

Neizrazito, evolucijsko i neuroračunarstvo Jezične varijable.

prof.dr.sc. Bojana Dalbelo Bašić prof.dr.sc. Marin Golub
dr.sc. Marko Čupić

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilište u Zagrebu
Akademska godina 2013./2014.

17. listopada 2013.

"Klasična" varijabla

Kada govorimo o pojmu varijable, napamet odmah dolazi interpretacija iz različitih programskih jezika:

- varijabla je definirana svojim tipom (npr. char, int, double, ...)
- tip u konkretnom programskom jeziku određuje memorijsko zauzeće varijable
 - char - 2 okteta,
 - int - 4 okteta,
 - double - 8 okteta,
 - ...
- tip varijable biramo ovisno o vrsti informacije i preciznosti s kojom želimo čuvati podatke (npr. float vs. double)

"Klasična" varijabla

U klasičnom računarstvu, preciznost je *must-have*!

Zamislite programski jezik u kojem je:

- $PI \approx 3$
- $\arctan(\infty) \approx 1.5$
- $\sin(0) + \cos(0)$ negdje između -1 i 2

Takav programski jezik bio bi apsolutno neupotrebljiv.

"Klasična" varijabla

Danas programski jezici nude podršku za definiranje preciznosti s kojom želimo raditi. Primjerice, u Javi imamo:

- short: -128 do 127
- int: -32768 do 32767
- long: -2^{31} do $2^{31} - 1$
- BigInteger: koliko god treba; iz dokumentacije: "All of the details in the Spec concerning overflow are ignored, as BigIntegers are made as large as necessary to accommodate the results of an operation."
- float: single-precision 32-bit IEEE 754 floating point; čuva 6 do 9 najznačajnijih znamenki
- double: double-precision 64-bit IEEE 754 floating point; čuva 15 do 17 najznačajnijih znamenki
- BigDecimal: proizvoljna (konačna) preciznost

Automehaničar

Imate problema s paljenjem automobila. Obratili ste se Vašem automehaničaru.

Ako je akumulator nov, on ne bi smio biti razlog da automobil ne pali. Ako je akumulator srednje star, trebalo bi provjeriti (...) Ako je akumulator star, svakako bi trebalo provjeriti (...).

Želite napraviti programski sustav (ekspertni sustav) u koji ćete ugraditi ovo znanje. Neka je x "klasična" varijabla koja predstavlja starost akumulatora. Koji ćete tip koristiti? Kako ćete informaciju da je akumulator kupljen prije 3 mjeseca pohraniti u tu varijablu? Kako ćete prikazati pravila?

Jezična varijabla

Želimo novi tip podataka: tip koji kao vrijednosti prima jednostavne ili složene jezične izraze. Primjerice:

- 1 $x = \textit{nov}$
- 2 $x = \textit{srednje star}$
- 3 $x = \textit{star}$
- 4 $x = \textit{nije star}$
- 5 $x = \textit{nije vrlo star}$
- 6 $x = \textit{nije (nov ili star)}$

Jezična varijabla

Imamo li sada egzaktan podatak o starosti akumulatora (pronašli ste račun, pogledali datum i temeljem njega odredili starost akumulatora) želimo mehanizam kojim ćemo odrediti u kojoj je mjeri utvrđena starost (3 mjeseca) u skladu s konceptom koji opisuje osnovni termin *nov*, *srednje star*, *star* odnosno složeni izraz *nije star* te *nije (nov ili star)*.

- Prirodan način jest svakom osnovnom terminu pridružiti neizraziti skup koji ga opisuje, te definirati gramatiku koja definira dozvoljene veznike (i, ili, ne), modifikatore (vrlo, više-manje), produkcijska pravila za izgradnju složenih izraza te način interpretacije veznika ($i \equiv t\text{-norma}$, $ili \equiv t\text{-konorma}$) i modifikatora.

