



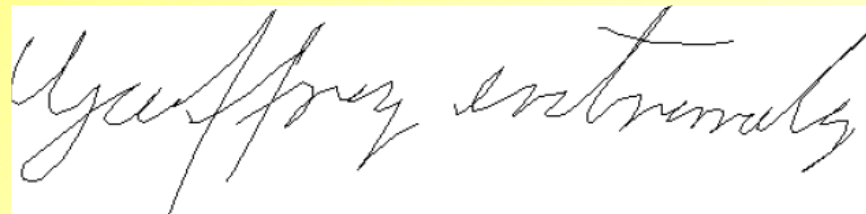
9. Rozpoznávání podle písmo a podpisu

→ Úvod a cíle

- Rozpoznávání písma a podpisu patří částečně do statických vlastností a částečně do dynamických.
- **Rozpoznávání písma** – klasifikace písmen do tříd, utváření vět a rozpoznávání smyslu psaného textu.
- **Rozpoznávání podpisu** – určení jedinečných vlastností podpisu (bud' statických a nebo dynamických).
- Verifikace vs. Identifikace – u podpisu se jedná téměř ve všech případech o verifikaci, identifikace zatím nenalezla velké uplatnění.

→ Zvláštnost verifikace (autentizace)

→ Fráze



- Získání vzorku: ~ 5 sec.
- Závislost na písmu
- Vysoký stupeň individuálních vlastností
- Relativně stabilní vlastnost s jednoduchou reprodukovatelností

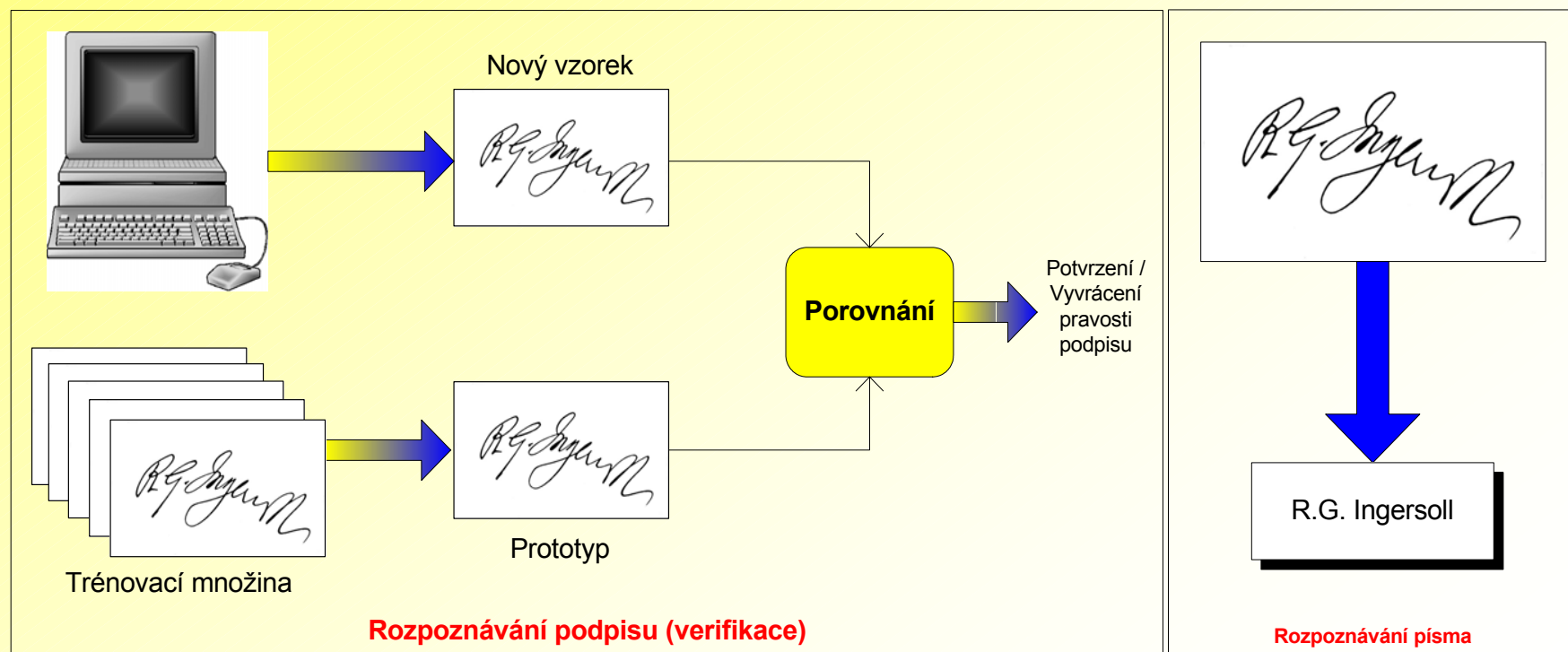
→ Skica

- Získání vzorku: ~ 2 sec.
- Závislost na stejných tazích
- Anonymní (na rozdíl k podpisu)



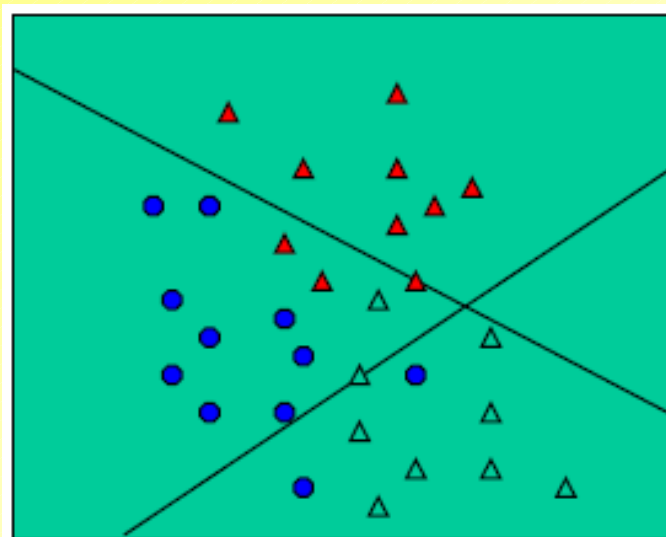
→ Rozpoznávání písma vs. podpisu

- Oba typy rozpoznávání jsou odlišné, ale pro jejich zpracování se používají obdobné techniky.
- V obou případech nutné učení vzorů, přičemž oba typy rozpoznávání využívají odlišných informací.



→ Rozpoznávání znaků – klasifikace

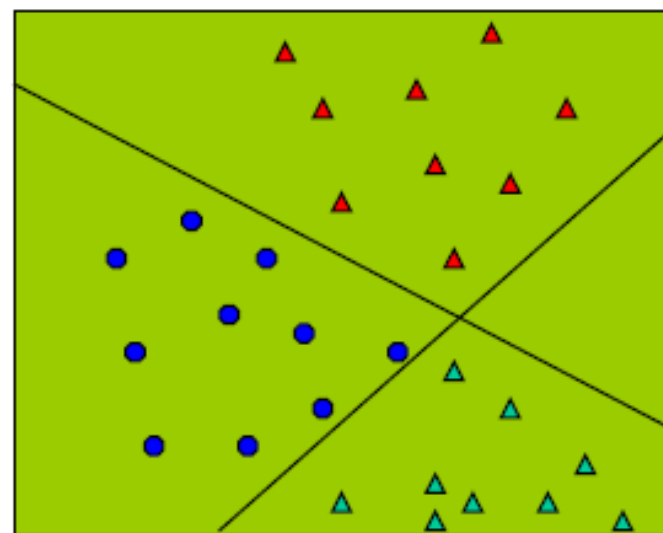
- Základní klasifikací je **PCA** (*Principal Component Analysis*), přičemž ta slouží k redukci dimenze na p
- Používanější je ale **FDA** (*Fisher Discriminant Analysis*)
- **FDA** využívá matici rozptylu *inter- a intra-class* Φ_B , Φ_W



Původní prostor

$$p = W^T x$$


Lineární
projekce



Projekční prostor

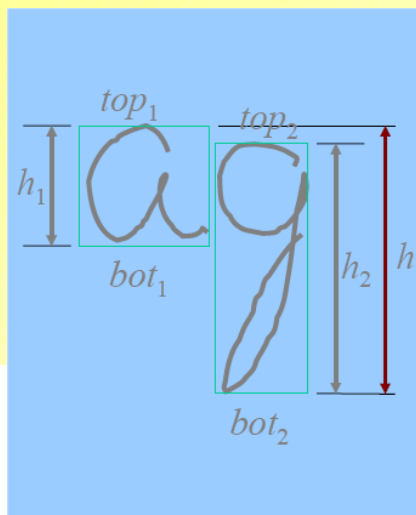
→ Rozpoznávání znaků – rozlišování

→ Některé znaky jsou si velmi podobné: $g \Leftrightarrow 9$; $l \Leftrightarrow e$;
 $0 \Leftrightarrow O$

→ **HDR** = $(h_1 - h_2) / h$

→ **TDR** = $(top_1 - top_2) / h$

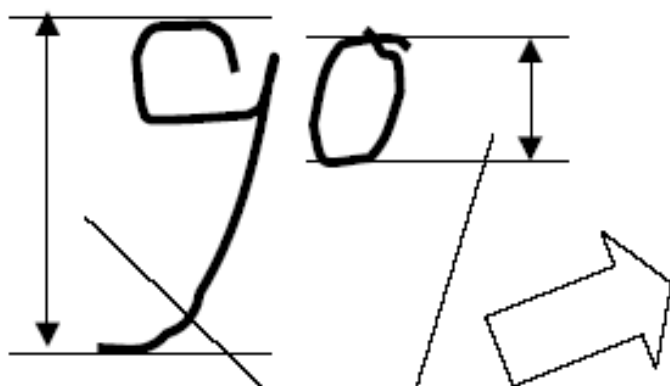
→ **BDR** = $(bot_1 - bot_2) / h$



Height Diff. Ratio

Top Diff. Ratio

Bottom Diff. Ratio



Character heights

Relative height ratio and positioning

→ “go”

✗ “90”

→ Historie

- 1975 – první vědecké práce
- 1977 – první off-line systém (*Nagel & Rosenfeld*)
- 1977 – první on-line systém (*Liu & Herbst*)
- 1989 – 1994 – vědecké rozборы písma
- 1995 – první komerční systém
- 1996 – nyní – různé metody k analýze písma



→ Rozdělení aplikací

Aplikace	Cíl	Doména	Mikrorysy	Makrorysy	Metoda
Rozpoznávání dokumentů	Extrakce informací	Automatické rozpoznávání obsahu	Slovo, znak	-	Off-line
Forensní	Verifikace	Evidence	Slovo, znak	Odstavec, strana	Off-line
Spolehlivost	Identifikace / Verifikace	Osobní digitální zařízení	Slovo, znak	-	On-line
Přístupové systémy	Verifikace	Bezpečnost, důvěrnost	Segmenty	Podpis	On-line
Elektronický podpis	Verifikace	Bezpečnost	Segmenty	Podpis	On-line

- *On-line systém* – digitalizační tablety (výstupem je sekvence souřadnic bodů a signály o zvednutí / položení pera, tzv. **stroky** („strokes“)).
- *Off-line systém* – písmo / podpis se naskennují a systém s těmito údaji pracuje v off-line režimu.

