

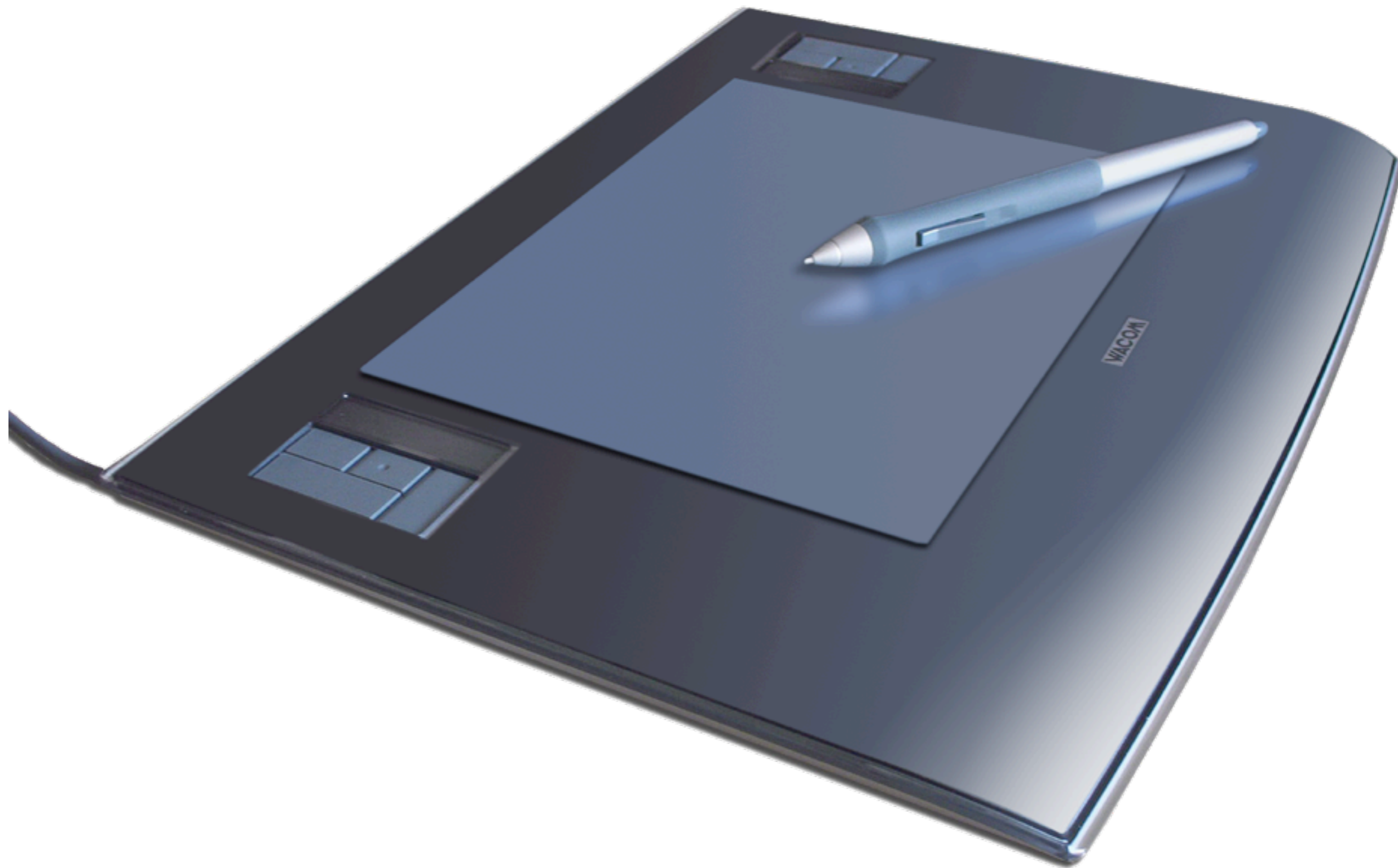
# Dynamický podpis

A handwritten signature in blue ink that reads "Jim Wild". The signature is fluid and cursive, with the first name "Jim" and the last name "Wild" written in a single, continuous stroke.

10-minutová motivace pro aplikaci DTW, Daniel Novák

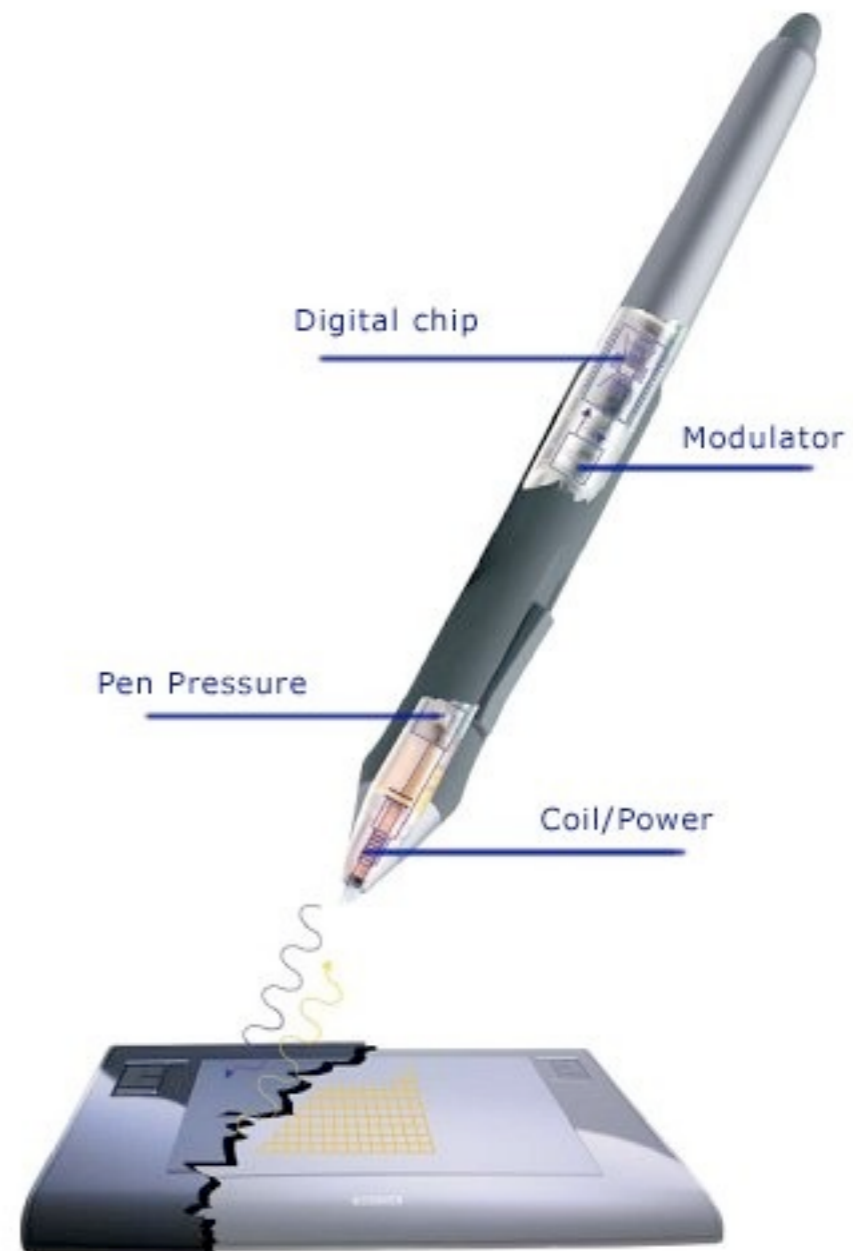
vycházející z přednášek **Dr. Andrzej Drygajlo**, <http://scgwww.epfl.ch/courses/>

# Tablet



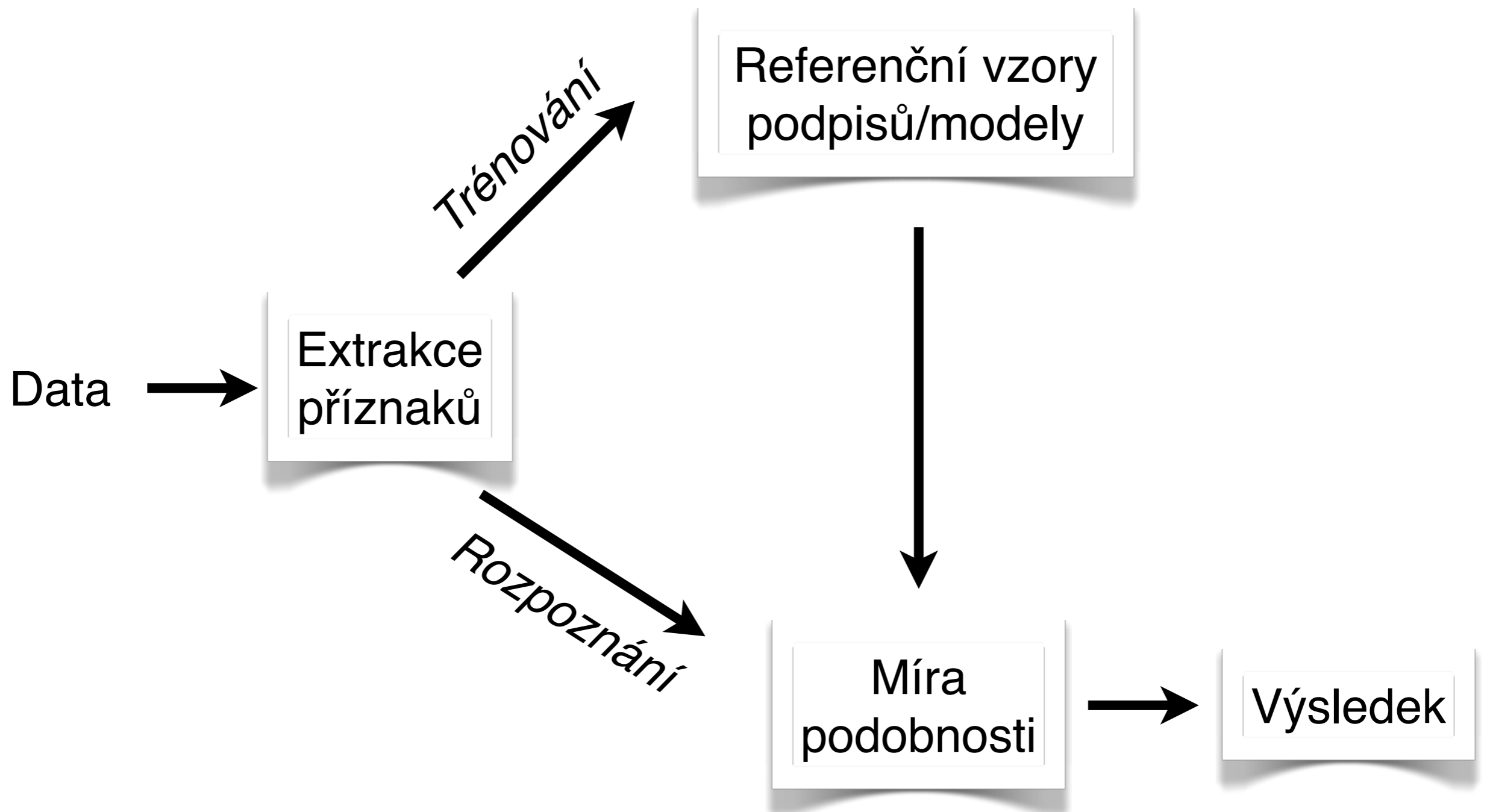
# Jak funguje grafický tablet

- ▶ Elektromagnetická rezonance
- ▶ Tablet
  - vysílá/přijímá
- ▶ Pero
  - rezonanční obvod  
cívka-kondenzátor
  - modulace přitlaku,  
stisku tlačítek

