

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA, 2020/2021

PRODUKCIONI SISTEMI: NEPOUZDANO ZAKLJUČIVANJE

Sadržaj

- Neizvesnost (Uncertainty)
- Verovatnoca: Sintaksa i Semantika
- NZ kod produkcionih sistema



Prof. dr Leonid Stoimenov

Rad sa nepreciznim podacima

- Sposobnosti čoveka: sposobnost efektivnog rada sa nepreciznim, nepotpunim i ponekad nesigurnim informacijama.
- Postoji više vrsta nesigurnosti:
 - ▣ Nesigurno znanje
 - ▣ Nesigurni podaci
 - ▣ Nesigurne informacije

Rad sa nepreciznim podacima

- U stvarnom svetu agent skoro nikada nema potpune i tačne podatke o okruženju.
- Primer: Akcija A_t – kreni na aerodrom t minuta pre poletanja
- Problemi
 - ▣ neki delovi okruženja nisu dostupni
 - ▣ *Sum* u podacima dobijenih sa senzora
 - ▣ neizvesni rezultati akcija
 - ▣ Kompleksnost modeliranja i predviđanja u stvarnom okruženju



Teorija verovatnoće

- Verovatnoća omogućava da izrazimo **subjektivno** verovanje da je neka rečenica tačna.
- Verovatnoća neke rečenice može da se promeni kada se dobiju nova znanja o okruženju.
 - ▣ **Prethodna verovatnoća** (prior probability): pre nego što su dokazi dostupni
 - ▣ **Posteriror (uslovna) verovatnoća**: nakon što se dobiju dokazi
- Primer: Koju od sledećih akcija treba izabrati?

$$P(A_{25}) = 0.04$$

$$P(A_{90}) = 0.70$$

$$P(A_{120}) = 0.95$$

$$P(A_{1440}) = 0.9999$$

Aksiome verovatnoće

1. $0 \leq P(A) \leq 1$
2. $P(\text{True}) = 1, P(\text{False}) = 0$
3. $P(A \vee B) = P(A) + P(B) - P(A \wedge B)$

Sintaksa

- Slučajne promenljive imaju svoje domene (uređene skupove vrednosti).

$$P(\text{Vreme}=\text{Sunčano})=0.7$$

$$P(\text{Vreme}=\text{Kiša})=0.2$$

$$P(\text{Vreme}=\text{Oblačno})=0.08$$

$$P(\text{Vreme}=\text{Sneg})=0.02$$

- Distribucija verovatnoće:

$$P(\text{Vreme}) = \langle 0.7, 0.2, 0.08, 0.02 \rangle$$

Sintaksa (nast.)

- Uslovna (posteriorna) verovatnoća

$$P(\text{Karijes} \mid \text{Zubobolja}) = 0.8$$

(pod uslovom da agent jedino zna da zubobolja postoji)

Ako agent takodje zna da postoji karijes, onda

$$P(\text{Karijes} \mid \text{Zubobolja}) = 1$$

- Uslovna verovatnoća:

$$P(A \mid B) = P(A \wedge B) / P(B) \quad \text{ako } P(B) \neq 0$$

- Pravilo proizvoda (product rule):

$$P(A \wedge B) = P(A \mid B)P(B) = P(B \mid A)P(A)$$

Nepouzdana zaključivanje kod produkcionih sistema

- Nepouzdana zaključivanje se koristi kod produkcionih sistema da bi se omogućio rad sa
 - ▣ nepouzdanim i
 - ▣ nedovoljno preciznim informacijama.
- Činjenicama i pravilima se podeljuje
 - ▣ **Faktor pouzdanosti (FP):** verovatnoća tačnosti tvrdnje:
 - Činjenice
 - Dobijenog zaključka iz pravila

Faktor pouzdanosti

- Faktor pouzdanosti je numerická vrednost u intervalu od $[0,1]$ (ili $[0,100]\%$).
- Granične vrednosti odgovaraju istinitosnim vrednostima:
 - 0 (0%) - NETAČNO
 - 1 (100%) – TAČNO
- UNKNOWN – nepoznat FP

Formule za izračunavanje FP-a

- Neka su A i B iskazi, sa $FP(A)$ i $FP(B)$ označavamo faktore pouzdanosti ovih iskaza.
- Formule za računanje FP-a kod logičkih operacija:
 - $FP(\text{NOT } A) = 1 - FP(A)$ (ili $100\% - FP(A)$)
 - $FP(A \text{ AND } B) = \min(FP(A), FP(B))$
 - $FP(A \text{ OR } B) = \max(FP(A), FP(B))$
- Za računanje faktora pouzdanosti **zaključka parvila** koristi se sledeća formula:
 - $FP(\text{zaključka}) = FP(\text{premise}) * FP(\text{pravila})$

Formule za izračunavanje FP-a

- Ukoliko se neka činjenica izvodi kao zaključak iz više od jednog pravila, njen faktor pouzdanosti se računa po sledećoj formuli verovatnoće:

$$C(A, B) = FP(A) + FP(B) - FP(A) * FP(B)$$

- $FP(A)$ i $FP(B)$ su faktori pouzdanosti **iste** činjenice dobijene iz **dva različita** pravila.
- $C(A, B)$ je novi faktor pouzdanosti za tu činjenicu.

