

# Rozpoznávání lidí podle otisků prstů a geometrie ruky

Vlasta Radová  
Západočeská univerzita v Plzni  
katedra kybernetiky

# Historie

---

- Archeologické důkazy o používání otisků prstů k identifikaci jsou již z doby 6-7 tisíc let před naším letopočtem (Čína, obchodní záležitosti)
- V Evropě jsou první zdokumentované vědecké údaje o otiscích prstů až z roku 1686 (Marcello Malpighi, italský lékař, profesor anatomie na Boloňské universitě)
- K výzkumu v oblasti otisků prstů přispěl i Jan Evangelista Purkyně (1787–1869), který rozlišoval 9 základních daktyloskopických vzorů: příčné záhyby, střední podélný pruh, šikmý pruh, šikmý záliv, mandle, spirála, elipsa, kruh, zdvojený vrcholek

# Princip

---

- Princip rozpoznávání vychází z existence **papilárních linií** na některých částech lidského těla – na vnitřní straně prstů rukou, na dlaních, na spodní straně prstů nohou a na chodidlech.



# Princip

---

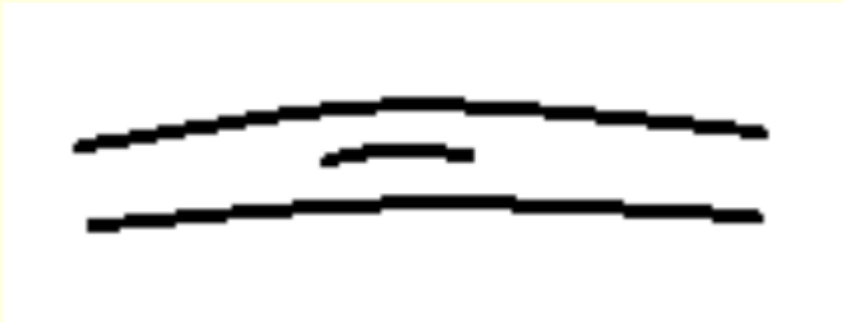
- Papilární linie jsou souvisle vyvýšené části pokožky dosahující výšky 0,1 – 0,4 mm a šířky 0,2 – 0,7mm.
- Kromě některých lidoopů se papilární linie jen zcela výjimečně objevují i u jiných savců (např. koaly)
- Nauka o obrazcích papilárních linií se nazývá **daktyloskopie**
  - z řečtiny daktylos = prst, skopein = vidět

# Základní daktyloskopické zákony

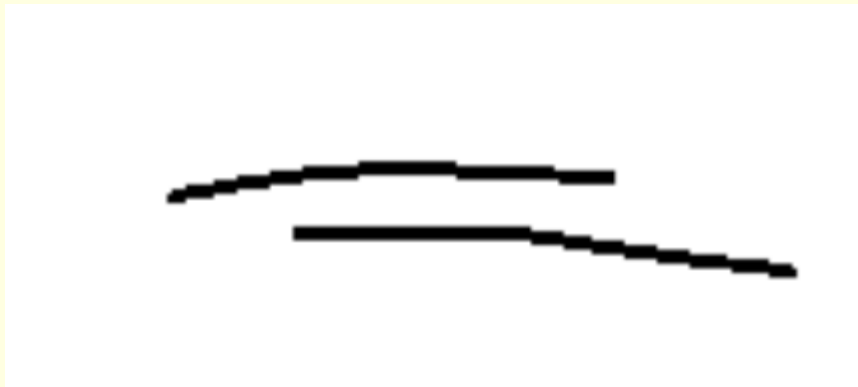
- **Na světě neexistují dva jedinci, kteří mají absolutně shodné obrazce papilárních linií.**
  - Matematicko-statistickými výpočty bylo prokázáno, že variace papilárních obrazců jsou velmi rozmanité. Teoreticky je možných cca 64 miliard různých variant obrazců. Tzn. předpokládá se, že je prakticky nemožné, aby na zeměkouli existovali dva různí lidé s naprosto stejnými obrazci papilárních linií.
- **Obrazce papilárních linií jsou po celý život relativně neměnné.**
  - Papilární linie se u člověka začínají tvořit ve čtvrtém měsíci embryonálního vývoje. Během růstu, hubnutí a stárnutí se může pokožka různě protahovat a posévat vráskami. Samotný tvar, sled, návaznost a poloha papilárních linií pokožky by měla zůstat neměnná.
- **Obrazce papilárních linií jsou trvale neodstranitelné, pokud není odstraněna zárodečná vrstva pokožky.**
  - Spálením, sedřením nebo seříznutím povrchové vrstvy kůže se papilární linie odstraní pouze dočasně, po kompletním zahojení pokožky jsou sejmuté otisky totožné s otisky sejmutými před poraněním.

