

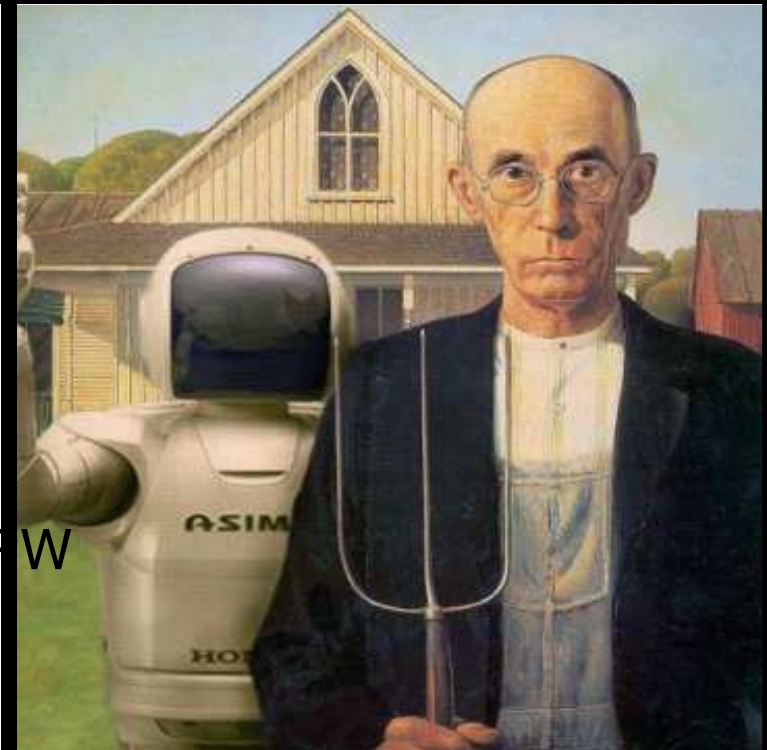
Sztuczna Inteligencja

Wykład 7

Piotr Wąsiewicz

Zakład Sztucznej Inteligencji - ISE PW

pwasiewi@elka.pw.edu.pl





Generowanie reguł klasyfikujących algorytmem CN2



- Komplex k składa się z selektorów.
- $k_1 = \{ \langle \text{słoneczna} \vee \text{deszczowa}, \text{zimna} \vee \text{ciepła}, ?, ? \rangle \}$
 $k_2 = \{ \langle \text{słoneczna}, \text{ciepła}, ?, ? \rangle \}$
 $k_2 \prec k_1$
 k_2 jest bardziej szczegółowe od k_1 , k_1 jest bardziej ogólne od k_2
- $S \triangleright k$ to dokładniej $(\exists k \in S) k \triangleright x$ - zbiór wszystkich x pokrywanych przez $k \in S$
- $\{k_1 \triangleright x\} = \{1, 2, 5, 6, 9\}$
- $\{k_2 \triangleright x\} = \{1, 2\}$
- Komplex tylko z jednym selektorem nieuniwersalnym zwany jest *kompleksem atomowym*.

Indukcja reguł - sekwencyjne pokrywanie

funkcja *sekwencyjne-pokrywanie*(T)

argumenty wejściowe:

- T - zbiór trenujący dla pojęcia c

zwraca: zbiór reguł reprezentujący hipotezę przybliżającą c

$R := 0; P := T;$

jak długo $P \neq 0$ wykonaj

$k := \text{znajdź-kompleks}(T, P);$

$d := \text{kategoria}(k, T, P);$

$R := R \cup \{k \rightarrow d\};$

$P := P - P_k;$

koniec jak długo

zwróć R



Indukcja reguł - algorytm CN2

funkcja *znajdź-kompleks-cn2*(T, P)

argumenty wejściowe:

- T - zbiór trenujący dla pojęcia c ,
- P - podzbiór zbioru T zawierający przykłady nie pokryte przez wygenerowane wcześniej reguły

zwraca: statystycznie istotny kompleks pokrywający pewną liczbę przykładów z P z dużą dokładnością;