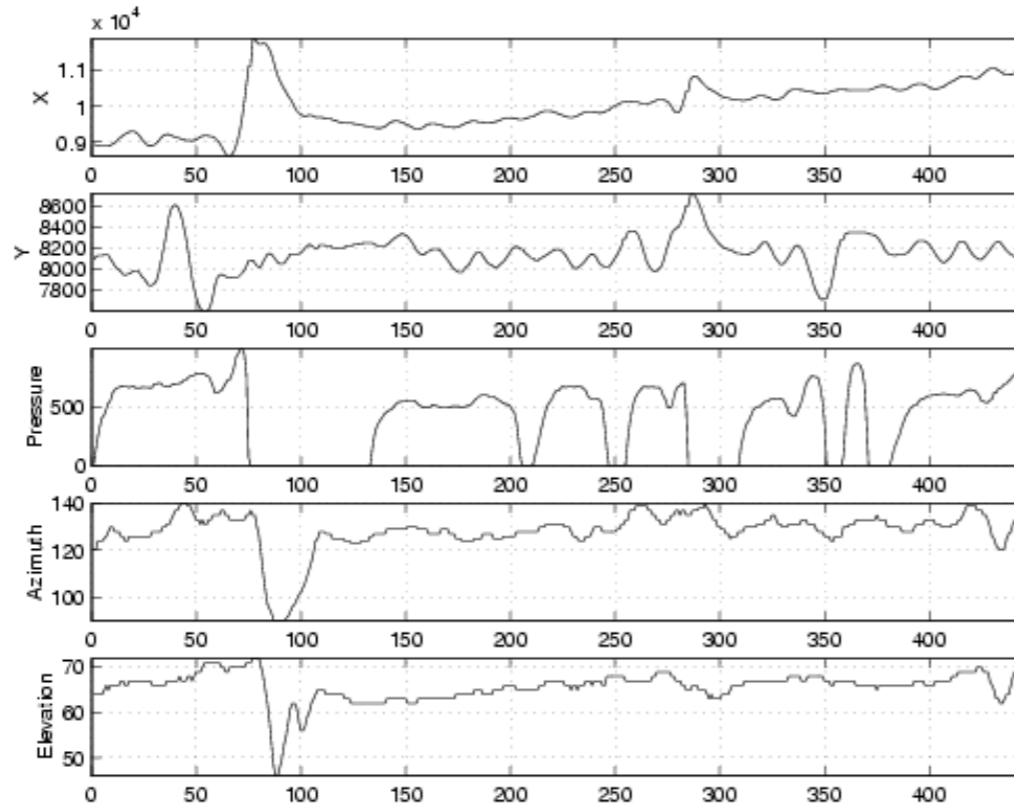
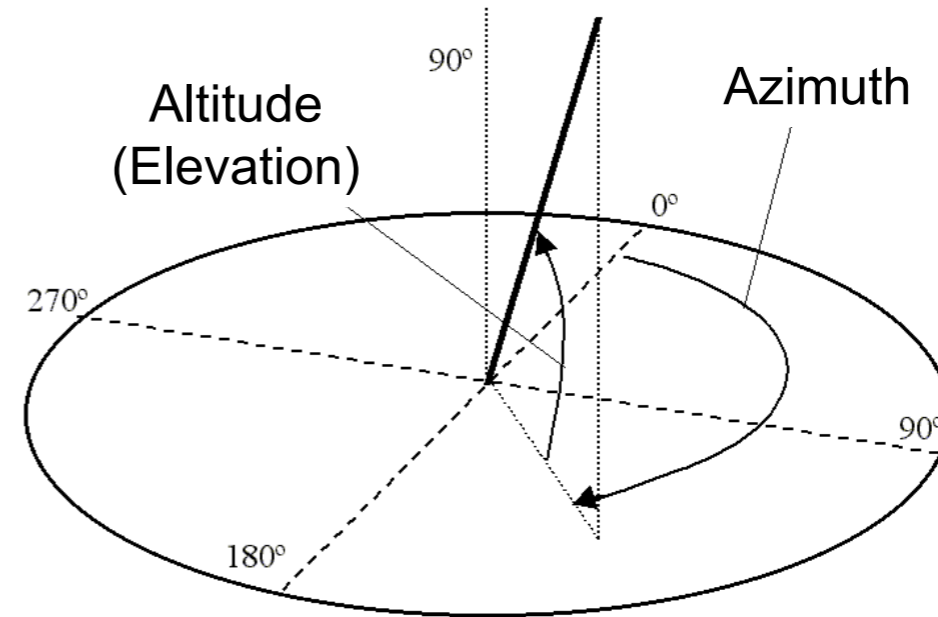
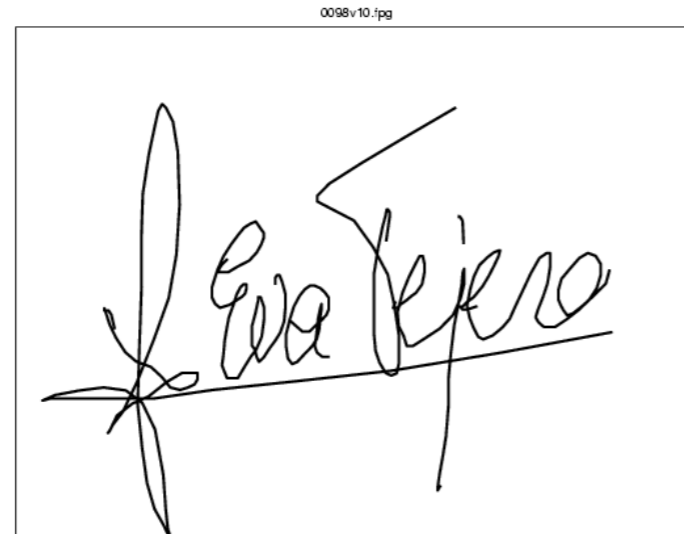


<http://www.tablet4u.co.uk/techinfo.html>

# Rozpoznání podpisu



# Dynamický podpis



## Příznaky:

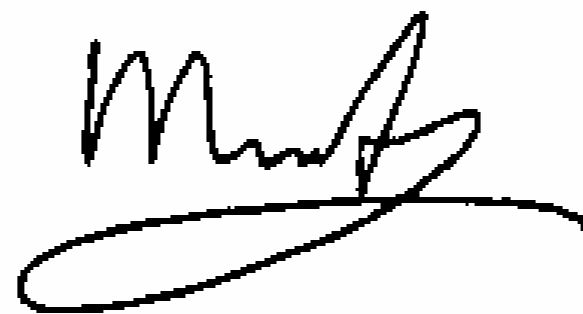
- souřadnice X
- souřadnice Y
- přítlak
- natočení pera ( $0^{\circ}$ - $359^{\circ}$ )
- náklon pera ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ )

# Padělání

## ► Typy padělků

1. náhodně napsaný text, podpis jiné osoby
2. podpis vytvořený na základě offline předlohy (s dostatečným časem na naučení)
3. podpis vytvořený na základě sledování, jak podpis vzniká
4. **kvalitní padělek**: kombinace (2) a (3)

