,l)$

$R_{k,l} = \{r_1 \leq r_2 \leq \dots \leq r_9 \mid r_j \in S_{k,l}\}$  sequenza ordinata

# FILTRAGGIO NON LINEARE

Le seguenti operazioni ordine-grado prendono il nome:

$$i_0(k, l) = r_1 \quad (\text{erosione})$$

$$i_0(k, l) = r_9 \quad (\text{dilatazione})$$

$$i_0(k, l) = r_9 - r_1 \quad (\text{rilevatore di contorno})$$

$$i_0(k, l) = r_5 \quad (\text{mediano})$$

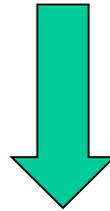
# SEGMENTAZIONE DELL'IMMAGINE

etichettatura di componenti connessi

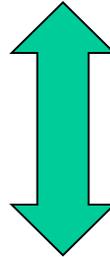
albero di decomposizione x-y

# ETICHETTATURA DI COMPONENTI CONNESSI

Componente connesso



etichetta



Numero naturale

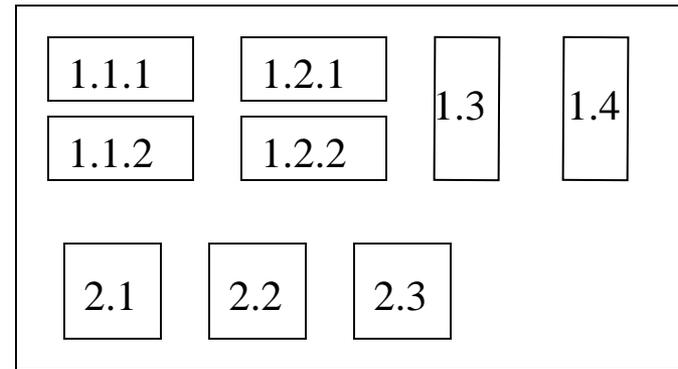
# ETICHETTATURA DI COMPONENTI CONNESSI

## Algoritmo:

- Scansione dell'immagine da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso.
- Assegnazione di un'etichetta a ciascuna successione contigua di pixels neri.
- Valutazione degli intervalli dei pixels neri della linea precedente e del pixel che si trova a sinistra.
- Uniformare le etichette.

# ALBERO DI DECOMPOSIZIONE X,Y

- Struttura dati ad albero.
- Nodi: zone rettangolari.
- Nodi foglie:entità atomiche.