# Základní daktyloskopické markanty

- krátká linie – papilární linie ve tvaru úsečky ležící uprostřed dvou rovnoběžných přímek papilárních linií



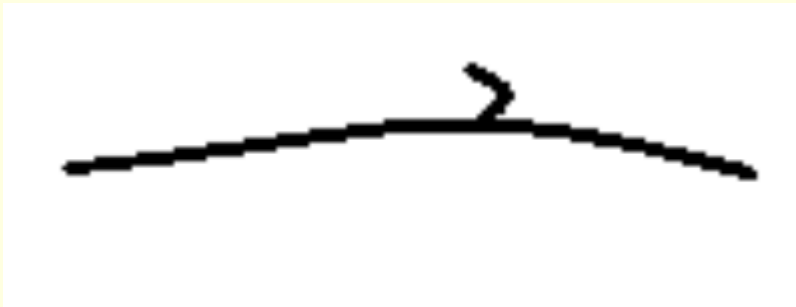
- začátek, konec – papilární linie mající tvar polopřímky



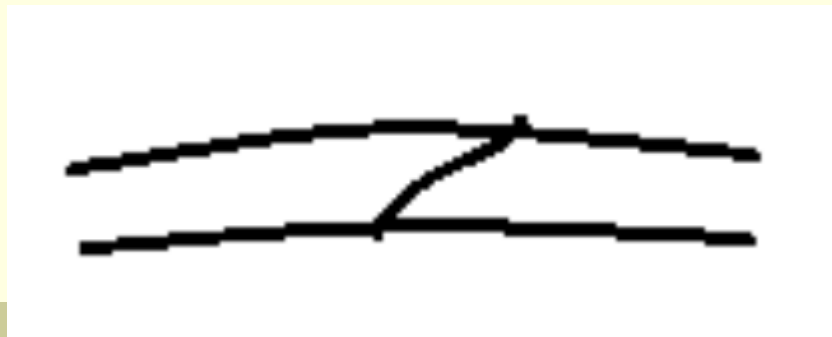
# Základní daktyloskopické markanty

---

- háček – rozdvojení papilárních linií tak, že jedna linie není delší než 3 mm

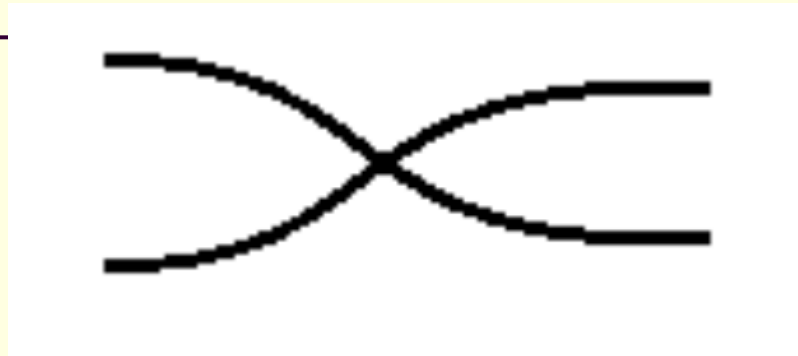


- můstek – dvě papilární linie jsou spojeny další, která však není delší než 3 mm



# Základní daktyloskopické markanty

- křížení – překřížení 2 papilárních linií
- zdvojení – ke zdvojení dochází u 2 paralelních papilárních linií; jedna protilehlá dvojice je přerušena, u druhé dochází k propojení protilehlých linií