$S := \{ \langle ? \rangle \}; k_* := \langle ? \rangle;$

jak długo $S \neq \phi$ wykonaj

$S' := S \cap \mathbb{S};$

$S' := S' - S - \{ \langle \phi \rangle \};$

dla wszystkich kompleksów $k \in S'$ wykonaj

jeśli $\psi_k(P) > \theta \wedge \vartheta_k(P) > \vartheta_{k_*}(P)$ to

$k_* := k$

koniec jeśli

koniec dla

$S := \text{Arg max}_{k \in S'}^m v_k(P)$

koniec jak długo

zwróć k_*



Entropię zbioru P ze względu na kompleks k określa się następująco:

$$E_k(P) = \sum_{d \in C} -\frac{|P_k^d|}{|P_k|} \log \frac{|P_k^d|}{|P_k|}$$

Entropia ma tę cechę, że największą wartość przyjmuje dla zrównoważonych rozkładów częstości kategorii. Funkcja oceniająca kompleksy musi być zanegowaną entropią:

$$\vartheta_k(P) = -E_k(P)$$



Niech f_i oznacza *zaobserwowaną* częstość (liczbę wystąpień) i -tej wartości atrybutu y_i dla $i = 1, 2, 3, \dots, v_1$ i odpowiednio f_j dla y_j dla $j = 1, 2, 3, \dots, v_2$, f_{ij} liczbę (częstość) jednoczesnych wystąpień i -tej i j -tej wartości atrybutów y_i i y_j , a e_{ij} to wartość oczekiwana jednoczesnego wystąpienia przy założeniu niezależności y_1 i y_2 i $(v_1 - 1)(v_2 - 1)$ stopniach swobody.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{v_1} \sum_{j=1}^{v_2} \frac{(f_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}},$$

$$\text{gdzie } e_{ij} = \frac{f_i^1 f_j^2}{n}$$

Im większa wartość statystyki tym bardziej atrybuty są zależne od siebie.

$$\chi_k^2(P) = \sum_{d \in C} \frac{(|P_k^d| - e_k^d(P))^2}{e_k^d(P)},$$

gdzie $e_k^d(P) = |P_k| \frac{|P^d|}{|P|}$



Zbiór testowy T

x	aura	temperatura	wilgotność	wiatr	$c(x)$
1	słoneczna	ciepła	duża	słaby	0
2	słoneczna	ciepła	duża	silny	0
3	pochmurna	ciepła	duża	słaby	1
4	deszczowa	umiarkowana	duża	słaby	1
5	deszczowa	zimna	normalna	słaby	1
6	deszczowa	zimna	normalna	silny	0
7	pochmurna	zimna	normalna	silny	1
8	słoneczna	umiarkowana	duża	słaby	0
9	słoneczna	zimna	normalna	słaby	1
10	deszczowa	umiarkowana	normalna	słaby	1
11	słoneczna	umiarkowana	normalna	silny	1
12	pochmurna	umiarkowana	duża	silny	1
13	pochmurna	ciepła	normalna	słaby	1
14	deszczowa	umiarkowana	duża	silny	0

Zbiór \mathbb{S} kompleksów atomowych

$\mathbb{S} = \{ \langle \text{deszczowa}, ?, ?, ? \rangle,$
 $\langle \text{deszczowa} \vee \text{słoneczna}, ?, ?, ? \rangle,$
 $\langle \text{deszczowa} \vee \text{pochmurna}, ?, ?, ? \rangle,$
 $\langle \text{pochmurna}, ?, ?, ? \rangle,$
 $\langle \text{pochmurna} \vee \text{słoneczna}, ?, ?, ? \rangle,$
 $\langle \text{słoneczna}, ?, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, \text{ciepła}, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, \text{ciepła} \vee \text{zimna}, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, \text{ciepła} \vee \text{umiarkowana}, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, \text{umiarkowana}, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, \text{umiarkowana} \vee \text{zimna}, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, \text{zimna}, ?, ? \rangle,$
 $\langle ?, ?, \text{duża}, ? \rangle, \langle ?, ?, \text{normalna}, ? \rangle, \langle ?, ?, ?, \text{silny} \rangle, \langle ?, ?, ?, \text{słaby} \rangle \}$

Kolejne kroki algorytmu CN2 1/3

1. Początkowo

$$R = \phi, P = T = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14\}, \mathbb{S}$$

