

BIO – Biometrické systémy

Rozpoznávání podle písma a podpisu

- ❑ 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 (buď statických nebo dynamických).
- ❑ Verifikace vs. identifikace – u podpisu se jedná téměř ve všech případech o verifikaci, identifikace zatím nenalezla velké uplatnění.

☐ Fráze

- získání vzorku: ~ 5 sec.
- závislost na písmu
- vysoký stupeň individuálních vlastností
- relativně stabilní vlastnost s jednoduchou reprodukovatelností

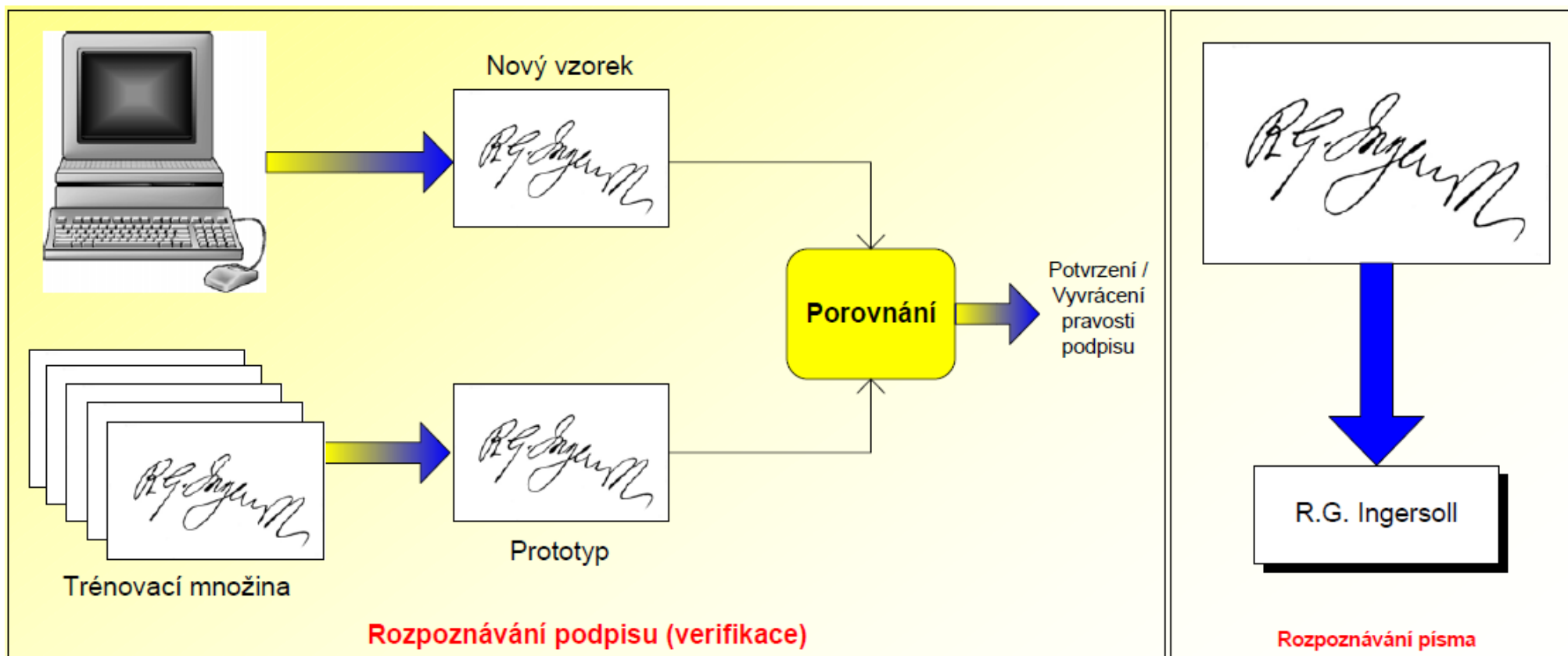
Uzavřeno vstupem

☐ Skica

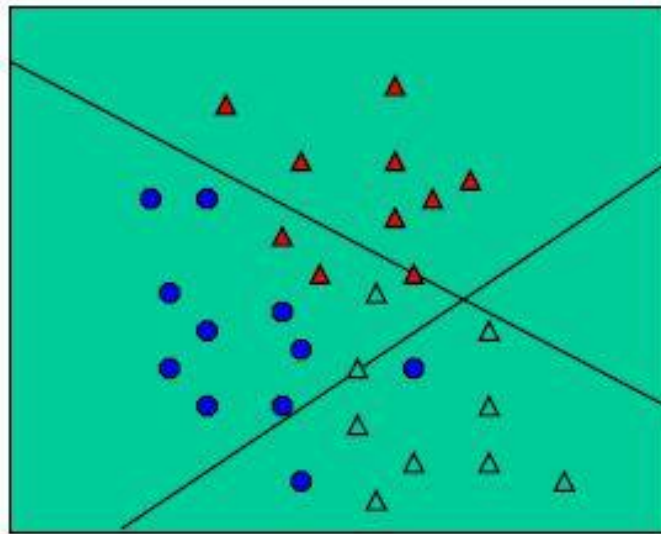
- získání vzorku: ~ 2 sec.
- závislost na stejných tazích
- anonymní (na rozdíl od podpisu)



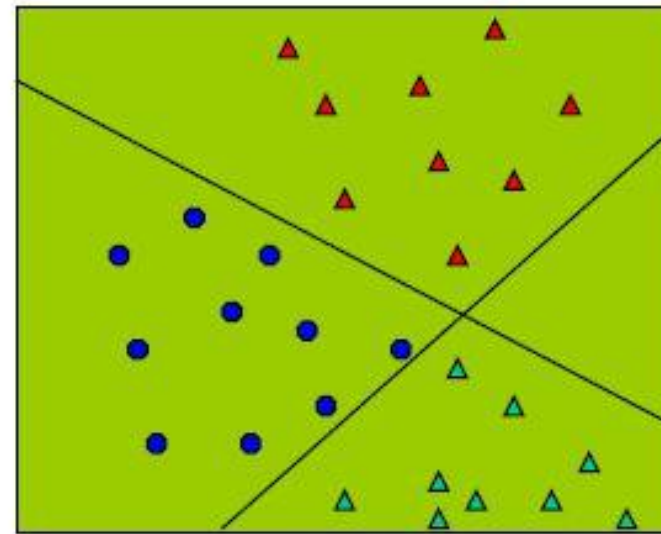
- ❑ Oba typy rozpoznávání jsou odlišné, ale pro jejich zpracování se používají obdobné techniky.
- ❑ V obou případech nutné učení vzorů, přičemž oba typy rozpoznávání využívají odlišných informací.