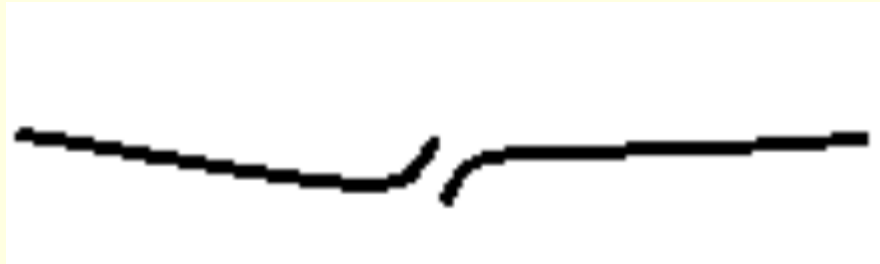




# Základní daktyloskopické markanty

---

- posunutí – jednoduchá papilární linie je přerušena a oba konce jsou vyhnuté směrem ven



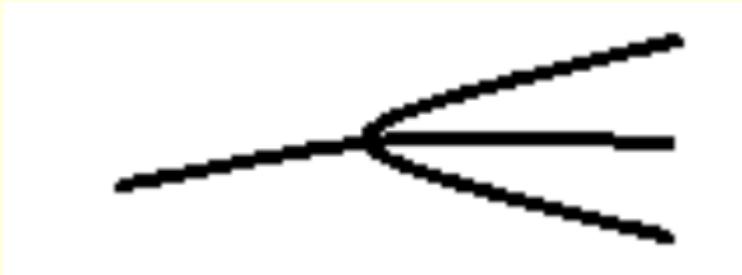
- dvojitá vidlice – papilární linie se rozděluje ve dvě, které jsou delší než 3 mm a jsou přibližně paralelní



# Základní daktyloskopické markanty

---

- trojitá vidlice – analogická ke dvojité vidlici s tím, že papilární linie se roztrojuje



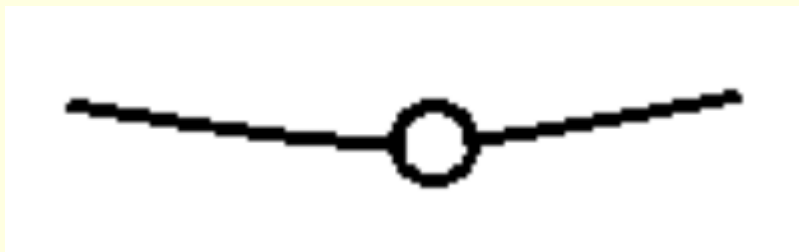
- tečka – samostatně stojící papilární linie ve tvaru tečky, v nejbližším okolí nejsou žádné papilární linie



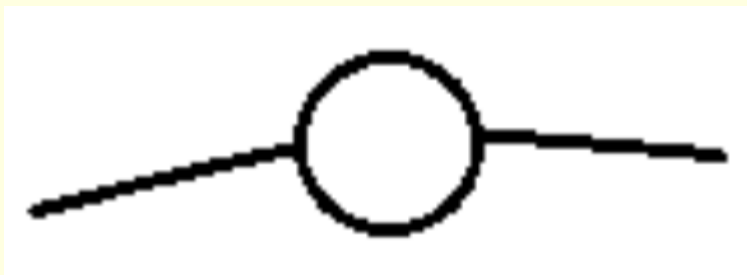
# Základní daktyloskopické markanty

---

- očko – papilární linie jsou spojeny do kruhu ne větším než 3 mm

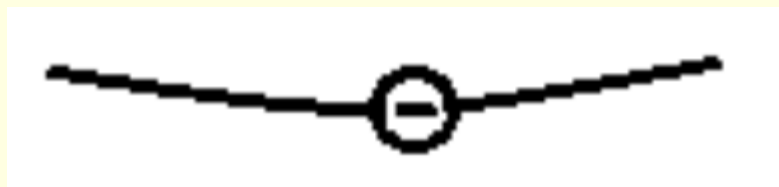


- ostrůvek – větší obdoba očka, kruhová oblast je větší než 3 mm a menší než 6 mm (uvnitř ostrůvku nesmí nic být)



# Základní daktyloskopické markanty

- ostrůvek s čárkou – papilární linie ne delší než 6 mm uzavřená do kruhového prostoru
- uzavřená smyčka – mezi dvěma nebo více papilárními liniemi je vytvořen prázdný prostor
- speciální markanty – zřídka se vyskytující markanty, např. otazník uzavřený do nepravidelného tvaru



# Identifikační hodnoty některých daktyloskopických markantů

Daktyloskopický markant	Identifikační hodnota
Trojité vidlice	3,7
Křížení	3,1
Zdvojení	2,6
Mústek	2,3
Posunutí	2,4
Očko	2,4
Háček	2,1
Krátká linie	2,0
Tečka	1,7
Dvojitá vidlice	1,3
Začátek, ukončení	1,0

