

1 Raspoznavanje uzoraka

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 - sastavni dio sustava umjetne (strojne) inteligencije (eng. Machine intelligence)

Primjeri područja uporabe RU

a) Raspoznavanje vizualnih uzoraka

- klasifikacija znakova (slovčano-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 aviosnimaka)
- 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 (pravilan 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 ljudskih od životinjskog)

e) Raspoznavanje ponašanja (složenih) sustava

- prognoza vremena

- raspoznavanje smjerova razvoja
- raspoznavanje razvoja ponude i potražnje

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, kraće 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)

Univerzalni sustav za raspoznavanje koji je u stanju procesirati cijelu okolinu ili čak veći dio okoline NIJE IZVODLJIV (za sada) - zato pri oblikovanju sustava RU se ograničimo na područje uporabe.

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

$$PU \subset O$$

Skup PU je određen zadatkom sustava za raspoznavanje.

Primjeri: zadatak raspoznavanja :

$$\text{Područja uporabe} \left\{ \begin{array}{l} \text{-raspoznavanje brojaka u rasponu od 0 do 9} \\ \text{-raspoznavanje slovčanih znakova} \\ \text{-raspoznavanje sastavnih dijelova određenog (složenog) proizvoda} \\ \text{-raspoznavanje EKG-a} \\ \text{-analiza slika dobivenih iz određenog broja spektralnih kanala} \end{array} \right\}$$

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

Uzorak sadrži rezultat percepcije ili mjerenja (mjerna naprava, osjetnik) i predočava stroju podatke o objektu ili objektima i njihovim međusobnim odnosima:

$$f_k(X) = \begin{bmatrix} f_{k1}(x_1, x_2, \dots, x_q) \\ f_{k2}(x_1, x_2, \dots, x_q) \\ \vdots \\ f_{kp}(x_1, x_2, \dots, x_q) \end{bmatrix} \quad \text{gdje } p \text{ i } q \text{ zavise od sustava osjetnika, odnosno}$$

mjernih naprava koje RU sustav koristi.

Primjeri:

- Sustav za raspoznavanje (analizu i dijagnosticiranje) EKG signala:
 $f(t)$; $p = q = 1$, t-vrijeme
- Sustav za raspoznavanje alfanumeričkih znakova:
 $f(x, y)$; $p = 1, q = 2$
- Sustav za raspoznavanje objekata u slikama u boji:
 $f^R(x, y)$, $f^G(x, y)$ i $f^B(x, y)$; $p = 3, q = 2$

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 zadanog područja uporabe, na koje se odnosi oznaka (simobl, ime razreda) ω_i iz skupa oznaka razreda objekata

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M\}$$

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

Za zadano područje uporabe broj razreda $M \geq 2$ je određen zadatkom sustava za raspoznavanje (možemo reći da je M apriori 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 slike objekata iz razreda OB_i ; $i=1,2,\dots,M$. Za zadano područje uporabe PU mora vrijediti za 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 , negoli uzorku iz razreda C_j za $\forall i \neq j$

Skup uzoraka koji opisuje područje uporabe: Prilikom oblikovanja RU

sustava moramo raspolagati s konačnim skupom uzoraka iz zadanog 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 $\forall i = 1, 2, \dots, M$
- $S_i \cap S_j$ za $\forall i \neq j$
- $\bigcup_{i=1}^M S_i = S_N$

gdje je C_i i-ti razred uzoraka iz zadanog područja uporabe. Sa N_i označimo kardinalni broj podskupa S_i , a sa 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 zadanog područja uporabe 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 opisuje 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").

$$\mathcal{U}_M = \{U_1, U_2, \dots, U_M\}$$

$$U_i = \{(f_{i1}(\vec{x}), \omega_i), (f_{i2}(\vec{x}), \omega_i), \dots, (f_{iN_i}(\vec{x}), \omega_i)\}$$

$$U_i \neq \emptyset \text{ za } \forall i = 1, 2, \dots, M$$

- 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 uspostavljaju veze između uzoraka iz skupa za učenje i oznakama razreda uzoraka. Učenje s nepotpunom indukcijom pomoću koje poopćujemo informaciju (koju sadrže relativno mali skup uzoraka za učenje¹) na sve uzorke iz danog područja uporabe PU.

¹Skup uzoraka za učenje u pravilu nepotpuno opisuje PU



Slika 1: Primjer



Slika 2: Ispitni primjeri geometrijskih likova

Tipovi uzoraka:

- Jednostavan uzorak: Uzorak je jednostavan ako ga raspoznavamo kao cjelinu (korisnik sustava RU je zainteresiran samo za oznaku 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 korisniku sustava RU ili je čak klasifikacija uzorka neizvediva.

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: $f_k(\vec{x}) - > \omega_k; \omega_k \in \Omega$, gdje je Ω skup od M oznaka razreda iz PU.
/Vrlo često se pridodaje M+1 oznaka koja označava razred "odbačenih" uzoraka koje sustav odbija razvrstati/

Raspoznavanje složenih uzoraka: RU : $f_k(\vec{x}) - > \lambda_k$, gdje je λ_k koristan 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 sastavljen iz def. znakova ili riječi nekog prirodnog ili umjetnog jezika

1.3 6 postulata RU

Postulat 1 : U cilju prikupljanja informacija o PU moraju biti raspoloživi reprezentativni uzorci iz M razreda.

Postulat 2 : Jednostavan uzorak ima značajke koje karakteriziraju njegovu pripadnost određenom razredu.

Postulat 3 : Značajke uzoraka zauzimaju kompaktno područje u prostoru značajki. Područja okupirana značajkama različitih razreda su odvojena.

Postulat 4 : Složeni (kompleksni) uzorak sastoji se iz jednostavnijih građevnih komponenti ili segmenata objekata koji se nalaze u izvjesnim odnosima. Uzorak se može sastaviti iz tih komponenti.

Postulat 5 : Složeni uzorak koji pripada određenom području uporabe ima određenu strukturu. To implicira da bilo kakvo uređenje jednostavnih građevnih elemenata neće dati uzorak $f_k(\vec{x})$.

Postulat 6 : Dva uzorka su si slična ako je pogodno definirana mjera udaljenosti u prostoru značajki mala.