- Výzvy rozpoznávání podpisu:
 - Silně závislé od uživatele.
 - Různé rysy / prahy pro různé uživatele.
 - Vysoká vnitrotřídní (*inter-class*) variabilita!
 - Statistické / elastické porovnávání.
 - Adaptace šablony.
 - Problém s detekcí „pravého“ podpisu.
 - Výkonnost je závislá na útočnickově schopnosti napodobit podpis.



→ Výhody

→ Výhody:

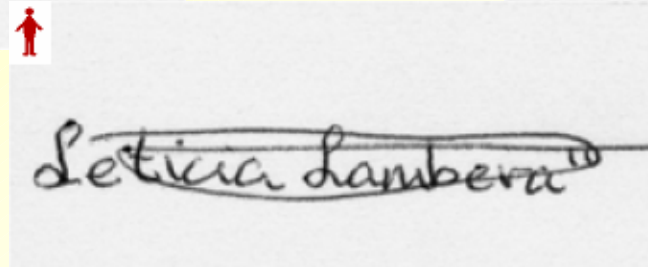
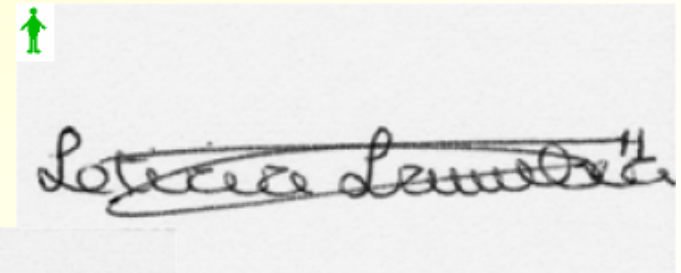
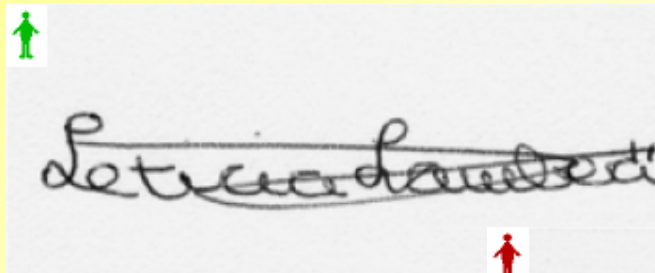
- Uživatelsky přívětivé systémy
- Akceptované jak společnostmi, tak i právně
- Neinvazivní
- Integrované do mnoha aplikací
- Je-li podpis vyzrazen, může být změněn
- Velké zkušenosti z *grafologie*, která se jevem rozpoznávání rysů písma zabývá již řadu let



→ Nevýhody

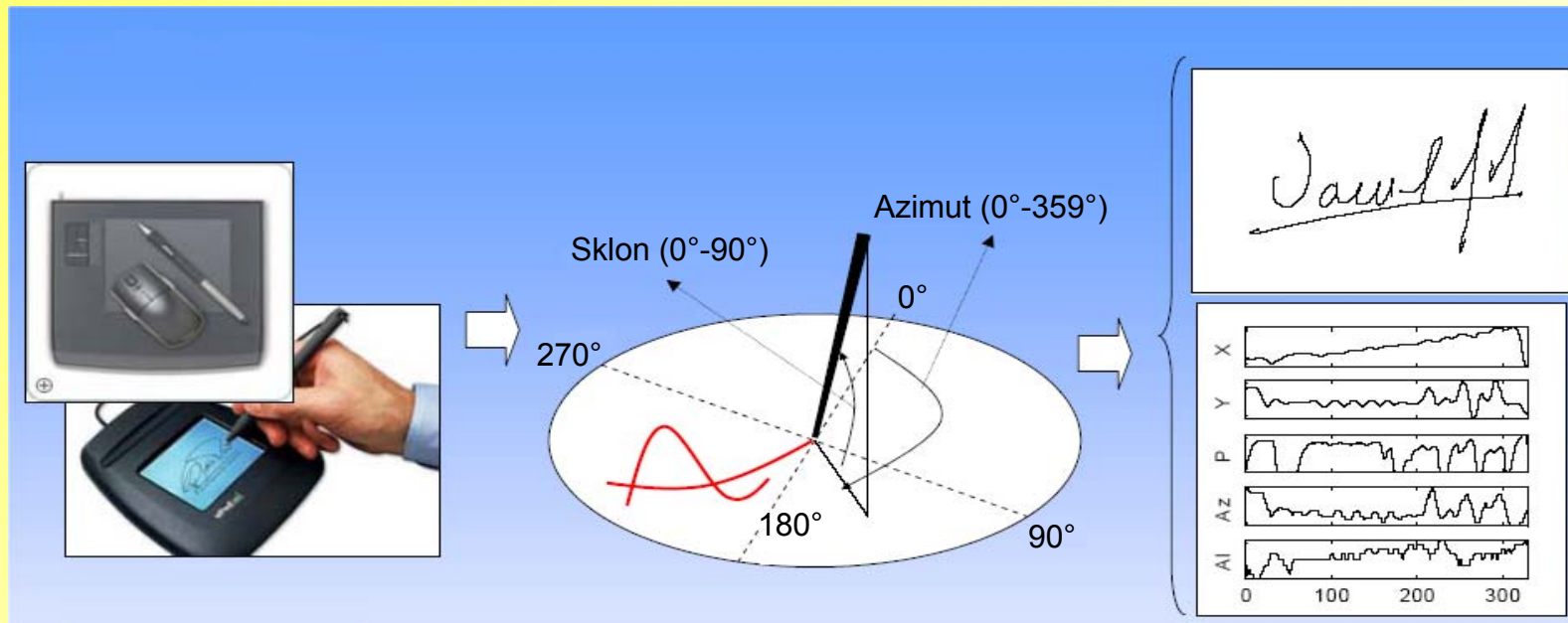
→ Nevýhody:

- Vysoká vnitrotřídní variabilita
- Lehká možnost napodobení / padělání
- Vyšší chybové míry, než ostatní biometriky
- Změny vyvolané často fyzickým a emocionálním stavem uživatele
- Silné změny typu *inter-template*



→ Rozdíl mezi on-line a off-line systémem

→ On-line systém:



→ Off-line systém:



→ Zařízení – tablety (I.)



→ Zařízení – tablety (II.)



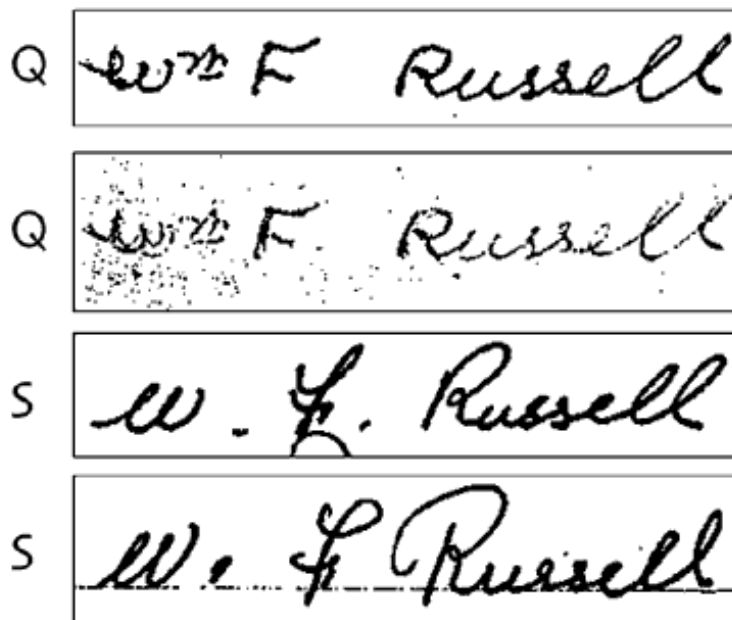
→ Aplikace

→ On-line:

- Login (např. TabletPC, notebooky)
- Autentizace dokumentů a transakcí
- Autentizace v managementu podpisových aplikací (DHL, EES, TNT atd.)

→ Off-line:

- Ověření autentičnosti
- Forenzní aplikace



→ Aplikace – Firmy

→ On-line:

→ SOFTPRO (<http://www.signplus.com/en/>)

→ CYBERSIGN (<http://www.cybersign.com/>)

→ CIC (<http://www.cic.com/>)



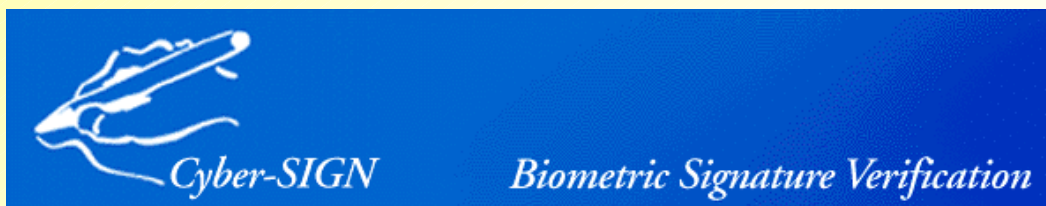
→ Off-line:

→ APP-DAVOS (<http://www.app-davos.ch/>)

