

Obecný princip biometrických technologií

Vlasta Radová
Západočeská univerzita v Plzni
katedra kybernetiky

Používané pojmy

- **Biometrický vzorek** – odraz anatomicko-fyziologických nebo behaviorálních charakteristik člověka. Je to např. daktyloskopický otisk na předmětu, kapka krve, slina, zvukový záznam, fotografie, podpis, apod.
- **Biometrické charakteristiky** – všechny jakýmkoli způsobem měřitelné údaje z biometrického vzorku.
- **Biometrické markanty** (u klasifikátorů se místo „markanty“ používá pojem „příznaky“) – ta část biometrických charakteristik, která lze efektivně využít pro identifikaci či verifikaci člověka.
- **Biometrická šablona** (u klasifikátorů se místo „šablona“ používá pojem „obraz“) – jsou to naměřené hodnoty minimálního počtu markantů, které plně postačují pro jednoznačný popis identifikovaného/verifikovaného jedince.

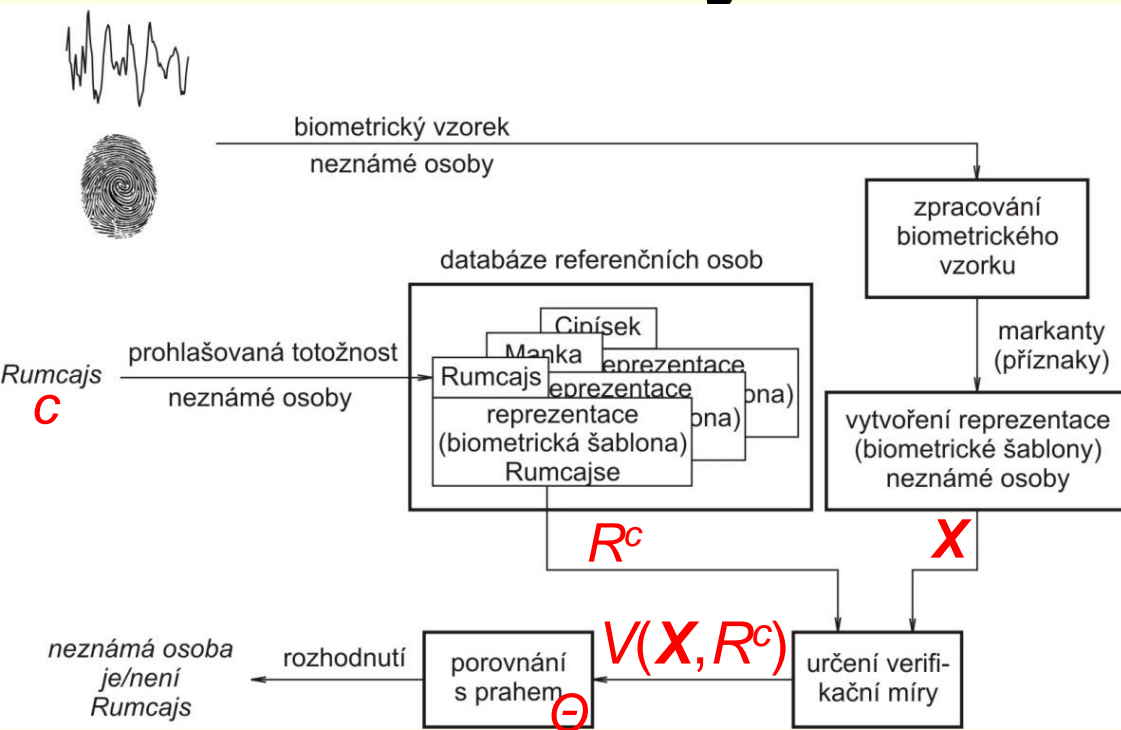
Rozdíl mezi identifikací a verifikací

- v obou případech se jedná o zjištění identity nějaké neznámé osoby
- u **verifikace** se ptáme, zda ta neznámá osoba je skutečně ten, za koho se vydává
- u **identifikace** se ptáme, kdo ta neznámá osoba je

