

RASPOZNAVANJE UZORAKA (RU)

prof. dr. sc. Slobodan Ribarić

1.1. UVOD

Raspoznavanje uzoraka (engl. Pattern Recognition; njem. Mustererkennung; franc. la reconnaissance des formes) - znanstvena disciplina iz područja Računarskih znanosti čiji je cilj **KLASIFIKACIJA** (razvrstavanje) **OBJEKATA** u jedan od brojnih **RAZREDA** ili **KLASA**.

- Raspoznavanje uzoraka - relativno mlada znanstvena disciplina : 1965.-1970. godine
- Raspoznavanje uzoraka - sastavni dio sustava umjetne (strojne) inteligencije (engl. Machine intelligence)

Primjeri područja uporabe RU

1.2.

a) Raspoznavanje vizualnih uzoraka

- klasifikacija znakova (slovačno-brojčanih, tiskanih, rukom pisanih, OCR sustavi (engl. Optical Character Recognition))
- medicinska dijagnostika
X-mamografija, tomografija
građa stanica
klasifikacija kromosoma
- robotski ili strojni (računarski) vid; interpretacija 3D scena
- detekcija i lokalizacija objekata na slikama
- otkrivanje prirodnih bogatstava na temelju satelitskih snimaka (ili avio snimaka)
- biometrijski sigurnosni sustavi
identifikacija / verifikacija
osoba na temelju slike lica, šarenice, retine, otiska dlana ili prstiju, potpisa i sl.
- lokalizacija, detekcija i raspoznavanje opasnih predmeta u prtljazi

b) Raspoznavanje zvučnih uzoraka

- raspoznavanje govora
- raspoznavanje govornika
- raspoznavanje jezika
- raspoznavanje zvuka
(pravičan rad stroja, tip vozila,
raspoznavanje koraka)

c) Raspoznavanje biomedicinskih uzoraka

- EKG
- EEG (Elektroencefalogram)
- dijagnosticiranje bolesti

d) Raspoznavanje uzoraka potresa

- raspoznavanje potresa
(prirodni uzrok ili podzemna
atomska eksplozija)
- raspoznavanje koraka
(razlikovanje ljudskog od
životinjskog)

e) Raspoznavanje ponašanja (složenih) sustava

- prognoza vremena
- raspoznavanje smjerova razvoja
- raspoznavanje razvoja ponude i potraž.

Međunarodni znanstveni časopisi u kojima se objavljuju najnoviji i najznačajniji rezultati istraživanja iz područja RU:

- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,
- IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,
- IEEE Transactions on Neural Networks,
- IEEE Transactions on Speech and Audio Processing,
- IEEE Transactions on Image Processing,
- IEEE Transactions on Fuzzy Systems,
- Pattern Recognition,
- Pattern Recognition Letters,
- Computer Vision and Image Understanding,
- Computer Speech and Language.

1.2. OSNOVNI POJMOVI I TERMINOLOGIJA

Okolina : Okolina O je skup predmeta, pojava i bića, kao i objekata, koje raspoznajemo :

$$O = OB \cup VO,$$

gdje je :

$$OB = \{ o_k : k = 1, 2, \dots \}$$

skup objekata

$$VO = \{ v_j : j = 1, 2, \dots \}$$

skup međusobnih relacija i veza između objekata u prostoru i vremenu

POZOR :

Bilo koji objekt (predmet, fizička pojava, pojam, činjenica ili stanje)

može se opisati odgovarajućim brojem funkcija. Vrijednost tih

funkcija daje karakterističnu

količinu u prostoru i

vremenu (u zavisnosti o vrsti objekta i osjetniku ili mjernom uređaju)

S. Ribarić, Raspoznavanje uzoraka

Universalni sustav za raspoznavanje koji je u stanju procesirati cijelu okolinu ili čak veći dio okoline NINE izvodištv (za sada) - zato pri oblikovanju sustava RU se ograničavamo na područje uporabe.

Područje uporabe: Područje uporabe sadrži samo one objekte $O_k \in OB$ i njihove međusobne vezp i odnose $v_j \in VO$ koje raspoznajemo:

$$PU \in O$$

Skup PU je odredan zadatkom sustava za raspoznavanje.

Primjeri:

Zadatok raspoznavanja :

Područja
uporabe

- raspoznavanje brojeva u rasponu od 0 do 9;
- raspoznavanje složenih znakova;
- raspoznavanje sastavnih dijelova određenog (složenog) proizvoda;
- raspoznavanje EKG-a,
- analiza slika dobivenih iz određenog broja spektralnih kanala

Uzorak: Generički izraz za objekte raspoznavanje jest uzorak (engl. Pattern).

