

INTELIGENTNI SISTEMI

as. ms Vladimir Jocić
as. ms Adrian Milaković



NEIZVESNO OKRUŽENJE

07

„There is nothing certain, but the uncertain.“
- Proverb

NEIZVESNO OKRUŽENJE

Koji su sve izvori pojave neizvesnosti?

- Neizvesno okruženje – svet oko nas se menja, ponekad i nepredvidivo (*world around us changes*). Nemoguće je opažati sve relevantne komponente sveta.
- Nepotpuno znanje – ceo naš pogled na svet se menja kada usvojimo neko novo znanje (*our beliefs about the world change*).
- Nepotpune informacije – možemo biti nesigurni da li smo nešto opažali korektno (*our beliefs about the world may be uncertain*). Uzrok tome mogu biti nepotpuni podaci ili šum u njima.

MONOTONO REZONOVANJE

Produkcioni sistemi su jedna od najčešće korišćenih šema za predstavljanje znanja za koju je karakteristično da se zasniva na logici prvog reda (predikatska logika) za reprezentaciju pravila i stavova u bazi znanja.

Rezonovanje (zaključivanje) zasnovano na predikatskoj logici je poželjno zbog preciznosti i strogosti izvođenja novih stavova.

Karakteristika predikatske logike je **monotonost** u rezonovanju. To znači da se skup izvedenih stavova samo uvećava u procesu zaključivanja, odnosno jednom kada je izveden neki stav on važi čak i situaciji kada proširimo postojeću bazu znanja novim informacijama.

Monotono rezonovanje nije poželjno u *realtime* sistemima, jer se u njima uslovi (stavovi) menjaju tokom vremena. Monotono rezonovanje je poželjno u konvencionalnim sistemima (kompletne i konzistentne informacije u odnosu na domen problema).

NEMONOTONO REZONOVANJE

Nije moguće koristiti predikatsku logiku u okruženjima koja su neizvesna usled moguće promene uslova u takvom okruženju, jer je predikatska logika namenjena da radi sa kompletnim i konzistentnim informacijama.

Zbog toga se uvodi pojam probnog **poverenja**, koje predstavlja stav koji se zasniva na implicitnim pretpostavkama u odsustvu suprotnih stavova. Teško je predstaviti poverenje u predikatskoj logici i rešenje za takav problem je **nemonotono** rezonovanje. Ono je pogodno za modele sa nekompletnim ili nesigurnim informacijama.

U procesu nemonotonog rezonovanja neki stavovi mogu prestati da važe uvođenjem novih informacija u bazu znanja.

Nemonotono rezonovanje uključuje premise, koje su uvek tačne, probna poverenja, koja su potencijalno tačna, jer proizilaze iz pretpostavki i zapise zavisnosti, koji povezuju probna poverenja i pretpostavke iz kojih proizilaze.

SISTEM ZA ODRŽAVANJE ISTINE

Sistem za održavanje istine (**TMS** – *Truth maintenance system*) služi za rešavanje nekonzistentnosti i utvrđivanje njihovih uzroka u domenu problema u sistemu koji koristi proces zaključivanja nad bazom znanja predstavljenom u vidu pravila i stavova. Posao ovakvog sistema je i pružanje opravdanja za sve izvedene stavove.

Stavovi u TMS sistemu nazivaju se čvorovi. Uz svaki čvor je pridružena i lista opravdanja čvora na kojima se istinitost čvora zasniva. Svako opravdanje je jedna lista podrške, koja se sastoji iz IN i OUT liste. Svaki čvor može biti u jednom od dva stanja:

- IN – veruje se u stav predstavljen čvorom. Čvor je u ovom stanju ukoliko za njega postoji barem jedno opravdanje za koje se veruje u sve čvorove iz IN liste podrške i ne veruje ni u jedan čvor iz OUT liste podrške tog opravdanja.
- OUT – ne veruje se u stav predstavljen čvorom. Čvor je u ovom stanju ukoliko nije u IN stanju.