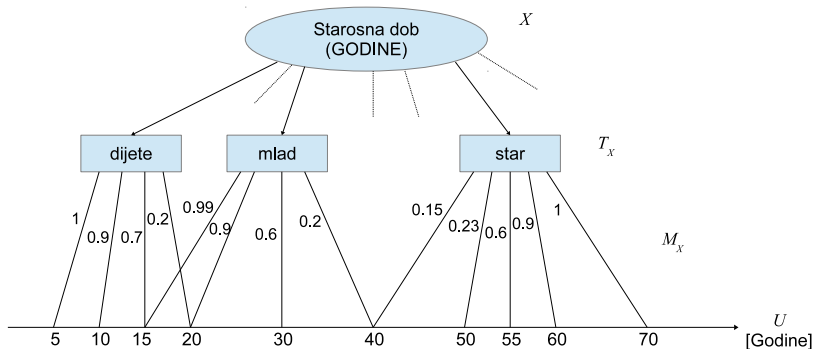
Jezična varijabla

Definition

Jezična varijabla je uređena petorka (X, T_X, U, G, M_X) gdje je:

- X : naziv jezične varijable,
- T_X : skup jezičnih vrijednosti koje jezična varijabla može poprimiti (engl. *term set*),
- U : stvarna fizička domena u kojoj elementi iz T_X poprimaju numeričke vrijednosti (engl. *universe of disclosure*),
- G : kontekstno ovisna gramatika koja generira skup T_X iz osnovnih termina te
- M_X : semantička funkcija koja daje značenje lingvističkim izrazima (funkcija koja svakom elementu iz T_X pridružuje neizraziti podskup od U (engl. *meaning*)).

Primjer: jezična varijabla *Starosna dob*



Slika: Jezična varijabla "starosna dob".

Primjer: jezična varijabla *Starosna dob*

- X je "starosna dob".
- T_X se sastoji od dva osnovna izraza: $\{mlad, star\}$ i svih složenih izraza koji se mogu izvesti iz njih uporabom gramatike G koju ćemo definirati u nastavku.
- U je skup cijelih nenegativnih brojeva; to je stvarna fizička domena u kojoj elementi iz T_X poprimaju numeričke vrijednosti.

Primjer: jezična varijabla *Starosna dob*

- Gramatika G je uređena četvorka (V_T, V_N, P, S) . V_T : skup završnih znakova (engl. *terminal*), V_N : skup nezavršnih znakova (engl. *non-terminal*), P : skup produkcijskih pravila, S : početni nezavršni znak.

$V_T = \{\text{mlad, star, vrlo, i, ili, ne, (,)}\},$

$V_N = \{S, A, B, C, D, E\},$

$S = S,$

$P = \{$

$A \rightarrow \text{mlad} \mid \text{star} \mid (E)$

$B \rightarrow \text{vrlo } B \mid A$

$C \rightarrow \text{ne } C \mid B$

$D \rightarrow D \text{ i } C \mid C$

$E \rightarrow E \text{ ili } D \mid D$

$S \rightarrow E$

$\}.$

Primjer: jezična varijabla *Starosna dob*

- M definira neizrazite skupove:

$$\mu_{\text{mlad}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 15, \\ \frac{35-x}{35-15}, & 15 < x \leq 35, \\ 0, & x > 35. \end{cases}$$

$$\mu_{\text{star}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 30, \\ \frac{x-30}{55-30}, & 30 < x \leq 55, \\ 1, & x > 55. \end{cases}$$

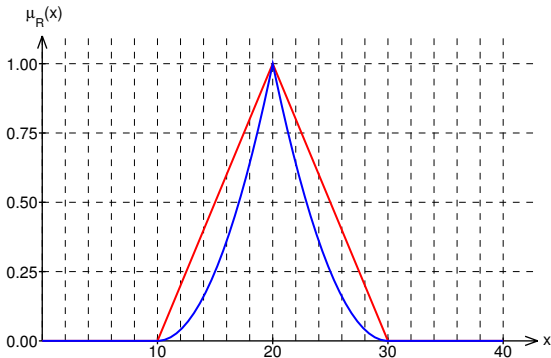
Koncentracija

Koncentracija je jezični modifikator koji odgovara pojmu *vrlo*, odnosno postrožuje uvjete za pripadnost elementa neizrazitom skupu koji opisuje određen koncept.

- Neka je $\mu_{star} = \Gamma(60, 70)$.
- Osoba starosti 65 godina tako opisanom konceptu *pripada* s mjerom pripadnosti 0.5.
- Razmatramo li koncept *vrlo star*, očekivali bismo da će osoba starosti 65 godina tom konceptu pripadati u manjoj mjeri od 0.5.

Koncentracija se modelira kao preslikavanje $[0, 1] \rightarrow [0, 1]$: $con(x) = x^2$. Lako je uvjeriti se da koncentracija ne mijenja rubne vrijednosti $\{0, 1\}$ dok je za sve ostale $x \in (0, 1)$: $con(x) < x$.