Uzorak sadrži rezultat percepcije ili mjerenja (mjerna naprava, osjetnik) i predodređenu struju podataka o objektu ili objektima i njihovim međusobnim odnosima:

$$\underline{f}_p(\underline{x}) = \begin{bmatrix} f_{k_1}(x_1, x_2, \dots, x_q) \\ f_{k_2}(x_1, x_2, \dots, x_q) \\ \vdots \\ f_{k_p}(x_1, x_2, \dots, x_q) \end{bmatrix},$$

gdje p i q označavaju broj sustava osjetnika, odnosno mjernih naprava koje RU sustav koristi.

Primjeri:

- Sustav za raspoznavanje (gledaju i dijagnosticiranje) EKG signala:

$$f(t); \quad p=q=1 \quad t = \text{vrijeme}$$

- Sustav za raspoznavanje alfanumeričkih znakova:

$$f(x, y); \quad p=1, q=2$$

- Sustav za raspoznavanje objekata u slikama u boji:

$$f^R(x, y), f^G(x, y); f^B(x, y); \quad p=3, q=2$$

Funkcija koja preslikava objekt raspoznavanja u uzorak, mora biti takva da jednoznačno objekte iz razreda OB_i preslika u razred uzoraka C_i .

Razred objekata: Razred objekata $OB_i \subset OB$; $i = 1, 2, \dots, M$ je podskup onih objekata iz zadatog područja uporabe, na koje se odnosi oznaka (simbol, ime razreda) ω_i iz skupa oznaka razreda objekata $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M\}$.

Primjer: Područje uporabe i raspoznavanja veću mogu činiti razredi objekata označeni oznakama "banana", "limun", "kruška", ..., itd.

Za zadano područje uporabe broj razreda $M \geq 2$ je određen zadatkom sustava za raspoznavanje (možemo reći da je M apriorno poznat).

Vrijedi: $OB_i \cap OB_j = \emptyset$ za $\forall i \neq j$, i
 $\bigcup_{i=1}^M OB_i = OB$.

Razred uzoraka: Razred uzoraka C_i čine slične objekte iz razreda

OB_i ; $i = 1, 2, \dots, M$. Za svakodnevno područje uporabe P_U mora vrijediti da svaki par razreda uzoraka

(C_i, C_j) da je

$$C_i \cap C_j = \emptyset \text{ za } \forall i \neq j$$

te da je svaki uzorak iz razreda

C_i sličniji nekom drugom

uzorku iz razreda C_i , nego li

uzorku iz razreda C_j za $\forall i \neq j$.

Skup uzoraka koji opisuju područje uporabe: Prilikom oblikovanja

RU sustava moramo raspolagati s konačnim skupom uzoraka iz takvog područja uporabe.

Taj konačan skup S_N koji čine

M podskupova uzoraka S_i

mora zadovoljavati sljedeće:

- $S_i \subseteq C_i$ za $\forall i = 1, 2, \dots, M$,
- $S_i \neq \emptyset$ za $\forall i = 1, 2, \dots, M$,
- $S_i \cap S_j = \emptyset$ za $\forall i \neq j$ i
- $\bigcup_{i=1}^M S_i = S_N$,

gdje je C_i i -ti nabor uzoraka iz zadatog područja uporabe.

Sa N_i označimo kardinalni broj podskupa S_i

N - kardinalni broj skupa S_N , vrijedi:

$$N = \sum_{i=1}^M N_i.$$

Skup uzoraka za učenje ili vježbanje:

Skup uzoraka za učenje \mathcal{U}_M je konačan skup uzoraka iz zadatog područja uporabe \mathcal{PU} , iz kojeg sustav za RU može "naučiti" veze između oznake razreda i objekta raspoznavanja:

$$\mathcal{U}_M = (S_N, \Omega)$$

gdje je

S_N - skup uzoraka koji opisuju područje uporabe,

$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M\}$ - skup oznaka razreda objekata u zadanom području uporabe.

OPASKA:

Uzorke iz S_N u procesu oblikovanja sustava RU za zadano područje uporabe, izabire i označava čovjek - stručnjak za zadano područje (nazivamo ga "učitelj").