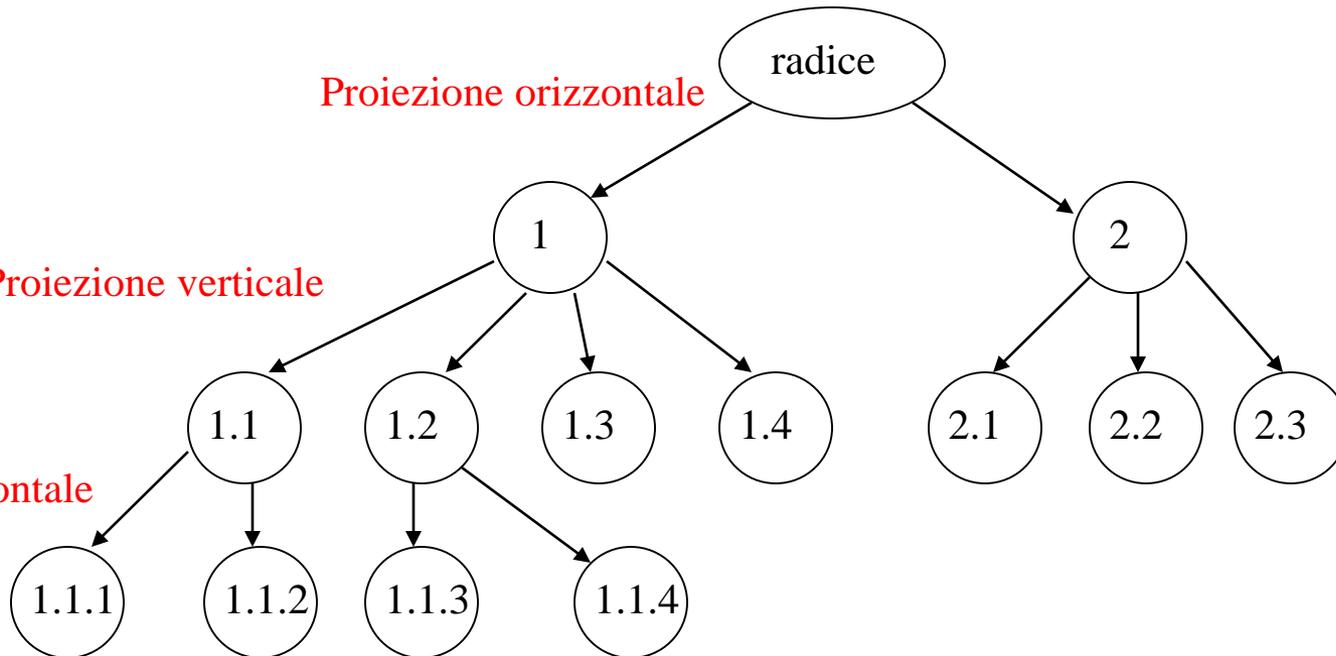
documento

albero

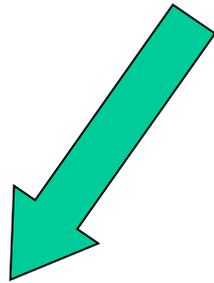
Proiezione orizzontale

Proiezione verticale

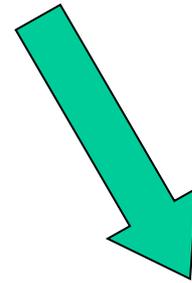
Proiezione orizzontale



# FEATURE EXTRACTION

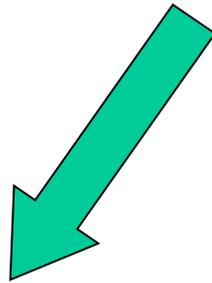


Approccio statistico

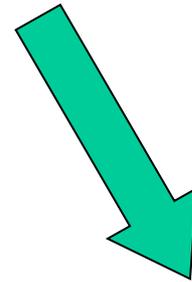


Approccio strutturale

# CLASSIFICATION



Metodi Supervised



Metodi Unsupervised

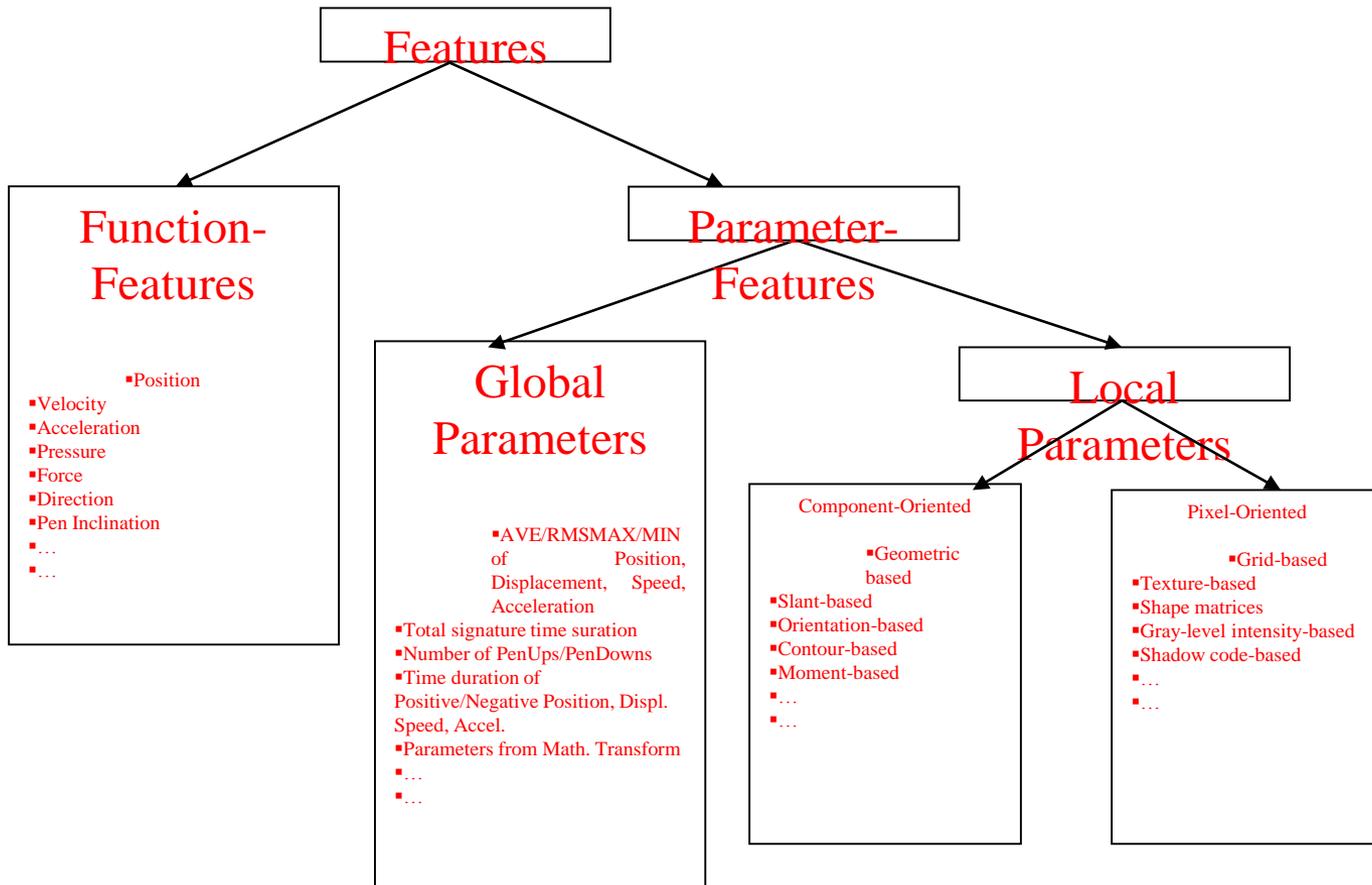
# Un esempio concreto:

## Sistemi di Analisi della Firma Manoscritta

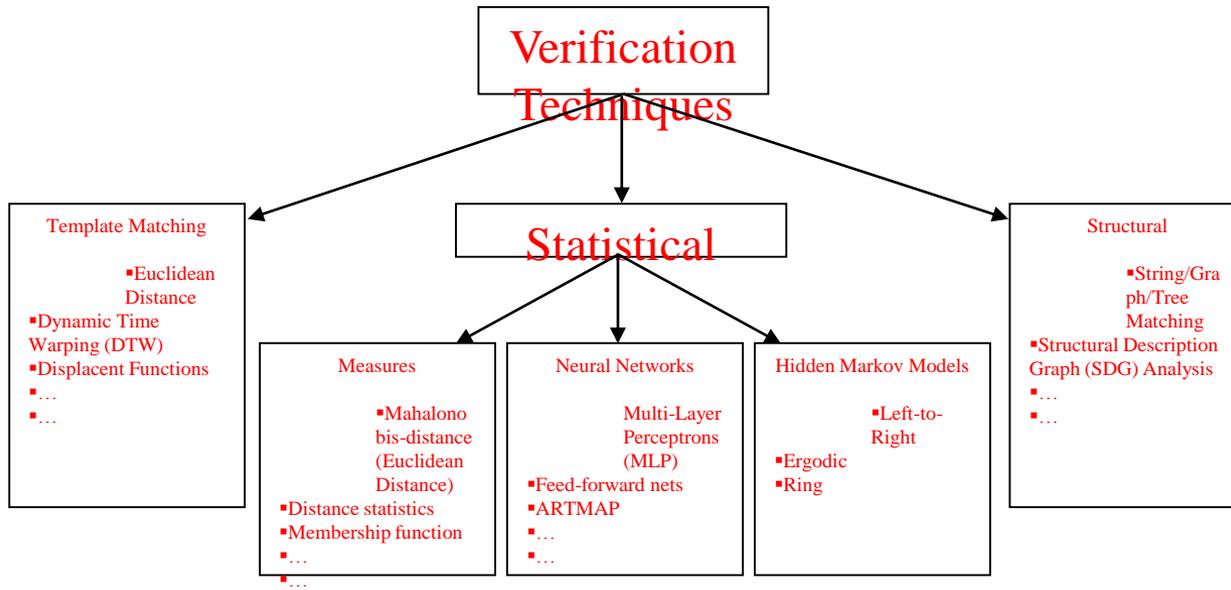
### Objectives:

- Automatic Signature Verification (local approaches)
- Support Forensic Applications
- Diagnosis of neurodegenerative diseases / Health Conditions through handwriting analysis

# FEATURES



# CLASSIFICATION



# Signature Stability

Indirect approaches:

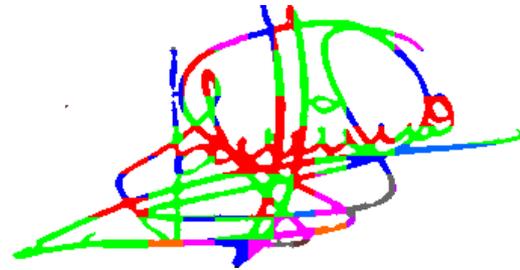
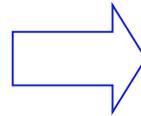
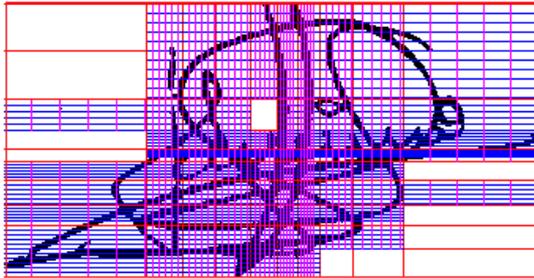
- Feature-Based (on-line/off-line)

Direct approaches:

- Optical Flow (off-line)
- Direct Matching Points (on-line)

