

Rozmywanie i wyostrażanie wiedzy w wybranych sieciach semantycznych systemów produkcji

Anna Bryniarska

Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska

Streszczenie: W pracy rozważa się zaproponowaną przez autorkę metodę rozmywania i wyostrażania wiedzy reprezentowanej w sieciach semantycznych jako interpretację języka rozmytej logiki opisowej fuzzyDL. Interpretacja rozmywania została przedstawiona w pewnej uporządkowanej algebrze zbiorów rozmytych, a wyostrażanie wiedzy w algebrze zbiorów rozumianych w sensie klasycznym. Została pokazana możliwość aplikacji tych metod dla systemów produkcji porównujących obiekty zamawiane do produkcji ze wzorcowymi, elementarnymi obiektami tej produkcji.

Słowa kluczowe: rozmyta logika opisowa, wiedza rozmyta w sieci semantycznej, sieć semantyczna w sytemie produkcji, wyszukiwanie wiedzy rozmytej

Ponad dziesięć lat w badaniach nad komputerowym wspomaganiem projektowania technicznego w zakresie metod CAD, CAM i Cax poszukuje się pewnych sposobów algorytmizacji rozpoznawania wiedzy technicznej i porównywania składników tej wiedzy w warunkach, w których pozyskana wiedza może być uważana za niepewną, niejasną czy nieostrą, ogólnie za rozmytą w sensie Zadeha [16].

1. Wprowadzenie

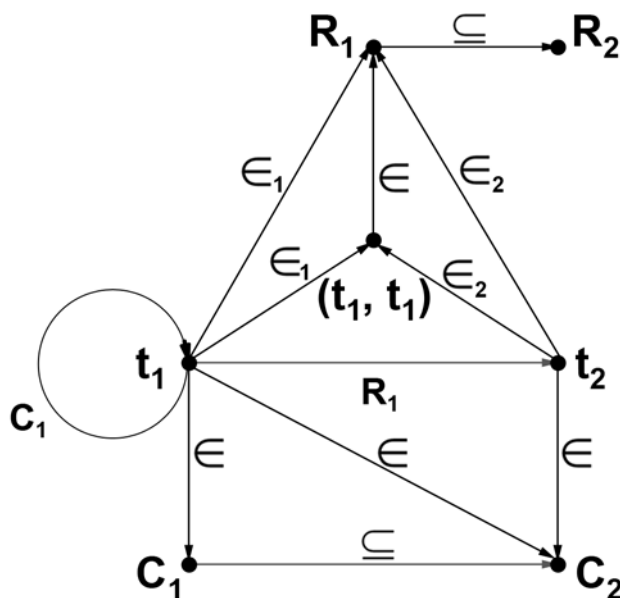
W monografii [9] (część 3) oraz artykułach [5, 8] Ryszard Knosala ze swoim zespołem badawczym zaprezentowali metodę wykorzystania sieci semantycznych do szybkiego, wspomaganego komputerowo szacowania kosztów produkcji. Pokazano, że, wykorzystując rozmytą wiedzę o podobieństwie wzorcowych elementów do zamawianych elementów obrotowo-symetrycznych, można finalnie wyostżyć tę wiedzę dla konkretnego zamawianego elementu. Zastosowano tu standardową metodę wyostżania wiedzy. Nowa metoda wyostżania wiedzy, zaproponowana przez autorkę w pracach [3, 4], pozwala szerzej spojrzeć na wyniki wyostżania wiedzy technicznej. Rozważana jest zaakceptowana przez ekspertów klasa interpretacji rozmytych wyrażeń, reprezentujących wiedzę techniczną w sieciach semantycznych. Przyjęte przez tych ekspertów dziedziny (zakresy) stopni rozmycia wiedzy pozwalają przy tych interpretacjach na zaufanie do wyszukiwanej w sieci semantycznej wiedzy. Przyjmując te założenia, obrano w niniejszej pracy taką metodę wyostżania wiedzy rozmytej, która umożliwia wskazanie zbioru elementów zamawianych cechujących się podobieństwem do elementów wzorcowych zgodnym z zaakceptowanym przez ekspertów zakresem ufnosci stopni rozmycia wiedzy. Dzięki temu można rozszerzyć metodę zespołu Knosali oraz poszerzyć ofertę elementów możliwych

do zamówienia o nowe, które zostaną uznane za podobne w pewnym stopniu do elementów wzorcowych.