$U_M = \{U_1, U_2, \dots, U_M\}$, gdje je

$$U_i = \{(\underline{f}_i(\vec{x}), \omega_i), (\underline{f}_2(\vec{x}), \omega_i), \dots, (\underline{f}_{N_i}(\vec{x}), \omega_i)\};$$

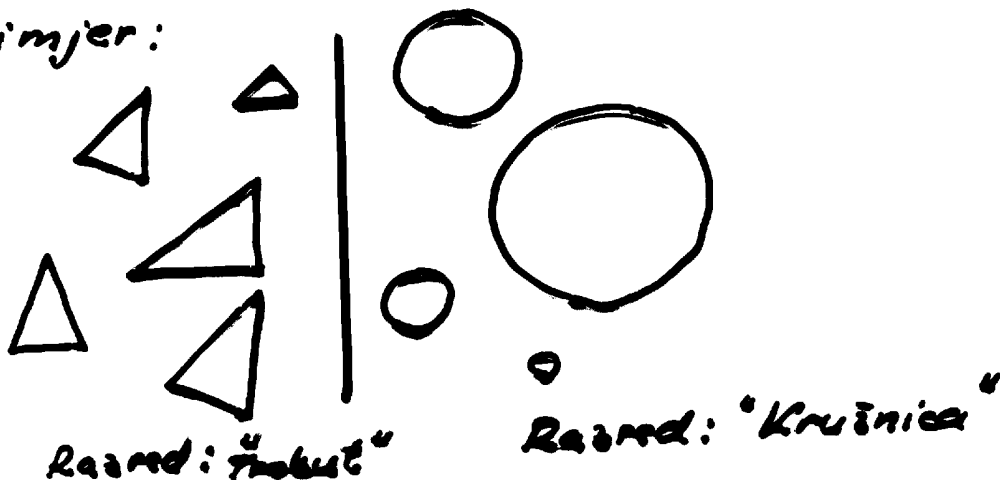
- $U_i \neq \emptyset$ za $\forall i = 1, 2, \dots, M$
- uzorci iz U_i moraju biti međusobno slični,
- uzorci iz U_i nisu slični uzorcima iz U_j za $\forall i \neq j$,

- $U_i \cap U_j = \emptyset$ za $\forall i \neq j$,
- $\bigcup_{i=1}^M U_i = \mathcal{U}_M$.

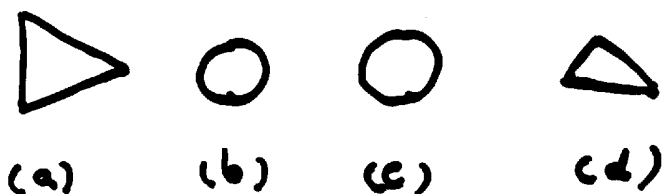
Učenje: Učenje je proces u kojem se uspostavlja veza između uzoraka iz skupa za učenje i oznakama razreda uzoraka.

Učenje s nepotpunom indukcijom pomoću koje posređujemo informaciju (koju sadrže relativno mali skup uzoraka za učenje*) na sve uzorke iz drugog područja uporabe $\mathcal{P}\mathcal{U}$.

Primjer:



* Skup uzoraka za učenje u pravilu nepotpuno opisuje $\mathcal{P}\mathcal{U}$



Ispitni primjeri geometrijskih likova

Tipovi uzoraka:

- **Jednostavan uzorak:** Uzorak je jednostavan ako ga raspoznavamo kao cjelinu (konkretni sustav RU je zanimljiv samo to osnaku razreda kojem uzorak pripada);
- Vrlo često je jednostavan uzorak slika samo jednog objekta raspoznavanja
- **Složeni (kompleksni) uzorak:** Uzorak se smatra složenim ako samo ime razreda nije dovoljno konkretnu sustav RU ili je čak klasifikacija uzorka neizvedljiva.

Primjer: - slika jednog slova ili znaka je jednostavan uzorak;

- slika jedne stranice teksta je složeni uzorak;
- signal izgovorene jedne riječi → jednostavan uzorak
- signal izgovorene priče → složen uzorak

Raspoznavanje (jednostavnih) uzoraka:

$$RU: f_k(x) \mapsto \omega_k; \quad \omega_k \in \Omega,$$

gdje je Ω skup od M oznaka razreda iz $\mathcal{P}\mathcal{U}$.

/ Vrlo često se pridodaje $M+1$ oznaka koje označava red "odbačenik" uzorka koje sustav odbija rekonstruirati /

Raspoznavanje složenih uzoraka:

$RU: f_k(x) \mapsto \lambda_k$, gdje je λ_k konstantan opis uzorka (pattern description, pattern interpretation);

Rezultat raspoznavanja složenih uzoraka:

- popis predmeta ili događaja koji su predmet zanimanja
- opis promjena utvrđenih iz vremenskih slijedova uzoraka
- opis sadržaja iz def. znakova ili riječi nekog prirodnog ili umjetnog jezika