Verifikace

- ptáme, zda neznámá osoba je skutečně ten, za koho se vydává
- co máme k dispozici
 - biometrické markanty té neznámé osoby
 - tzv. prohlašovanou totožnost neznámé osoby (tzn. víme, za koho se tato osoba vydává)
 - šablonu osoby, za kterou se neznámá osoba vydává
- úkolem je ověřit, zda markanty neznámé osoby jsou dostatečně podobné biometrické šabloně člověka, za kterého se neznámá osoba vydává

Verifikace s využitím míry podobnosti



X ... šablona neznámé osoby

R^c ... šablona osoby c

c ... prohlašovaná totožnost neznámé osoby

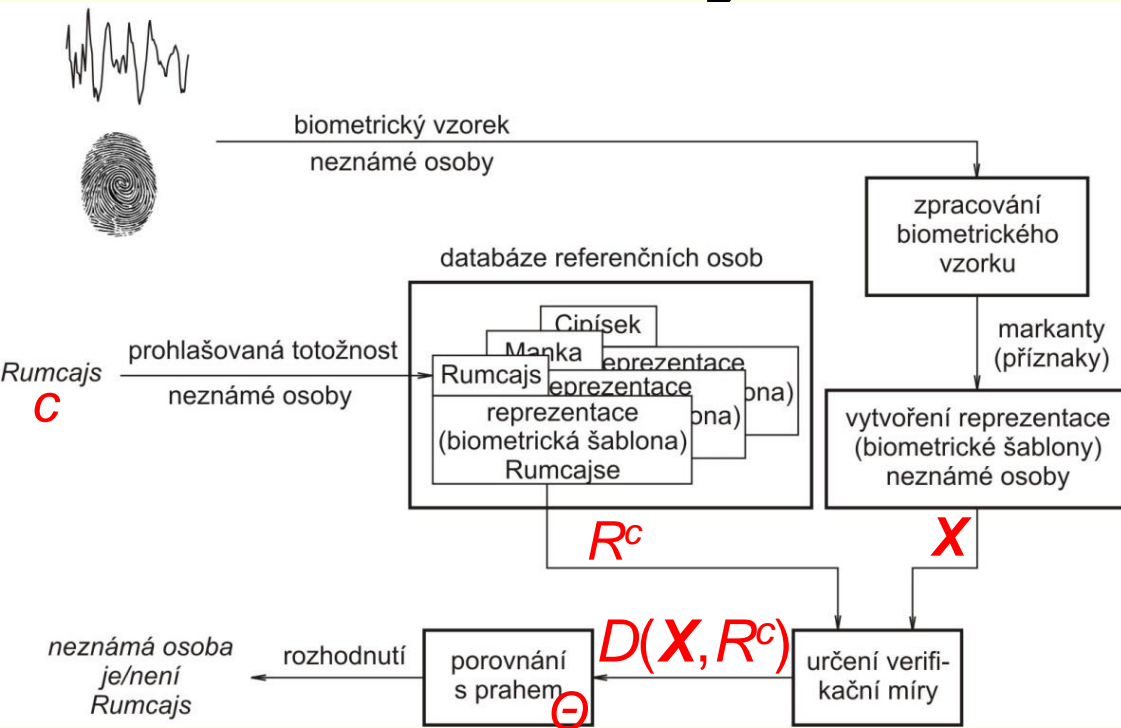
Θ ... verifikační práh

$V(X, R^c)$... 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

Verifikace s využitím míry vzdálenosti



X ... šablona neznámé osoby

R^c ... šablona osoby c

c ... prohlašovaná totožnost neznámé osoby

Θ ... verifikační práh

$D(X, R^c)$... míra vzdálenosti mezi šablonou X a R^c

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

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

Možné výsledky činnosti verifikačního systému

Skutečná totožnost neznámé osoby	Prohlašovaná totožnost neznámé osoby	Rozhodnutí verifikačního systému	Výsledná situace
Rumcajs	Rumcajs	neznámá osoba je Rumcajs ✓	správné přijetí
		neznámá osoba není Rumcajs !	nesprávné odmítnutí (FR = false rejection)
Podvodník	Rumcajs	neznámá osoba je Rumcajs !	nesprávné přijetí (FA = false acceptance)
		neznámá osoba není Rumcajs ✓	správné odmítnutí