Najpierw zostaną przedstawione formalne podstawy proponowanej metody rozmywania i wyostżania wiedzy. W drugiej części pracy zostanie zaprezentowany sposób zastosowania tej metody dla sieci semantycznej zaproponowanej przez zespół prof. Knosali.

2. Język rozmytej logiki opisowej

Sieć semantyczna może być rozpatrywana jako indeksowany graf skierowany [10]. Węzły tego grafu utożsamiane są ze stanami wyszukiwania wiedzy o jakimś obiekcie, a krawędzie (ramiona) ze stanami identyfikującymi wiedzę o relacjach pomiędzy obiektami wskazanymi przez węzły grafu. Zarówno węzły, jak i krawędzie grafu opisane są jakimiś terminami oznaczającymi obiekty i relacje (rys. 1).



Rys. 1. Sieć semantyczna składająca się z węzłów o nazwach t_1 , t_2 , (t_1, t_2) , C_1 , C_2 , R_1 , R_2 oraz krawędzi: C_1 , R_1 , $\in$ (jest wystąpieniem), $\in_1$ (jest pierwszym wystąpieniem), $\in_2$ (jest drugim wystąpieniem), $\subseteq$ (jest) (opracowanie własne)

Fig. 1. The semantic network consists of the nodes named t_1 , t_2 , (t_1, t_2) , C_1 , C_2 , R_1 , R_2 and the edges: C_1 , R_1 , $\in$ (is an instance), $\in_1$ (is a first instance), $\in_2$ (is a second instance), $\subseteq$ (is)

Opisy węzłów są nazwami indywiduów, opisy krawędzi jednowęzłowych są nazwami konceptów (pojęć), natomiast

opisy krawędzi dwuwęzłowych są nazwami ról spełnianych przez opisywane obiekty. Dla rys. 1, t_1 i t_2 są nazwami indywiduów, C_1 jest nazwą konceptu oznaczającą, że „ t_1 jest C_1 ”, tj. „ t_1 jest wystąpieniem (przypadkiem wystąpienia) konceptu C_1 ”, natomiast R_1 jest nazwą roli oznaczającą, że „pomiędzy obiektami t_1 i t_2 zachodzi związek będący wystąpieniem roli R_1 ”. Opisy indywiduów, konceptów i ról składają się na terminologię. Gdy związek pomiędzy obiektami reprezentowany jest przez sieć semantyczną, nazywany go asercją. Asercję, że „ t_1 jest C_1 ” zapisujemy w postaci: $t_1 : C_1$, natomiast asercję o relacji R_1 pomiędzy obiektami t_1 i t_2 zapisujemy w postaci: $(t_1, t_2) : R_1$.

W kontekście badań sieci semantycznej (ang. *semantic network*) [1, 2, 6, 12–14], reprezentacja wiedzy w sieci semantycznej może być określona w języku atrybutowym (ang. *attributive language*, AL) rozmytej logiki opisowej (ang. *fuzzyDL*). Wówczas wiedza jest reprezentowana przez dwa systemy: terminologię nazywaną TBox oraz zbiór asercji nazywany ABox. Opisy tych zależności, a więc role pomiędzy konceptami nazywane są aksjomatami, a system reprezentowania tej wiedzy zwany jest RBox.

Na przykład w zdaniu „18 °C to temperatura, w której mamy pewne odczucie”, występują koncepty: „18 °C”, „pewne odczucie” oraz rola „to temperatura, w której mamy”. Wystąpieniami konceptów są nazwy indywiduów: „18 °C na termometrze w moim pokoju”, „ciepło” a wystąpieniem roli jest wyrażenie „to temperatura, w której jest mi”. Otrzymujemy związek pomiędzy konkretnymi wystąpieniami: „18 °C na termometrze w moim pokoju to temperatura, w której jest mi ciepło”.

Poniżej określono syntaktykę języka AL logiki fuzzyDL: terminologię TBox, asercje ABox oraz aksjomaty RBox.