Zadatak 1 - Letovanje



Marko se sprema za letovanje i treba da donese niz odluka na osnovu sledećih pravila:

1. Ako ide na more, ne vodi devojkju, a vodi drugove.
2. Ako ide u banju, vodi devojkju.
3. Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.
4. Ako vodi devojkju, iznajmljuje sobu za dvoje.
5. Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.
6. Ako ide sa roditeljima, vodi devojkju.
7. Ako je nestašica goriva, ne ide autom.
8. Ako vodi devojkju, ide autom.
9. Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.
10. Ako ide autom, ne vodi drugove.
11. Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Letovanje



Pretpostaviti da važe sledeći stavovi:

1. Nema dosta para za letovanje.
2. Ide sa roditeljima.
3. Nestašica je goriva.

Identifikovati čvorove-stavove TMS sistema i konstruisati TMS sistem u vidu tabele čiji su ulazi čvorovi-stavovi. Čvorove dodavati redosledom njihovog pojavljivanja u pravilima. Označiti u kom stanju se svaki od čvorova nalazi.

Zadatak 1 - Rešenje

Ako ide na more, ne vodi devojkju, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojkju.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojkju, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojkju.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojkju, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more []
2. vodi devojku []
3. vodi drugove []
4. ide u banju []
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako **ide na more**, ne **vodi devojku**, a **vodi drugove**.

Ako **ide u banju**, vodi devojku.

Ako **ima dosta para za letovanje**, ide na more.

Ako vodi devojku, **iznajmljuje sobu za dvoje**.

Ako ide na more, **kupi kremu za sunčanje**.

Ako **ide sa roditeljima**, vodi devojku.

Ako je **nestašica goriva**, ne **ide autom**.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more []
2. vodi devojku []
3. vodi drugove []
4. ide u banju []
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. **ide na more [(5) ()]**
2. vodi devojku []
3. vodi drugove []
4. ide u banju []
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, **ide na more**.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. **vodi devojku** [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove []
4. ide u banju []
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, **ne vodi devojku**, a vodi drugove.

Ako ide u banju, **vodi devojku**.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, **vodi devojku**.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. **vodi drugove** [(1) (10)]
4. ide u banju []
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a **vodi drugove**.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, **ne vodi drugove**.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. **ide u banju [() (5)]**
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, **ide u banju**.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. **ima dosta para** []
6. iznajmi sobu za dvoje []
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. ima dosta para []
6. **iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]**
7. kupi kremu []
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, **iznajmljuje sobu za dvoje.**

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. **kupi kremu** [(1) ()]
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, **kupi kremu** za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. kupi kremu [(1) ()]
8. **ide sa roditeljima []**
9. nestasica goriva []
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. kupi kremu [(1) ()]
8. ide sa roditeljima []
9. **nestasica goriva []**
10. ide autom []

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. ima dosta para []
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. kupi kremu [(1) ()]
8. ide sa roditeljima []
9. nestasica goriva []
10. **ide autom [(2) (9), () (8, 9)]**

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, **ne ide autom**.

Ako vodi devojku, **ide autom**.

Ako **ne ide sa roditeljima**, **ide autom**.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()]
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)]
5. ima dosta para [] **OUT**
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. kupi kremu [(1) ()]
8. ide sa roditeljima [] **IN**
9. nestasica goriva [] **IN**
10. ide autom [(2) (9), () (8, 9)]

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()] **OUT**
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)]
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)] **IN**
5. ima dosta para [] **OUT**
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. kupi kremu [(1) ()]
8. ide sa roditeljima [] **IN**
9. nestasica goriva [] **IN**
10. ide autom [(2) (9), () (8, 9)]

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()] OUT
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)] IN
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)] IN
5. ima dosta para [] OUT
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()]
7. kupi kremu [(1) ()] OUT
8. ide sa roditeljima [] IN
9. nestasica goriva [] IN
10. ide autom [(2) (9), () (8, 9)]

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()] OUT
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)] IN
3. vodi drugove [(1) (10)]
4. ide u banju [() (5)] IN
5. ima dosta para [] OUT
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()] IN
7. kupi kremu [(1) ()] OUT
8. ide sa roditeljima [] IN
9. nestasica goriva [] IN
10. ide autom [(2) (9), () (8, 9)] OUT

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak 1 - Rešenje

1. ide na more [(5) ()] OUT
2. vodi devojku [(4) (1), (8) (1)] IN
3. vodi drugove [(1) (10)] **OUT**
4. ide u banju [() (5)] IN
5. ima dosta para [] OUT
6. iznajmi sobu za dvoje [(2) ()] IN
7. kupi kremu [(1) ()] OUT
8. ide sa roditeljima [] IN
9. nestasica goriva [] IN
10. ide autom [(2) (9), () (8, 9)] OUT

Ako ide na more, ne vodi devojku, a vodi drugove.

Ako ide u banju, vodi devojku.

Ako ima dosta para za letovanje, ide na more.