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

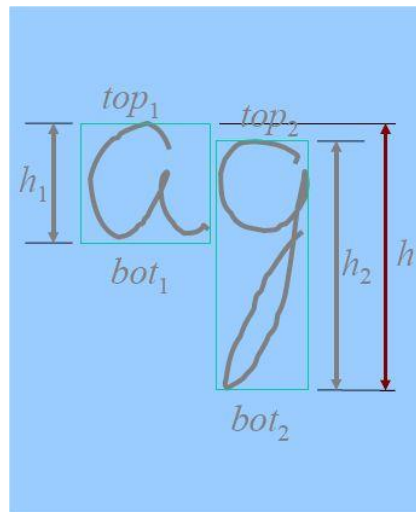


původní prostor

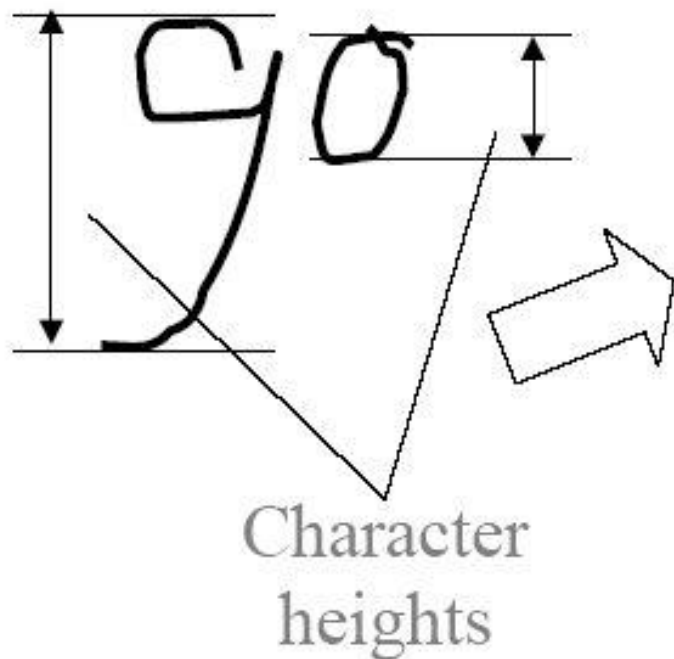


projekční prostor

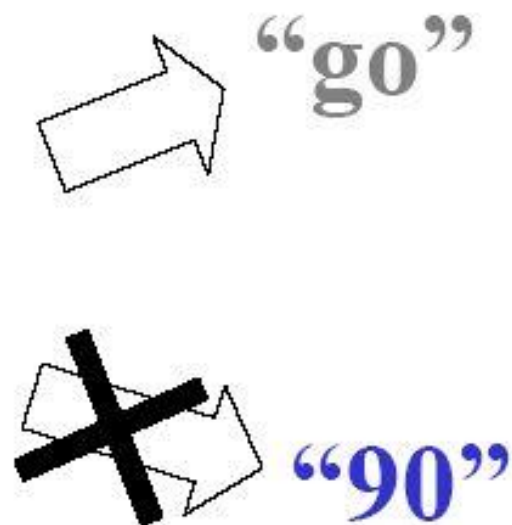
- ❑ Některé znaky jsou si velmi podobné: $g \Leftrightarrow 9$; $l \Leftrightarrow 1$; $o \Leftrightarrow 0$
- ❑ $HDR = (h_1 - h_2) / h$
- ❑ $TDR = (top_1 - top_2) / h$
- ❑ $BDR = (bot_1 - bot_2) / h$



Height Diff. Ratio
 Top Diff. Ratio
 Bottom Diff. Ratio



Relative height ratio and positioning



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

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 nascannují a systém s těmito údaji pracuje v off-line režimu.

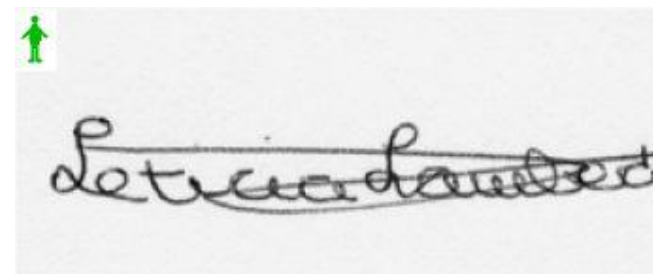
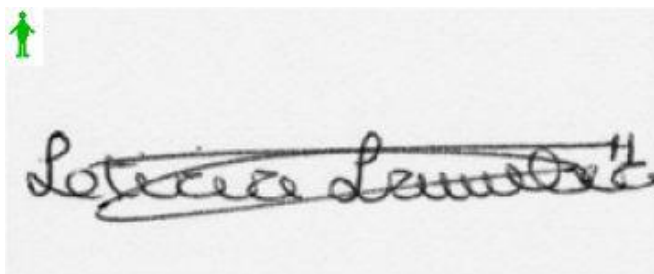
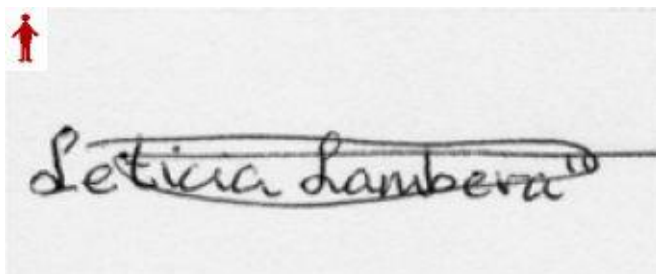
Výzvy rozpoznávání podpisu

- ❑ 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.

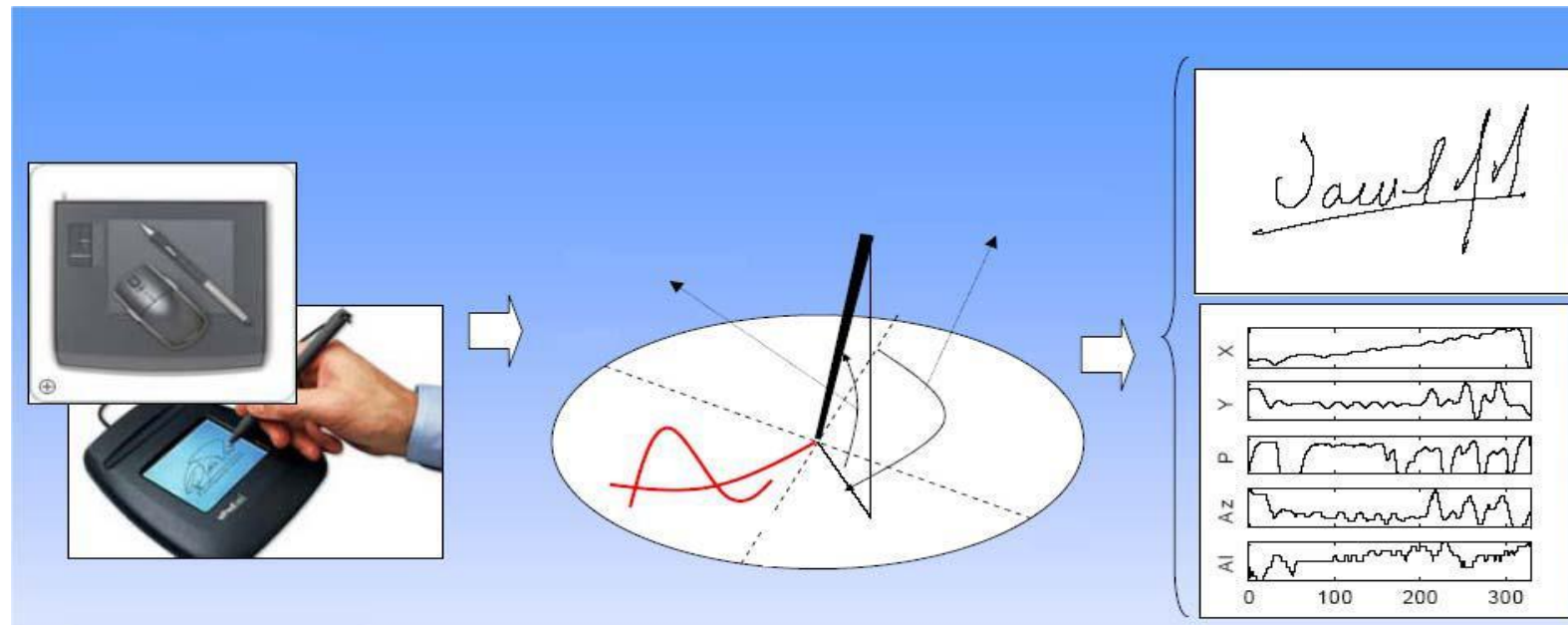
- ❑ uživatelsky přívětivé systémy
- ❑ akceptované jak společnostmi, tak i právně
- ❑ neinvazivní
- ❑ integrované do mnoha aplikací
- ❑ je-li podpis vyzrazen, může být změněn
- ❑ velké zkušenosti z grafologie, která se jevem rozpoznávání rysů písma zabývá již řadu let



- ❑ 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



❑ On-line systém



❑ Off-line systém



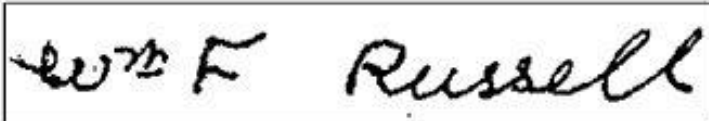


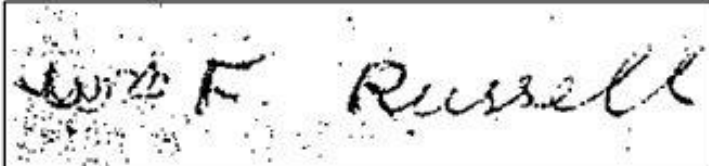
❑ On-line


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


❑ Off-line

- Ověření autentičnosti
- Forenzní aplikace

Q 

Q 

S 

S 

☐ Holistická (globální) metoda

- Zaměřuje se na podpis jako na celek, zkoumá tvar, velikost a polohu podpisu na ploše. Zkoumá styl a rozložení hustoty čar.
- Re prezentace: vektor rysů
- Porovnání: vzdálenost mezi vektory