# Daktyloskopické markanty

---

- Jednotlivé daktyloskopické markanty se nevyskytují v daktyloskopických stopách ve stejném počtu. To znamená, že jednotlivé daktyloskopické markanty mají různou identifikační hodnotu, kterou lze vyjádřit vztahem

$$I = -\log n,$$

kde  $I$  je identifikační hodnota daktyloskopického markantu a

$n$  je četnost výskytu markantů na  $1 \text{ mm}^2$ .

# Daktyloskopické markanty

---

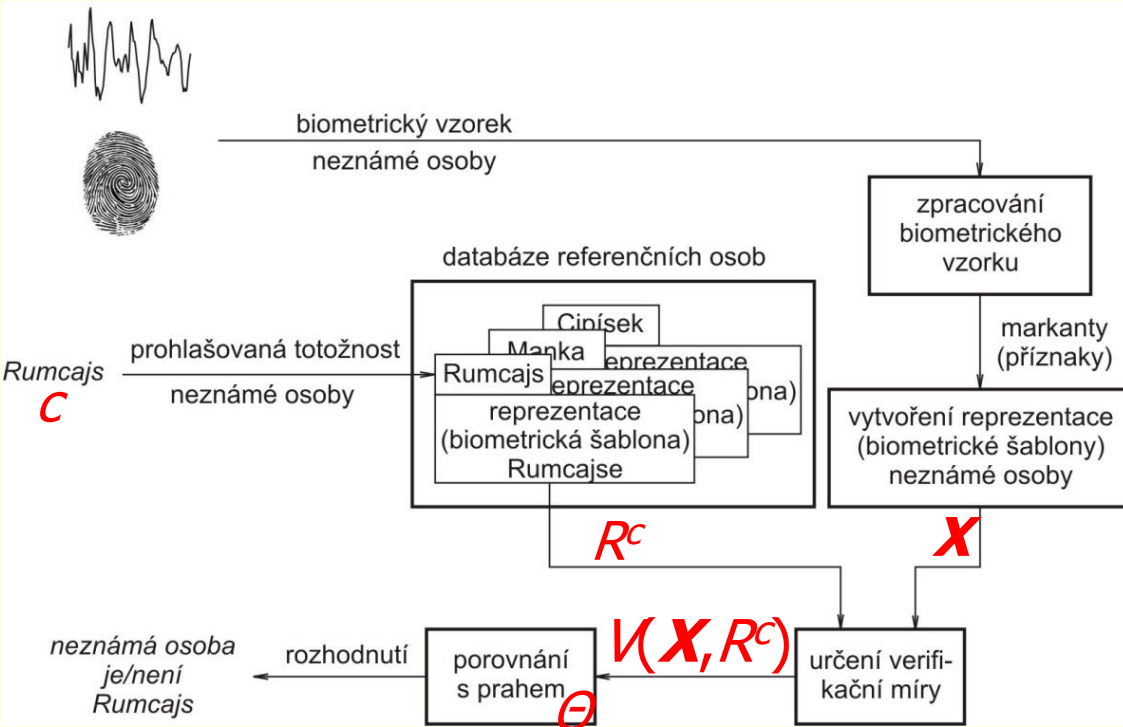
- Pro stanovení minimálního počtu markantů, které jsou zapotřebí k určení vzájemné shody mezi otiskem prstu 2 osob, lze využít vztah

$$P = -\log \frac{1}{N} = \log N ,$$

$P$  je součet identifikačních hodnot jednotlivých charakteristických znaků ve sledovaném otisku,  $N$  je počet otisků prstů všech žijících osob.

- Vezmeme-li v úvahu, že na Zemi žilo k 8. 9. 2019 na Zemi cca 7,597miliard lidí, kteří mají celkem  $7,597 \cdot 10^9 \cdot 10$  otisků prstů, dostaneme  $P=10,88$ .