Primer izračunavanja FP

$$FP(5 > 3) = 1 \text{ (ili 100\%)}$$

$$FP(2 > 3) = 0$$

□ A, B – iskazi

$$FP(B) = \text{UNKNOWN},$$

$$FP(A) = 60$$

$$FP(\text{NOT } A) = 40,$$

$$FP(A \text{ AND } B) = \text{UNKNOWN},$$

$$FP(A \text{ OR } B) = \text{UNKNOWN}$$

$$C(A, B) = FP(A)$$

Primer izračunavanja FP

- Na osnovu skupa iskaza za koje je poznat FP:
 - ▣ Č1. Problem zahteva hitnu intervenciju (0.8)
 - ▣ Č2. Kvar je na električnoj instalaciji (0.6)
 - ▣ Č3. Prostoji kratak spoj na instalaciji (0.4)
 - ▣ Č4. Kvar je u računar u kontrolu ubrizgavanja (0.2)
- Odrediti faktor pouzdanosti iskaza:
 - ▣ Kvar je u električnoj instalaciji i potrebno ga je hitno popraviti, ali je problem i kratak spoj ili je računar za kontrolu ubrizgavanja u kvaru.

Primer (rešenje)

- Kvar je u električnoj instalaciji | potrebno ga je hitno popraviti, ali je problem | kratak spoj || je računar za kontrolu ubrizgavanja u kvaru.
- Analizom zadatih iskaza, iskaz za koji se traži računanje FP-a možemo predstaviti kao:
$$Z = (\check{C}2 \text{ and } \check{C}1) \text{ and } (\check{C}3 \text{ or } \check{C}4)$$
- U tom slučaju $FP(Z)$ računamo kao
$$\begin{aligned} FP(Z) &= \min(\min(FP(\check{C}2), FP(\check{C}1)), \\ &\quad \max(FP(\check{C}3), FP(\check{C}4))) \\ &= \min(\min(0.6, 0.8), \max(0.4, 0.2)) \\ &= \min(0.6, 0.4) = \mathbf{0.4}, \text{ tj. } \mathbf{40\%} \end{aligned}$$

Primer: Nepouzdana zaključivanje

P1: AKO pacijent ima manje od 8 ili više od 60 godina

ONDA (1.0) pacijent je u kritičnim godinama

P2: AKO pacijent ima visoku temperaturu I

(pacijent oseća malaksalost II

pacijent oseća bolove u mišićima)

ONDA (0.7) pacijent ima grip

P3: AKO pacijent ima natečeno grlo I pacijent ima kijavicu

ONDA (0.6) pacijent ima grip

P4: AKO pacijent ima grip I pacijent je u kritičnim godinama

ONDA (0.9) pacijent treba hitno da se obrati lekaru

Primer: Nepouzdana zaključivanje

- Za pacijenta koji ima:
 - 65 godina,
 - visoku temperaturu,
 - natečeno grlo i
 - kijavicu,
 - oseća malaksalost sa izvesnošću 0.8 i
 - bolove u mišićima sa izvesnošću 0.9.
- Odrediti faktor pouzdanosti zaključka:
 - a) da pacijent ima grip
 - b) da pacijent treba hitno da se obrati lekaru

Rešenje

- Baza činjenica je:
 - ▣ Č1: pacijent ima manje od 8 ili više od 60 godina (1.0)
 - ▣ Č2: pacijent ima visoku temperaturu (1.0)
 - ▣ Č3: pacijent ima natečeno grlo (1.0)
 - ▣ Č4: pacijent ima kijavicu (1.0)
 - ▣ Č5: pacijent oseća malaksalost (0.8)
 - ▣ Č6: pacijent oseća bolove u mišićima (0.9).

(a) Pacijent ima grip

- $Z = \text{pacijent ima grip}$
- $FP(Z) = ?$
- Zaključak da "*pacijent ima grip*" može da se izvede iz pravila P2 i P3.
- $FP(Z) = FP(Z2) + FP(Z3) - FP(Z2) * FP(Z3)$
- $FP(Z2) = ?, FP(Z3) = ?$