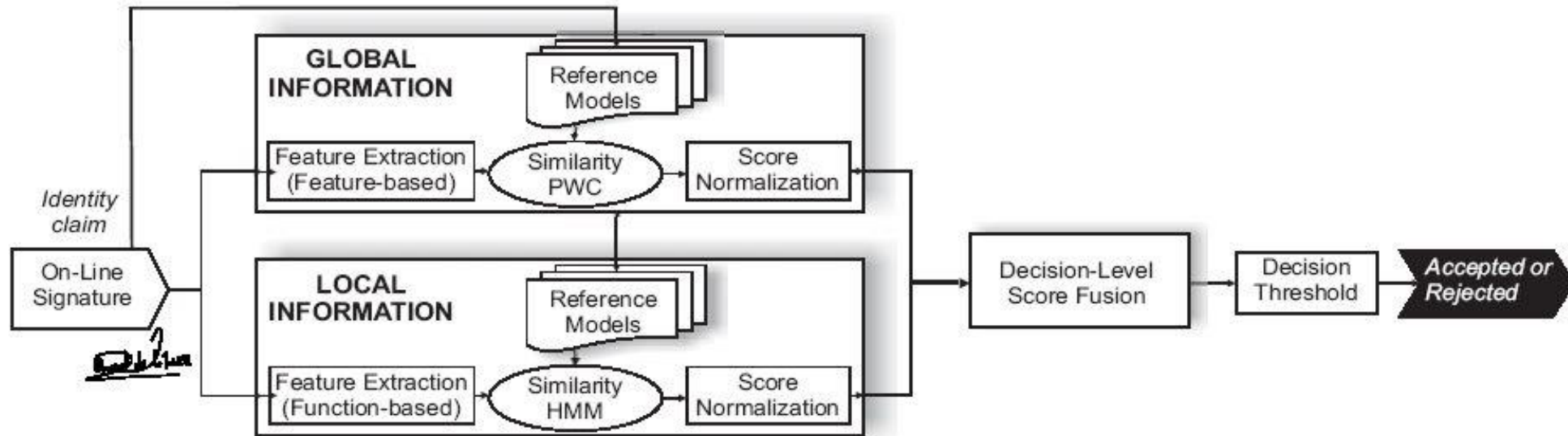
☐ Regionální metoda

- Sleduje podpis po částech, rozděluje jej a analyzuje samostatně.
- Robustnější vůči drobným odchýlkám v jedné části.
- Re prezentace: sekvence vektorů (stroky, segmenty, okna)
- Porovnání: porovnání vektorů s ohledem na strukturu v sekvenci

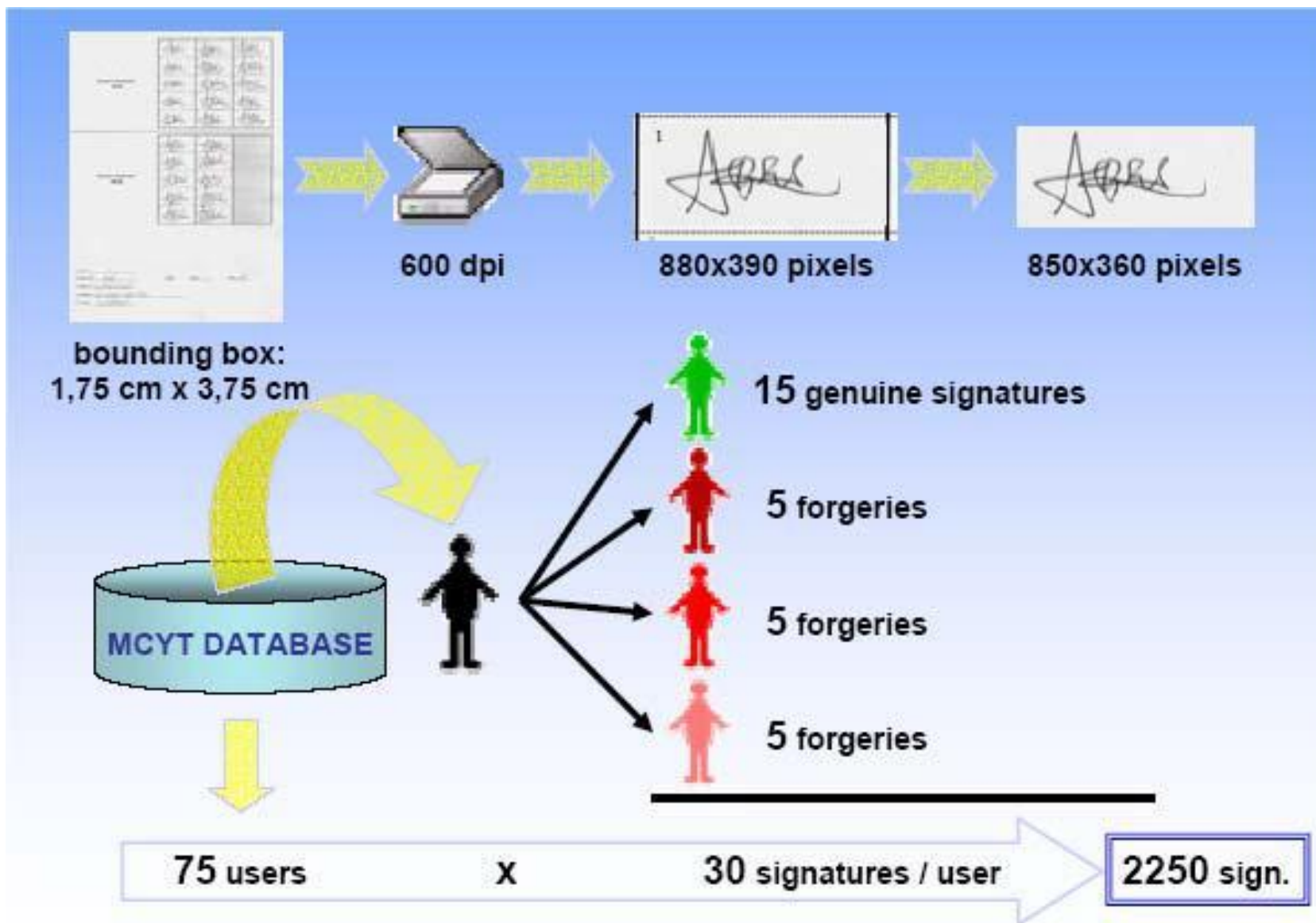
☐ Lokální metoda

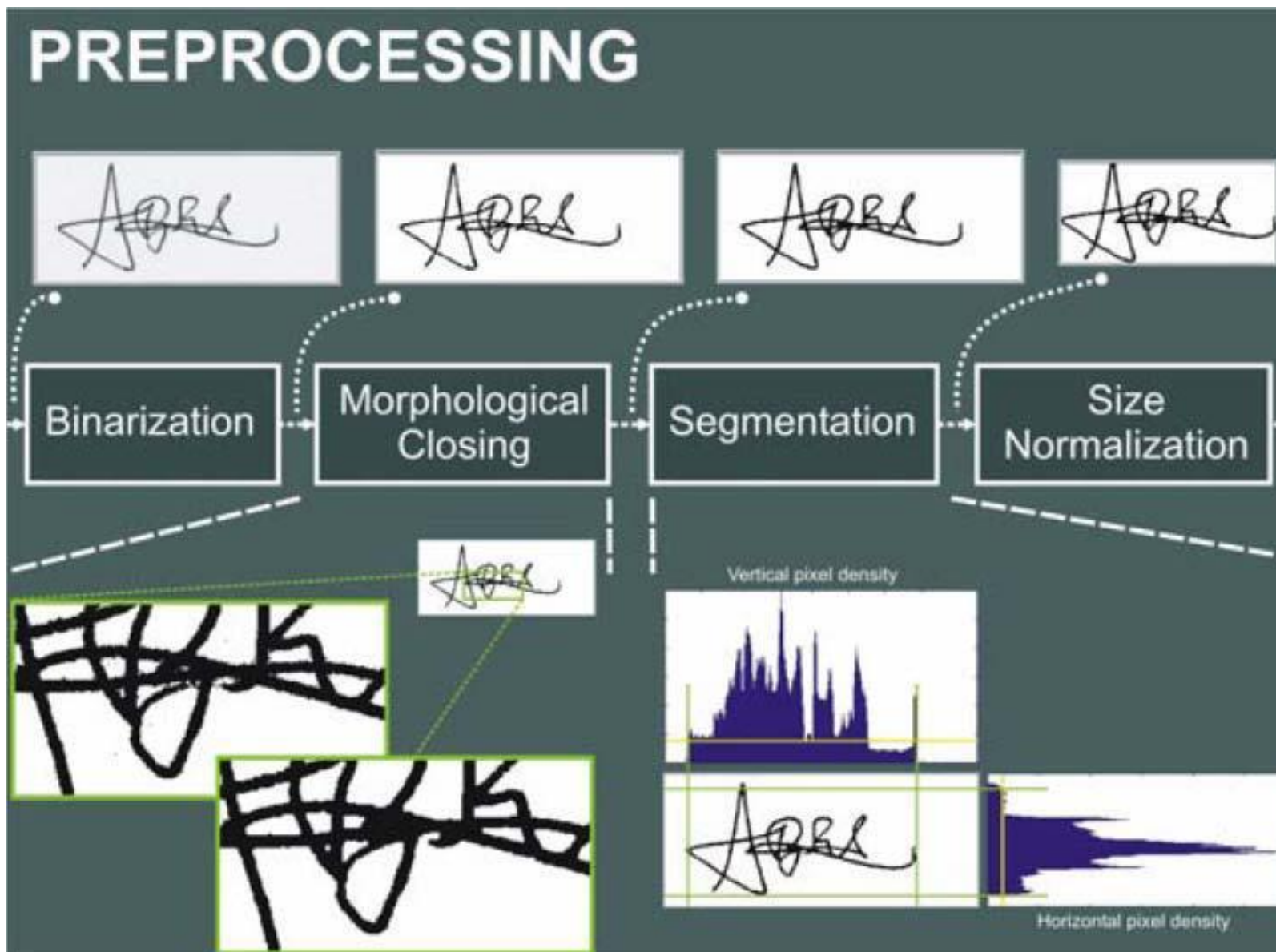
- Analyzuje malé části, až jednotlivé body – tvar tahů, křivek, rychlost a tlak na podložku apod.
- Re prezentace: funkce času a prostoru
- Porovnání: elastické porovnání funkcí