Možné chybové výsledky činnosti verifikačního systému

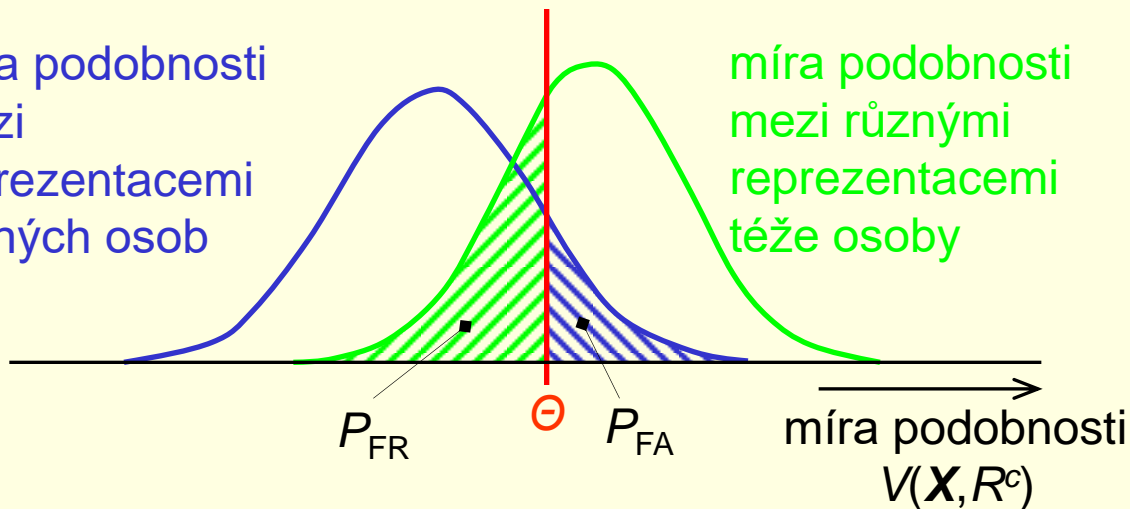
- **Nesprávné odmítnutí** (false rejection – FR; ve statistice se používá název chyba I. druhu)
 - systém neakceptuje neznámou osobu jako osobu, za kterou se neznámá vydává, i když by ji akceptovat měl
- **Nesprávné přijetí** (false acceptance – FA; ve statistice se používá název chyba II. druhu)
 - systém akceptuje neznámou osobu, jako osobu, za kterou se neznámá osoba vydává, i když by ji akceptovat neměl

Stanovení verifikačního prahu (pro podobnostní verifikační míru)

rozdělení pravděpodobnosti
podobnostní verifikační míry

míra podobnosti
mezi
reprezentacemi
různých osob

míra podobnosti
mezi různými
reprezentacemi
téže osoby



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

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

P_{FR} ... pravděpodobnost chyby způsobené nesprávným odmítnutím

P_{FA} ... pravděpodobnost chyby způsobené nesprávným přijetím

hodnota prahu Θ je dána kompromisem mezi P_{FR} a P_{FA}

Stanovení verifikačního prahu

(pro podobnostní verifikační míru)

- **míra podobnosti mezi reprezentacemi různých osob** – jaká je podobnost např. mezi fotografiemi různých osob, nebo mezi hlasy různých osob apod.
- **míra podobnosti mezi různými reprezentacemi téže osoby** – jaká je podobnost fotografiemi téže osoby např. při pohledu zředu a z boku, nebo jaká je podobnost mezi hlasy téhož člověka v různých situacích (když je zdravý, když je nachlazený, apod.)

Verifikace (připomenutí)

- ptáme, zda neznámá osoba je skutečně ten, za koho se vydává
- co máme k dispozici
 - biometrické markanty té neznámé osoby
 - tzv. prohlašovanou totožnost neznámé osoby (tzn. víme, za koho se tato osoba vydává)
 - šablonu osoby, za kterou se neznámá osoba vydává
- úkolem je ověřit, zda markanty neznámé osoby jsou dostatečně podobné biometrické šabloně člověka, za kterého se neznámá osoba vydává

Identifikace

- ptáme, kdo neznámá osoba je
- co máme k dispozici
 - biometrické markanty té neznámé osoby
 - šablony tzv. referenčních osob
- úkolem je určit, které z referenčních osob markanty neznámé osoby patří