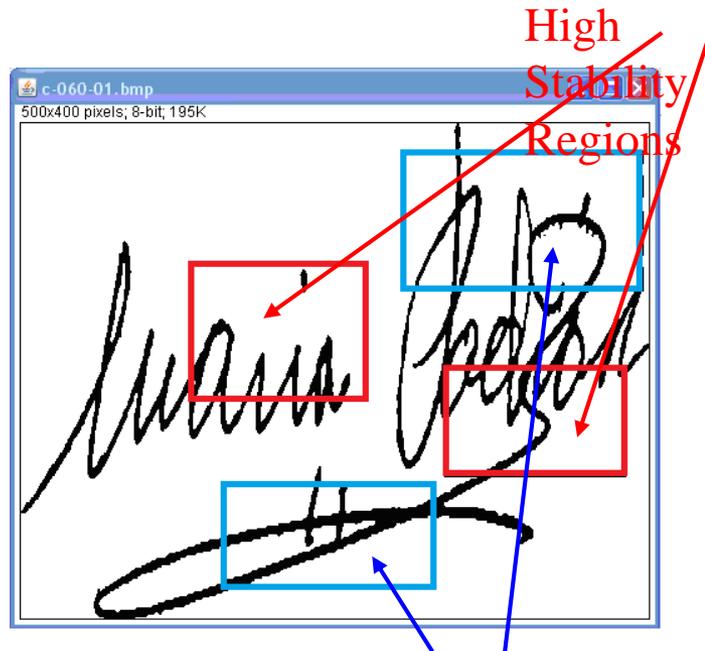
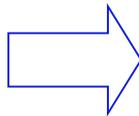
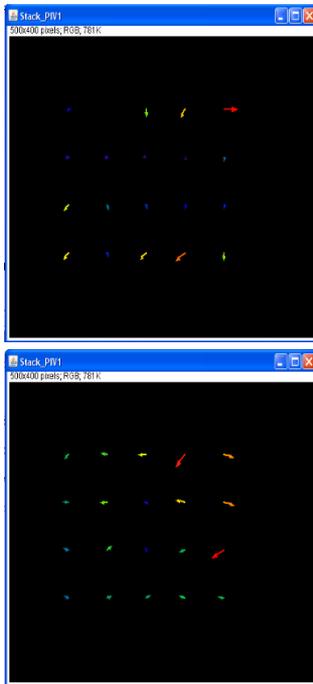
# Signature Stability

$$\text{CosSim}(F_1^s, F_2^s) = \frac{F_1^s \bullet F_2^s}{\|F_1^s\| \cdot \|F_2^s\|}$$



# Signature Stability

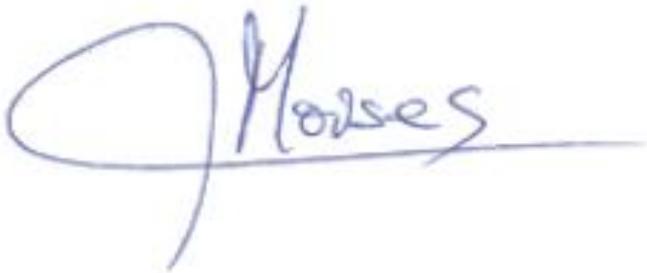
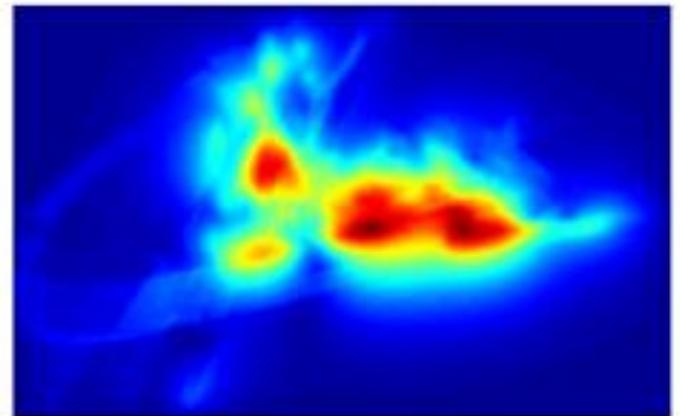
$$E = \iint [(I_x u + I_y v + I_t)^2 + \alpha^2 (\|\nabla u\|^2 + \|\nabla v\|^2)] dx dy$$