2.1. Syntaktyka TBox

Do zbioru nazw konceptów i ról należą następujące nazwy:

$\top$ (Top) – koncept uniwersalny oraz rola uniwersalna,

$\perp$ (Bottom) – koncept pusty oraz rola pusta.

Niech C, D są nazwami konceptów, R jest nazwą roli, a m symbolem modyfikatora. Wówczas konceptami są:

$\neg C$ (negacja konceptu) – wyrażenie oznacza wszystkie wystąpienia konceptów, niebędące wystąpieniami konceptu C ,

$C \sqcap D$ (przekrój, koniunkcja konceptów C i D) – wyrażenie oznacza wszystkie wystąpienia konceptów C i D ,

$C \sqcup D$ (suma, alternatywa konceptów C i D) – wyrażenie oznacza wszystkie wystąpienia konceptu C lub konceptu D ,

$\exists R.C$ (kwantyfikacja egzystencjalna) – wyrażenie oznacza wszystkie wystąpienia konceptów pozostające w roli R co najmniej raz z wystąpieniem konceptu C ,

$\forall R.C$ (kwantyfikacja ogólna) – oznacza wszystkie wystąpienia konceptów, które jeżeli pozostają w roli R , to pozostają w tej roli z jakimś wystąpieniem konceptu C ,

$m(C)$ (modyfikacja m konceptu C) – oznaczająca koncept będący zmienionym konceptem C przez słowo m , np. m może mieć takie wystąpienia, jak: bardzo, bardziej, najbardziej lub wysoki, wyższy, najwyższy.

2.2. Syntaktyka ABox

Dla dowolnych wystąpień konceptów t_1, t_2 , nazwy konceptu C oraz roli R , asercjami są wyrażenia postaci „ $t_1 : C$ ”,

„ $(t_1, t_2) : R$ ”. Czytamy je: t_1 jest wystąpieniem konceptu C , para (t_1, t_2) jest wystąpieniem roli R .

Dla dowolnych wystąpień konceptów t_1, t_2 , nazwy konceptu C oraz nazwy roli R , asercjami w stopniu α są wyrażenia postaci „ $\langle t_1 : C, \alpha \rangle$ ”, „ $\langle (t_1, t_2) : R, \alpha \rangle$ ”. Czytamy je: t_1 jest wystąpieniem konceptu C w stopniu α , para (t_1, t_2) jest wystąpieniem roli R w stopniu α .

2.3. Syntaktyka RBox

Dla dowolnych konceptów C, D oraz ról R_1, R_2 aksjomatami są wyrażeniami postaci:

$C \sqsubseteq D$ – koncept C jest (zawiera się w) konceptem D ,

$C = D$ – koncept C jest identyczny z konceptem D ,

$R_1 \sqsubseteq R_2$ – rola R_1 jest rolą / zawiera się w roli R_2 ,

$R_1 = R_2$ – rola R_1 jest identyczna z rolą R_2 .

Dla dowolnych nazw konceptów C, D oraz ról R_1, R_2 aksjomatami w stopniu α są wyrażeniami postaci: $\langle C \sqsubseteq D, \alpha \rangle$, $\langle C = D, \alpha \rangle$, $\langle R_1 \sqsubseteq R_2, \alpha \rangle$, $\langle R_1 = R_2, \alpha \rangle$.

3. Rozmywanie

Wyrażenia języka logiki fuzzyDL interpretujemy w wybranej, uporządkowanej algebrze zbiorów rozmytych:

$$F = \langle F, \wedge^F, \vee^F, \neg^F, c^F, e^F, 0^F, 1^F, M, F_0 \rangle \quad (1)$$

gdzie dla przestrzeni $X \cup X \times X$, F jest pewną rodziną zbiorów rozmytych $: X \cup X \times X \rightarrow [0, 1]$ określonych następująco: dla każdego zbioru rozmytego istnieją dokładnie dwa zbiory rozmyte $\iota_1 : X \rightarrow [0, 1]$ oraz $\iota_2 : X \times X \rightarrow [0, 1]$ takie, że:

$$(x) = \begin{cases} \iota_1(x), & \text{dla } x \in X \\ \iota_2(x), & \text{dla } x \in X \times X \end{cases} \quad (2)$$