# Padělky

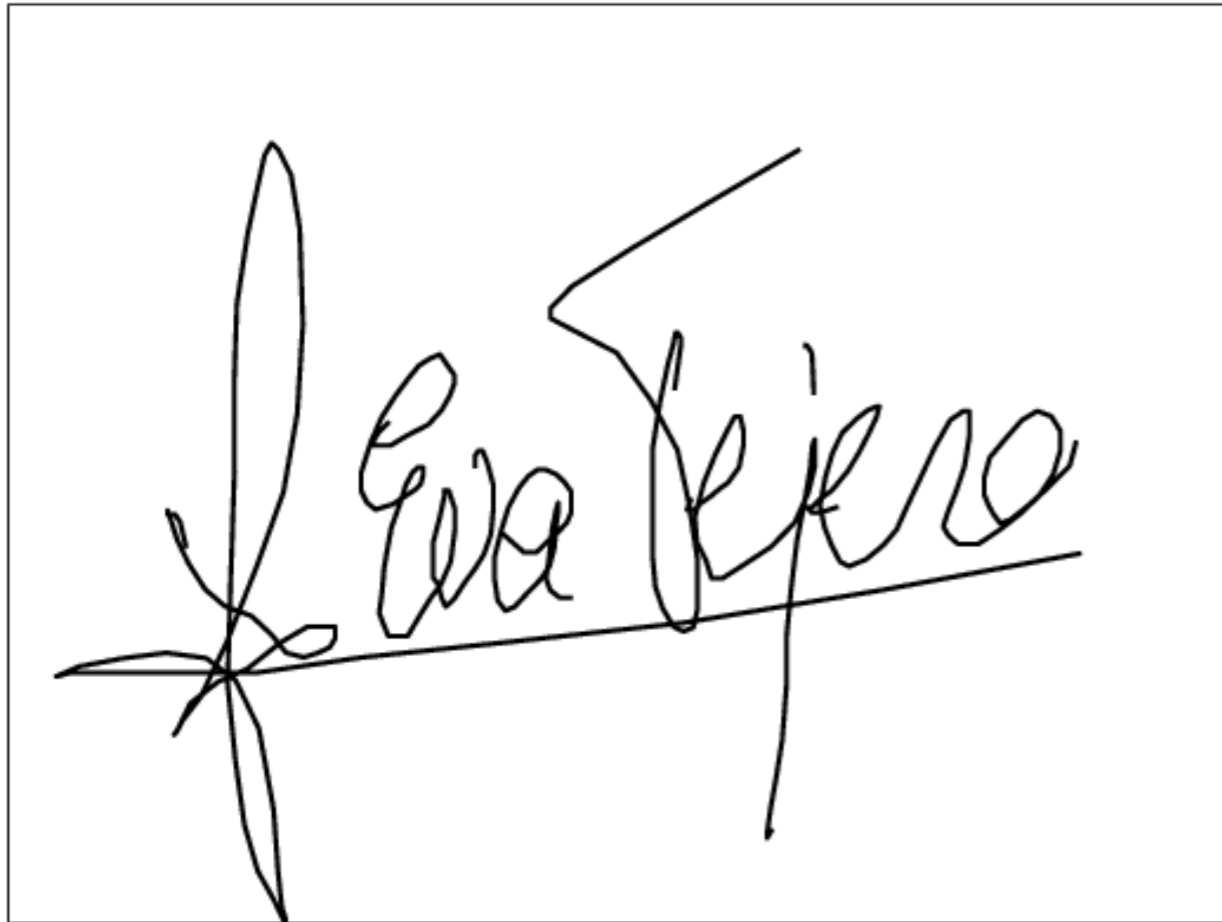


Originál

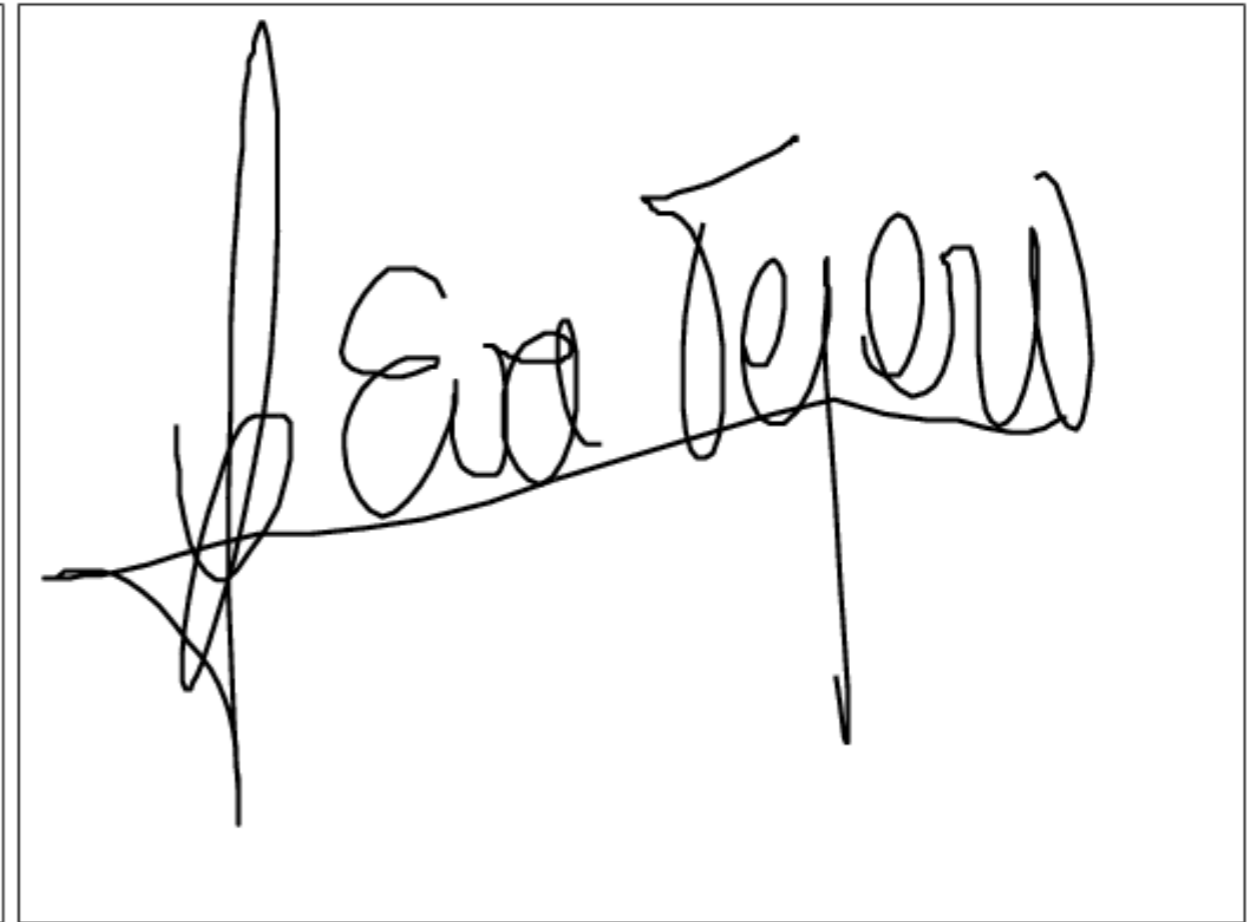
(3) Padělek  
ze sledování

(2) Padělek  
z předlohy

# Originál a kvalitní padělek



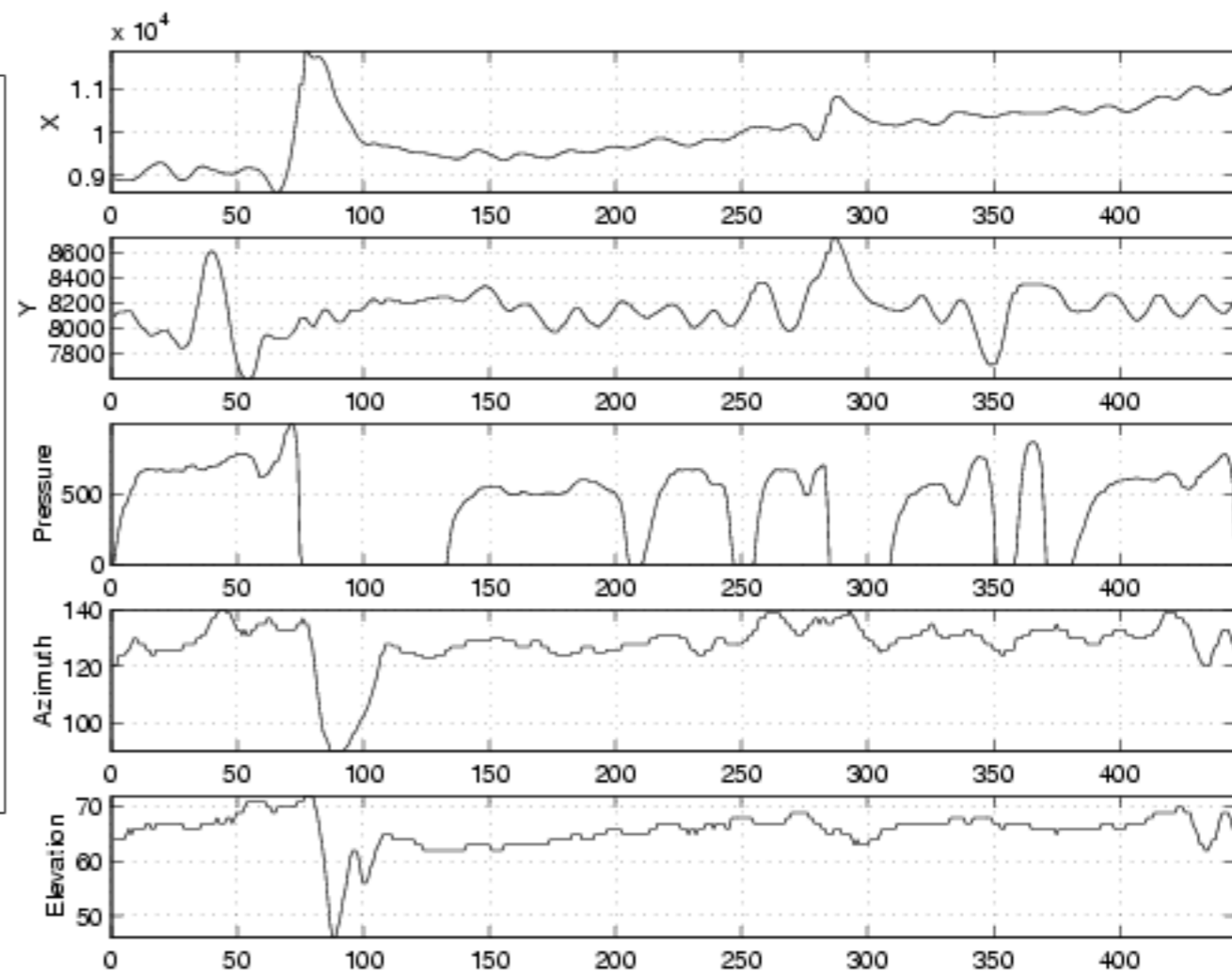
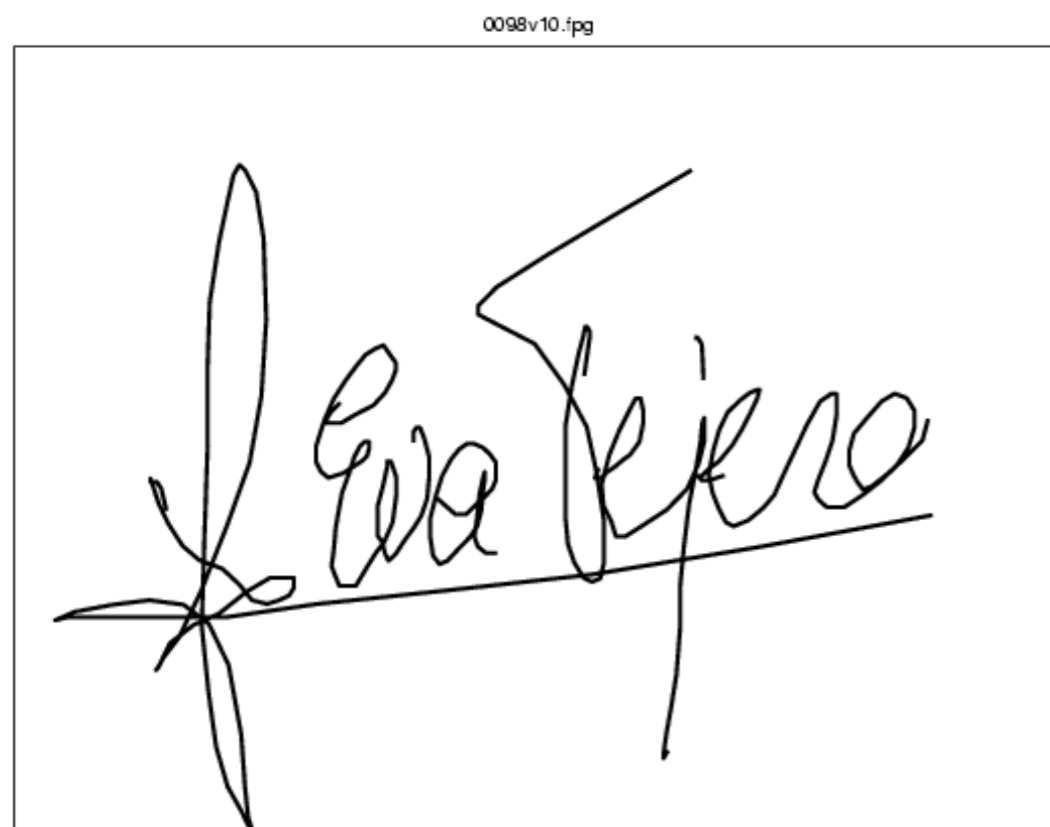
Originál