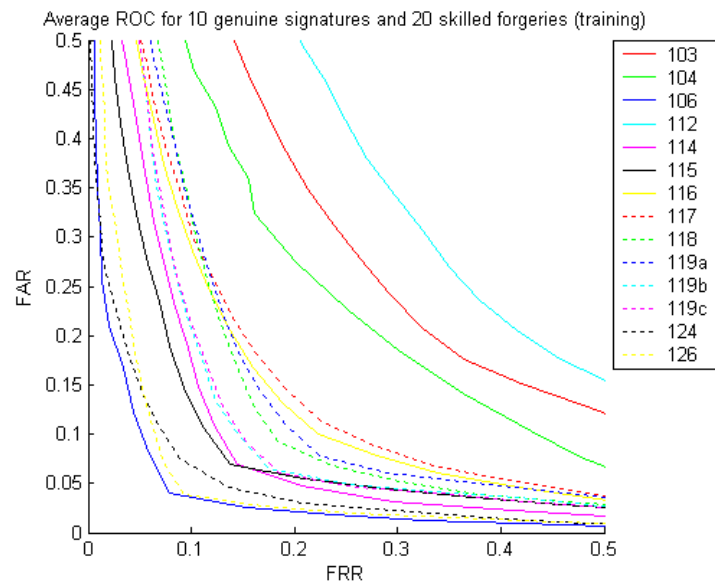
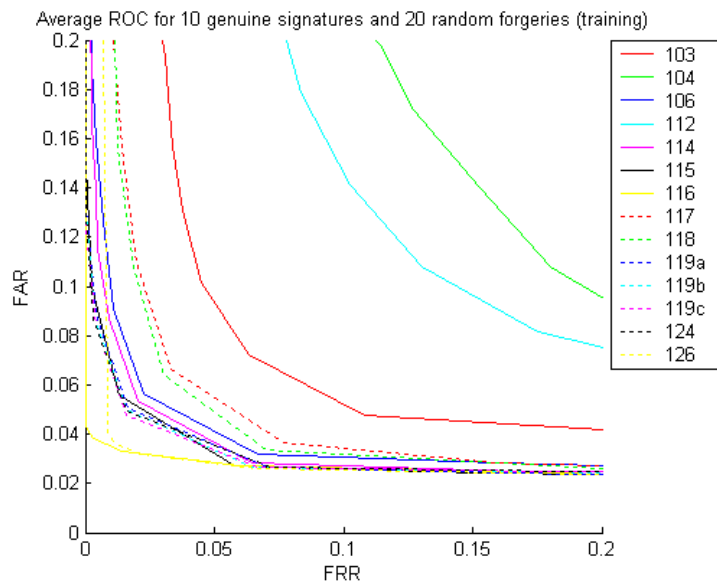
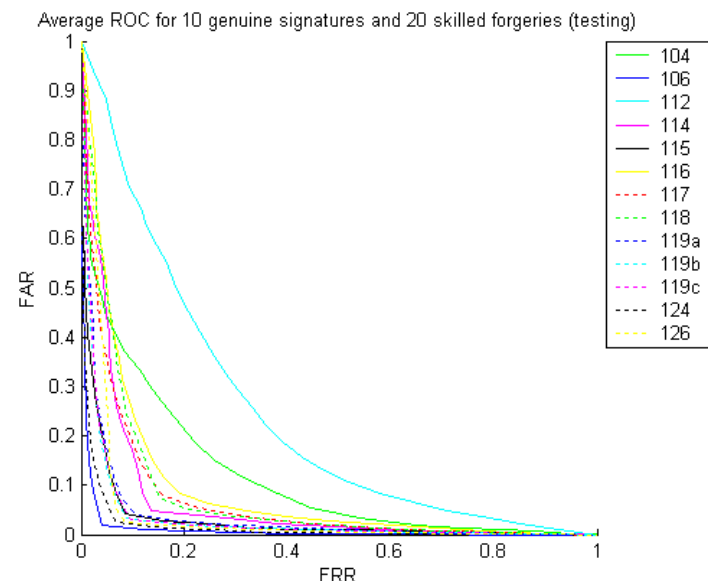
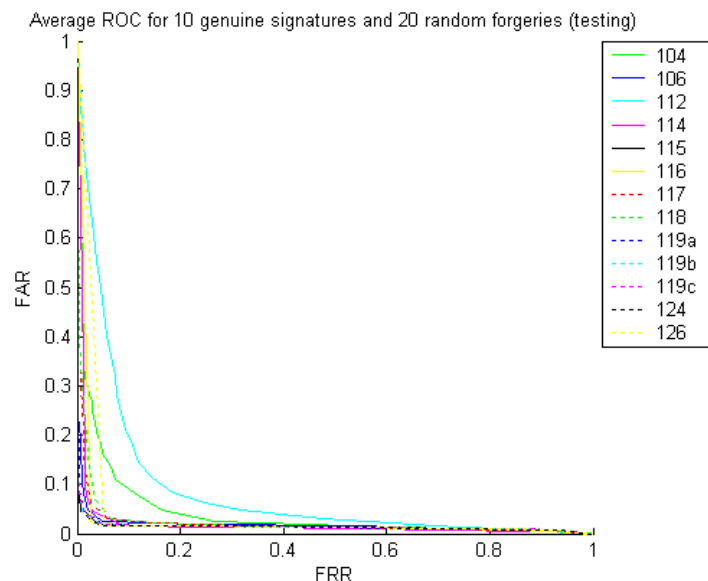
→ Testování: <http://www.cs.ust.hk/svc2004/>

→ Expert: **FAR=0,5%; FRR=7%**

→ Laik: **FAR=6,5%; FRR=26%**



→ ROC křivky (SVC2004)



→ Metody rozpoznávání podpisu

→ Holistická metoda

- Reprezentace: vektor rysů
- Porovnání: vzdálenost mezi vektory

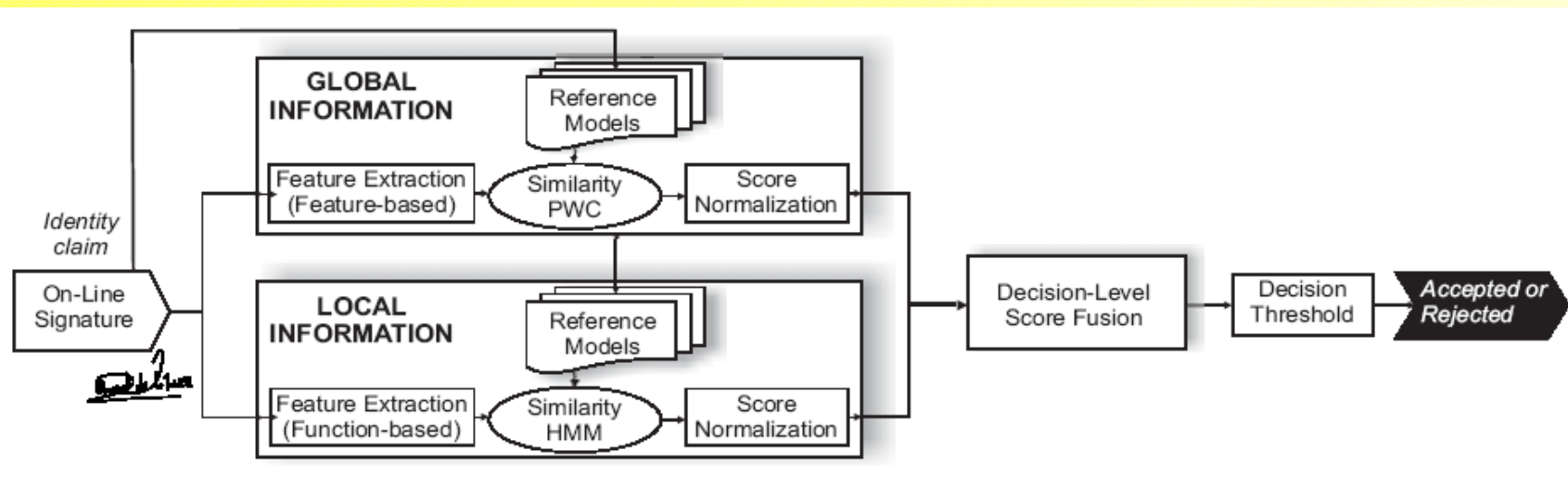
→ Regionální metoda

- Reprezentace: sekvence vektorů (stroky, segmenty, okna)
- Porovnání: porovnání vektorů s ohledem na strukturu v sekvenci