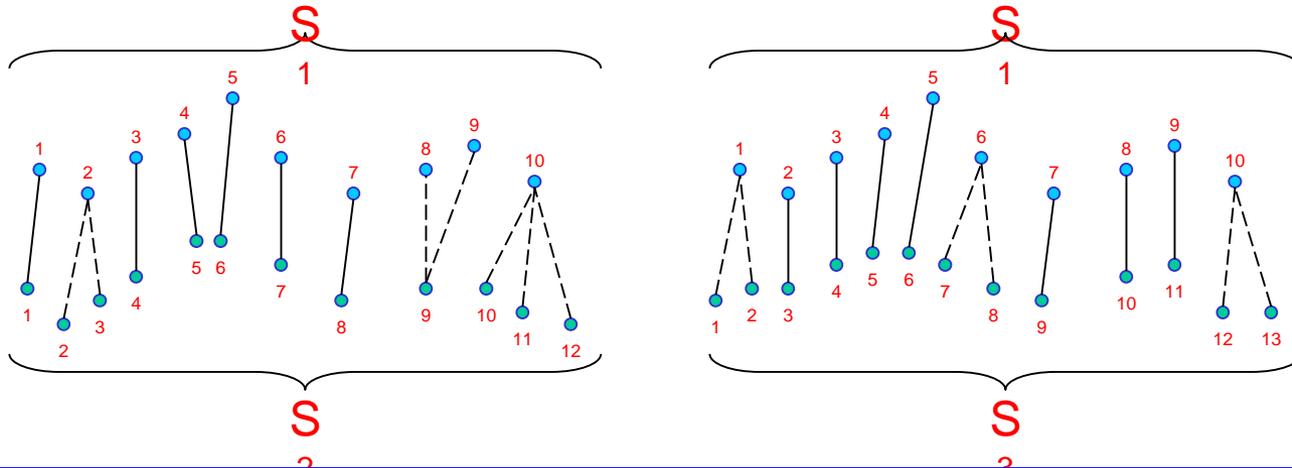
Low  
Stability  
Regions

# Signature Stability

$$E = \iint [(I_x u + I_y v + I_t)^2 + \alpha^2 (\|\nabla u\|^2 + \|\nabla v\|^2)] dx dy$$

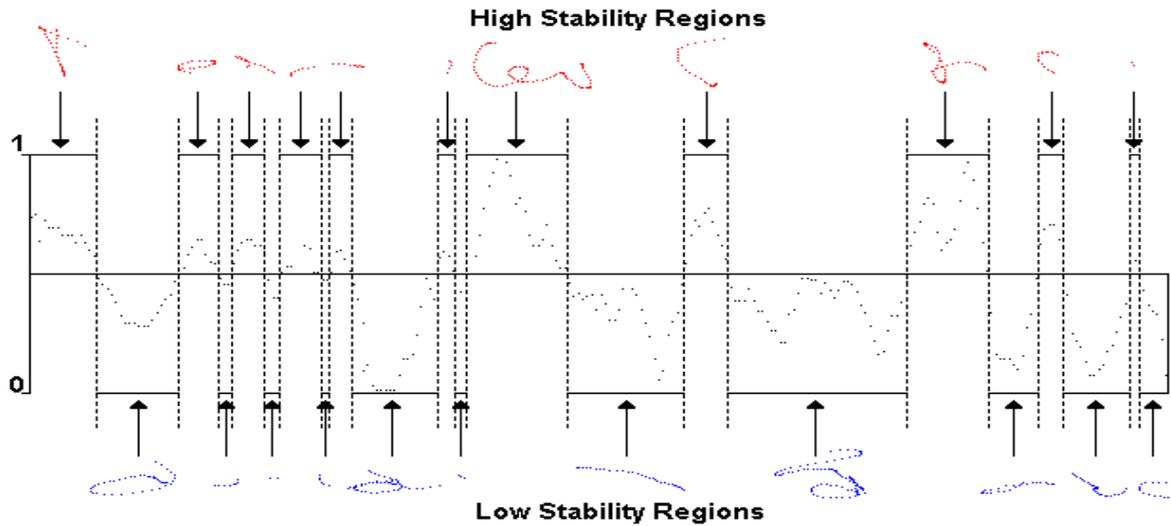
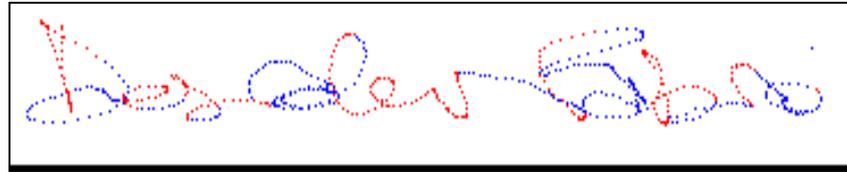
A handwritten signature in blue ink that reads "J. Moses". The signature is written in a cursive style with a large initial "J" and a horizontal line extending to the right.