Ako vodi devojku, iznajmljuje sobu za dvoje.

Ako ide na more, kupi kremu za sunčanje.

Ako ide sa roditeljima, vodi devojku.

Ako je nestašica goriva, ne ide autom.

Ako vodi devojku, ide autom.

Ako ne ide sa roditeljima, ide autom.

Ako ide autom, ne vodi drugove.

Ako nema dosta para za letovanje, ide u banju.

Zadatak za samostalnu vežbu - Odeća



Ivan se oblači i treba da donese niz odluka na osnovu sledećih pravila:

1. Ako su farmerke prljave, ne oblači ih.
2. Ako ide na razgovor za posao, oblači farmerke.
3. Ako ne obuče farmerke, oblači odelo.
4. Ako je napolju hladno, oblači džemper.
5. Ako je zima, napolju je hladno.

Pretpostaviti da važe sledeći stavovi:

1. Zima je.
2. Ivan ne ide na razgovor za posao.
3. Farmerke nisu prljave.

Identifikovati čvorove-stavove TMS sistema i konstruisati TMS sistem u vidu tabele čiji su ulazi čvorovi-stavovi. Čvorove dodavati redosledom njihovog pojavljivanja u pravilima. Označiti u kom stanju se svaki od čvorova nalazi.

REZONOVANJE I FAKTORI NEIZVESNOSTI

Model faktora neizvesnosti je jedan od najpopularnijih modela za reprezentaciju i manipulaciju neizvesnim znanjem, naročito u ekspertskim sistemima.

Ekspertski sistem je sistem koji ima sposobnost da emulira mogućnost donošenja odluka od strane čoveka-eksperta. Uz pomoć čoveka-eksperta se formira baza znanja sistema u vidu pravila i stavova, a zatim se procesom rezonovanja izvode novi stavovi i njihova opravdanja i objašnjenja kako se do tih novih stavova došlo u samom procesu zaključivanja.

Koja je razlika između ekspertskih i produkcionih sistema?

Produkcionim sistemima su forma deklarativnog programiranja, dok je ekspertski sistem vrsta programa, čija arhitektura za predstavljanje znanja ne mora biti realizovana koristeći produkcionim sistem, ali obično to jeste slučaj. Iako strukturalno slični, razlika je što se u produkcionom sistemu izvršavaju sva pravila čiji su preduslovi zadovoljeni, dok u ekspertskim sistemima to nije slučaj.

REZONOVANJE I FAKTORI NEIZVESNOSTI

Model faktora izvesnosti je najpre bio razvijen na *MIT*-u u ekspertskom sistemu *MYCIN*. Uloga ovakvog sistema je da oponaša doktora-eksperta, čiji je zadatak da prepisuje odgovarajuće terapije pacijentima sa određenim bakterijskim infekcijama. U sistemu se dijagnostičko znanje predstavlja u formi pravila i stavova. Svakom pravilu je pridružen **faktor izvesnosti**, koji predstavlja meru poverenja eksperta (ekspertsku procenu) u pretpostavku (hipotezu) pravila na osnovu zaključaka (dokaza) iz kojih pretpostavka sledi.

Faktor izvesnosti se definiše na osnovu dve komponente:

- $MB(h, e)$ – mera poverenja u opsegu $[0, 1]$ u hipotezu h imajući u vidu dokaz e . $MB = 0$ -> dokaz e ne podržava hipotezu h .
- $MD(h, e)$ – mera nepoverenja u opsegu $[0, 1]$ u hipotezu h imajući u vidu dokaz e . $MD = 0$ -> dokaz e podržava hipotezu h .

REZONOVANJE I FAKTORI NEIZVESNOSTI

Bilo koji dokaz e ili podržava ili ne podržava hipotezu h i na osnovu dve komponente MB i MD faktor izvesnosti CF može se izraziti kao:

$$CF(h, e) = (MB(h, e) - MD(h, e)) / (1 - \min(MB(h, e), MD(h, e)))$$

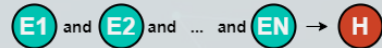
gde je CF u opsegu $[-1, 1]$.