→ Lokální metoda

- Reprezentace: funkce času a prostoru
- Porovnání: elastické porovnání funkcí

→ Systém založený na více metodách



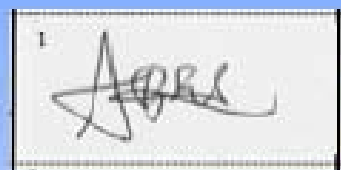
→ Globální informace

→ *PWC* = „Parzen Windows Classifier“

→ Lokální informace

→ *HMM* = „Hidden Markov Models“

→ Nahrání (registrace) podpisů

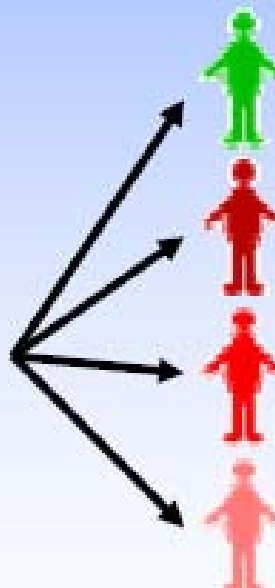


600 dpi

880x390 pixels

850x360 pixels

bounding box:
1,75 cm x 3,75 cm



15 genuine signatures

5 forgeries

5 forgeries

5 forgeries

75 users

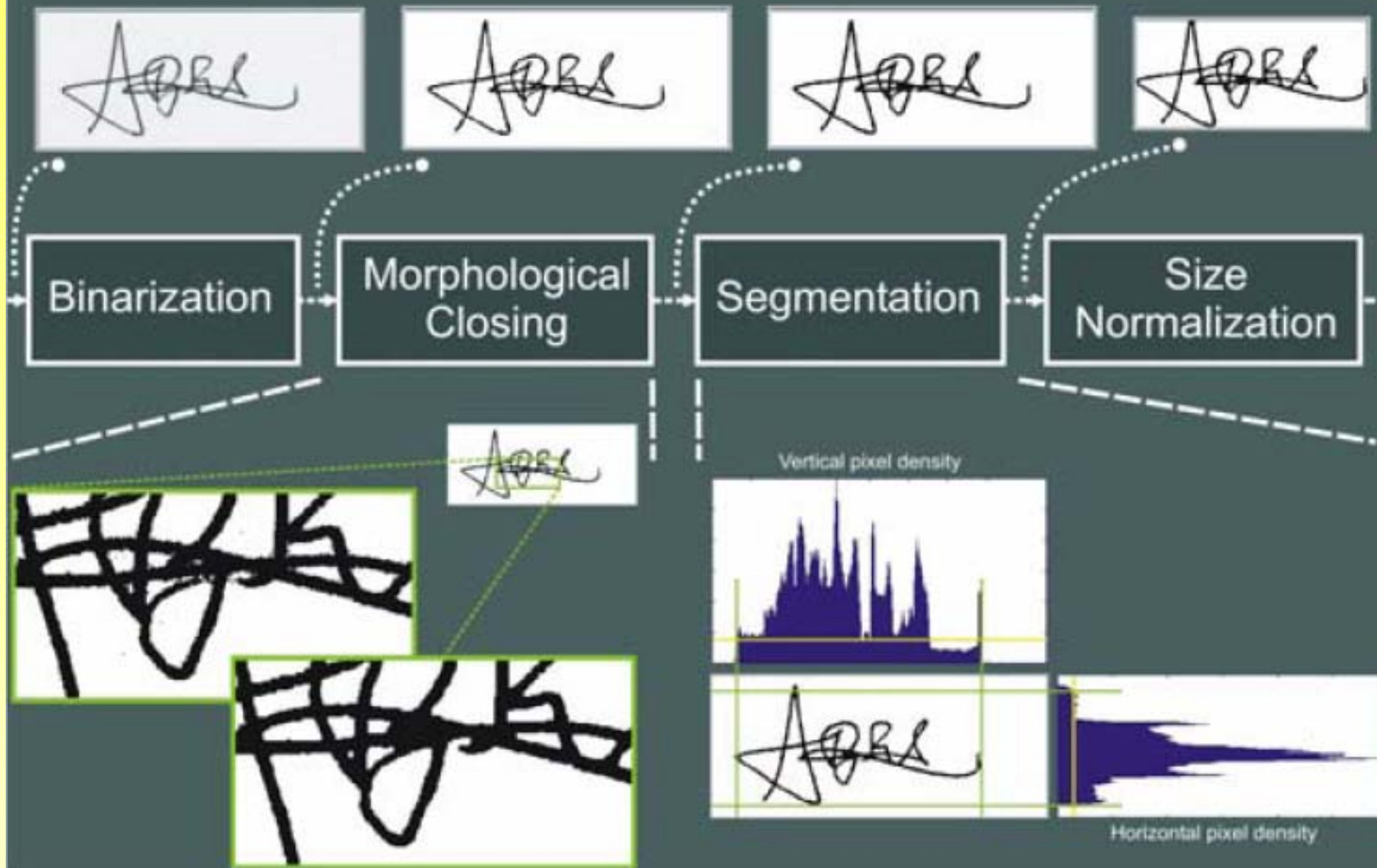
x

30 signatures / user

2250 sign.

→ Předzpracování (I.)

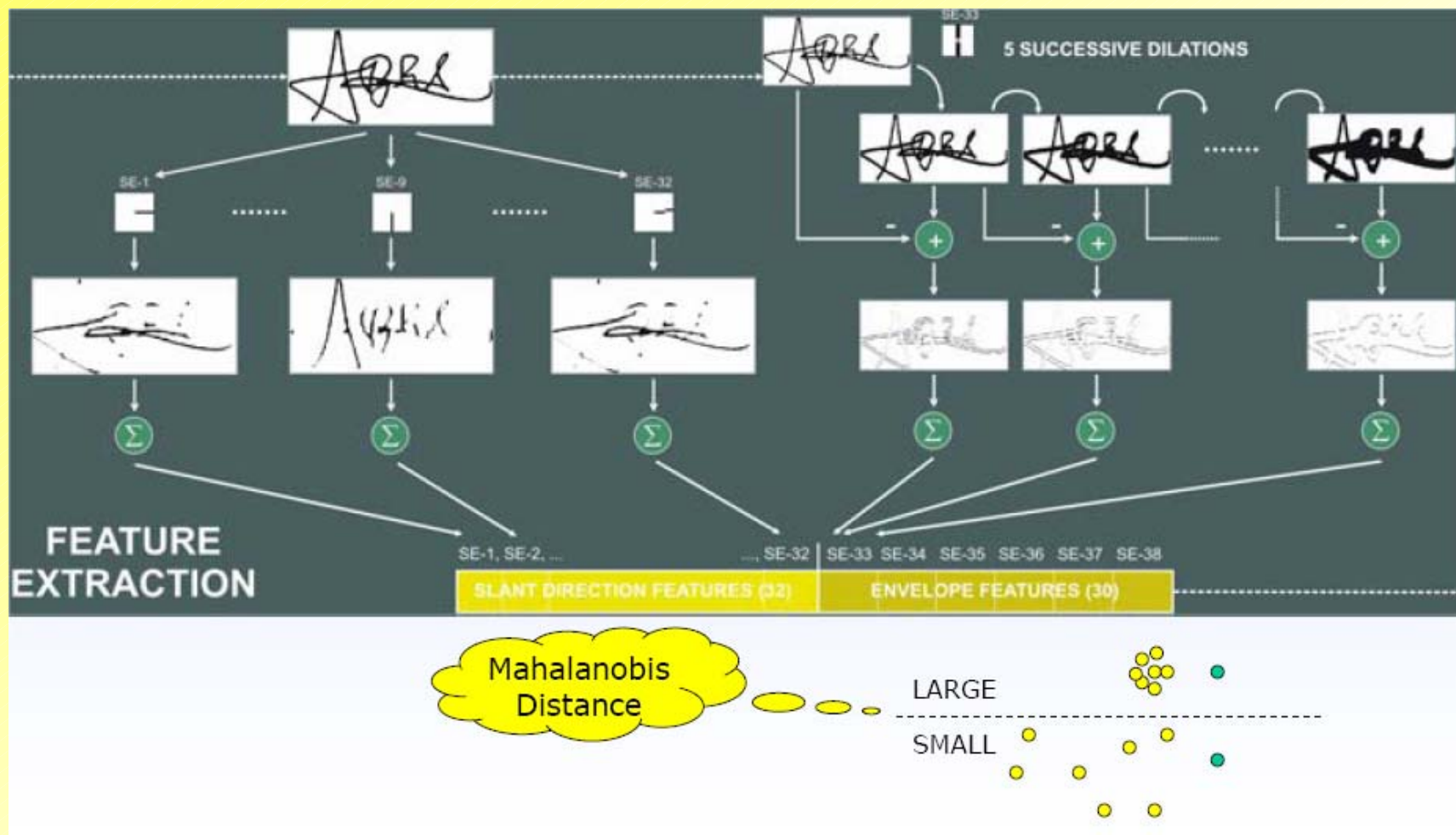
PREPROCESSING



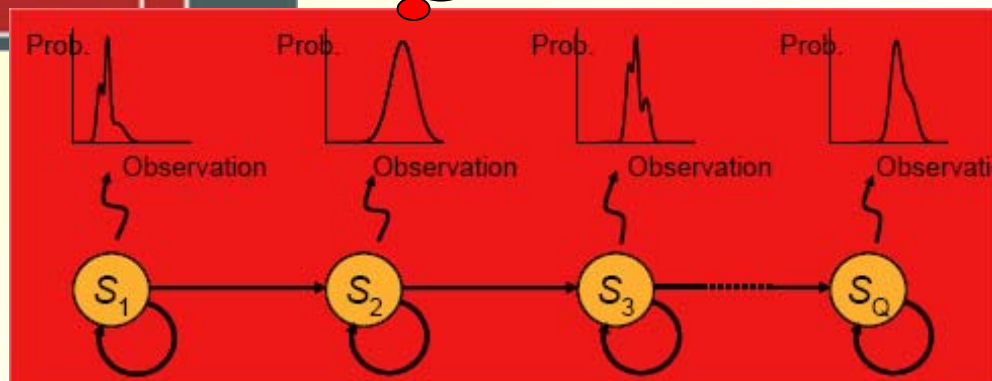
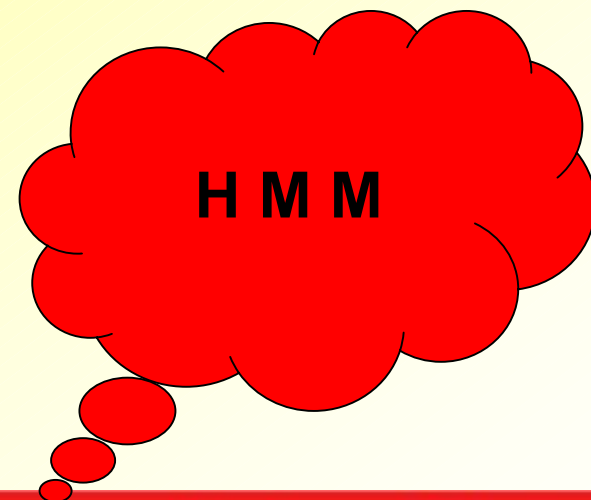
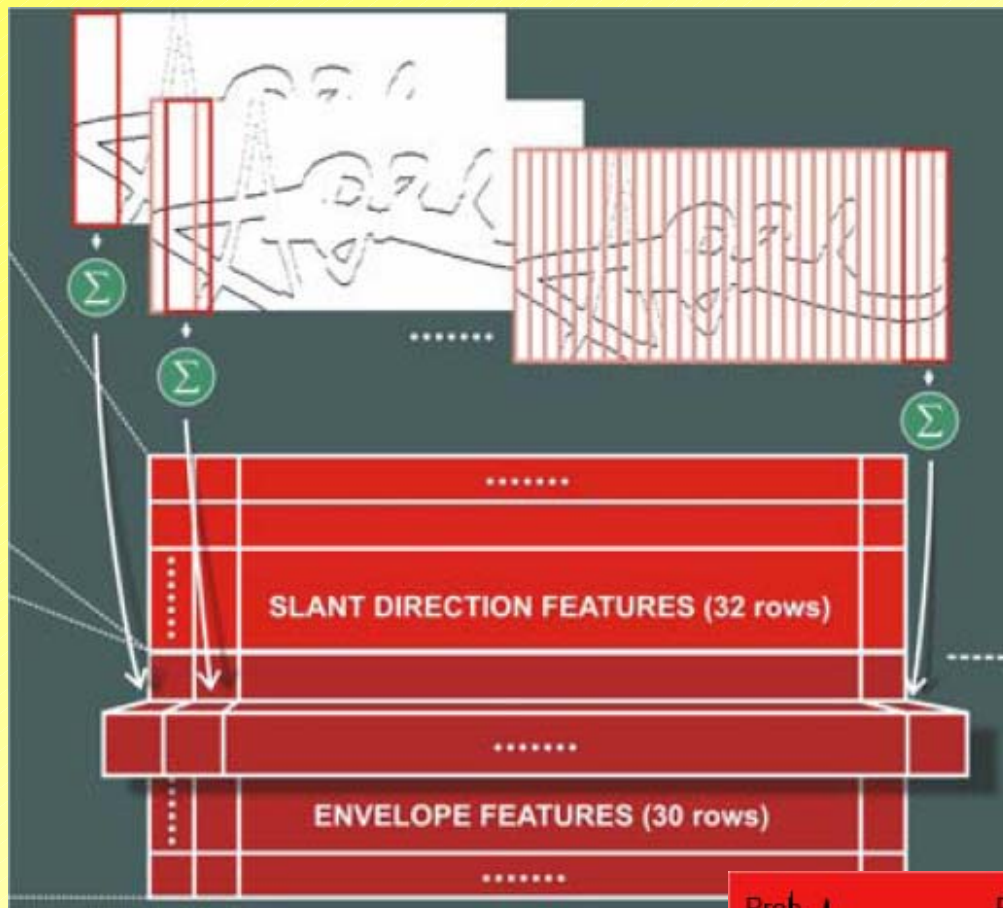
→ Předzpracování (II.)