Identifikace

- předpokládáme-li, že markanty neznámé osoby určitě patří některé z referenčních osob → ***identifikace v uzavřené množině***
- předpokládáme-li, že markanty neznámé osoby nikomu z referenčních osob patřit nemusí → ***identifikace v otevřené množině***

Identifikace v uzavřené množině

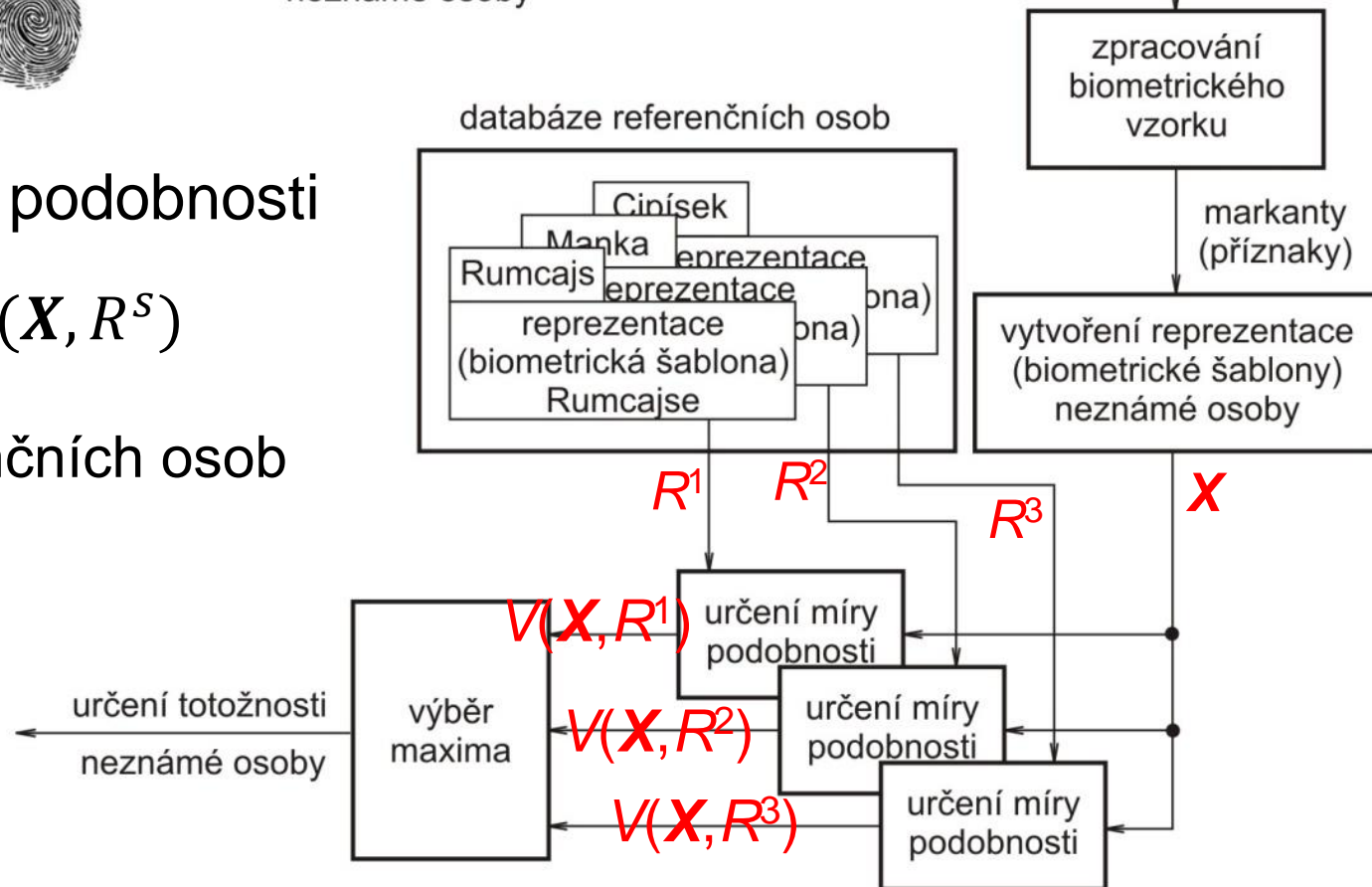