# Signature Stability

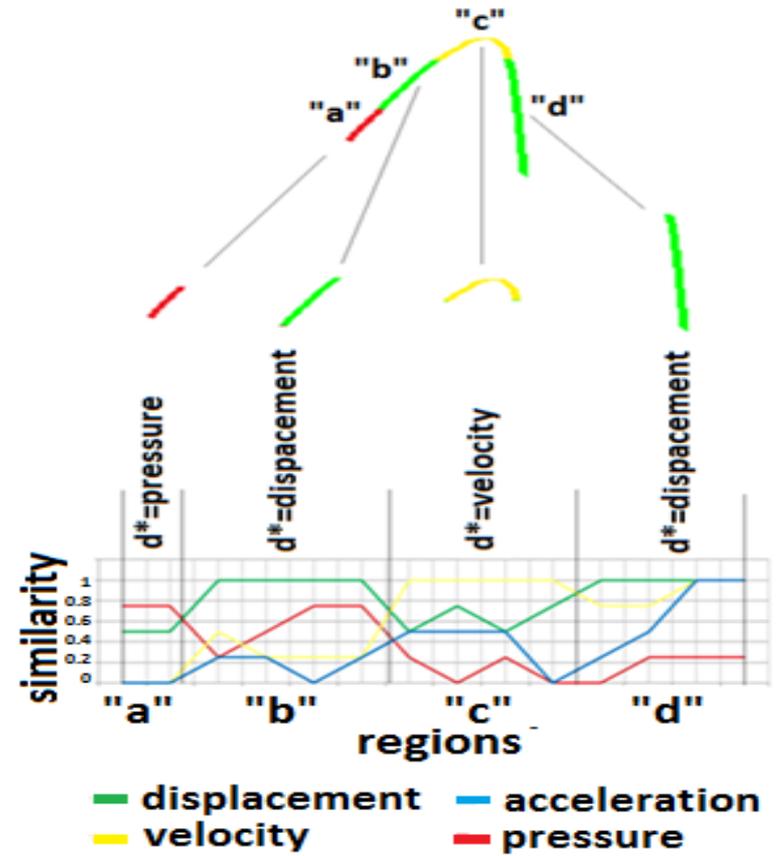
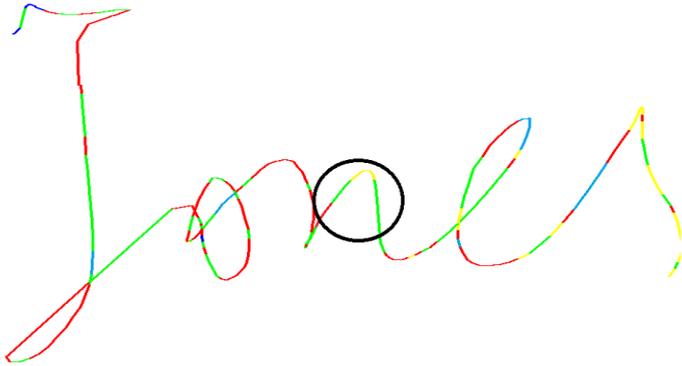


	P									
	$Z^1(1)$	$Z^1(2)$	$Z^1(3)$	$Z^1(4)$	$Z^1(5)$	$Z^1(6)$	$Z^1(7)$	$Z^1(8)$	$Z^1(9)$	$Z^1(10)$
$\text{Score}^2(Z^1(p))$	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
$\text{Score}^3(Z^1(p))$	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
$I(z^1(p))$	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>