# Počítačové vyhodnocování otisků prstů - verifikace



$X$  ... šablona neznámé osoby

$R^c$  ... šablona osoby  $c$

$c$  ... prohlašovaná totožnost neznámé osoby

$\Theta$  ... verifikační práh

$V(X, R^c)$  ... míra podobnosti mezi šablonou  $X$  a  $R^c$

je-li  $V(X, R^c) > \Theta$ , je neznámá osoba akceptována jako osoba  $c$

je-li  $V(X, R^c) \leq \Theta$ , není neznámá osoba akceptována jako osoba  $c$



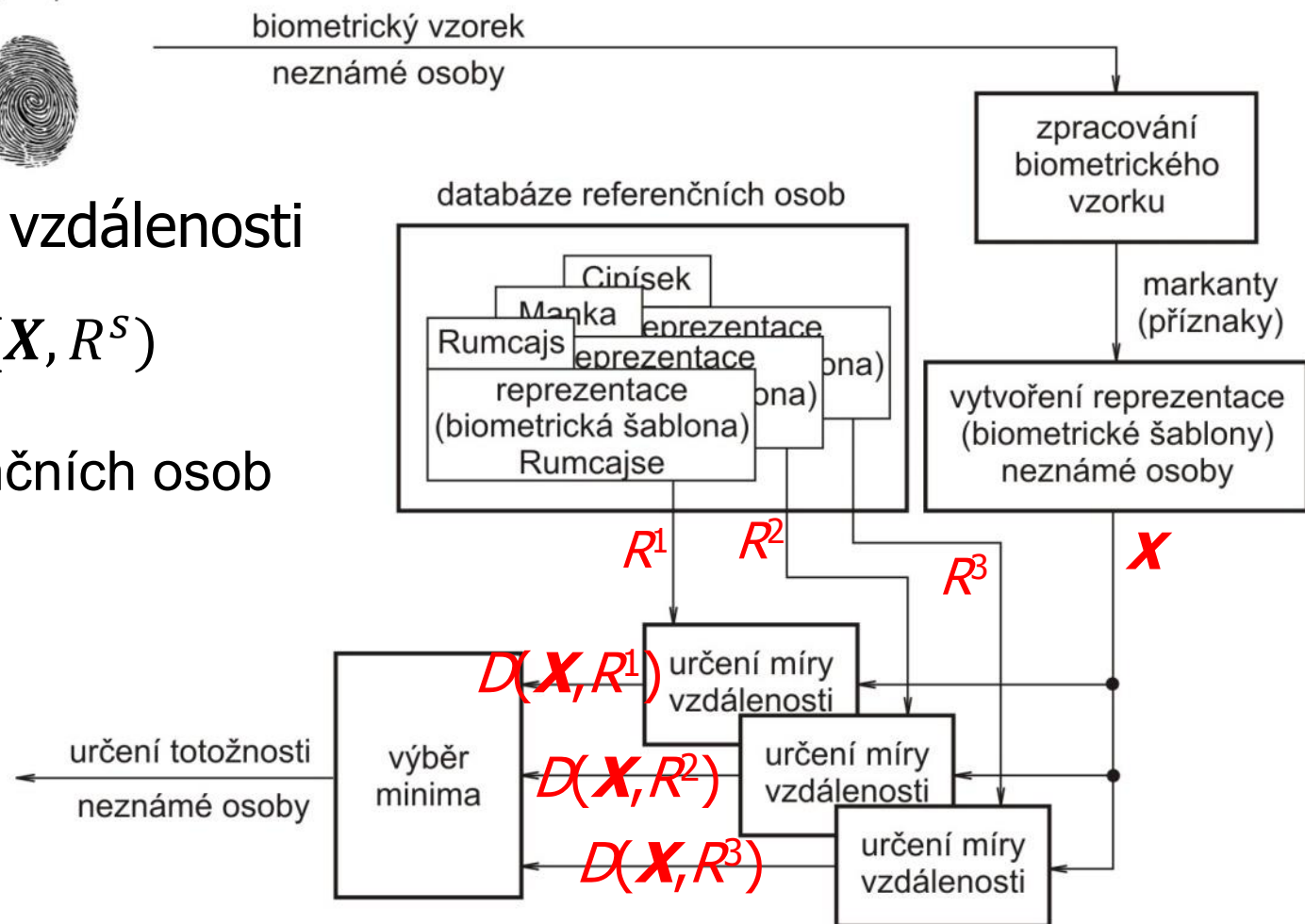
# Počítačové vyhodnocování otisků prstů – identifikace



s využitím míry vzdálenosti

$$s^* = \underset{s=1, \dots, S}{\operatorname{argmin}} D(X, R^s)$$

S ... počet referenčních osob



# Počítačové vyhodnocování otisků prstů

---

- sejmutí otisku
- předzpracování obrazu otisku prstu
- nalezení a extrakce markantů
- porovnání otisků
- rozhodnutí