biometrický vzorek
neznámé osoby

s využitím míry podobnosti

$$s^* = \operatorname{argmax}_{s=1,\dots,S} V(X, R^s)$$

S ... počet referenčních osob



Identifikace v uzavřené množině

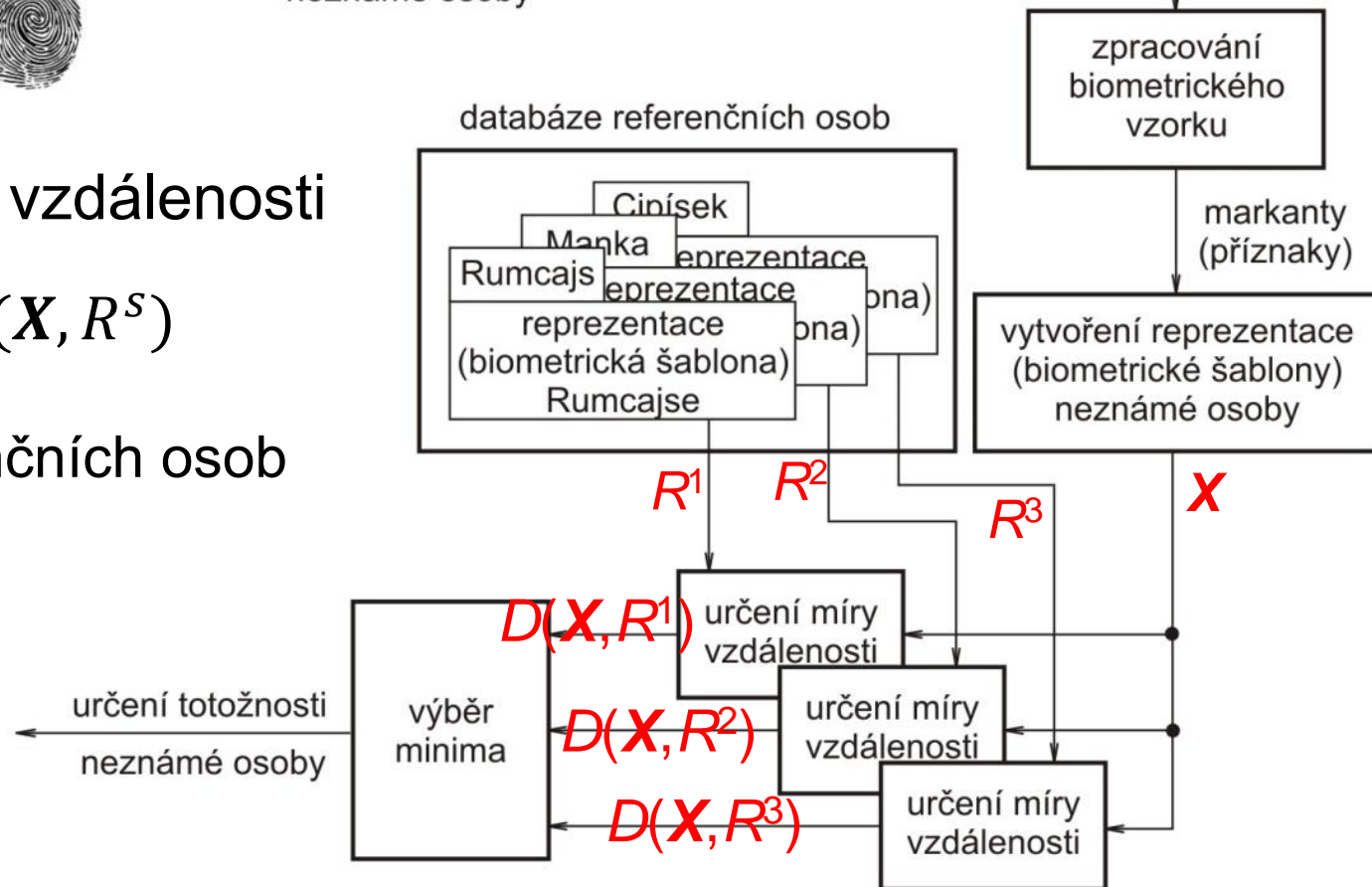


biometrický vzorek
neznámé osoby

s využitím míry vzdálenosti