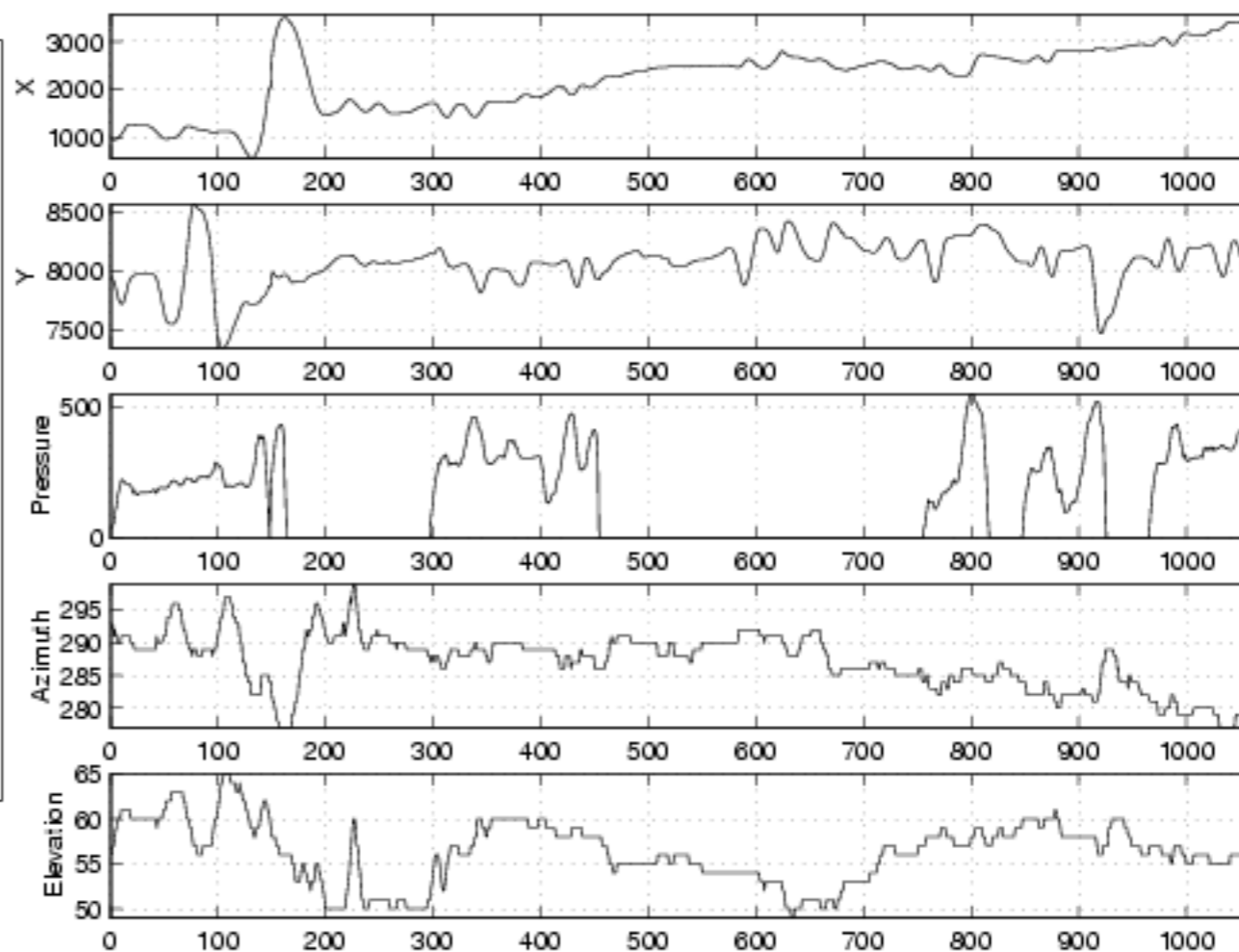
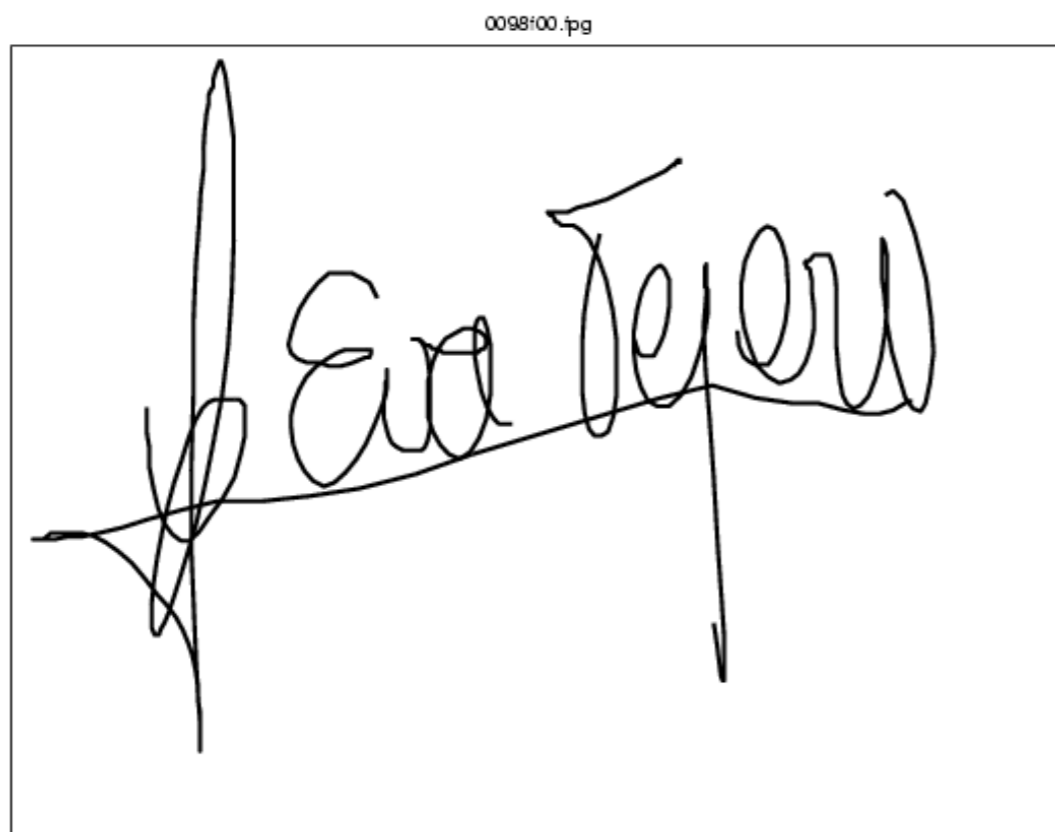
(4) Kvalitní padělek