Faktori izvesnosti se moraju kombinovati u slučaju da postoji veza između više dokaza i pravila i moguće su sledeće kombinacije:

1. Poverenje je konjunkcija dokaza, koji se zajedno razmatraju u pravilu.

$$MB(h, e1 \text{ and } e2) = \min(MB(h, e1), MB(h, e2))$$

$$MD(h, e1 \text{ and } e2) = \max(MD(h, e1), MD(h, e2))$$

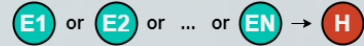


REZONOVANJE I FAKTORI NEIZVESNOSTI

2. Poverenje je disjunkcija dokaza, koji se zajedno razmatraju u pravilu.

$$MB(h, e1 \text{ or } e2) = \max(MB(h, e1), MB(h, e2))$$

$$MD(h, e1 \text{ or } e2) = \min(MD(h, e1), MD(h, e2))$$



3. Hipoteza jednog pravila je dokaz drugog.

$$MB(ha, eb) = x, MD(ha, eb) = y \Rightarrow CF(ha, eb) = x - y$$

$$MB'(hc, eha) = z, MD'(hc, eha) = w$$



onda

$$MB(hc, eha) = MB'(hc, eha) * \max(0, CF(ha, eb))$$

$$MD(hc, eha) = MD'(hc, eha) * \max(0, -CF(ha, eb))$$

- $MB'(hc, eha)$ mera poverenja u hc pri potpunom poverenju u eha.

REZONOVANJE I FAKTORI NEIZVESNOSTI

4. Nekoliko nezavisnih pravila obezbeđuju dokaze, koji su povezani sa jedinstvenom hipotezom.

Ako je $MD(h, (e1, e2)) = 1$

onda $MB(h, (e1, e2)) = 0$

Ako je $MD(h, (e1, e2)) \neq 1$

onda $MB(h, (e1, e2)) = MB(h, e1) + MB(h, e2) * (1 - MB(h, e1))$

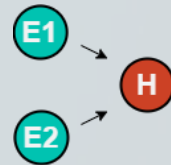
analogno i

Ako je $MB(h, (e1, e2)) = 1$

onda $MD(h, (e1, e2)) = 0$

Ako je $MB(h, (e1, e2)) \neq 1$

onda $MD(h, (e1, e2)) = MD(h, e1) + MD(h, e2) * (1 - MD(h, e1))$



Zadatak 2 – Popravka računarskog monitora



U nekom sistemu za popravku računara važe sledeća pravila:

R1: AKO je osvetljaj ekrana monitora stalno na maksimumu i osvetljaj ekrana monitora ne može da se podesi ONDA (**0.6**) ekran monitora treba zameniti.

R2: AKO osvetljaj ekrana monitora ne može da se podesi i kontrast ne može da se podesi ONDA (**0.7**) ekran monitora treba zameniti.

R3: AKO je nešto puklo u monitoru i osvetljaj ekrana je stalno na maksimumu ONDA (**0.9**) je kvar u visokonaponskom kolu monitora.

R4: AKO je osvetljaj ekrana stalno na maksimumu i kontrast ekrana može da se podesi ONDA (**0.75**) je kvar u visokonaponskom kolu monitora.

Poznate su sledeće činjenice: nešto je puklo u monitoru (0.6), osvetljaj ekrana je stalno na maksimumu (1.0), osvetljaj ekrana ne može da se podesi (1.0), kontrast ekrana ne može da se podesi (0.5).

Odrediti koji je kvar izvesniji: u ekranu ili visokonaponskom kolu.

Zadatak 2 - Rešenje

Zadate su mere poverenja:

(e1 = nešto puklo u ekranu, e2 = osvetljaj uvek na maksimumu, e3 = osvetljaj može da se podesi, e4 = kontrast može da se podesi)

$$MB(e1) = 0.6$$

$$MD(e1) = 0.0$$

$$MB(e2) = 1.0$$

$$MD(e2) = 0.0$$

$$MB(e3) = 0.0$$

$$MD(e3) = 1.0$$

$$MB(e4) = 0.0$$

$$MD(e4) = 0.5$$

U svakom pravilu data je mera poverenja u hipotezu pod uslovom potpune izvesnosti pravila: $MB(R1) = 0.6$, $MB(R2) = 0.7$, $MB(R3) = 0.9$, $MB(R4) = 0.75$.