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

S ... počet referenčních osob



Identifikace v otevřené množině

s využitím míry podobnosti

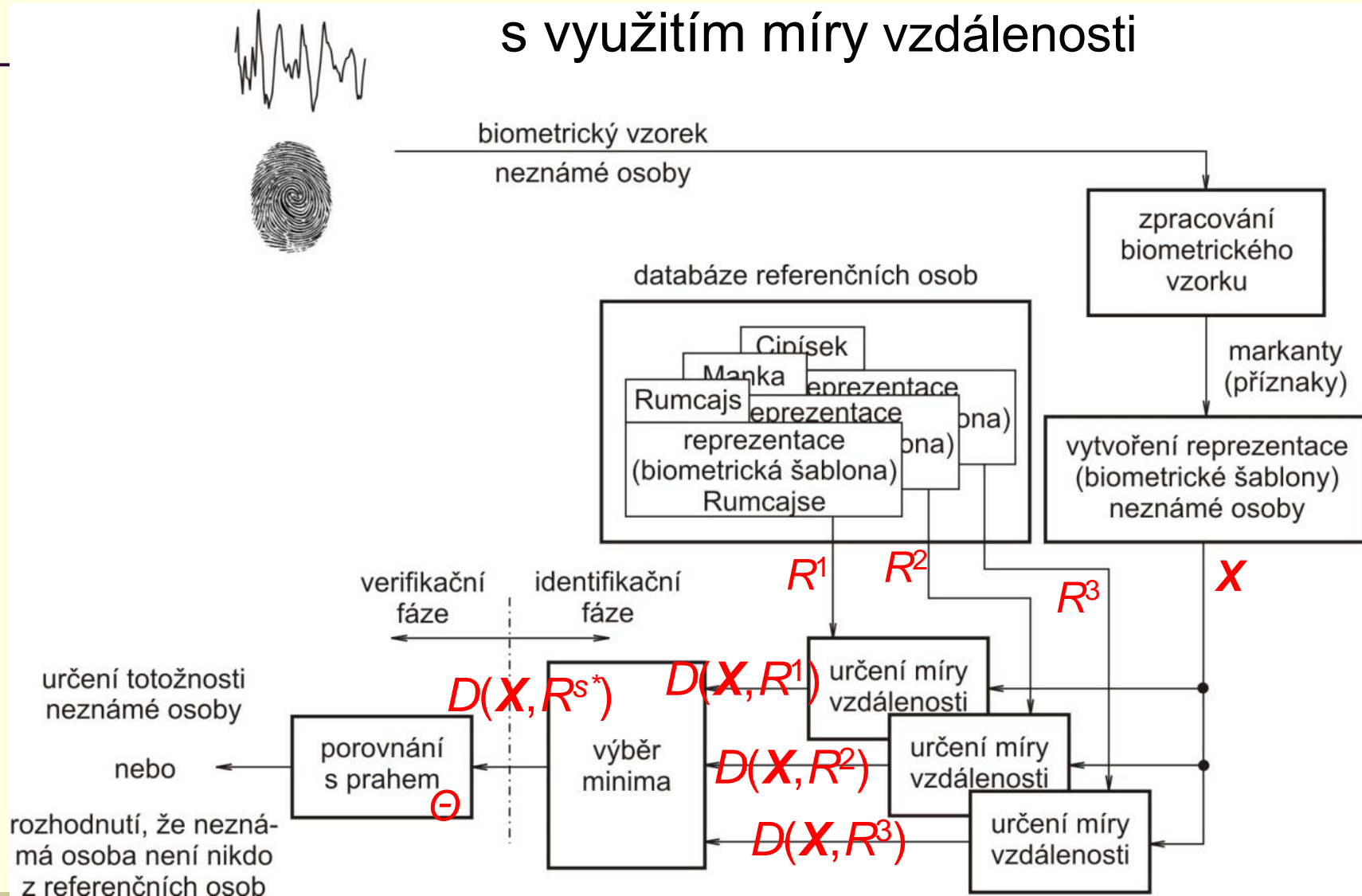
Najdeme

$$s^* = \operatorname{argmax}_{s=1,\dots,S} V(\mathbf{X}, R^s)$$

Je-li $V(\mathbf{X}, R^{s^*}) > \Theta$, je neznámá osoba identifikována jako osoba s^* .