- ❑ Globální informace
 - PWC = „Parzen Windows Classifier
- ❑ Lokální informace
 - HMM = „Hidden Markov Models“



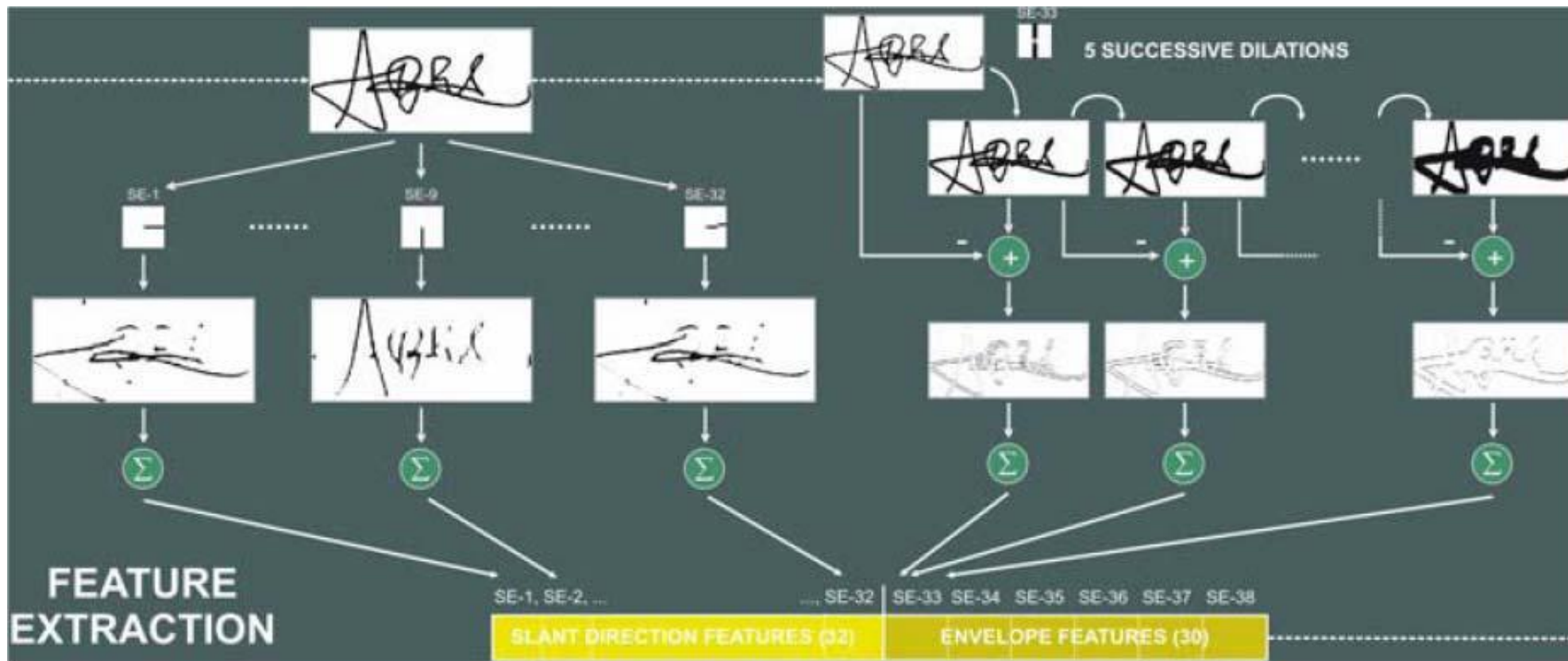
Nahrání (registrace) podpisů

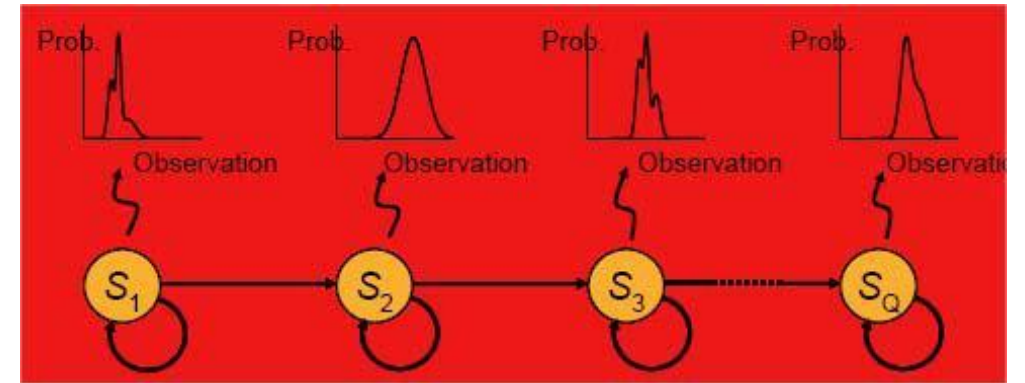
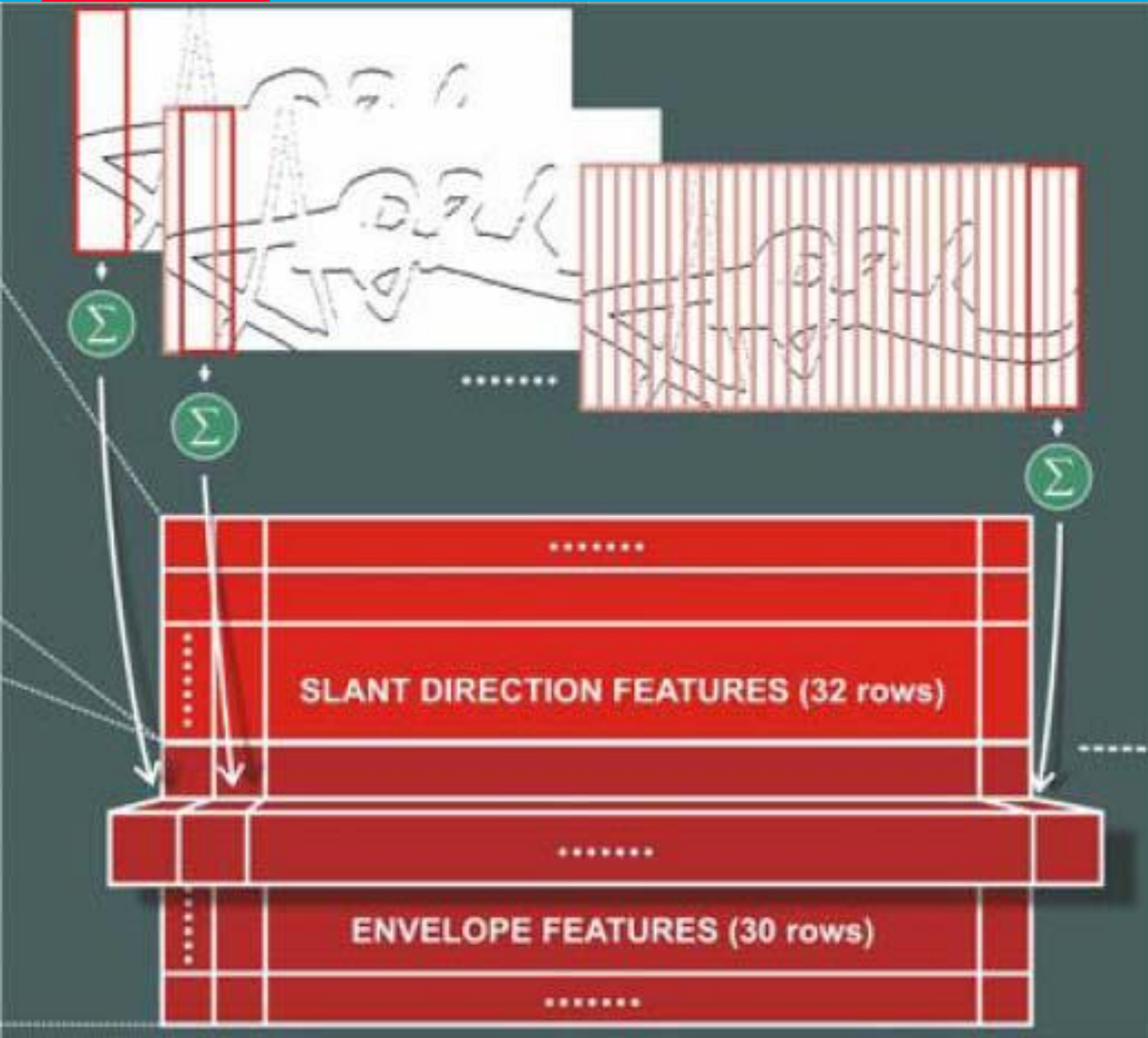