- Pro on-line systémy není nutná segmentace (všechny části podpisu jsou zřejmé – přímé nasnímání)
- Určeno k eliminaci šumu ze vstupu a především k eliminaci rychlosti psaní a přítlaku
- Minimalizuje vlivy na výsledný vzhled podpisu, způsobené uživatelem
- Složení:
 - Normalizace velikosti
 - Normalizace pozice
 - Vyhlazování
 - Převzorkování
 - Spojení (morfologické uzavření)

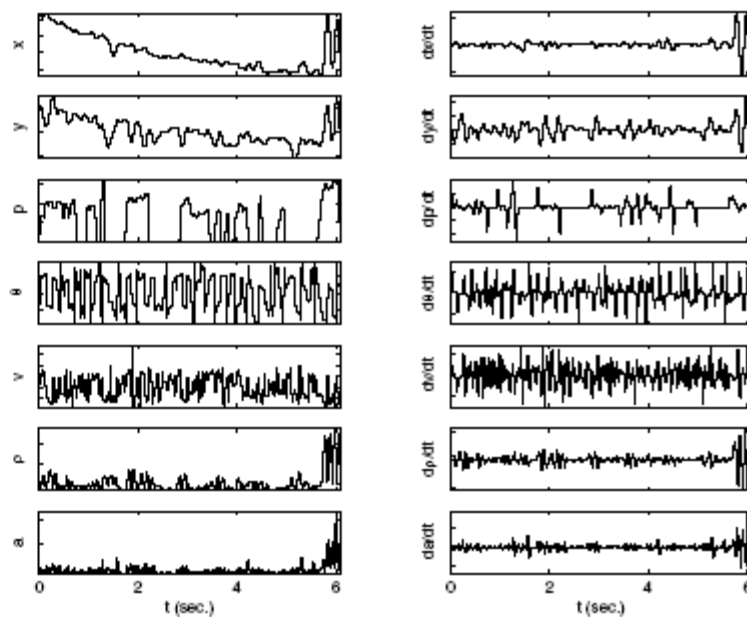
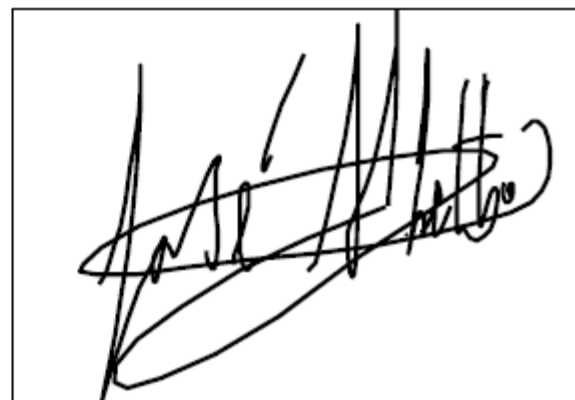
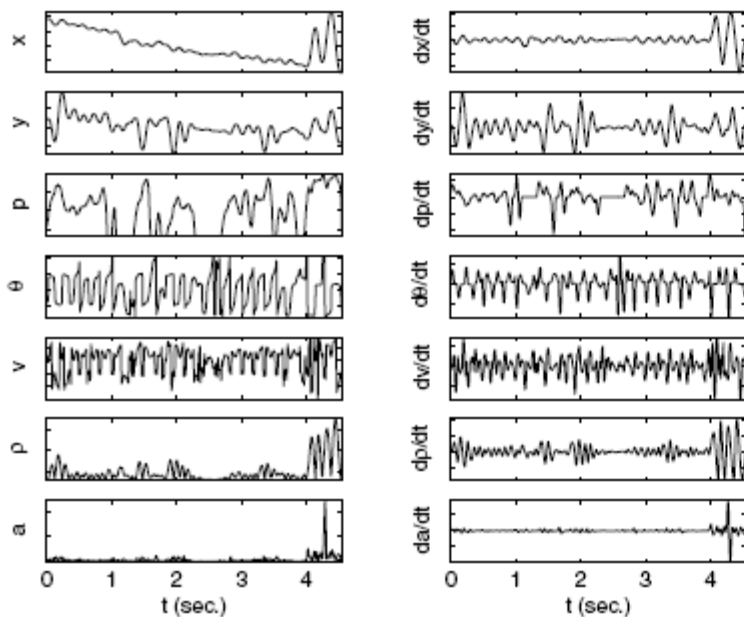
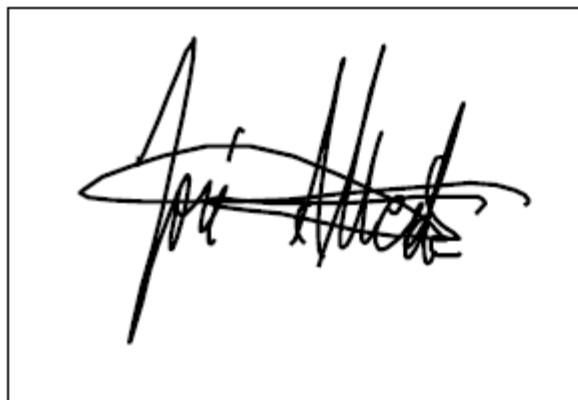
→ Extrakce rysů (holistická)



→ Extrakce rysů (regionální)



→ Holistické rozpoznávání (I.)



→ Holistické rozpoznávání (II.)

Ranking	Feature Description	Ranking	Feature Description
1	signature total duration T_s	2	$N(\text{pen-ups})$
3	$N(\text{sign changes of } dx/dt \text{ and } dy/dt)$	4	average jerk $\bar{j}$ [3]
5	standard deviation of a_y	6	standard deviation of v_y
7	(standard deviation of y)/ Δ_y	8	$N(\text{local maxima in } x)$
9	standard deviation of a_x	10	standard deviation of v_x
11	j_{rms}	12	$N(\text{local maxima in } y)$
13	$t(\text{2nd pen-down})/T_s$	14	(average velocity $\bar{v}$)/ $v_{x,\text{max}}$
15	$\frac{A_{\text{min}}=(y_{\text{max}}-y_{\text{min}})(x_{\text{max}}-x_{\text{min}})}{(\Delta_x=\sum_{i=1}^{\text{pen-downs}}(x_{\text{max}} i-x_{\text{min}} i))\Delta_y}$	16	$(x_{\text{last pen-up}} - x_{\text{max}})/\Delta_x$
17	$(x_{\text{1st pen-down}} - x_{\text{min}})/\Delta_x$	18	$(y_{\text{last pen-up}} - y_{\text{min}})/\Delta_y$
19	$(y_{\text{1st pen-down}} - y_{\text{min}})/\Delta_y$	20	$(T_w \bar{v})/(y_{\text{max}} - y_{\text{min}})$
21	$(T_w \bar{v})/(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})$	22	(pen-down duration T_w)/ T_s
23	$\bar{v}/v_{y,\text{max}}$	24	$(y_{\text{last pen-up}} - y_{\text{max}})/\Delta_y$
25	$\frac{T((dy/dt)/(dx/dt)>0)}{T((dy/dt)/(dx/dt)<0)}$	26	$\bar{v}/v_{\text{max}}$
27	$(y_{\text{1st pen-down}} - y_{\text{max}})/\Delta_y$	28	$(x_{\text{last pen-up}} - x_{\text{min}})/\Delta_x$
29	(velocity rms v)/ v_{max}	30	$\frac{(x_{\text{max}}-x_{\text{min}})\Delta_y}{(y_{\text{max}}-y_{\text{min}})\Delta_x}$
31	(velocity correlation $v_{x,y}$)/ v_{max}^2 [4]	32	$T(v_y > 0 \text{pen-up})/T_w$
33	$N(v_x = 0)$	34	direction histogram s_1 [4]
35	$(y_{\text{2nd local max}} - y_{\text{1st pen-down}})/\Delta_y$	36	$(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})/x_{\text{acquisition range}}$
37	$(x_{\text{1st pen-down}} - x_{\text{max}})/\Delta_x$	38	$T(\text{curvature} > \text{Threshold}_{\text{curv}})/T_w$
39	(integrated abs. centr. acc. a_{Ic})/ a_{max} [4]	40	$T(v_x > 0)/T_w$
41	$T(v_x < 0 \text{pen-up})/T_w$	42	$T(v_x > 0 \text{pen-up})/T_w$
43	$(x_{\text{3rd local max}} - x_{\text{1st pen-down}})/\Delta_x$	44	$N(v_y = 0)$
45	(acceleration rms a)/ a_{max}	46	(standard deviation of x)/ Δ_x
47	$\frac{T((dx/dt)(dy/dt)>0)}{T((dx/dt)(dy/dt)<0)}$	48	(tangential acceleration rms a_t)/ a_{max}
49	$(x_{\text{2nd local max}} - x_{\text{1st pen-down}})/\Delta_x$	50	$T(v_y < 0 \text{pen-up})/T_w$
51	direction histogram s_2	52	$t(\text{3rd pen-down})/T_s$
53	(max distance between points)/ A_{min}	54	$(y_{\text{3rd local max}} - y_{\text{1st pen-down}})/\Delta_y$

...

...

...

...

→ Regionální rozpoznávání (I.)