Je-li $V(\mathbf{X}, R^{s^*}) \leq \Theta$, není neznámá osoba nikdo z referenčních osob.

Identifikace v otevřené množině s využitím míry vzdálenosti



Identifikace v otevřené množině

s využitím míry vzdálenosti

Najdeme

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

Je-li $D(\mathbf{X}, R^{s^*}) < \Theta$, je neznámá osoba identifikována jako osoba s^* .

Je-li $D(\mathbf{X}, R^{s^*}) \geq \Theta$, není neznámá osoba nikdo z referenčních osob.

Měření výkonnosti biometrických metod a zařízení

- Obvykle se používá nějaká míra související s počtem případů nesprávného přijetí a počtem případů nesprávného odmítnutí.
 - dvojice **poměrný počet chyb nesprávného přijetí** $R_{FA}(\Theta)$ a **poměrný počet chyb nesprávného odmítnutí** $R_{FR}(\Theta)$
 - **míra rovnosti chyb** R_{EER} (angl. Equal Error Rate, zkr. EER)
 - **ztrátová funkce** $Q(\Theta)$
 - **křivka ROC** (angl. Receiver Operating Characteristic Curve)
 - **křivka DET** (angl. Detection Error Trade-off Curve)

Poměrný počet chyb nesprávného přijetí

- je odhadem pravděpodobnosti, že systém bude akceptovat podvodníka, a počítá se podle vztahu

$$R_{\text{FA}}(\Theta) = \frac{n_{\text{FA}}(\Theta)}{n_{\text{podv}}}$$

- n_{podv} je počet neoprávněných verifikačních pokusů
- $n_{\text{FA}}(\Theta)$ je počet pokusů, ve kterých systém při verifikačním prahu Θ akceptoval podvodníka jako osobu, za kterou se podvodník vydával.

Poměrný počet chyb nesprávného odmítnutí

- je odhadem pravděpodobnosti, že systém že systém odmítne oprávněnou osobu, a počítá se podle vztahu

$$R_{\text{FR}}(\Theta) = \frac{n_{\text{FR}}(\Theta)}{n_{\text{spr}}}$$

- n_{spr} je počet oprávněných verifikačních pokusů
- $n_{\text{FR}}(\Theta)$ je počet pokusů, ve kterých systém při verifikačním prahu Θ odmítl oprávněnou osobu

Míra rovnosti chyb

- Umožňuje ohodnotit činnost verifikačního systému jediným číslem

$$R_{\text{EER}} = R_{\text{FR}}(\Theta_{\text{EER}}) = R_{\text{FA}}(\Theta_{\text{EER}})$$

- Pro určení míry R_{EER} je tedy třeba najít takovou hodnotu prahu Θ_{EER} , pro kterou se sobě rovnají poměrný počet chyb nesprávného přijetí a poměrný počet chyb nesprávného odmítnutí (neodpovídá reálným podmínkám).
- V praxi se verifikační práh většinou nastavuje tak, že se sobě poměrný počet chyb nesprávného přijetí a poměrný počet chyb nesprávného odmítnutí nerovnají.

Ztrátová funkce

- Umožňuje ohodnotit činnost verifikačního systému jediným číslem

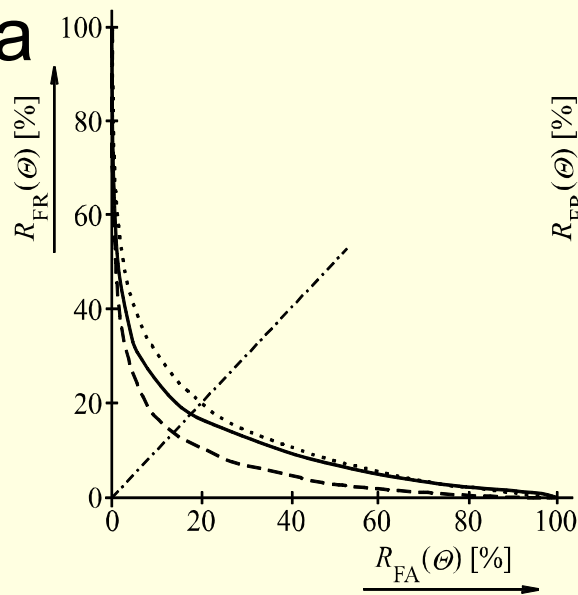
$$Q(\Theta) = z_{FR} R_{FR}(\Theta) P_{spr} + z_{FA} R_{FA}(\Theta) P_{podv}$$