2. Następuje wywołanie *znajdź-kompleks* (T, P).

- $S = \{<? >\} \neq \phi, k_* = <? > \text{ i } \vartheta_{k_*}(P) = -E_{k_*}(P) = -0.940,$
- $S' = \mathbb{S} = S \cap \mathbb{S},$
- $k = < \text{pochmurna}, ?, ?, ? >$ ma największą wartość $\vartheta_k = 0$ w zbiorze $\mathbb{S}; S = \{k\}, k_* = k,$

$$3. R = \{< \text{pochmurna}, ?, ?, ? > \rightarrow 1\}, P = \{1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14\},$$

4. $P \neq \phi \Rightarrow$ *znajdź-kompleks* (T, P),

- $S = \{<? >\} \neq \phi, k_* = <? > \text{ i } \vartheta_{k_*}(P) = -1,$
- $S' = \mathbb{S} = S \cap \mathbb{S},$
- $k = <?, \text{ciepła}, ?, ? >$ ma największą wartość $\vartheta_k = 0$ w zbiorze $\mathbb{S}; S = \{k\} \neq \phi, k_* = k,$

$$5. R = \{< \text{pochmurna}, ?, ?, ? > \rightarrow 1, <?, \text{ciepła}, ?, ? > \rightarrow 0\}, \\ P = \{4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14\},$$

6. $P \neq \phi \Rightarrow$ *znajdź-kompleks* (T, P) ,

- $S' = \mathbb{S} = S \cap \mathbb{S}$,
- $k = \langle ?, ?, \text{normalna}, ? \rangle$ zostaje wybrane z najwyższą wartością $\vartheta_k = -0,721$ w zbiorze \mathbb{S} ; $S = \{k\} \neq \phi$, $k_* = k$,
- k_* nie ma wartości 0 (pętla jak długo się nie kończy),
- w następnym cyklu dla $S' = S \cap \mathbb{S}$ największą wartość $\vartheta_k = 0$ ma kompleks $k = \langle ?, ?, \text{normalna}, \text{słaby} \rangle$, $k_* = k$

7. $R = \{ \langle \text{pochmurna}, ?, ?, ? \rangle \rightarrow 1, \langle ?, \text{ciepła}, ?, ? \rangle \rightarrow 0, \langle ?, ?, \text{normalna}, \text{słaby} \rangle \rightarrow 1 \}$, $P = \{4, 6, 8, 11, 14\}$,

8. po kilku dalszych wywołaniach funkcji *znajdź-kompleks* (T, P) otrzymujemy

$R = \{ \langle \text{pochmurna}, ?, ?, ? \rangle \rightarrow 1, \langle ?, \text{ciepła}, ?, ? \rangle \rightarrow 0, \langle ?, ?, \text{normalna}, \text{słaby} \rangle \rightarrow 1, \langle ?, \text{zimna}, ?, ? \rangle \rightarrow 0, \langle ?, ?, \text{normalna}, ? \rangle \rightarrow 1, \langle ?, ?, ?, \text{silny} \rangle \rightarrow 0, \langle \text{słoneczna}, ?, ?, ? \rangle \rightarrow 0 \}$, $P = \{4\}$

9. $P \neq \phi \Rightarrow$ znajdź-kompleks (T, P) ,

- $S = \{ \langle ? \rangle \} \neq \phi, k_* = \langle ? \rangle$ i $\vartheta_{k_*}(P) = -E_{k_*}(P) = 0$,

10. Ostatecznie

$$R = \{ \langle \text{pochmurna}, ?, ?, ? \rangle \rightarrow 1,$$

$$\langle ?, \text{ciepła}, ?, ? \rangle \rightarrow 0,$$

$$\langle ?, ?, \text{normalna}, \text{słaby} \rangle \rightarrow 1,$$

$$\langle ?, \text{zimna}, ?, ? \rangle \rightarrow 0,$$

$$\langle ?, ?, \text{normalna}, ? \rangle \rightarrow 1,$$

$$\langle ?, ?, ?, \text{silny} \rangle \rightarrow 0,$$

$$\langle \text{słoneczna}, ?, ?, ? \rangle \rightarrow 0,$$

$$\langle ? \rangle \rightarrow 1 \}$$