→ 3 základní funkce

→ *X-funkce*

→ *Y-funkce*

→ *Tlak (100 Hz)*

→ Geom. normalizace

→ *Pozice + rotace*

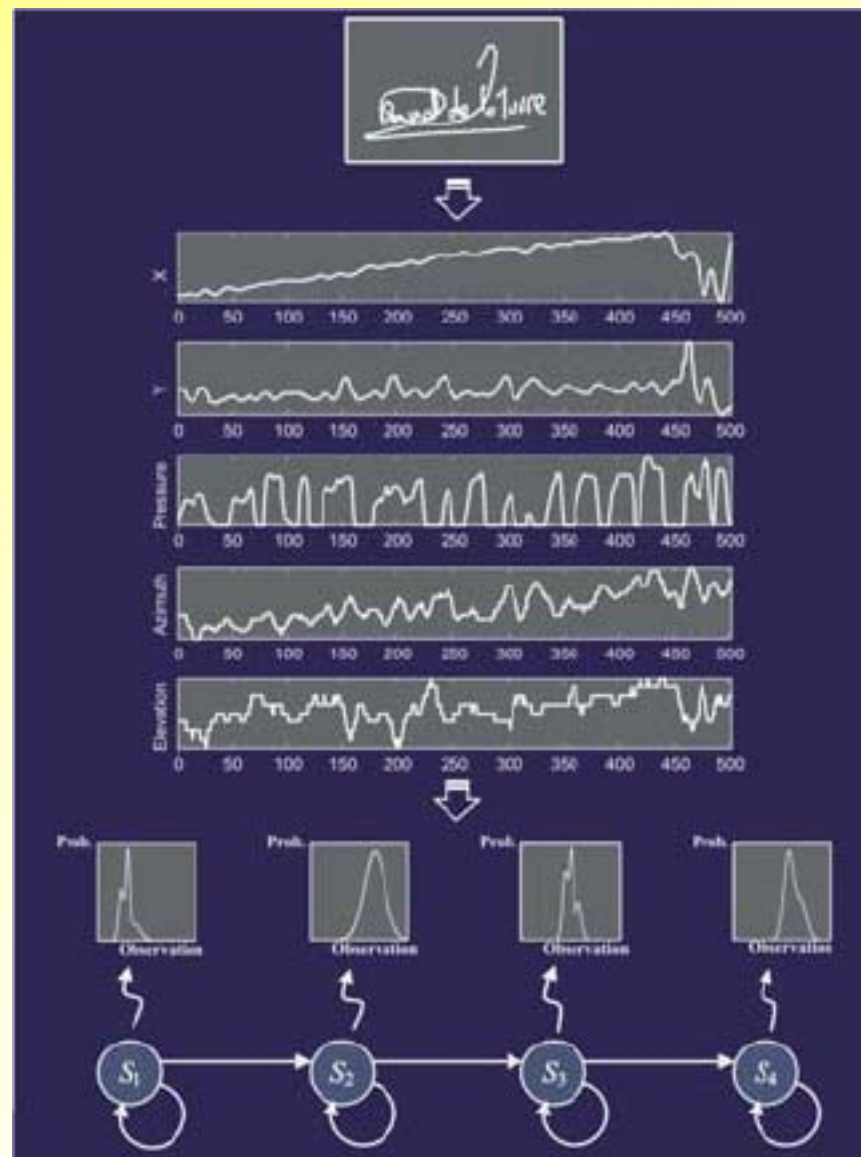
→ 4 další funkce

→ *Úhel cesty*

→ *Rychlost cesty*

→ *Poloměr zakřivení*

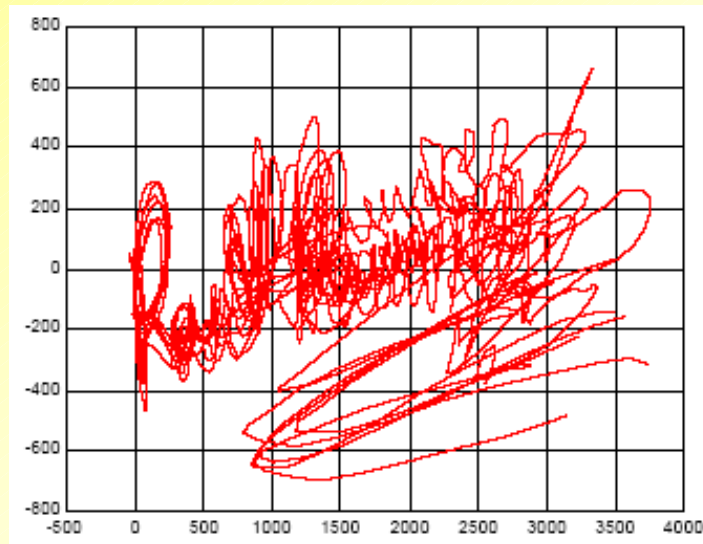
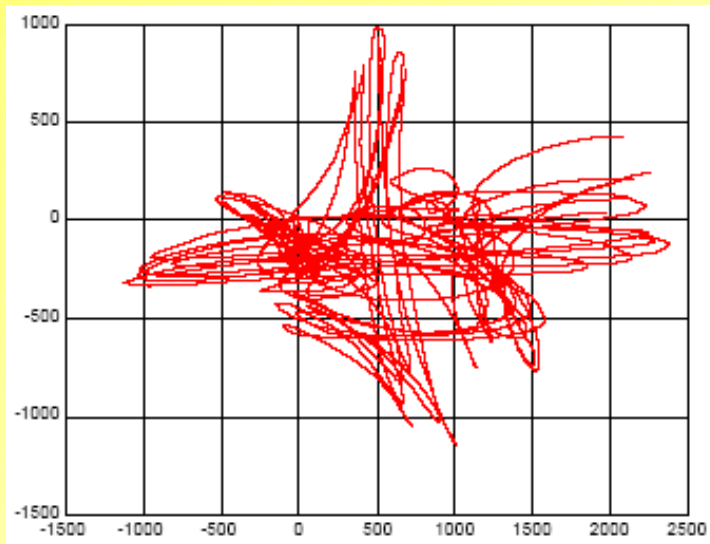
→ *Zrychlení*



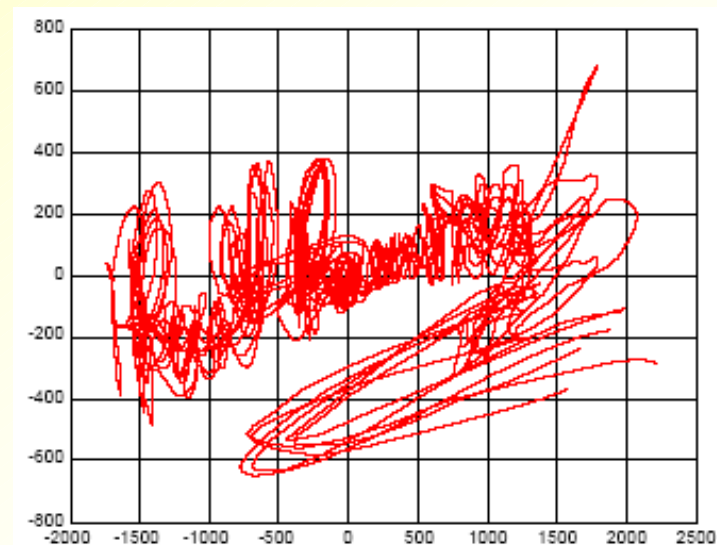
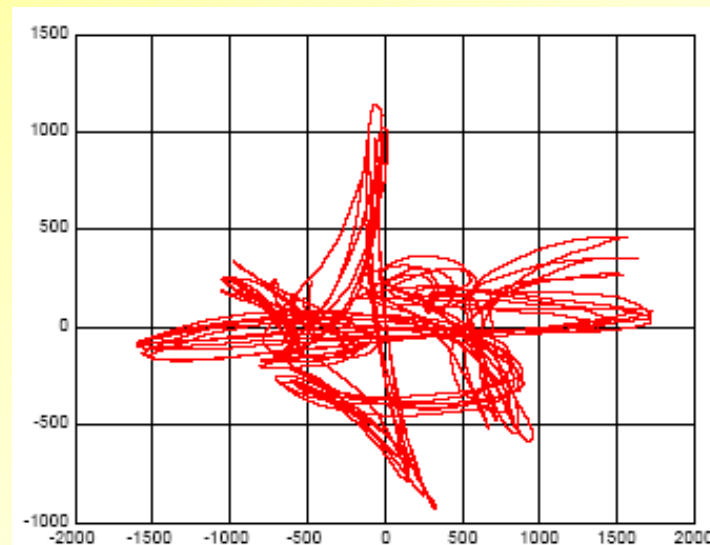
→ Regionální rozpoznávání (II.)

→ Geometrická normalizace

Před ⇒



Po ⇒



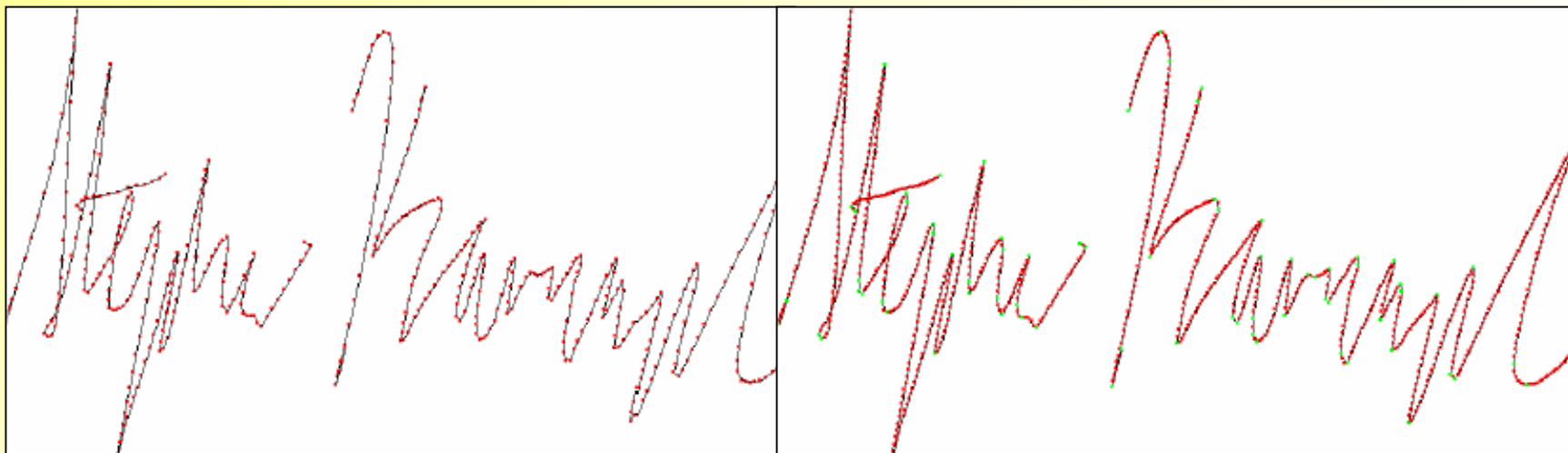
→ Převzorkování

→ Převzorkování

→ K zajištění dobrého porovnání dvou podpisů se provádí převzorkování, aby se eliminoval vliv rychlosti během psaní.