(h1 = ekran treba zameniti, h2 = kvar je u visokonaponskom kolu)

Mera poverenja u dokaze pravila **R1** je:

$$MB(eR1) = MB(e2 \text{ and not } e3) = \min(MB(e2), MB(\text{not } e3)) = \min(MB(e2), MD(e3)) = 1.0$$

Mera poverenja u hipotezu **h1**, na osnovu pravila **R1** je:

$$MB(h1, eR1) = MB(R1) * MB(eR1) = 0.6 * 1.0 = 0.6$$

Zadatak 2 - Rešenje

Mera poverenja u dokaze pravila **R2** je:

$$MB(eR2) = MB(\text{not } e3 \text{ and not } e4) = \min(MB(\text{not } e3), MB(\text{not } e4)) = \min(MD(e3), MD(e4)) = 0.5$$

Mera poverenja u hipotezu **h1**, na osnovu pravila **R2** je:

$$MB(h1, eR2) = MB(R2) * MB(eR2) = 0.7 * 0.5 = 0.35$$

Zbirna mera poverenja u hipotezu **h1** na osnovu pravila **R1** i **R2** je:

$$MB(h1) = MB(h1, eR1) + MB(h1, eR2) - MB(h1, eR1) * MB(h1, eR2) = 0.6 + 0.35 - 0.6 * 0.35 = 0.74$$

Faktor izvenosti hipoteze **h1** je:

$$CF(h1) = MB(h1) = 0.74$$

Mera poverenja u dokaze pravila **R3** je:

$$MB(eR3) = MB(e1 \text{ and } e2) = \min(MB(e1), MB(e2)) = 0.6$$

Mera poverenja u hipotezu **h2**, na osnovu pravila **R3** je:

$$MB(h2, eR3) = MB(R3) * MB(eR3) = 0.9 * 0.6 = 0.54$$

Zadatak 2 - Rešenje

Mera poverenja u dokaze pravila **R4** je:

$$MB(eR4) = MB(e2 \text{ and } e4) = \min(MB(e2), MB(e4)) = 0.0$$

Mera nepoverenja u dokaze pravila **R4** je:

$$MD(eR4) = MD(e2 \text{ and } e4) = \max(MD(e2), MD(e4)) = 0.5$$

Faktor izvesnosti dokaza pravila **R4** je:

$$CF(eR4) = MB(eR4) - MD(eR4) = -0.5$$

Mera poverenja u hipotezu **h2**, na osnovu pravila **R4** je:

$$MB(h2, eR4) = MB(R4) * \max(0, CF(eR4)) = 0.75 * \max(0, -0.5) = 0$$

Mera nepoverenja u hipotezu **h2**, na osnovu pravila **R4** je:

$$MD(h2, eR4) = MD(R4) * \max(0, -CF(eR4)) = 0.0 * \max(0, 0.5) = 0$$

Zadatak 2 - Rešenje

Zbirna mera poverenja u hipotezu **h2** na osnovu pravila **R3** i **R4** je:

$$MB(h_2) = MB(h_2, e_{R3}) + MB(h_2, e_{R4}) - MB(h_2, e_{R3}) * MB(h_2, e_{R4}) = 0.54 + 0 - 0.54 * 0 = 0.54$$

Zbirna mera nepoverenja u hipotezu **h2** na osnovu pravila **R3** i **R4** je:

$$MD(h_2) = MD(h_2, e_{R3}) + MD(h_2, e_{R4}) - MD(h_2, e_{R3}) * MD(h_2, e_{R4}) = 0 + 0 - 0 * 0 = 0$$

Faktor izvenosti hipoteze **h3** je:

$$CF(h_2) = MB(h_2) - MD(h_2) = 0.54 - 0 = 0.54$$

$$CF(h_1) > CF(h_2)$$

Izvesniji je kvar u ekranu od kvara u visokonaponskom kolu.

Zadatak za samostalnu vežbu - Medicina



Data su pravila ekspertskog sistema za medicinsku dijagnostiku:

R1: AKO pacijent ima manje od 8 ili više od 60 godina ONDA (**1.0**) je pacijent u kritičnim godinama.

R2: AKO pacijent ima visoku temperaturu i oseća malaksalost ili bolove u mišićima ONDA (**0.7**) pacijent ima grip.

R3: AKO pacijent ima natečeno grlo i kijavicu ONDA (**0.6**) pacijent ima grip.

R4: AKO pacijent ima grip i u kritičnim je godinama ONDA (**0.9**) treba hitno da se obrati lekaru.

Poznate su sledeće činjenice: pacijent ima 65 godina (1.0), ima visoku temperaturu (1.0), natečeno grlo (1.0), kijavicu (1.0), oseća malaksalost (0.8) i bolove u mišićima (0.9).

Odrediti faktor izvesnosti da pacijent ima grip.

Odrediti faktor izvesnosti da pacijent treba hitno da se obrati lekaru.

PITANJA?

<http://ri4es.etf.rs/>

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, and infographics & images by **Freepik**.