(a) Pacijent ima grip

- $FP(Z2) = ?$
- U premisi P2 imamo sledeće činjenice:
 - ▣ Č2: pacijent ima visoku temperaturu
 - ▣ Č5: pacijent oseća malaksalost
 - ▣ Č6: pacijent oseća bolove u mišićima
- Iz baze činjenica nalazimo da je:
 - ▣ $FP(Č2) = 1.0, FP(Č5) = 0.8, FP(Č6) = 0.9$
- $FP(Z2) = \min(FP(Č2), \max(FP(Č5), FP(Č6))) * FP(P2)$
 $= \min(1.0, \max(0.8, 0.9)) * 0.7$
 $= \min(1.0, 0.9) * 0.7 = 0.9 * 0.7 = \mathbf{0.63}, \text{ tj. } \mathbf{63\%}$

(a) Pacijent ima grip

- $FP(Z3) = ?$
- U premisi P2 imamo sledeće činjenice:
 - ▣ Č3: pacijent ima natečeno grlo
 - ▣ Č4: pacijent ima kijavicu
- Iz baze činjenica nalazimo da je:
 - ▣ $FP(\check{C}3) = 1.0, FP(\check{C}4) = 1.0$
- $FP(Z3) = \min(FP(\check{C}3), FP(\check{C}4)) * FP(P3)$
 $= \min(1.0, 1.0) * 0.6$
 $= 1.0 * 0.6 = \mathbf{0.6}, \text{ tj. } \mathbf{60\%}$

(a) Pacijent ima grip

- $FP(Z) = FP(Z2) + FP(Z3) - FP(Z2) * FP(Z3)$
- $FP(Z2) = 0.63, FP(Z3) = 0.6$
- $FP(Z) = 0.63 + 0.6 - 0.63 * 0.6 =$
 $= 1.23 - 0.378$
 $= \mathbf{0.852, tj. 85.2\%}$
- Faktor pouzdanosti izvedene činjenice da "*pacijent ima grip*" iznosi 0.852, tj. 85.2%.
 - ▣ Č7: *pacijent ima grip* (0.852)

(b) Pacijent hitno treba da se obrati lekaru

- $Z = \textit{pacijent hitno treba da se obrati lekaru}$
- $FP(Z) = ?$
- Zaključak da "*pacijent hitno treba da se obrati lekaru*" može da se izvede samo iz pravila P4.
- $FP(Z) = FP(Z4)$

Rešenje pod (b)

- $FP(Z4) = ?$
- U premisi P4 imamo sledeće činjenice:
 - ▣ Č7: pacijent ima grip
 - ▣ ? pacijent je u kritičnim godinama
- Na osnovu rešenja pod (a) znamo da je:
 - ▣ $FP(\check{C}7) = 0.852$
- Druga činjenica dobija izvodenjem iz pravila P1
 - ▣ $FP(Z1) = ?$

Rešenje pod (b)

- $FP(Z1) = ?$
- Premisa P1 ima činjenicu:
 - ▣ Č1: pacijent ima manje od 8 ili više od 60 godina
- Iz baze činjenica vidimo da je ovaj uslov zadovoljen sa $FP(\check{C}1) = 1.0$ jer pacijent ima 65 godina.
- $FP(Z1) = FP(\check{C}1) * FP(P1) = 1.0 * 1.0 = \mathbf{1.0}$
- Dodaje se nova činjenica u bazu:
 - ▣ Č8: pacijent je u kritičnim godinama (1.0)

Rešenje pod (b)

- $FP(Z4) = \min(FP(\check{C}7), FP(Z1)) * FP(P4)$
 $= \min (FP(\check{C}7), FP(\check{C}8)) * FP(P4)$
 $= \min(0.852, 1.0) * 0.9$
 $= 0.852 * 0.9 = \mathbf{0.7668}$, tj. **76.68%**
- Faktor pouzdanosti izvedene činjenice da "*pacijent hitno treba da se obrati lekaru*" iznosi 0.7668, tj. 76.68%.
 - Č9: *pacijent hitno treba da se obrati lekaru* (0.7668)

Primer (za vežbu):

Klasifikacija zaposlenih

P1: AKO osoba ima borben duh I osoba je poverljive prirode

ONDA (0.8) osoba je sposobna da prezivi

P2: AKO je osoba sposobna za putovanja I

osoba sposobna da ubedi druge I osoba smirena i staložena

ONDA (0.9) osoba sposobna da upravlja

P3: AKO osoba ima govorničku veštinu I

osoba sposobna da preživi

ONDA (0.7) osoba sposobna da ubedi druge

P4: AKO (osoba ume da vozi I starost između 21 i 65) ILI

osoba vozi bicikl

ONDA (0.6) je osoba sposobna za putovanja

Primer (za vežbu):

Klasifikacija zaposlenih

□ Poznato je sledeće:

IME	starost	vozi auto	vozi bicikl	govorni čka veština	poverljiva priroda	borben duh	smirenost i staloženost
Miško	45	1.0	1.0	0.5	1.0	0.4	0.5
Blaško	33	1.0	0.6	0.8	0.5	0.9	0.9

□ Odrediti faktor pouzadnosti zaključka da su Miško i Blaško sposobni da upravljaju

PITANJA?

Dileme?

Komentari?