Rodzina F jest zbiorem wszystkich zbiorów rozmytych w algebrze F , zamkniętych na wymienione operacje i relacje, określone przez stosowne t-normy i s-normy [1, 7, 11, 15]: triangulacji, zawierania i równości oraz modyfikacji. Operacja $\wedge^F$ jest operacją iloczynu zbiorów rozmytych, $\vee^F$ jest operacją sumy, $\neg^F$ jest operacją dopełnienia, c^F jest funkcją $c^F : F \times F \rightarrow [0, 1]$ zwaną stopniem zawierania się zbiorów rozmytych [7] (s. 47), e^F jest funkcją $e^F : F \times F \rightarrow [0, 1]$ zwaną stopniem równości zbiorów rozmytych [7] (s. 45), symbol 0^F oznacza dowolny zbiór rozmyty o wartościach 0, symbol 1^F oznacza dowolny zbiór rozmyty o wartościach 1, M jest wyróżnionym zbiorem operacji jednoargumentowych $f : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ zwanych funkcjami modyfikacji, F_0 jest wyróżnionym podzbiorem F .

Niech X jest zbiorem wszystkich obiektów (egzemplarzy danych), których dotyczy wiedza reprezentowana w sieci semantycznej, a $X \times X$ jest zbiorem wszystkich uporządkowanych par elementów zbioru X . Dana jest funkcja $(\cdot)^I$, która:

- 1) wystąpieniom konceptów t przyporządkowuje pewne wartości $t^I \in X$, a wystąpieniom par (t_1, t_2) przyporządkowuje pary $(t_1^I, t_2^I) \in X \times X$.

Uwaga! Najczęściej wystąpienia konceptów są utożsamiane z egzemplarzami danych. Egzemplarze te są uważane przez informatyków za obiekty. Tak więc przestrzeń $X \cup X \times X$ jest zbiorem wszystkich rozważanych egzemplarzy danych. Na przykład konkretny napis w danym miejscu ekranu monitora naszego komputera jest

egzemplarzem pewnej danej. Egzemplarzami danych są również konkretne związki pomiędzy danymi.

- 2) nazwom konceptów C przyporządkowuje zbiory rozmyte $C^I : X \cup X \times X \rightarrow [0, 1]$, takie że dla każdego $x \in X : C^I(x)$ i dla każdego $y \in X : C^I(x) = C^I((x, y)) = C^I(x, y)$.
- 3) nazwom roli R przyporządkowuje zbiory rozmyte $R^I : X \cup X \times X \rightarrow [0, 1]$, równe 0 dla argumentów z X ,
- 4) modyfikatorom m przyporządkowuje funkcje $m^I : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, gdzie $m^I \in M$,
- 5) asercjom oraz aksjomatom E przyporządkowuje pewną, określoną dalej, liczbę $E^I \rightarrow [0, 1]$,
- 6) dla wyrażeń $\langle E, \alpha \rangle$ – asercjom oraz aksjomatom E w stopniu α przyporządkowuje $\langle E, \alpha \rangle^I = \langle E^I, \alpha \rangle$.

3.1. Semantyka konceptów języka TBox

Dla dowolnych $x \in X$, nazw konceptów C, D , nazwy roli R oraz modyfikatora m :

$$\top^I(x) = 1 \quad (3)$$

$$\perp^I(x) = 0 \quad (4)$$

$$(\neg C)^I(x) = (\neg^F C^I)(x) \quad (5)$$

$$(C \sqcap D)^I(x) = (C^I \wedge^F D^I)(x) \quad (6)$$

$$(C \sqcup D)^I(x) = (C^I \vee^F D^I)(x) \quad (7)$$

$$(\exists R.C)^I(x) = \sup_{y \in X} \{(R^I \wedge^F C^I)(x, y)\} \quad (8)$$

$$(\forall R.C)^I(x) = \inf_{y \in X} \{(\neg^F R^I \vee^F C^I)(x, y)\} \quad (9)$$

$$(m(C))^I(x) = m^I(C^I(x)) \quad (10)$$

3.2. Semantyka asercji języka ABox

Dla dowolnych wystąpień t konceptu C oraz wystąpień (t_1, t_2) roli R :