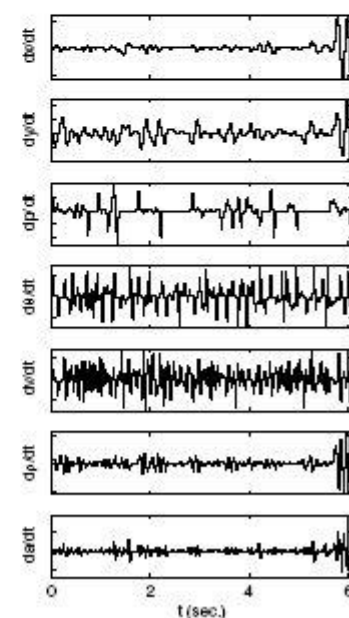
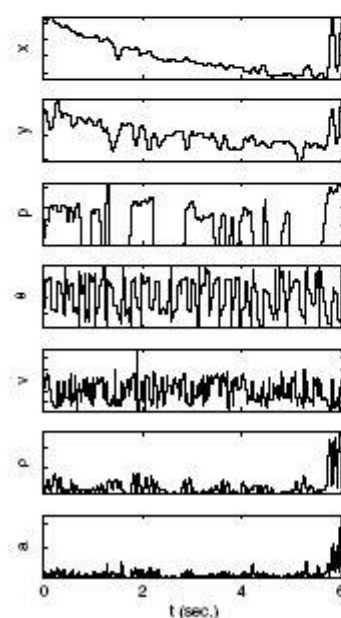
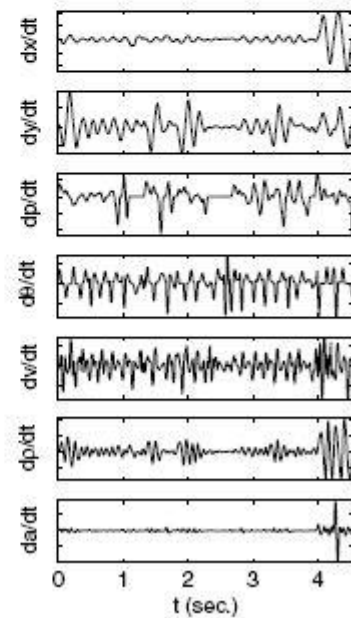
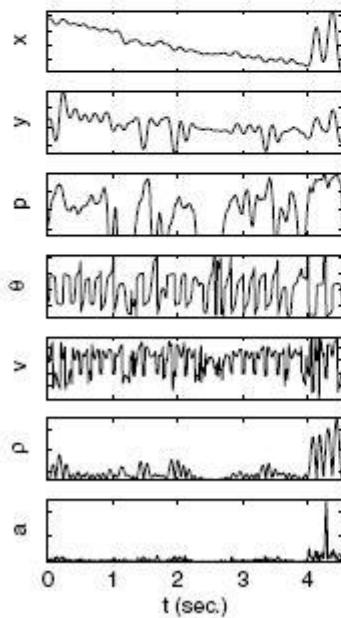
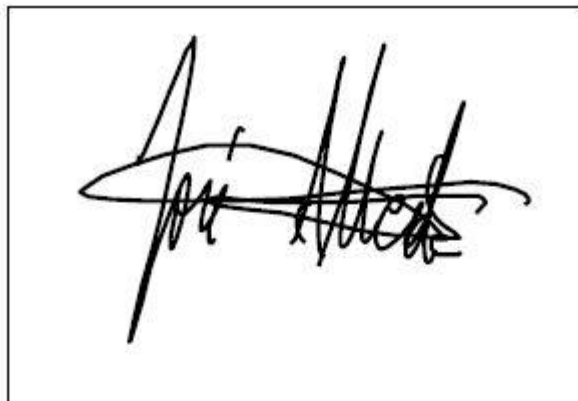


- ❑ Pro on-line systémy není nutná segmentace (všechny části podpisu jsou zřejmé – přímé nasnímání).
- ❑ Určeno k eliminaci šumu ze vstupu a především k eliminaci rychlosti psaní a přítlaku.
- ❑ Minimalizuje vlivy na výsledný vzhled podpisu způsobené uživatelem.
- ❑ Složení
 - normalizace velikosti
 - normalizace pozice
 - vyhlazování
 - převzorkování
 - spojení (morfologické uzavření)

Extrakce rysů (holistická metoda)







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_{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	$(y_{\text{3rd local max}} - y_{\text{1st pen-down}})/\Delta_y$

❑ Základní funkce

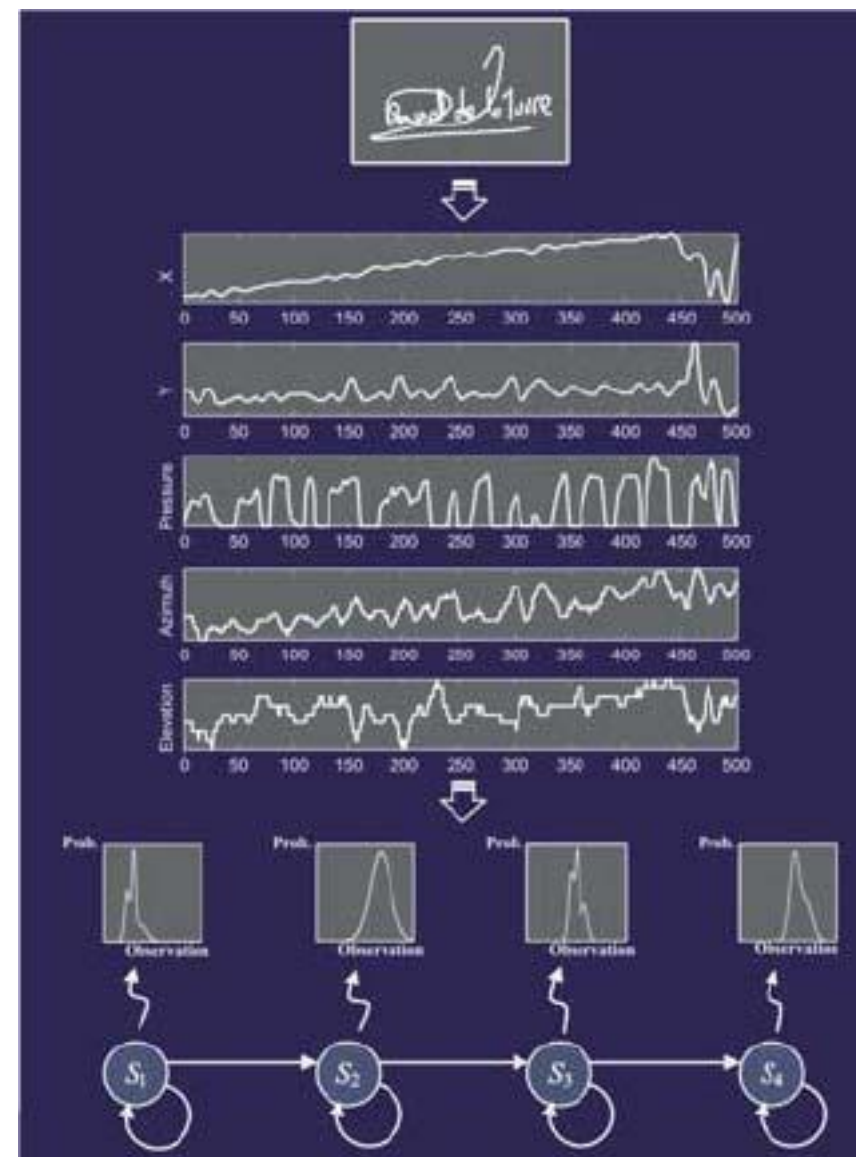
- X-funkce
- Y-funkce
- tlak (100 Hz)