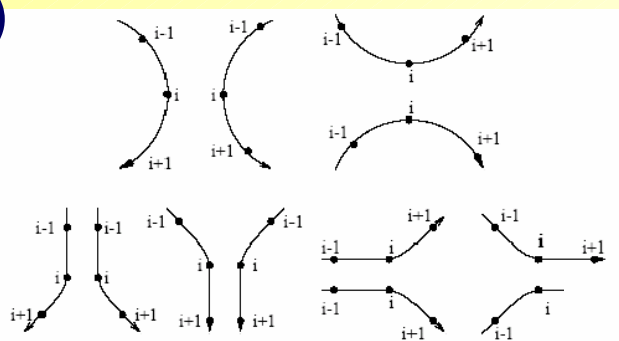
→ Používá se 1D Gaussův filtr v x a y směru

$$x_t^{filtered} = \sum_{i=-2\sigma}^{2\sigma} f_i * x_{t+i}^{original} \quad f_i = \left(e^{-\frac{i^2}{2\sigma^2}} \right) / \left(\sum_{j=-2\sigma}^{2\sigma} e^{-\frac{j^2}{2\sigma^2}} \right)$$

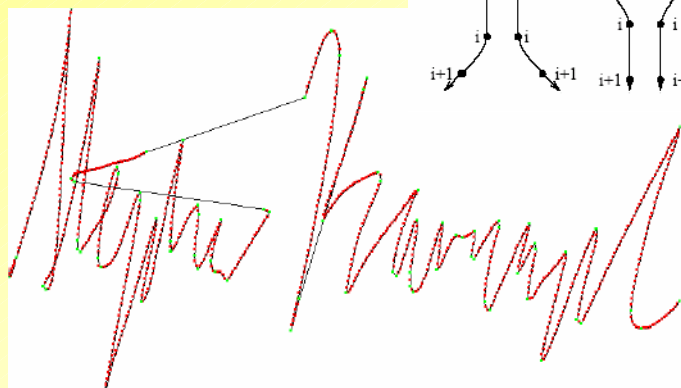


→ Konkatenace stroků

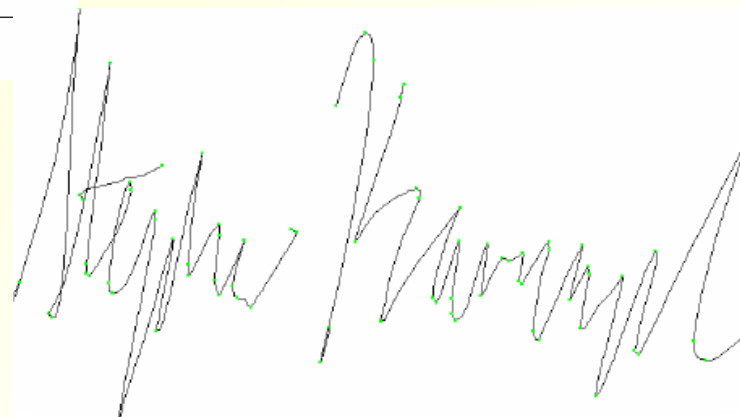
- **Stroky** jsou místa mezi zvednutím a položením pera
- Veškeré stroky jsou spojeny do dlouhého řetězce
- **Kritické body:** body nesoucí více informace než ostatní body (koncové body a stroky + body změny trajektorie)



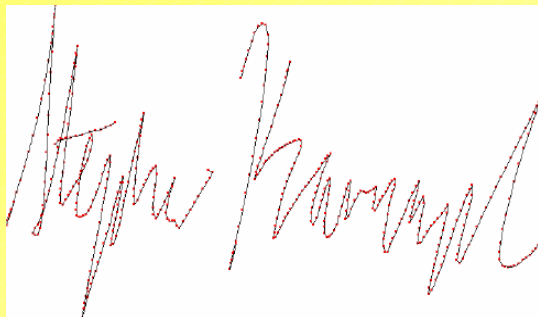
⇐ Kritické body ⇓



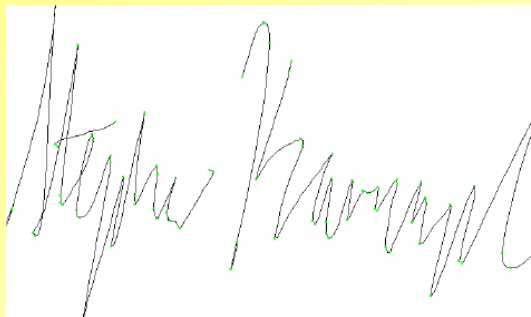
Konkatenace stroků



→ Předzpracování



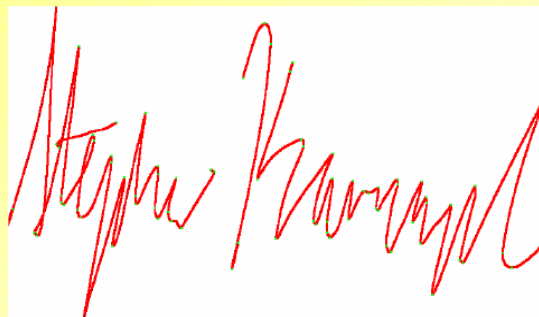
Původní podpis



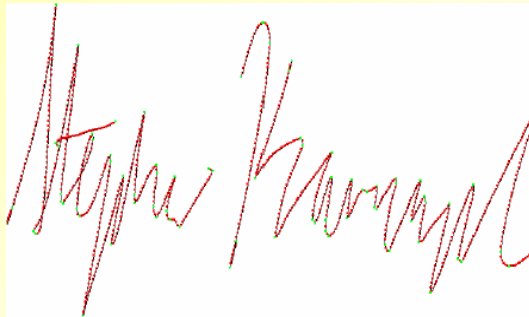
Kritické body



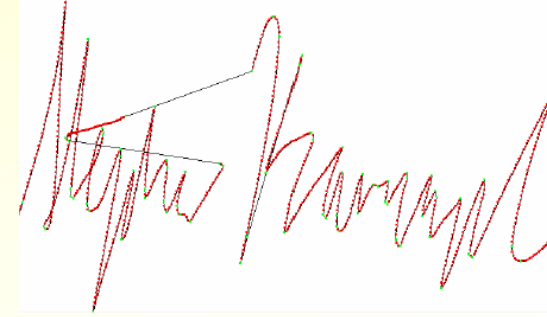
Jemné převzorkování



Gaussův filtr



Hrubé převzorkování



Konkatenace stroků

→ Extrakce rysů

→ Lokální rysy

→ Statické rysy

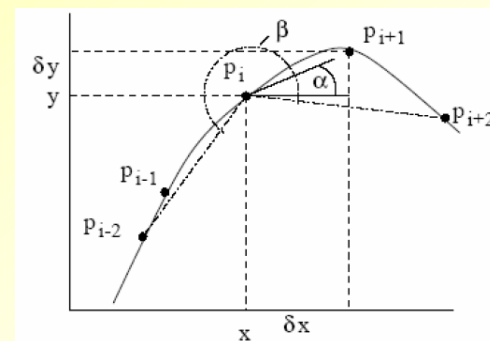
→ Změna vzdálenosti mezi dvěma body δx , δy

→ Absolutní y-souřadnice

→ Sinus a kosinus s osou x (α)

→ Zakřivení (β)

→ Šedé body v okolí okna 9×9 pixelů



→ Temporální rysy

→ Absolutní a relativní rychlost v každém převzorkovaném bodu

→ Absolutní a relativní rychlost mezi dvěma kritickými body

→ Porovnání podpisů (I.)

→ DTW – Dynamic Time Warping

→ K výpočtu zarovnání se používá DTW:

$$D(i, j) = \text{Min} \begin{cases} D(i-1, j-1) + d_E(i, j) \\ D(i-1, j) + \text{Penalta}_{\text{Miss}} \\ D(i, j-1) + \text{Penalta}_{\text{False}} \end{cases}$$

→ $D(i, j)$ je optimální zarovnání bodu i z prvního řetězce a bodu j z druhého řetězce

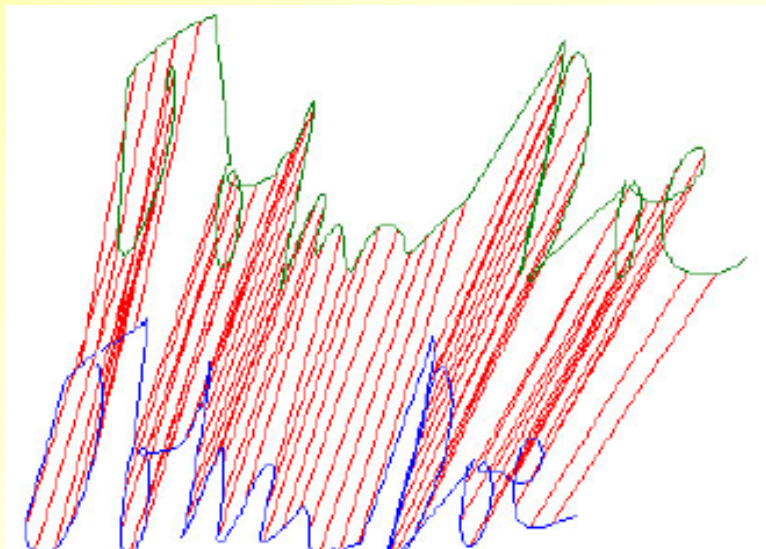
→ $d_E(i, j)$ je Eukleidovská vzdálenost mezi body i a j

→ Celková podobnost je definována:

$$\text{Dist}(I, J) = \frac{D(I, J)^2}{\text{Norm_Faktor}(N_I, N_J)}$$

→ Porovnání podpisů (II.)

- Každý bod je reprezentován n -árním vektorem rysů
- Eukleidovská vzdálenost se používá k porovnání vzdáleností dvou vektorů rysů
- Každý rys je normalizován pomocí z-skóre: $f' = \frac{f - \mu}{\sigma}$
- Hledá se množina párových bodů mezi vzorem a porovnávaným podpisem, přičemž výsledkem je suma těchto párových vzdáleností ↓



→ Porovnání podpisů (III.)