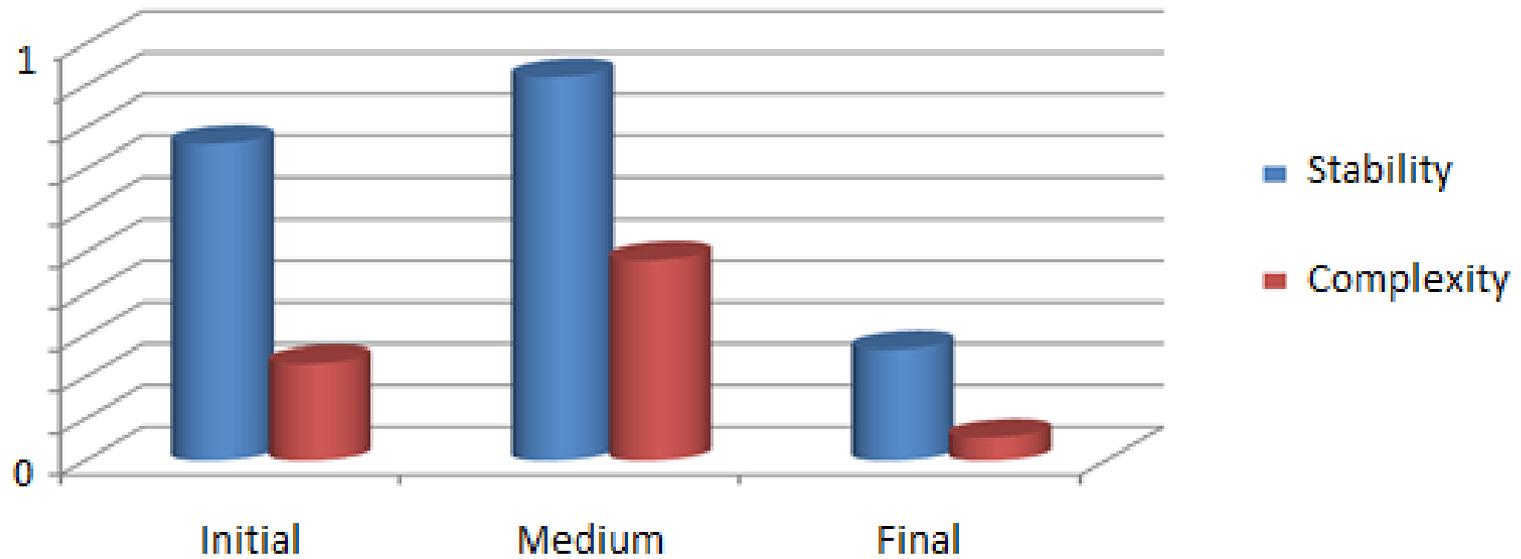
# Signature Stability



# Signature Stability

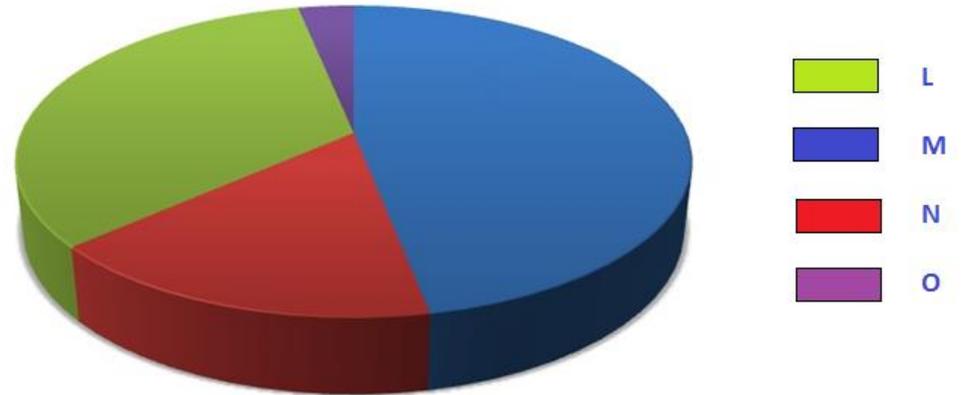
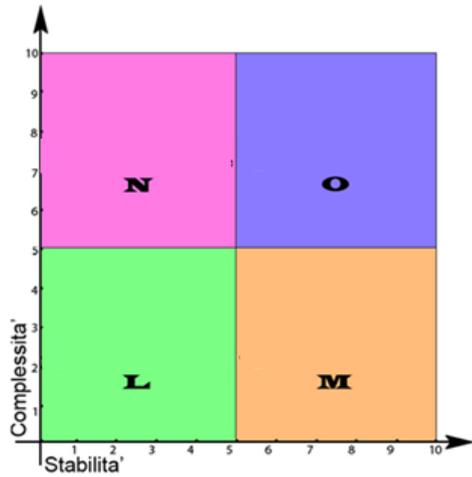