Koncentracija



Crvenom je prikazana funkcija pripadnosti originalnog koncepta.

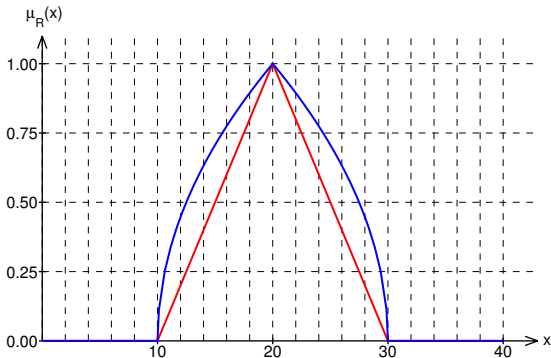
Dilatacija

Dilatacija je jezični modifikator koji odgovara pojmu *manje-više*, odnosno ublažava uvjete za pripadnost elementa neizrazitom skupu koji opisuje određen koncept.

- Neka je $\mu_{star} = \Gamma(60, 70)$.
- Osoba starosti 65 godina tako opisanom konceptu *pripada* s mjerom pripadnosti 0.5.
- Razmatramo li koncept *manje-više star*, očekivali bismo da će osoba starosti 65 godina tom konceptu pripadati u većoj mjeri od 0.5.

Dilatacija se modelira kao preslikavanje $[0, 1] \rightarrow [0, 1]$:
 $dil(x) = \sqrt{x}$. Lako je uvjeriti se da dilatacija ne mijenja rubne vrijednosti $\{0, 1\}$ dok je za sve ostale $x \in (0, 1)$: $dil(x) > x$.

Dilatacija



Crvenom je prikazana funkcija pripadnosti originalnog koncepta.

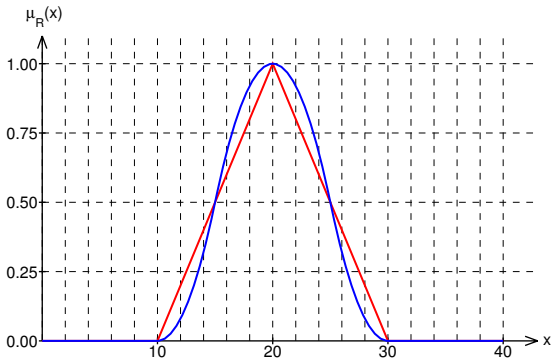
Kontrastna intenzifikacija

Kontrastna intenzifikacija umanjuje "količinu" neizrazitosti: to je operacija koja mjeru pripadnosti elemenata čija je mjera pripadnosti bliža 0 preslikava u mjeru pripadnosti koja je još bliže 0 a mjeru pripadnosti elemenata čija je mjera pripadnosti bliža 1 preslikava u mjeru pripadnosti koja je još bliže 1.

Kontrastna intenzifikacija stoga ne mijenja tri mjere pripadnosti: $\{0, 0.5, 1\}$. Definirana je na sljedeći način.

$$\mu_{int(A)}(x) = \begin{cases} 2 \cdot \mu_A(x)^2 & 0 \leq \mu_A(x) \leq 0.5 \\ 1 - 2 \cdot (1 - \mu_A(x))^2 & 0.5 < \mu_A(x) \leq 1. \end{cases}$$

Kontrastna intenzifikacija



Crvenom je prikazana funkcija pripadnosti originalnog koncepta.

Primjer

Odredite neizraziti skup A koji odgovara izrazu "ne mlad i (srednjih godina ili vrlo star)".

- Pretpostavimo da su definirani neizraziti skupovi koji daju značenje osnovnim izrazima *mlad*, *srednjih godina* te *star*, odnosno da su njihove funkcije pripadnosti $\mu_{\text{mlad}}(x)$, $\mu_{\text{srednjih godina}}(x)$, $\mu_{\text{star}}(x)$.
- Pretpostavimo da se modifikator *ne* računa kao Zadehov komplement $(1 - x)$.
- Operator *i* predstavlja t -normu; odaberimo da je to Zadehova t -norma $(\min(x, y))$.
- Operator *ili* predstavlja s -normu; odaberimo da je to Zadehova s -norma $(\max(x, y))$.

Primjer

Tada je:

$$\mu_A(x) = \min(1 - \mu_{\text{mlad}}(x), \max(\mu_{\text{srednjih godina}}(x), \mu_{\text{star}}^2(x)))$$