❑ Geom. normalizace

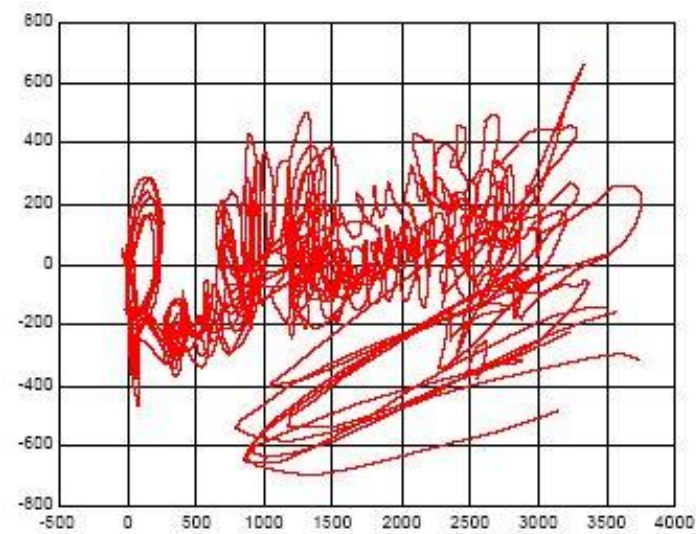
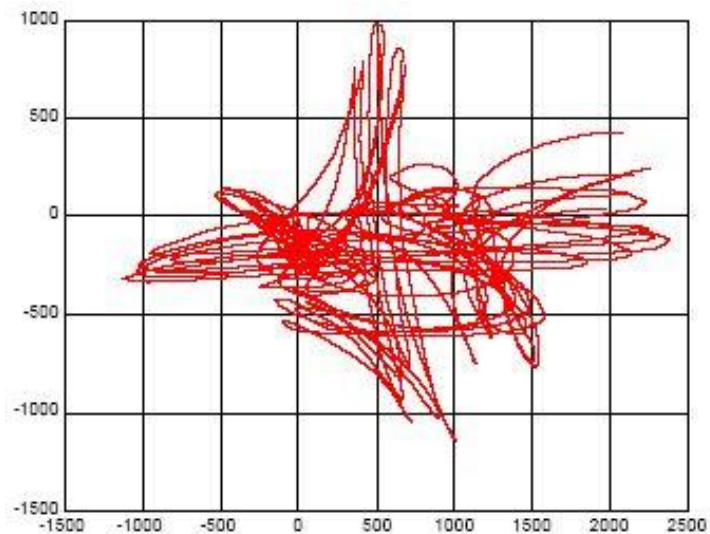
- pozice + rotace

❑ Další funkce

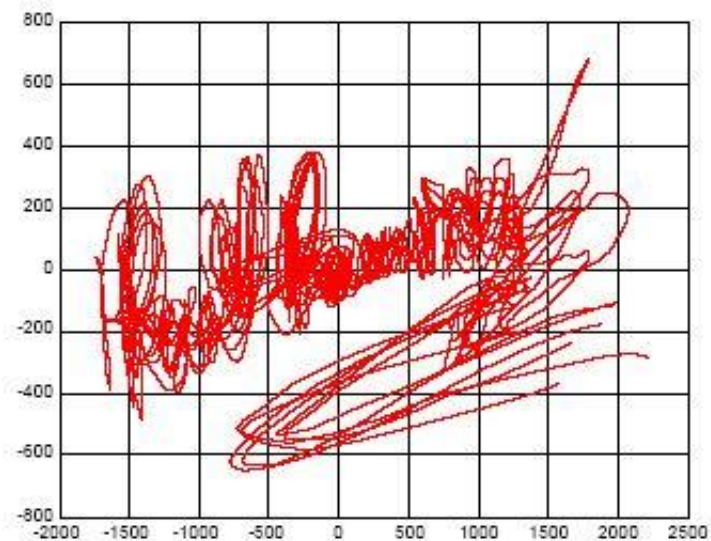
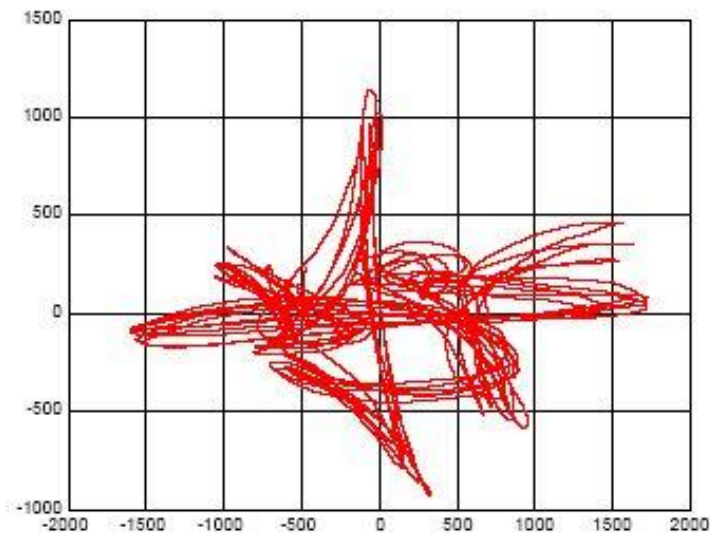
- úhel cesty
- rychlost cesty
- poloměr zakřivení
- zrychlení



před



po

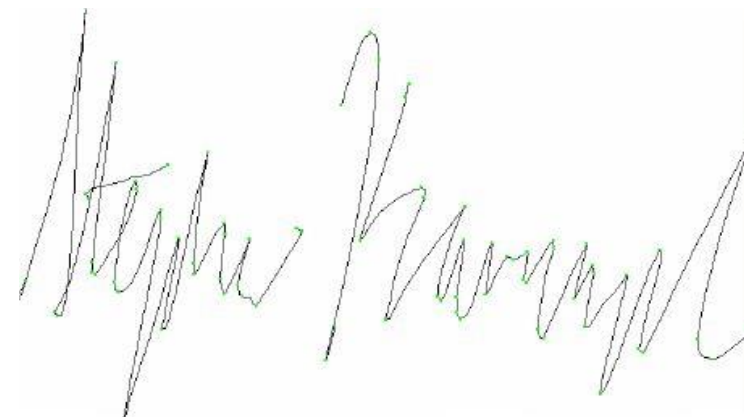
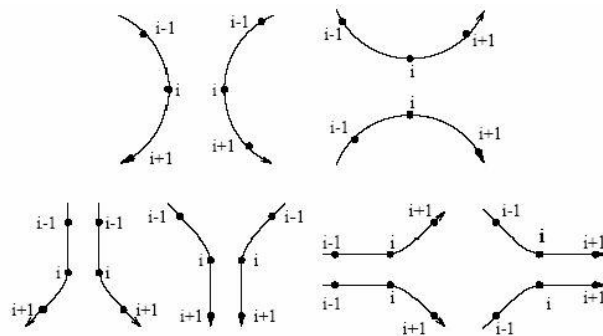


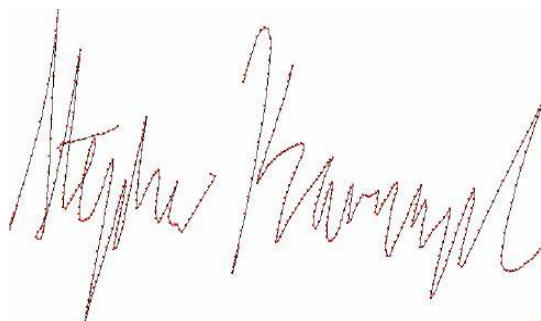
- ❑ K zajištění dobrého porovnání dvou podpisů se provádí převzorkování, aby se eliminoval vliv rychlosti během psaní.
- ❑ Používá se 1D Gaussův filtr v x a y směru

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

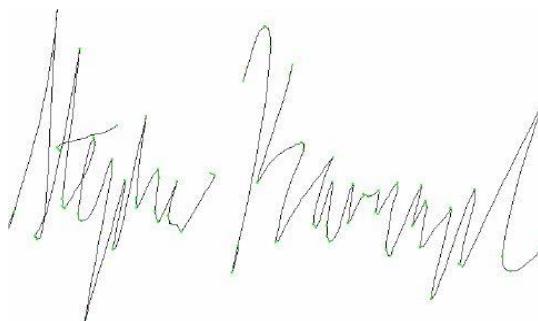


- ❑ Stroky jsou místa mezi zvednutím a položením pera.
- ❑ Veškeré stroky jsou spojeny do dlouhého řetězce.
- ❑ Kritické body nesou více informací než ostatní body (koncové body a stroky + body změny trajektorie)