# Experimental Results



***Stability/complexity in dynamic signatures: a regional analysis.***

# Experimental Results

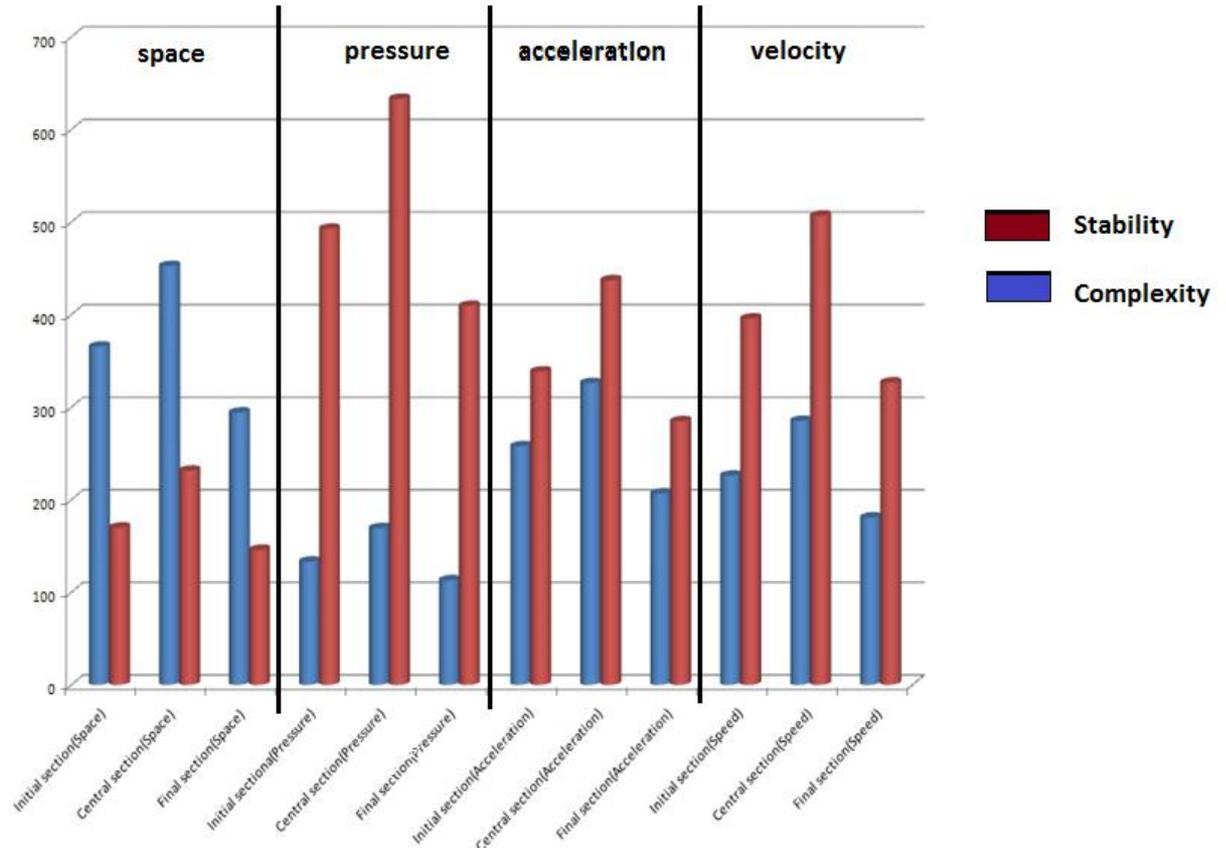


# Experimental Results

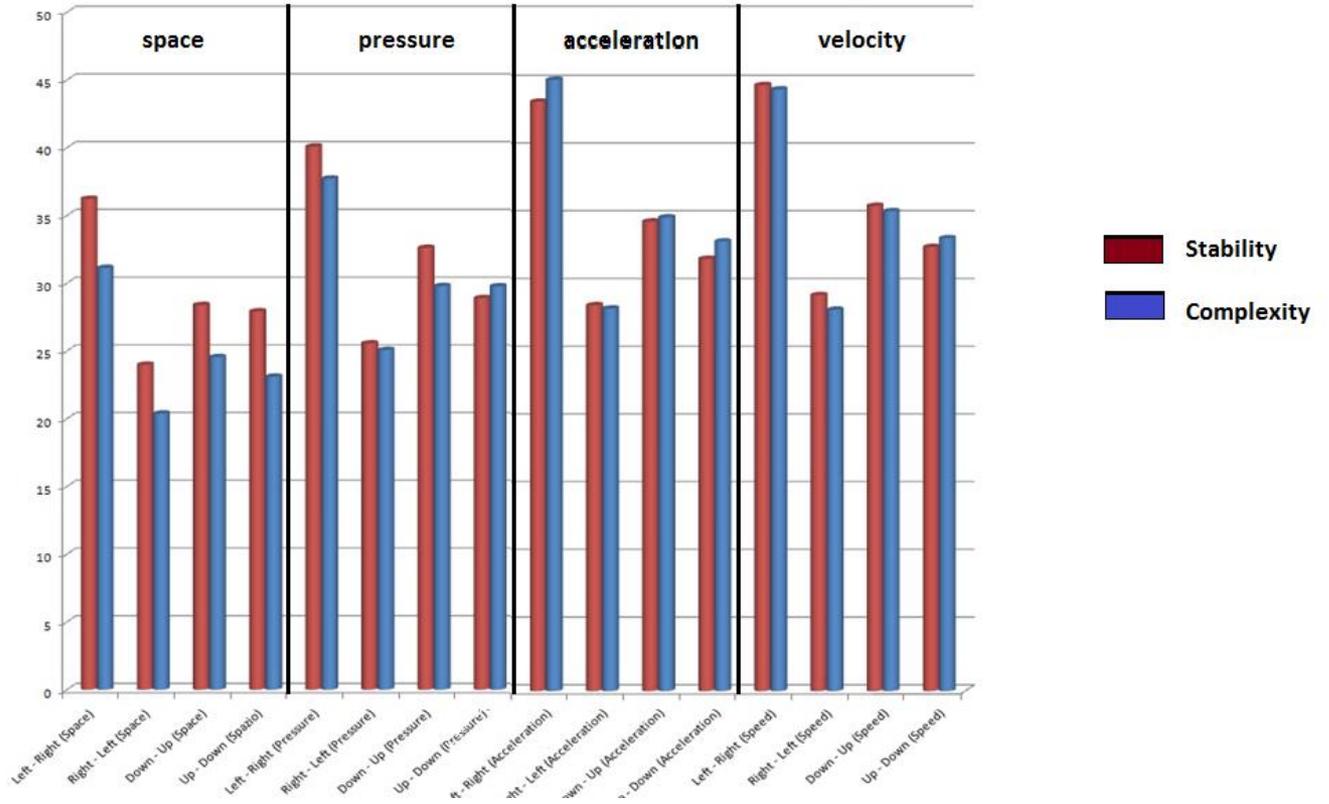
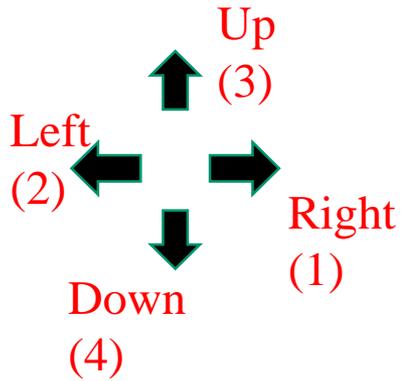
**Initial (1)**

**Central (2)**

**Final (3)**



# Experimental Results



# Open Issue

- Feature Selection
- Region Selection
- Region-based Verification
- Cancelable biometrics
- Quality of Service (QoS)

Grazie per  
l'attenzione