$$(t : C)^I = C^I(t^I) \quad (11)$$

$$((t_1, t_2) : R)^I = R^I(t_1^I, t_2^I) \quad (12)$$

3.3. Semantyka aksjomatów RBox

Dla dowolnych nazw konceptów C, D :

$$(C \sqsubseteq D)^I = c^F(C^I, D^I) \quad (13)$$

$$(C = D)^I = e^F(C^I, D^I) \quad (14)$$

3.4. Rozmyta baza wiedzy

Gdy funkcja interpretacji $(.)^I$ spełnia warunki 1) – 6) oraz wzory (3) – (14), to nazywamy ją rozmywaniem w języku logiki fuzzyDL. Jeżeli w wyniku rozmywania otrzymujemy tylko funkcje charakterystyczne, to taką interpretację nazywamy dokładną. Jest ona równoważna standardowej interpretacji logiki opisowej DL [1].

Niech $(.)^I$ jest rozmywaniem w języku fuzzyDL. Mówimy, że wyrażenie $\langle E, \alpha \rangle$ jest spełnione w tej interpretacji (co zapisujemy: $I \models \langle E, \alpha \rangle$) wtedy i tylko wtedy, gdy $E^I \geq \alpha$.

Rozważmy skończony zbiór Fuz . Zbiór ten odpowiada możliwym w praktyce realizacjom rozmywania, akceptowanym przez pewną grupę ekspertów, agentów dokonujących

rozmywania wyrażeń języka logiki fuzzyDL. Zbiór Fuz nazywamy przestrzenią rozmywania. W procesie rozmywania tworzona jest rozmyta baza wiedzy:

$$K = \langle Fuz, V, TBox, ABox, RBox \rangle \quad (15)$$

gdzie:

TBox jest skończonym zbiorem konceptów i ról,

V jest funkcją zwaną zakresem ufnosci rozmycia, przyporządkowującą konceptom i rolom pewne zbiory wartości ich rozmywania $I \in Fuz$,

ABox jest skończonym zbiorem asercji zachodzących w jakimś stopniu α zbudowanych z konceptów i ról zbioru TBox,

RBox jest skończonym zbiorem aksjomatów zachodzących w jakimś stopniu α , zawierającym tylko terminy ze zbioru TBox.

Ponadto wszystkie wyrażenia $\langle E, \alpha \rangle$ należące do ABox lub RBox są spełnione w jakiejś interpretacji ze zbioru Fuz . Wyrażenie $\langle E, \alpha \rangle$ języka fuzzyDL jest rozmytą logiczną konsekwencją bazy wiedzy K (co zapisujemy: $K \models \langle E, \alpha \rangle$) wtedy i tylko wtedy, gdy jest spełnione w dowolnej interpretacji rozmytej $I \in Fuz$.

4. Wyostrzanie

Poszukujemy rodziny podzbiorów zbioru X , w której będziemy interpretować wyrażenia logiki deskrypcyjnej. Podobnie, jak w przypadku stosowania w statystyce przedziałów ufnosci, przyjmujemy, że najbardziej istotne jest zaakceptowanie przez wszystkich ekspertów stopni przynależności elementów do zbioru rozmytego. Zbiór ten zawiera rozmycia pewnych konceptów lub ról należących do rozmytej bazy wiedzy $K = \langle Fuz, V, TBox, ABox, RBox \rangle$. Oznacza to, że dla rozmywania $I \in Fuz$, konceptu C lub roli R , stopnie rozmycia, należą do pewnego wyróżnionego zbioru zakresów ufnosci $V(C)$ lub $V(R)$ gdzie:

$$\begin{aligned} V(C) &\subseteq \{\alpha : \text{dla pewnych wystąpień} \\ &\text{konceptu } C \text{ oraz } I \in Fuz, \alpha = (t : C)^I\} \\ V(R) &\subseteq \{\alpha : \text{dla pewnych wystąpień } (t_1, t_2) \\ &\text{roli } R \text{ oraz } I \in Fuz, \alpha = ((t_1, t_2) : R)^I\} \end{aligned} \quad (16)$$