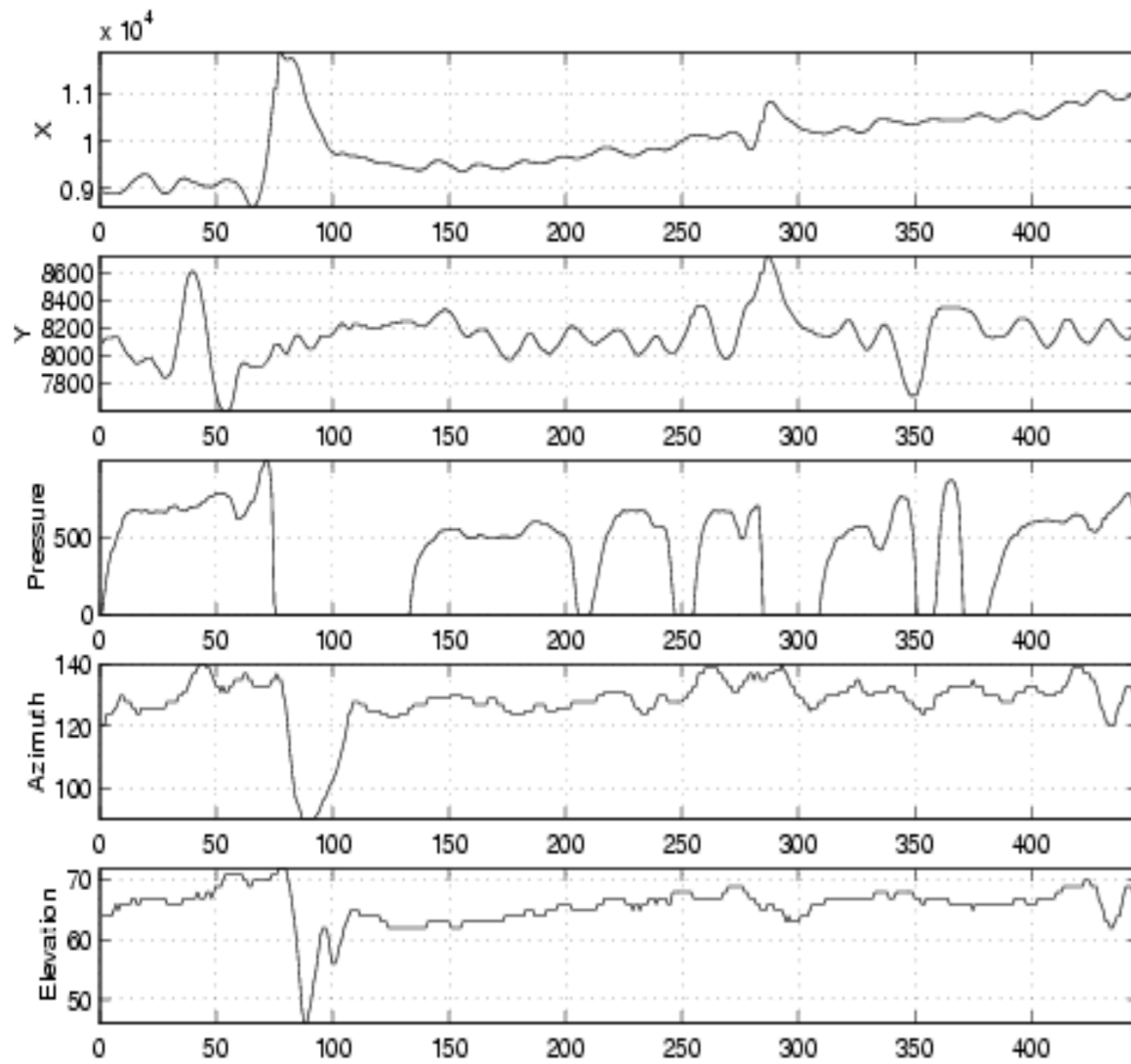


# Originální podpis

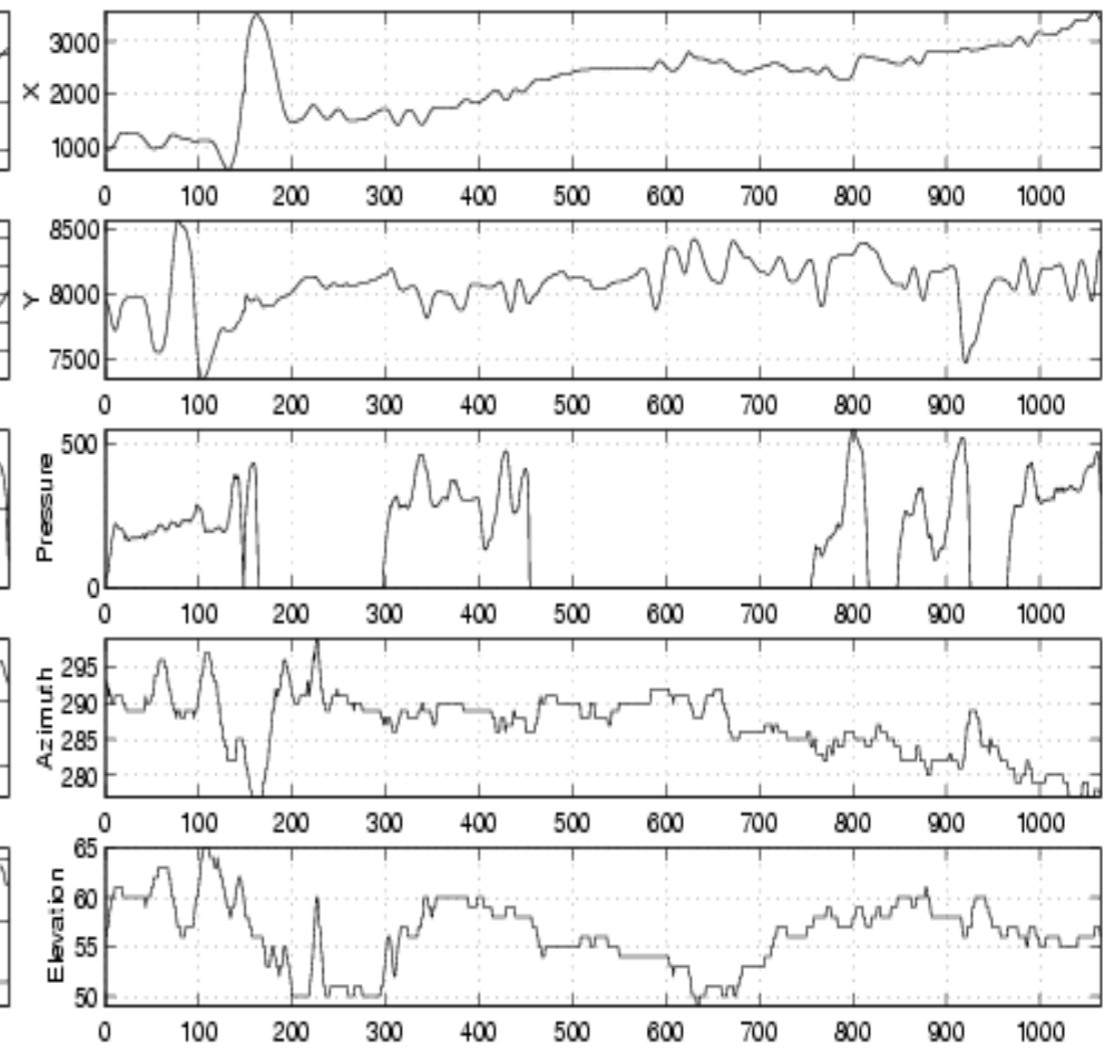


# Kvalitní padělek



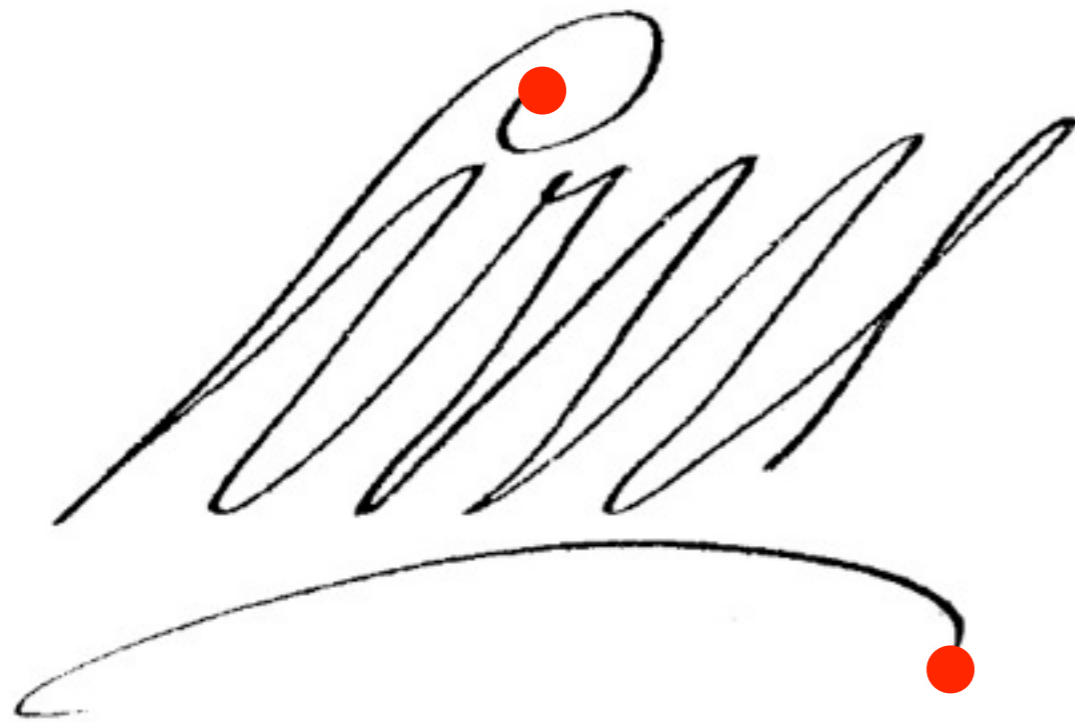


Originál



Kvalitní padělek

# Předzpracování



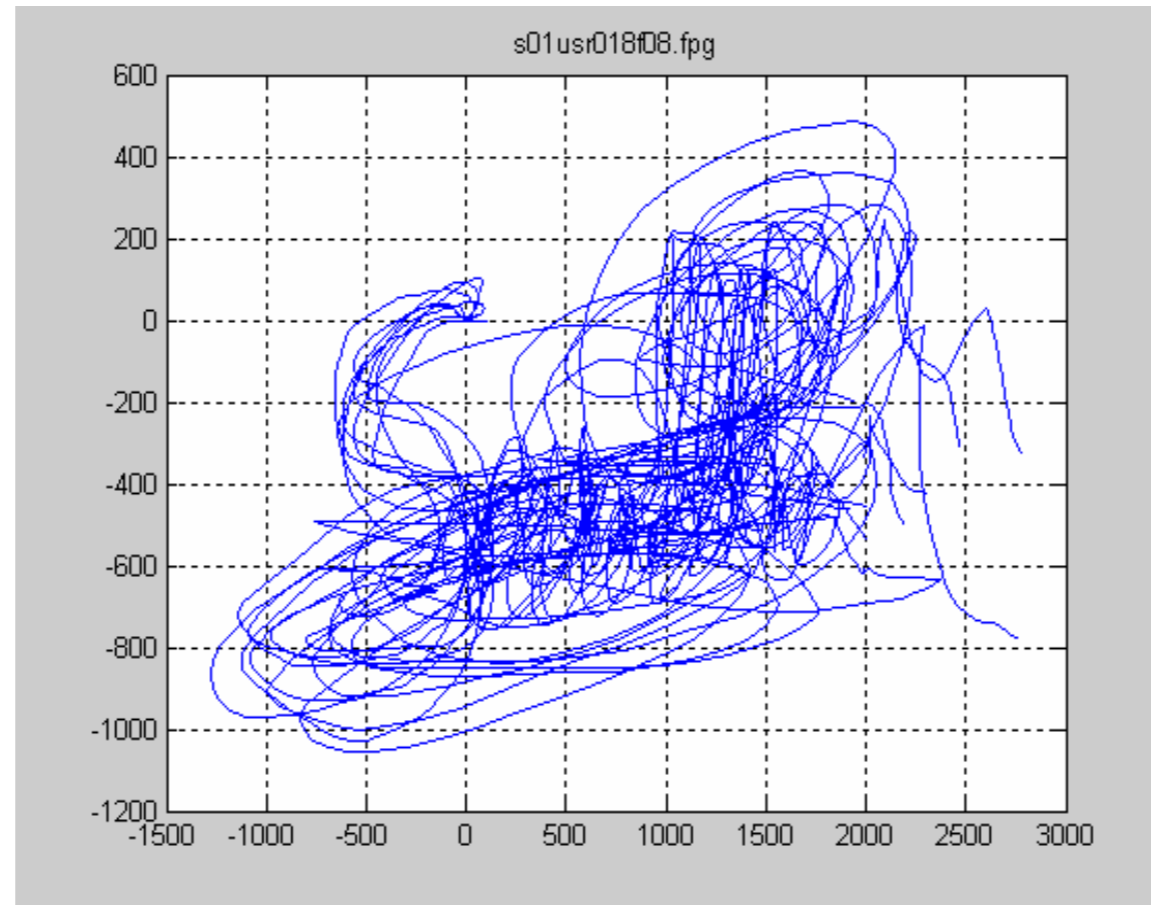
## ► Vyhlazování

- vstupní signál bývá často velmi zubatý

## ► Segmentace

- začátek: první přítlak
- konec: poslední zvednutí pera (delší než ...s)

# Předzpracování



Všechny podpisy musí být zarovnány  
vzhledem k počátečnímu bodu (např. [0,0]).

# Lokální a globální příznaky

## ► Lokální příznaky

- souřadnice  $x, y$

- rychlost  $v$   $v = \sqrt{\dot{x}_t^2 + \dot{y}_t^2}$

- zrychlení  $a$

- tečný úhel  $\Theta_t = \arctan\left(\frac{\dot{y}_t}{\dot{x}_t}\right)$

- natočení pera

- náklon pera

- 1. a 2. derivace příznaků

# Příklady lokálních příznaků

- ▶ **Derivaci** je vhodné aproximovat regresí druhého řádu - ne pouze jednoduchou diferencí vzorků.

Vzorec pro regresi ***N***-tého řádu v čas ***t*** pro parametr ***q*** je:

$$reg(q_t, N) = \frac{\sum_{\tau=1}^N \tau (q_{t+\tau} - q_{t-\tau})}{2 \sum_{\tau=1}^N \tau^2}$$

- ▶ **Rychlost a zrychlení** pak lze spočítat:

$$\Delta_{q_t} = \dot{q}_t = reg(q_t, 2)$$

$$\Delta\Delta_{q_t} = \dot{\Delta}_t = reg(\Delta_t, 2)$$

# Lokální a globální příznaky

## ► Globální příznaky

- Délka, výška, šířka podpisu
- Jak dlouho trval podpis
- Jak dlouho byl/nebyl přítlak
- Průměrná rychlost
- Maximální rychlost
- Minimální rychlost
- atd.



# Použití modelů

## ▶ **Deterministické metody**

- Dynamic Time Warping (DTW)
- Vector Quantization (VQ)

## ▶ **Statistické metody**

- **Gaussian Mixture Model (GMM)**
- Hidden Markov Model (HMM)

# “Obyčejný” tablet

## ▶ Genius G-Pen F509 ~ 1 100Kč

- 2000 lpi
- 1024 úrovní přitlaku
- 125 bodů/s



## ▶ Wacom STU-520 LCD Signature ~ 6 000Kč

- LCD
- 2540 lpi (neinterp.)
- 512 úrovní přitlaku
- 200 bodů/s (neinterp.)



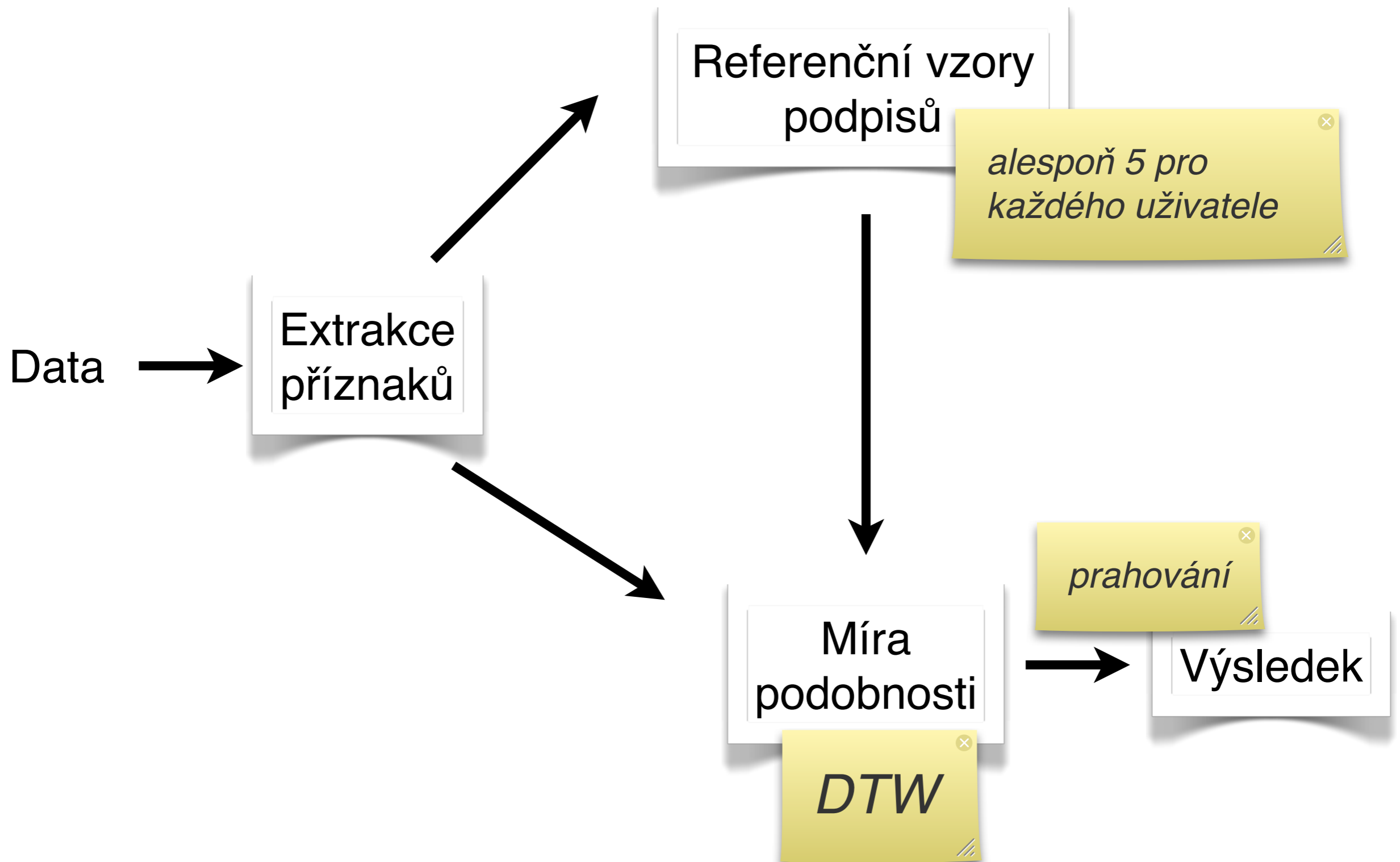
# “Biometrický” tablet

▶ **Wacom Intuos4 S A6 ~ 4 700Kč**

- 5080 lpi
- 2048 úrovní přitlaku
- 200 bodů/s
- náklon i natočení (grip pen)