- z_{FR} značí ztrátu způsobenou chybou nesprávného odmítnutí
- z_{FA} udává ztrátu způsobenou chybou nesprávného přijetí
- P_{spr} je apriorní pravděpodobnost, že o verifikaci žádá oprávněná osoba
- P_{podv} je apriorní pravděpodobnost, že o verifikaci žádá podvodník
- Platí $P_{podv} = 1 - P_{spr}$.

Křivka ROC a křivka DET

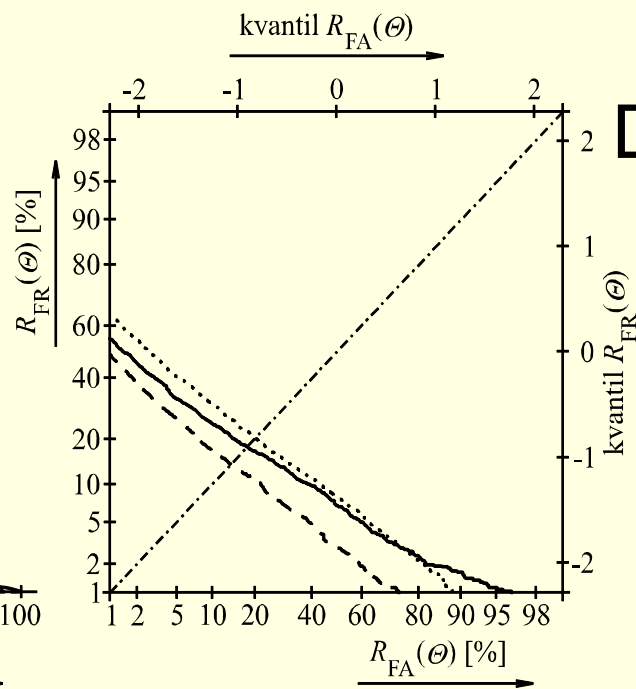
- obě křivky jsou závislosti míry $R_{FR}(\Theta)$ na míře $R_{FA}(\Theta)$

ROC křivka



a)

DET křivka



b)

čerchovaná přímka v grafech křivek ROC i DET znázorňuje situaci, kdy $R_{FR}(\theta) = R_{FA}(\theta)$. Průsečík této přímky s křivkou ROC, popř. křivkou DET tedy udává míru R_{EER} .

Křivka ROC

- Optimální bod ROC křivky je v levém dolním bodu grafu, ve kterém je míra chyby nesprávného přijetí $R_{FA}(\Theta)$ i míra chyby nesprávného odmítnutí $R_{FR}(\Theta)$ minimální.
- Čím více se křivka tomuto bodu blíží, tím je příslušný biometrický systém lepší.
- Nevýhodou křivky ROC však je, že pokud do jednoho grafu nakreslíme křivky několika biometrických systémů, budou tyto křivky zejména pro malé hodnoty $R_{FA}(\Theta)$ nebo $R_{FR}(\Theta)$ příliš nahuštěné a tudíž těžko rozlišitelné.

křivka DET

- umožňuje odstranit nevýhody křivky ROC
- na osách křivky DET opět uvádí poměrný počet chyb nesprávného přijetí $R_{FA}(\Theta)$ a poměrný počet chyb nesprávného odmítnutí $R_{FR}(\Theta)$, ve skutečnosti se ale na osy vynášejí hodnoty kvantilů normovaného normálního rozdělení, které těmto poměrným počtům chyb odpovídají
- protože hodnoty kvantilů se na osy vynášejí v lineárním měřítku, je měřítko os vyjadřujících poměrný počet chyb nelineární
- důsledkem pak je, že křivky reprezentující jednotlivé biometrické systémy verifikace řečníka jsou snáze odlišitelné