Původní podpis



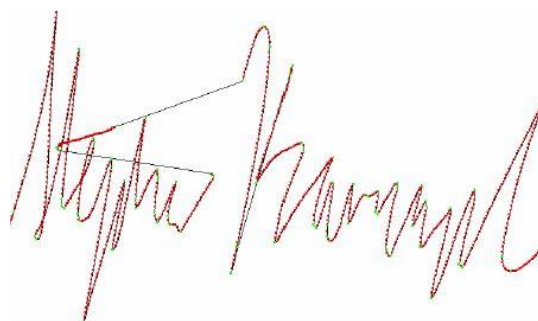
Kritické body



Jemné převzorkování



Gaussův filtr



Hrubé předzpracování



Konkatenace stroků

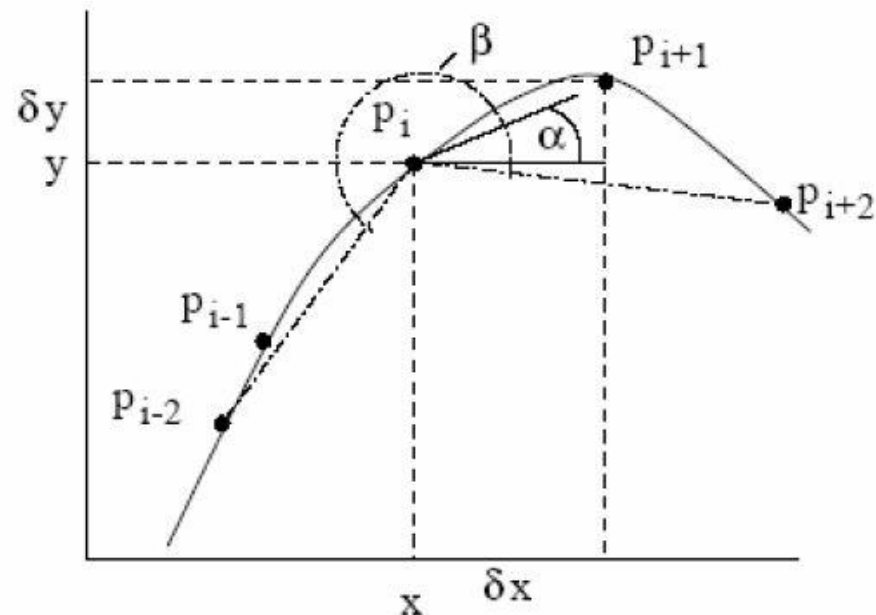
Lokální rysy

□ Statické rysy

- Změna vzdálenosti mezi dvěma body $\delta x, \delta y$.
- 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.



□ DTW – Dynamic Type Wrapping

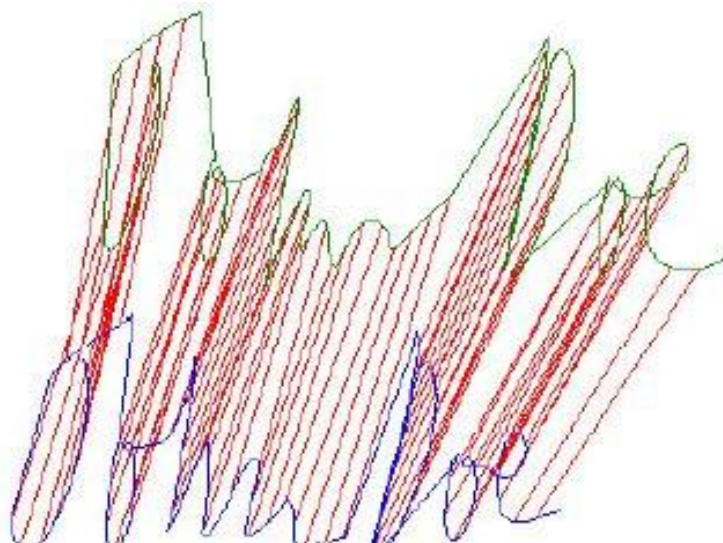
- K výpočtu zarovnání se používá DTW

$$\text{▪ } D(i, j) = \min \begin{cases} D(i - 1, j - 1) + d_E(i, j) \\ D(i - 1, j) + \text{penalta}_{miss} \\ D(i, j - 1) + \text{penalta}_{false} \end{cases}$$

- $D(i, j)$ je optimální zarovnání bodu i z prvního řetězce a bodu j z druhého řetězce
- $d_E(i, j)$ je Euklidovská vzdálenost mezi body i a j
- Celková podobnost je definována jako

$$\text{Dist}(i, j) = \frac{D(i, j)^2}{\text{norm_faktor}(N_i, N_j)}$$

- ❑ Každý bod je reprezentován n -árním vektorem rysů.
- ❑ Euklidovská 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 vlastností

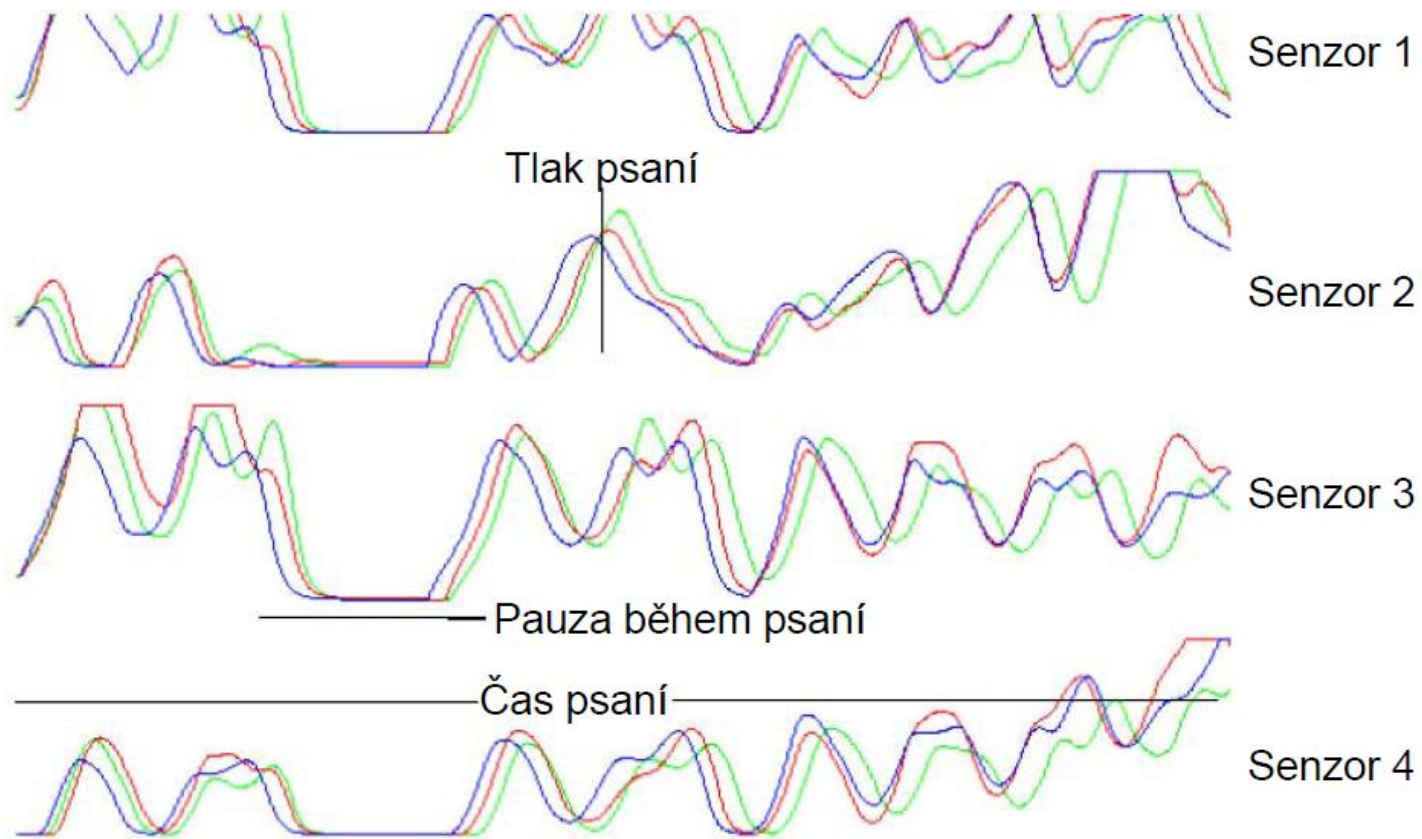
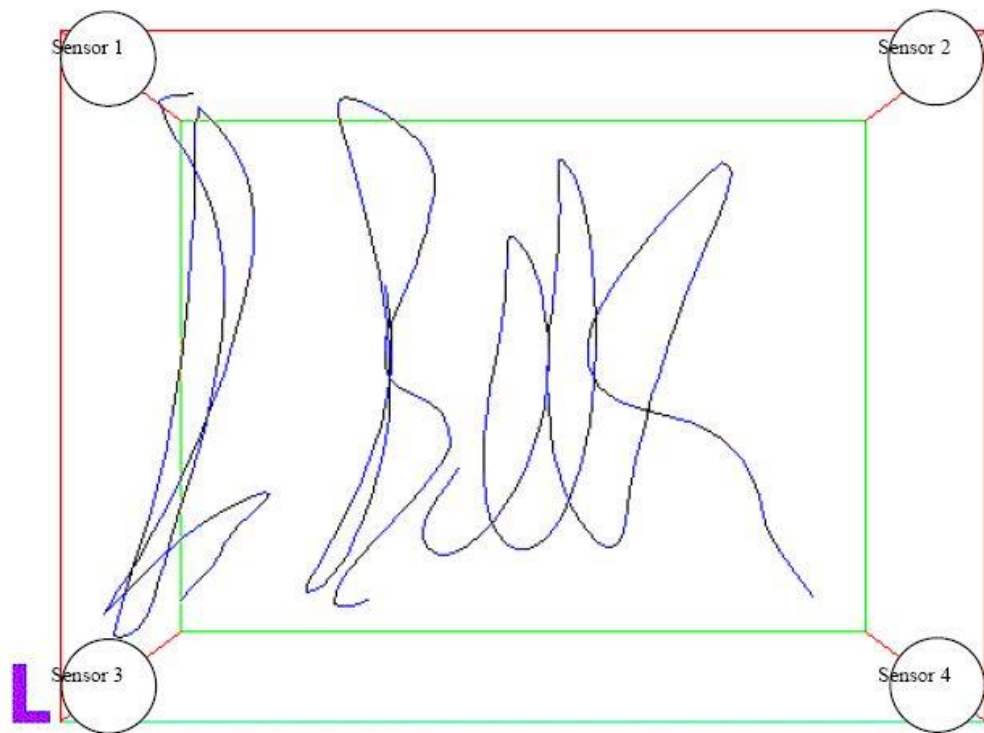