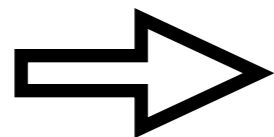
# Schéma rozpoznání podpisu



# Extrakce příznaků

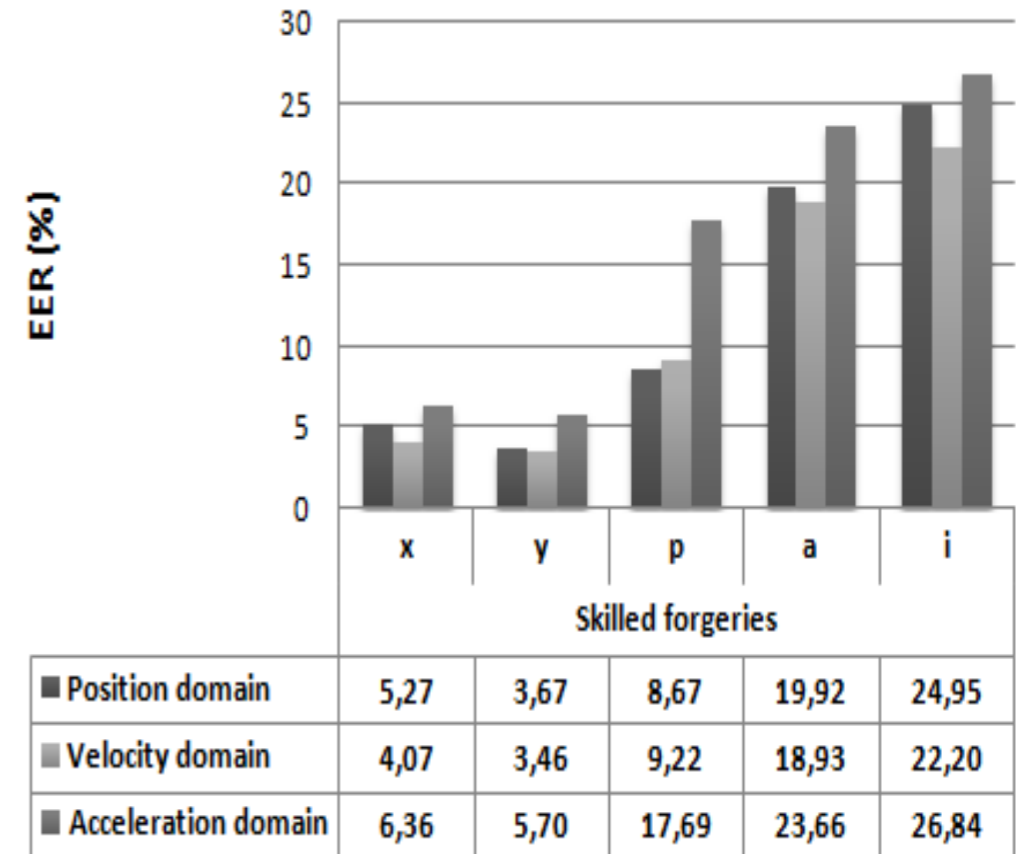
- ▶ **x, y**
- ▶ **p - přítlak**
- ▶ **a - natočení (azimuth)**
- ▶ **i - náklon (inclination)**