→ Mahalanobisova vzdálenost

→ Definována panem *P.C. Mahalanobisem* r. 1936

→ Vzdálenost, která vyjadřuje korelace mezi rysy:

$$d_M(x, y) = (x - y)' S^{-1} (x - y)$$

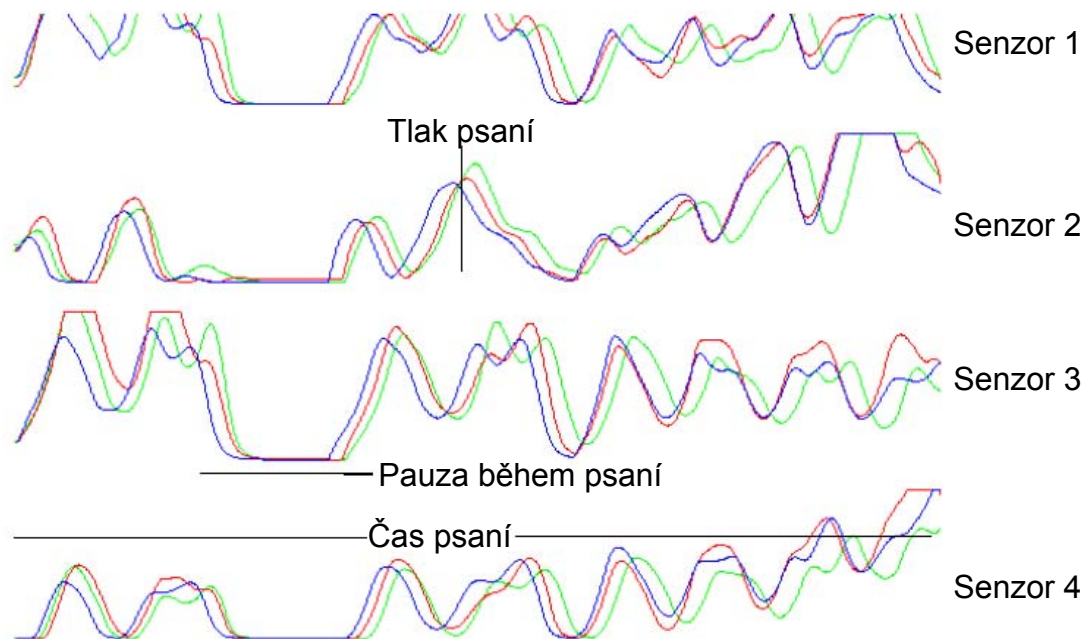
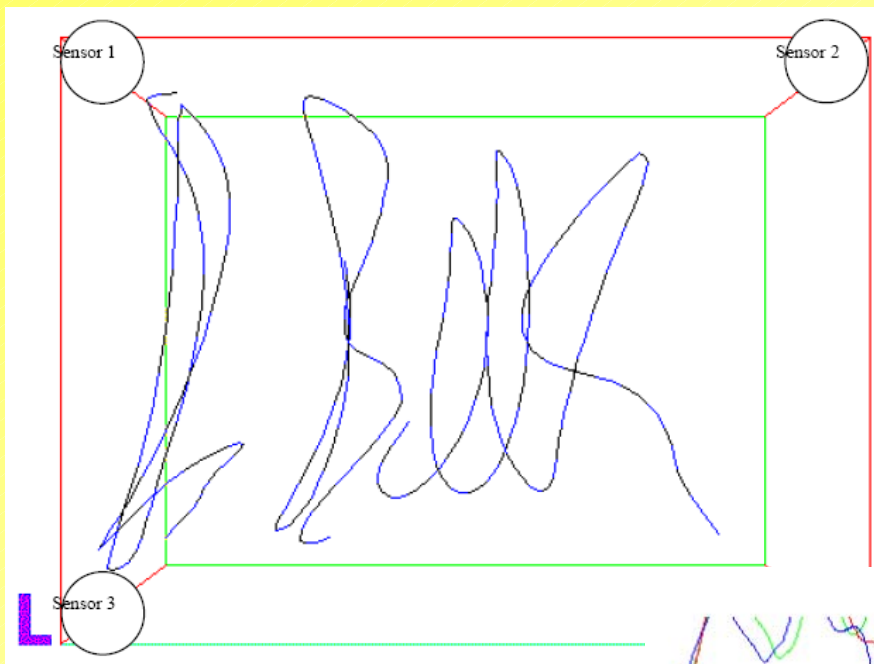
→ d_M je čtvercová Mahalanobisova vzdálenost

→ S reprezentuje kovariační matici vnitřní grupy

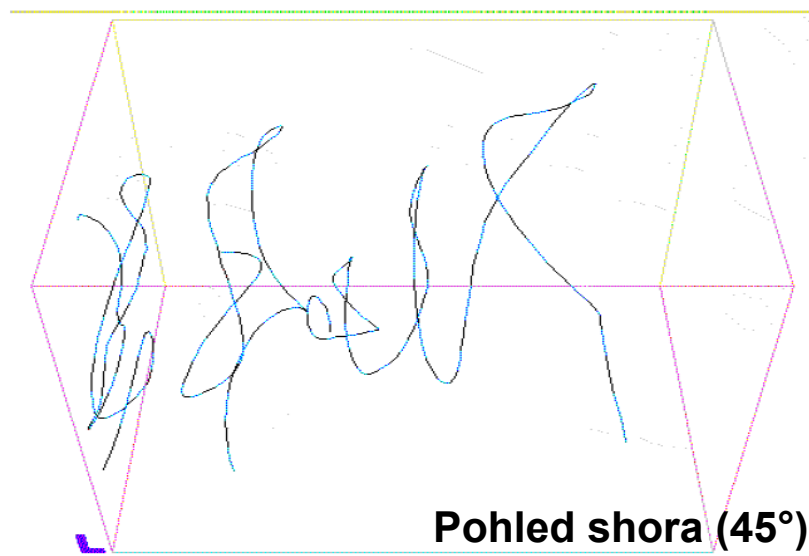
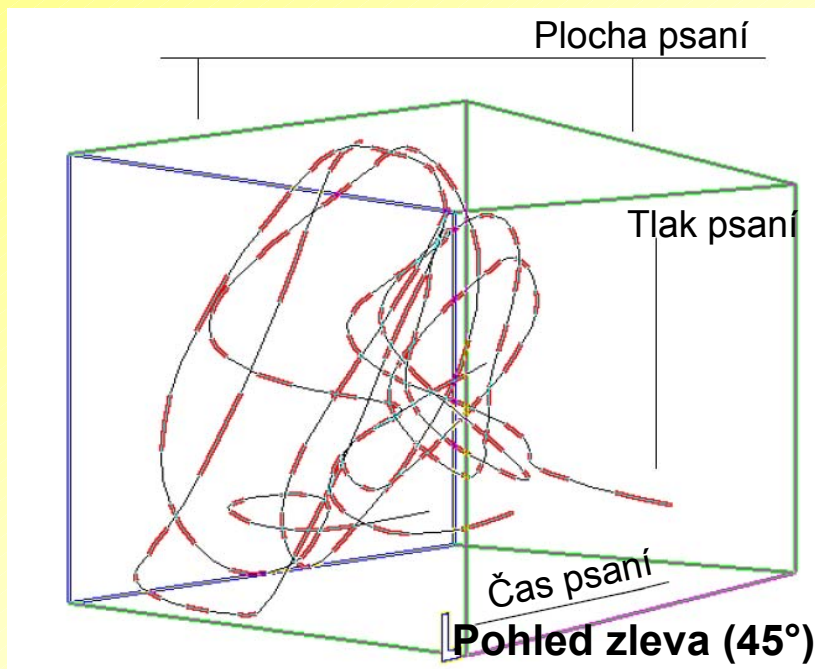
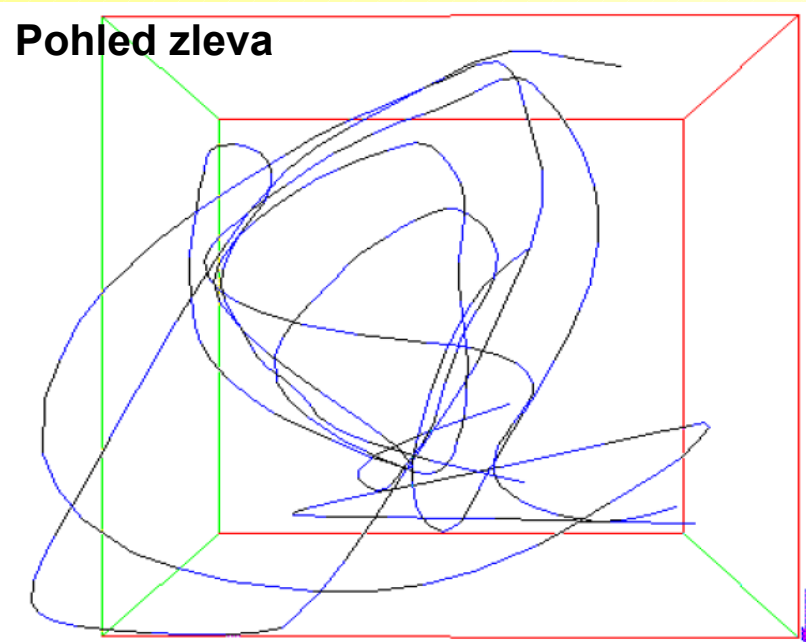
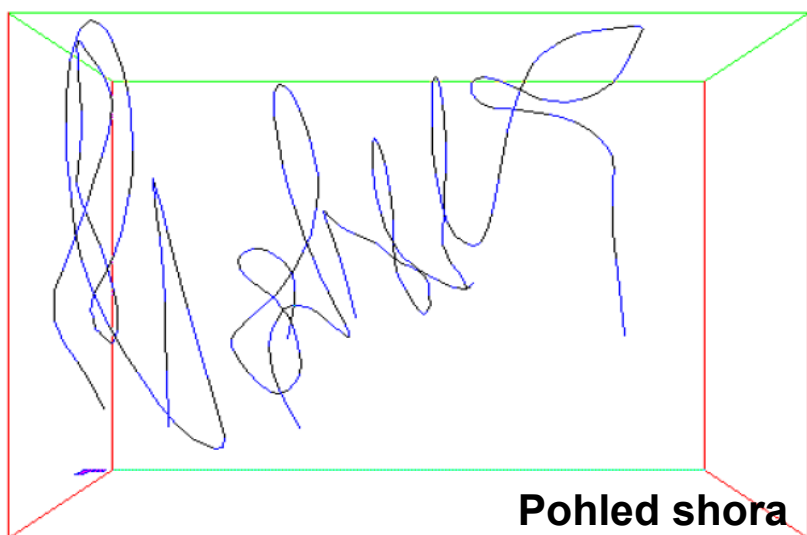
→ y je vektor středů skór grupy

→ x je vektor obsahující individuální skóre vzorku

→ 3D podpis



→ 3D podpis



- Děkuji za pozornost!
- Další termín: 05.12.2005
- Přednáška: 10. Dynamické vlastnosti

Použitá literatura: [802], [Bal02], [Dit04], [Fie05], [Jai04],
[Yeu04]

<http://www.cs.ust.hk/svc2004/>