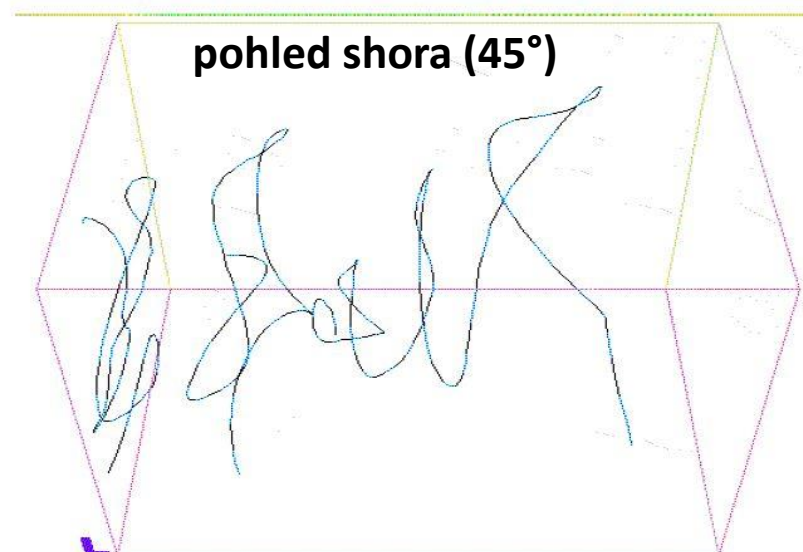
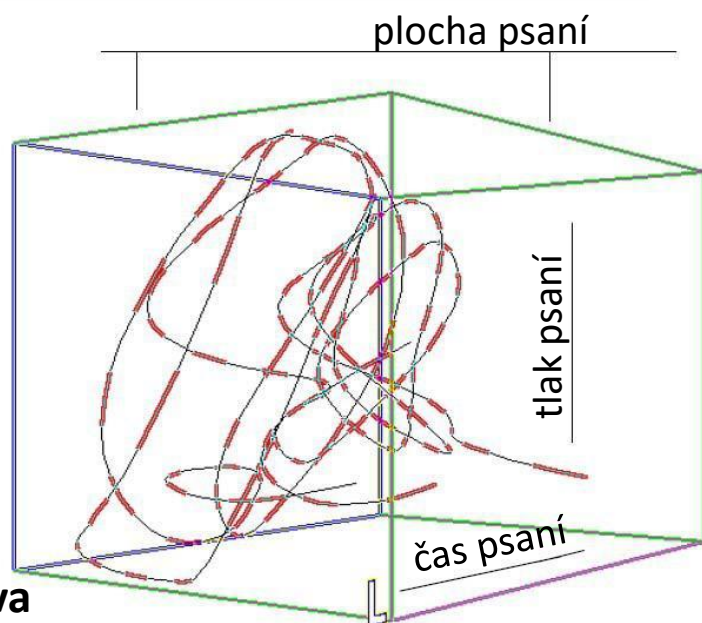
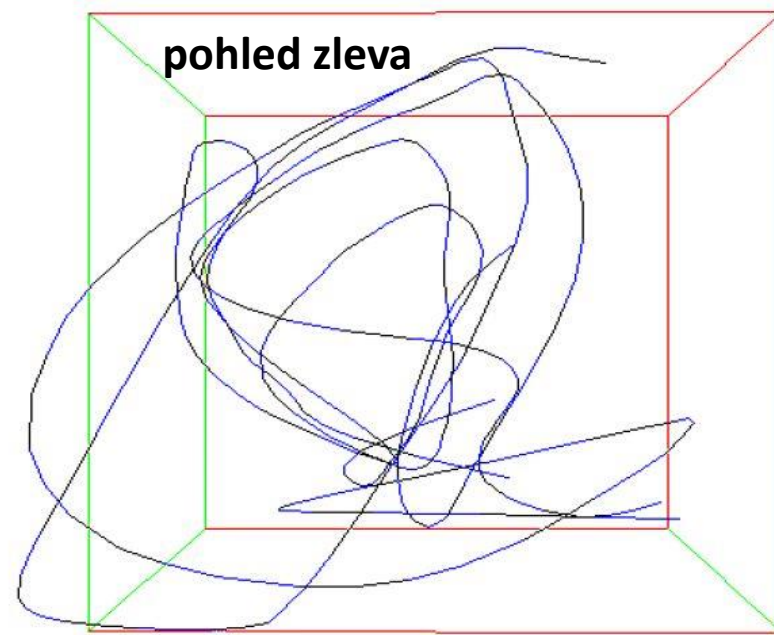
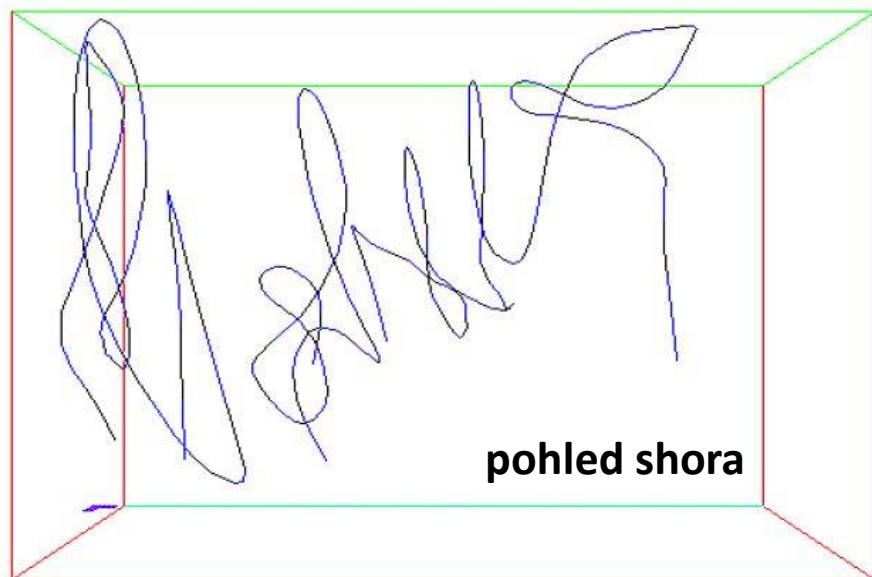
□ Mahalanobisova vzdálenost

- 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





Děkuji za pozornost!