*+ 1. a 2. derivace*



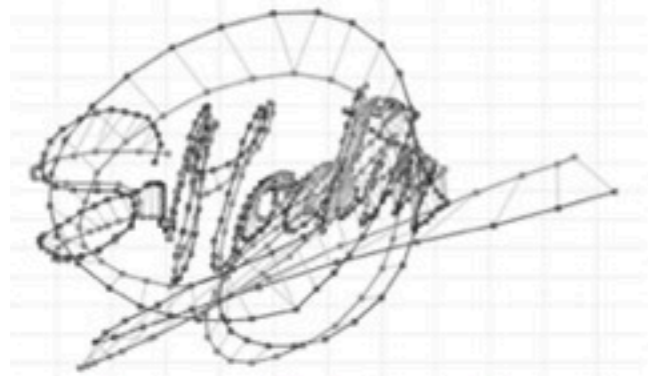
**15 příznakových vektorů**

*(i když následně došlo k redukci)*

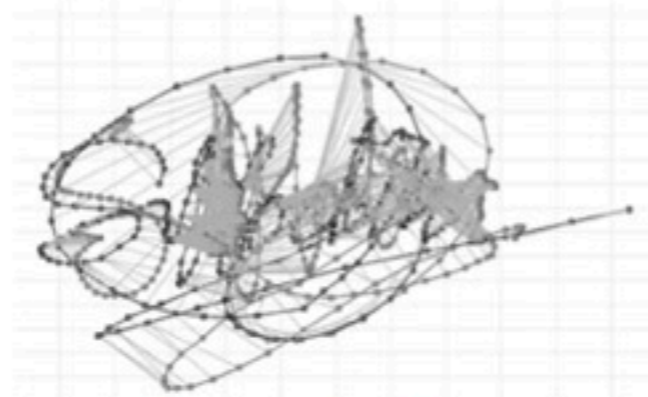


# Rozpoznání podpisu

## ► Dynamic Time Warping



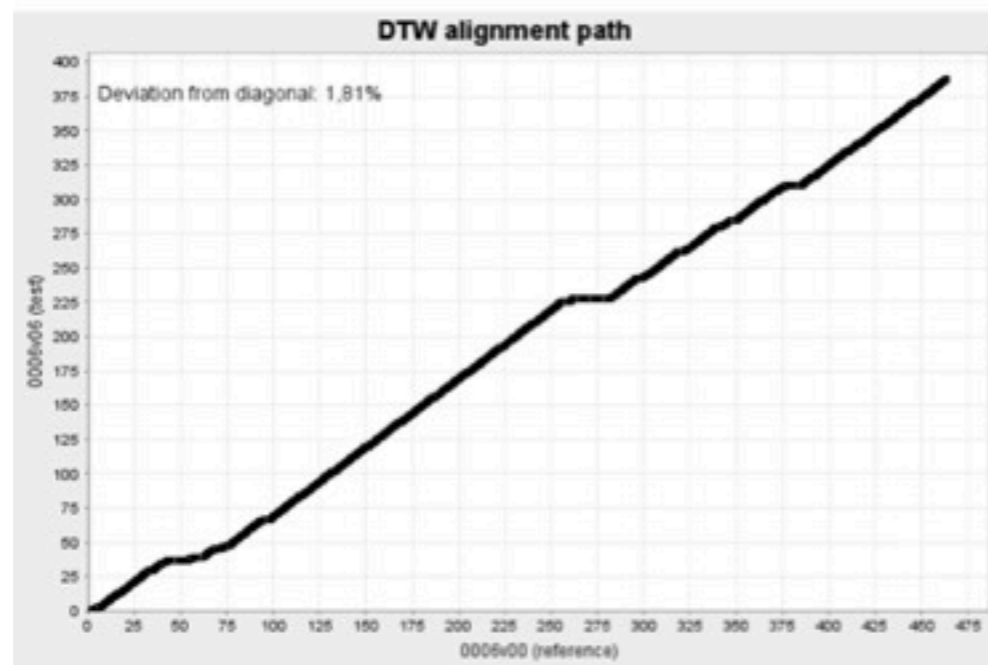
(a) Genuine-genuine



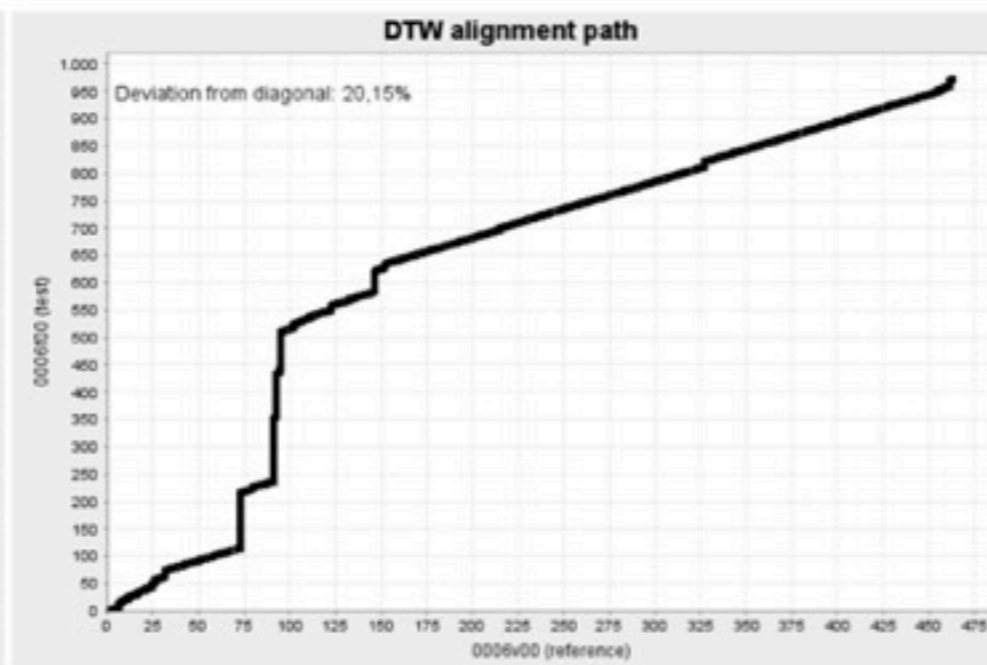
(b) Genuine-forgery



(c) Intra-class variability

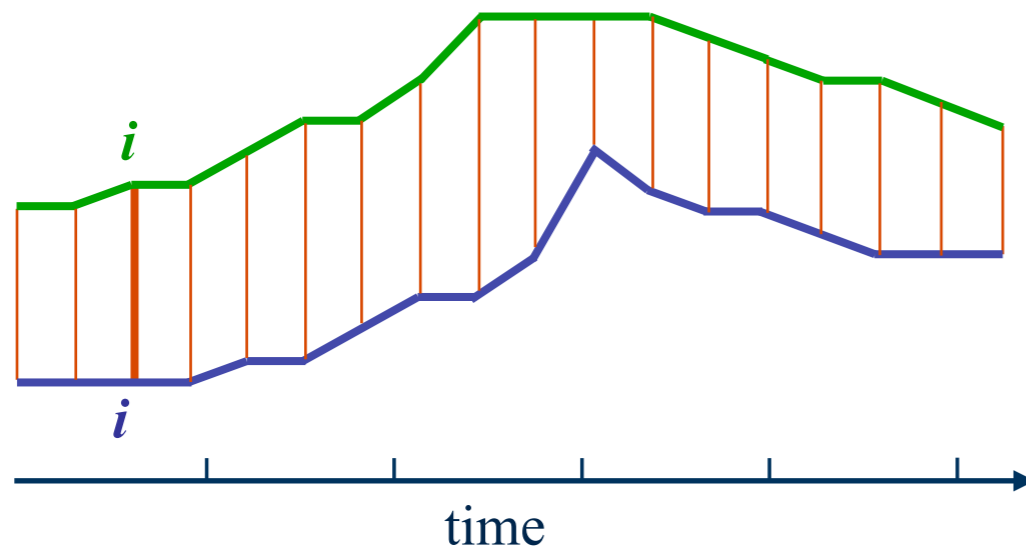


(d) Gen-Gen DTW path

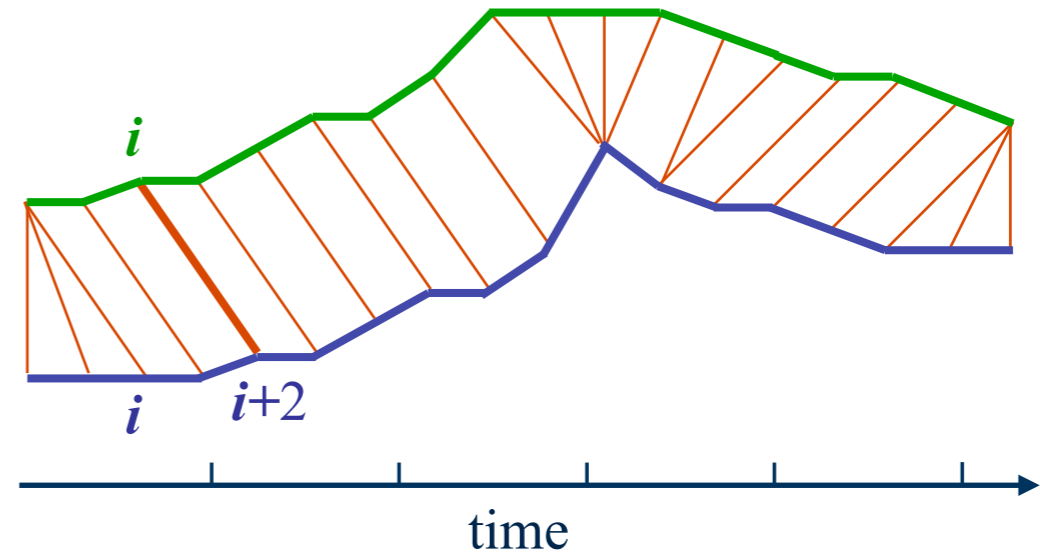


(e) Gen-Forg DTW path

# Proč DTW?

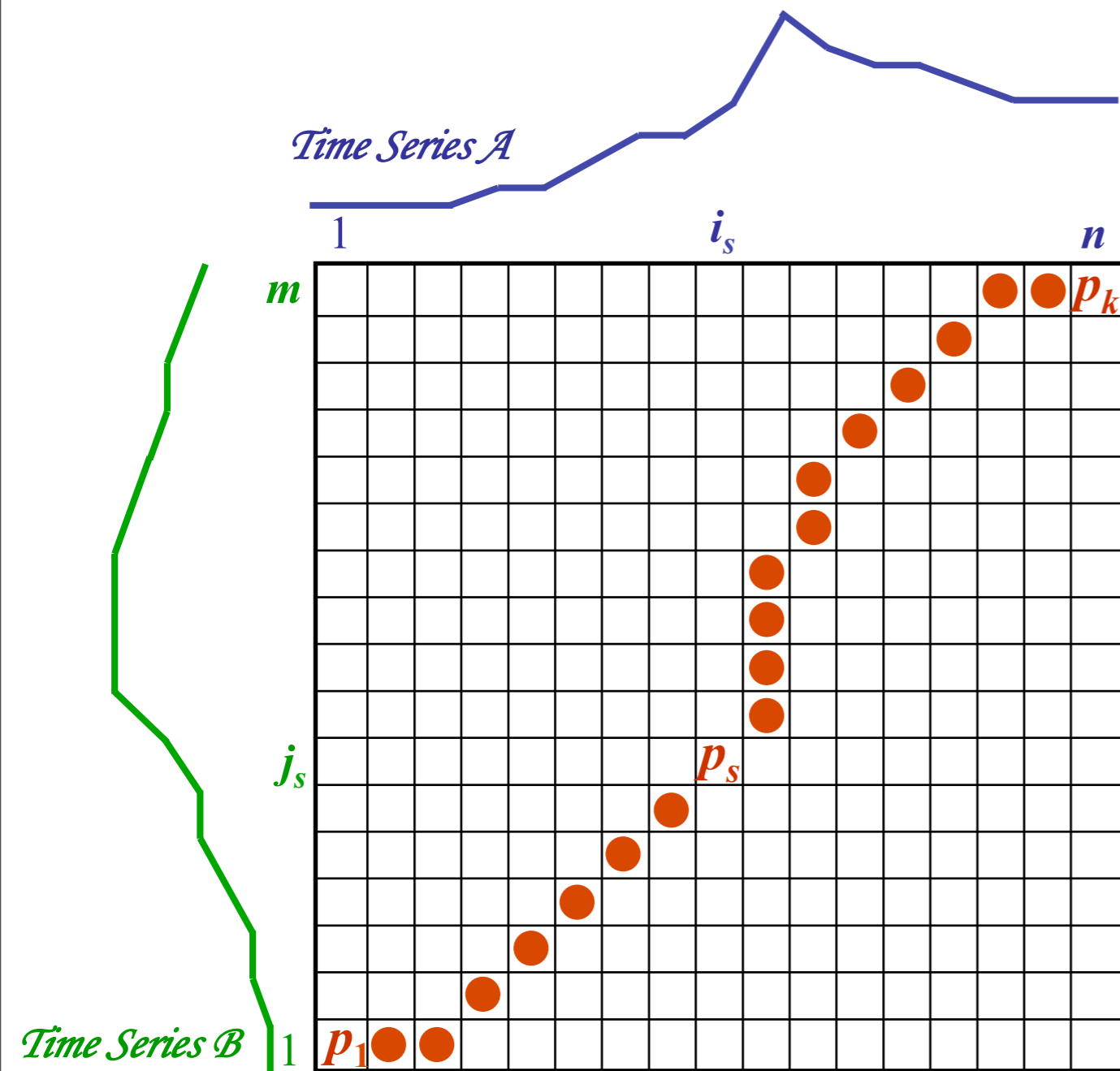


Porovnání *křivek*  
(*standardně*)



Porovnání *křivek*  
(*DTW*)

# Warpovací funkce



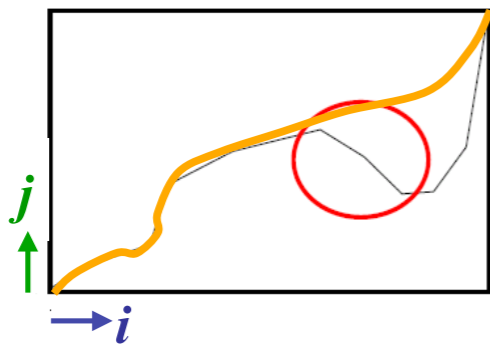
- ▶ mřížka ukazuje vzdálenost (podobnost) jednotlivých bodů ( $n$ -rozměrných) křivek
- ▶ snaha o nalezení minimální cesty z  $[0,0]$  do  $[n,m]$
- ▶ řeší dynamické programování



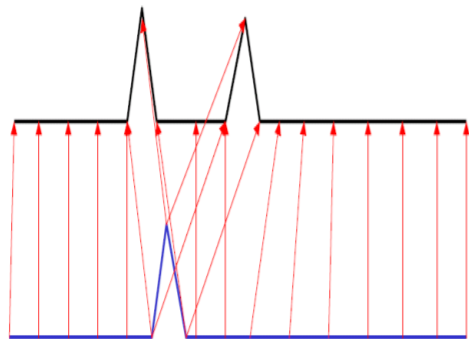
# Omezení warpovací funkce

Monotonicity:  $i_{s-1} \leq i_s$  and  $j_{s-1} \leq j_s$ .

The alignment path does not go back in “time” index.

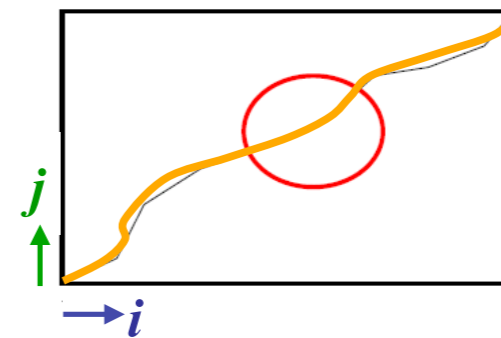


Guarantees that features are not repeated in the alignment.

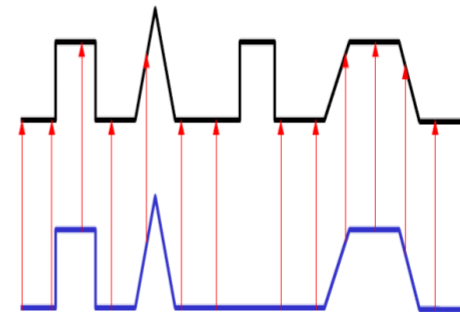


Continuity:  $i_s - i_{s-1} \leq 1$  and  $j_s - j_{s-1} \leq 1$ .

The alignment path does not jump in “time” index.



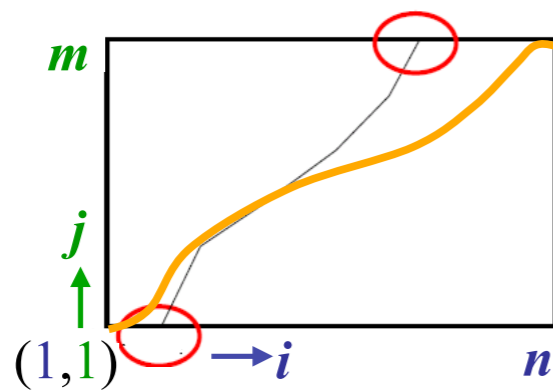
Guarantees that the alignment does not omit important features.



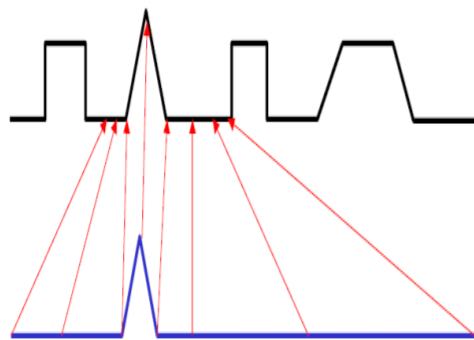
# Omezení warpovací funkce

Boundary Conditions:  $i_1 = 1, i_k = n$  and  $j_1 = 1, j_k = m$ .

The alignment path starts at the bottom left and ends at the top right.