# Snímání otisků prstů – kontaktní snímače

---

- **optické** – zdroj světla osvětlí plochu prstu přiloženého na desku senzoru, odrážené světlo je snímáno kamerou. Množství odráženého světla záleží na hloubce papilárních linií a brázd, papilární linie odrážejí světlo více, brázdy méně.
- **kapacitní** – senzor je tvořen z velkého počtu vzájemně odizolovaných vodivých ploch, jejichž jemnost je vyšší než jemnost papilárních linií. Dotykem prstu papilární linie „přemostují“ jednotlivé vodivé plošky, brázdy působí jako izolant. Měří se napětí a kapacitní úbytky mezi jednotlivými vodivými ploškami.

# Snímání otisků prstů – kontaktní snímače

---

- **optoelektronické** – mají 2 základní vrstvy. Vrstva, na kterou se přikládá prst emituje po dotyku světlo, které je zachyceno druhou vrstvou s fotodiodami, které převádějí světelný obraz na obraz elektronický.
- **tlakové** – povrch snímače je tvořen piezoelektrickým materiálem, který tlak převádí na elektrický signál. Papilární linie vytvářejí na snímači větší tlak, než papilární brázdy.
- **teplotní** – snímač je tvořen pyrolektrickou buňkou. Princip je založen na faktu, že papilární linie dotýkající se snímače vyzařují více tepla, než papilární brázdy, které jsou od povrchu snímače více vzdáleny.

# Snímání otisků prstů – bezkontaktní snímače

---

- **optické** – princip je podobný jako u optických kontaktních snímačů, světelný paprsek však dokáže snímat daktyloskopický otisk na vzdálenost 30 až 50 mm.
- **ultrazvukové** – princip je podobný jako u optických snímačů, místo světelného paprsku se však používá ultrazvukový signál..

# Předzpracování obrazu otisku prstu

---

- používají se metody zpracování digitalizovaného obrazu; smyslem je zvýraznit kresbu papilárních linií, zvětšit kontrast v plastické kresbě otisku a odstranit všechny nežádoucí šumy (tj. nekvalitní nebo nečitelné oblasti, nereálné nebo falešné markanty, jizvy apod.)

# Nalezení a extrakce markantů

- Většina softwarových aplikací využívá pouze nejjednodušší daktyloskopické markanty – začátek a konec papilární linie a dvojitou vidlici.
- Množina nalezených markantů tvoří biometrickou šablonu daktyloskopického otisku.
- Nejčastěji používaná šablona je tvořena grafickým pospojováním jednotlivých markantů



# Porovnání šablon

---

- Při porovnání se ztotožňuje právě sejmutá šablona otisku prstu se šablonami uloženými v referenční databázi.
- Porovnávají se jednotlivé markanty a markanty, které s nimi sousedí.
- Porovnání končí, pokud byly porovnány všechny kombinační možnosti markantů a jejich sousedů nebo pokud byla nalezena shoda v dostatečném počtu markantů.



# Detekce živosti otisku prstů

---

- Otisky prstů cizí osoby lze snadno získat z předmětů, kterých se tato osoba dotýkala. Pak je možné vyrobit otisk prstu uměle.
- Možnosti detekce živosti otisku prstu:
  - detekce potu
  - využití spektroskopických vlastností lidské kůže
  - ultrazvuk
  - teplota
  - změny při přítlaku prstu
  - elektrické vlastnosti kůže...