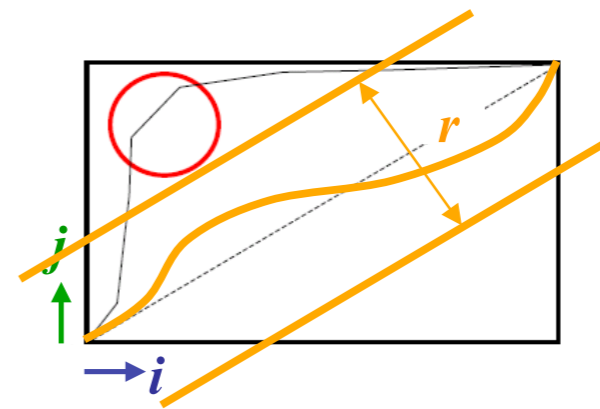


Guarantees that the alignment does not consider partially one of the sequences.

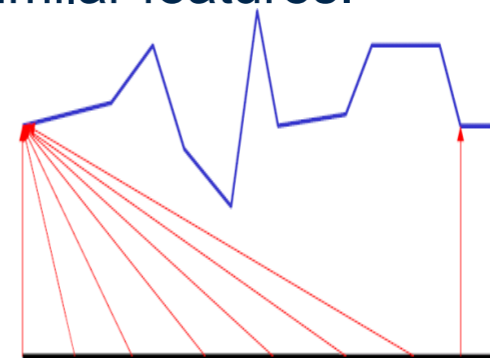


Warping Window:  $|i_s - j_s| \leq r$ , where  $r > 0$  is the window length.

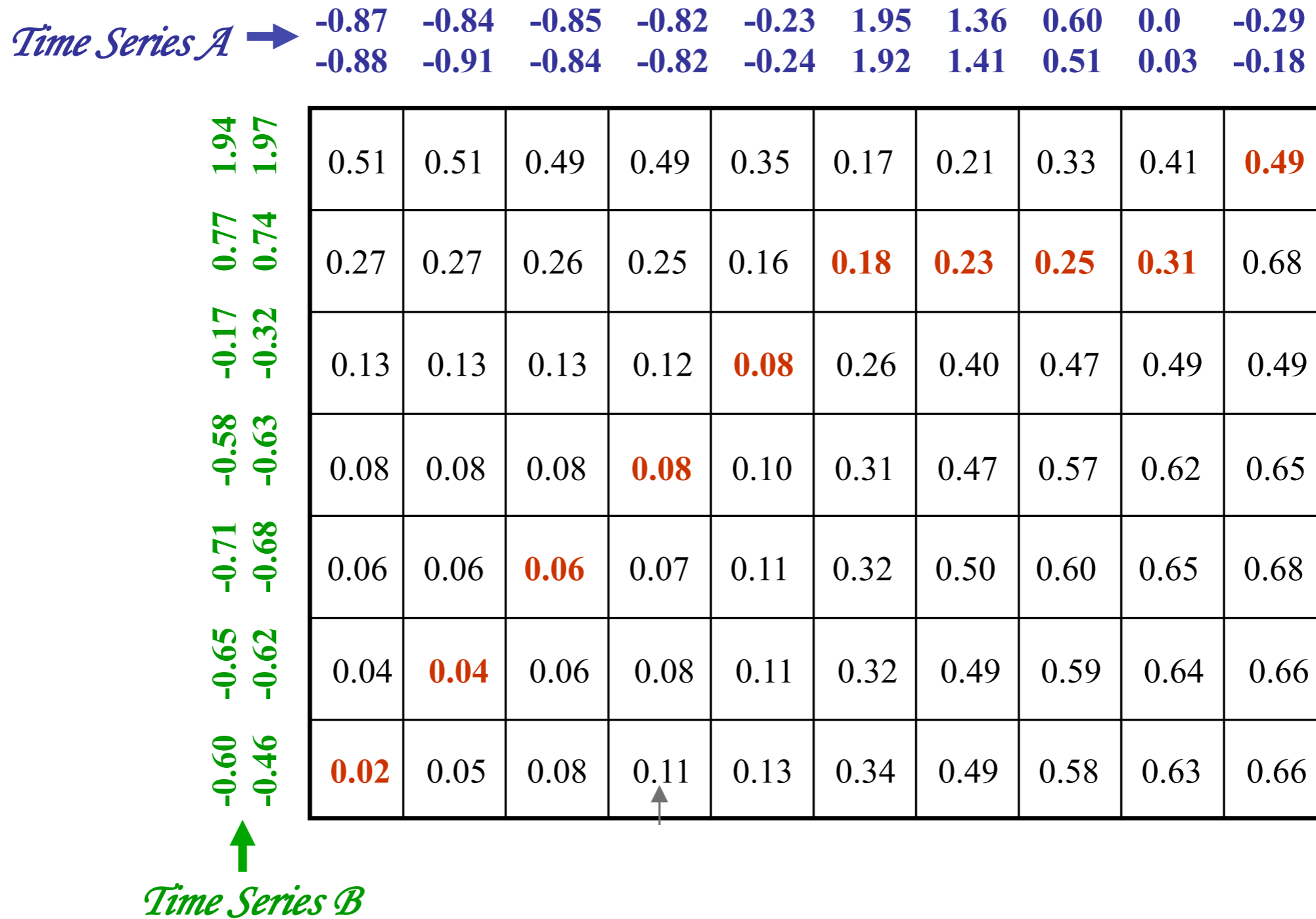
A good alignment path is unlikely to wander too far from the diagonal.



Guarantees that the alignment does not try to skip different features and gets stuck at similar features.

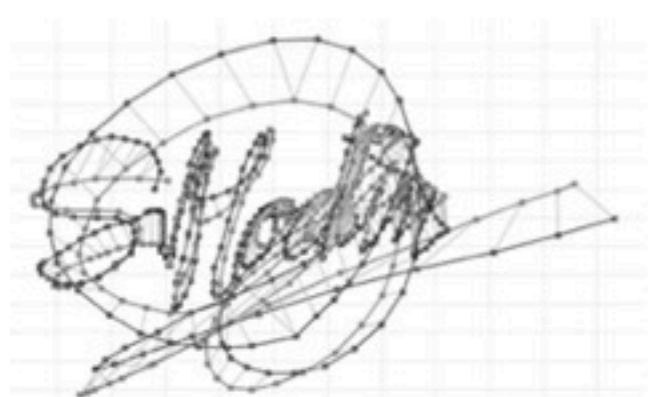


# DTW - příklad

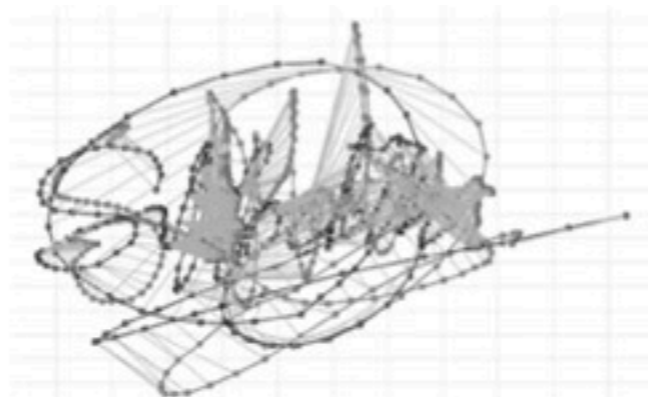


# Rozpoznání podpisu = **DEMO v MATLABU**

## ► Dynamic Time Warping



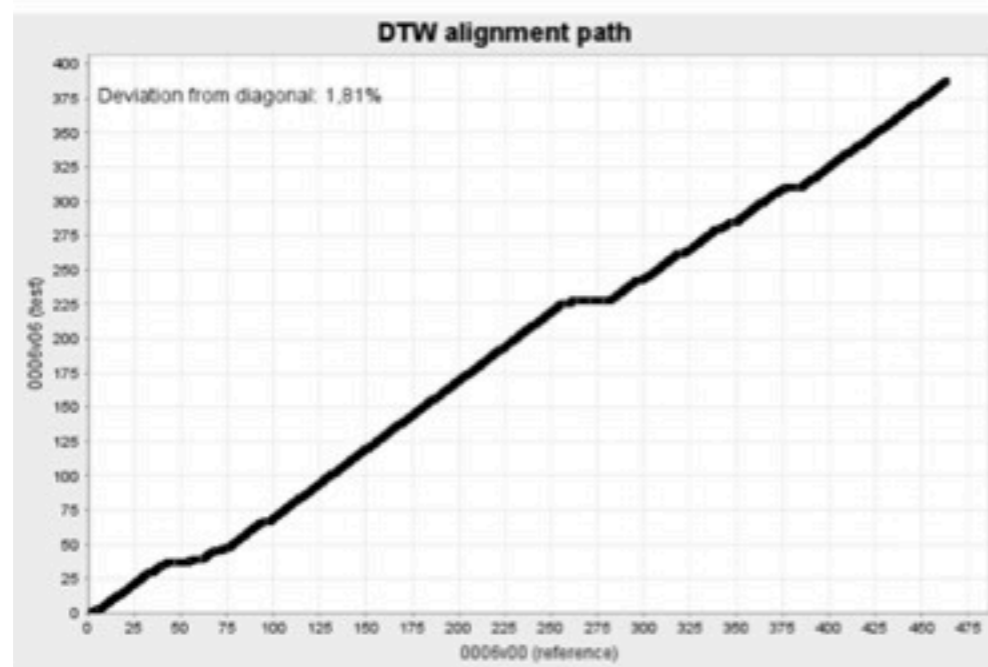
(a) Genuine-genuine



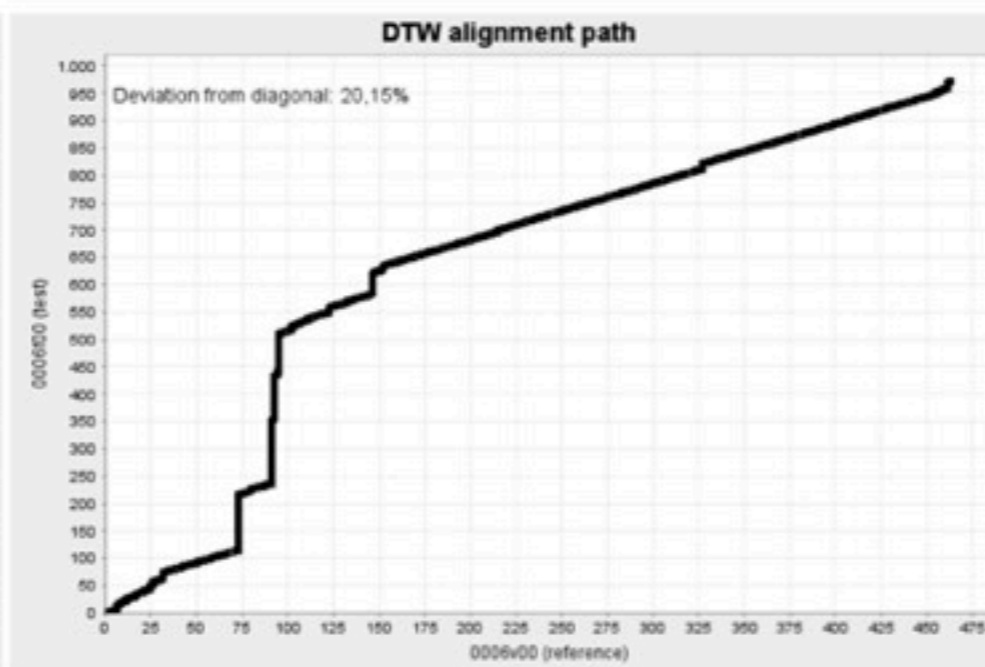
(b) Genuine-forgery



(c) Intra-class variability



(d) Gen-Gen DTW path



(e) Gen-Forg DTW path

**Děkuji za pozornost**