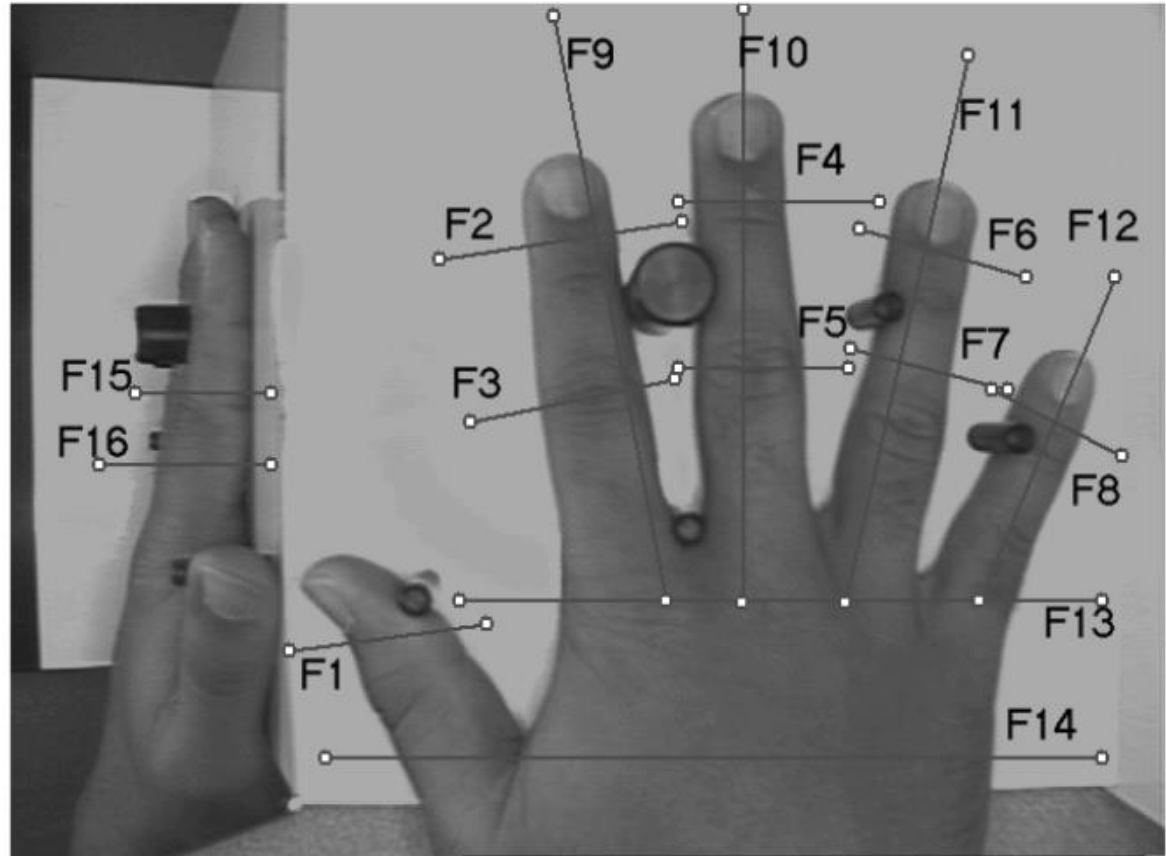
# Rozpoznávání osob pomocí geometrie ruky

---

- První zařízení tohoto typu bylo vyvinuto v 70. letech 20. století a bylo založeno na měření délek jednotlivých prstů ruky (tj. 1D měření).
- Další vývojová řada pracovala s 2D technologií, kdy se měřila délka a šířka všech prstů jedné ruky.
- V současné době se používá 3D měření, kdy se měří délka, šířka a výška prstů jedné ruky.

# Rozpoznávání osob pomocí geometrie ruky

- Předpokládá se, že kombinace délky, šířky a výšky prstů jedné ruky (používá se pravá ruka) a jejich tvar (tj. obrys, kontura), jsou jedinečné.



A. K. Jain, A. Ross, S. Pankanti. A Prototype Hand Geometry-based Verification System. In Proc. of 2nd Int'l Conference on Audio- and Video-based Biometric Person Authentication (AVBPA), Washington D.C., pp.166-171, March 22-24, 1999.

# Rozpoznávání osob pomocí geometrie ruky

---

- Výhodou je, že identifikační charakteristiky ruky se od dospělosti nemění. Případné změny jsou způsobovány buď změnou tloušťky prstů a dlaně jako takové, nemocemi (např. artritida), nebo úrazy.
- Metoda se používá výhradně v komerčně bezpečnostní sféře (přístup do budov apod.)

# Studijní literatura

---

- Rak, Roman; Matyáš, Václav; Říha, Zdeněk. Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. 1. vyd. Praha : Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
- Drahanský, Martin; Orság, Filip. Biometrie. 1. vydání Computer Press, a.s., Brno, 2011. ISBN 978-80-254-8979-6.



# Děkuji za pozornost