Elementy należące do rozważanych zbiorów rozmytych w zakresie ufnosci rozmycia przyjmowanego przez wszystkich ekspertów (lub inaczej: należących do pewnych zakresów ufnosci rozmycia V) tworzą pewien wyróżniony podzbiór przestrzeni X lub $X \times X$. Innymi słowy, eksperci proponują wiedzę o stopniu rozmycia należącym do pewnego zakresu stopni rozmycia traktować jako wiedzę dokładną w ramach wcześniej dokonanego rozmywania tej wiedzy. Takie podejście ekspertów jest wyostrzaniem wiedzy o przynależności elementu przestrzeni do pewnego jej podzbioru. Dlatego wyznaczanie takich podzbiorów będziemy utożsamiać z wyostrzaniem wiedzy o obiektach należących do przestrzeni X lub $X \times X$.

Funkcję $(.)^{Def}$ nazywamy wyostrzaniem dla bazy wiedzy $K = \langle Fuz, V, TBox, ABox, RBox \rangle$, jeśli dla dowolnych konceptów: C, D , oraz ról: R, R_1, R_2 , wystąpień konceptów t, t_1, t_2 z tej bazy, zachodzą wzory:

$$\perp^{Def} = \emptyset, \top^{Def} = X \quad (17)$$

$$C^{Def} = X_C, \text{ gdzie:} \\ X_C \subseteq X, x \in X_C \\ \text{wtw, gdy istnieje fuzyfikacja } I \in Fuz \\ \text{taka, że } (t : C)^I \in V(C) \text{ oraz } x = t^{Def} \quad (18)$$

$$R^{Def} = (X \times X)_R, \text{ gdzie:} \\ (X \times X)_R \subseteq X \times X \\ (x, y) \in (X \times X)_R \text{ wtw, gdy istnieje} \\ \text{fuzyfikacja } I \in Fuz, \text{ taka, że} \\ ((t_1, t_2) : R)^I \in V(R) \text{ oraz } x = t_1^{Def} \quad (19)$$

$$(\neg C)^{Def} = X \setminus C^{Def} \quad (20)$$

$$(C \sqcup D)^{Def} = C^{Def} \cup D^{Def} \quad (21)$$

$$(C \cap D)^{Def} = C^{Def} \cap D^{Def} \quad (22)$$

$$(\exists R.C)^{Def} = \{ x \in X : \text{istnieje taki, że} \\ (x, y) \in R^{Def} \text{ i } y \in C^{Def} \} \quad (23)$$

$$(\forall R.C)^{Def} = \{ x \in X : \text{dla każdego } y, \text{ jeśli} \\ (x, y) \in R^{Def}, \text{ to } y \in C^{Def} \} \quad (24)$$

$$(t : C)^{Def} \text{ wtw } t^{Def} \in C^{Def} \quad (25)$$

$$((t_1, t_2) : R)^{Def} \text{ wtw } (t_1^{Def}, t_2^{Def}) \in R^{Def} \quad (26)$$

$$(C \sqsubseteq D)^{Def} \text{ wtw } C^{Def} \subseteq D^{Def} \\ \text{oraz } (C = D)^{Def} \text{ wtw } C^{Def} = D^{Def} \quad (27)$$

$$(R_1 \sqsubseteq R_2)^{Def} \text{ wtw } R_1^{Def} \subseteq R_2^{Def} \quad (28)$$

$$(R_1 = R_2)^{Def} \text{ wtw } R_1^{Def} = R_2^{Def} \quad (29)$$

$$< E, \alpha >^{Def} \text{ wtw } E^{Def}, \\ \text{jeśli } K \vdash < E, \alpha >, \text{ albo } < E, \alpha >^{Def} \\ \text{wtw } \neg E^{Def}, \text{ gdy nie zachodzi } K \vdash < E, \alpha >, \\ E \text{ jest asercją lub aksjomatem bazy wiedzy } K. \quad (30)$$

5. Sieć semantyczna w systemach produkcji

Używając wyżej wprowadzonego aparatu pojęciowego, przedstawimy metodę rozmywania wiedzy konstrukcyjno-technologicznej o elementach obrotowo-symetrycznych reprezentowanej w sieci semantycznej, zaproponowaną przez zespół prof. Knosali [5, 8, 9]. Przykładowy schemat takiej sieci znajduje się na rys. 2.

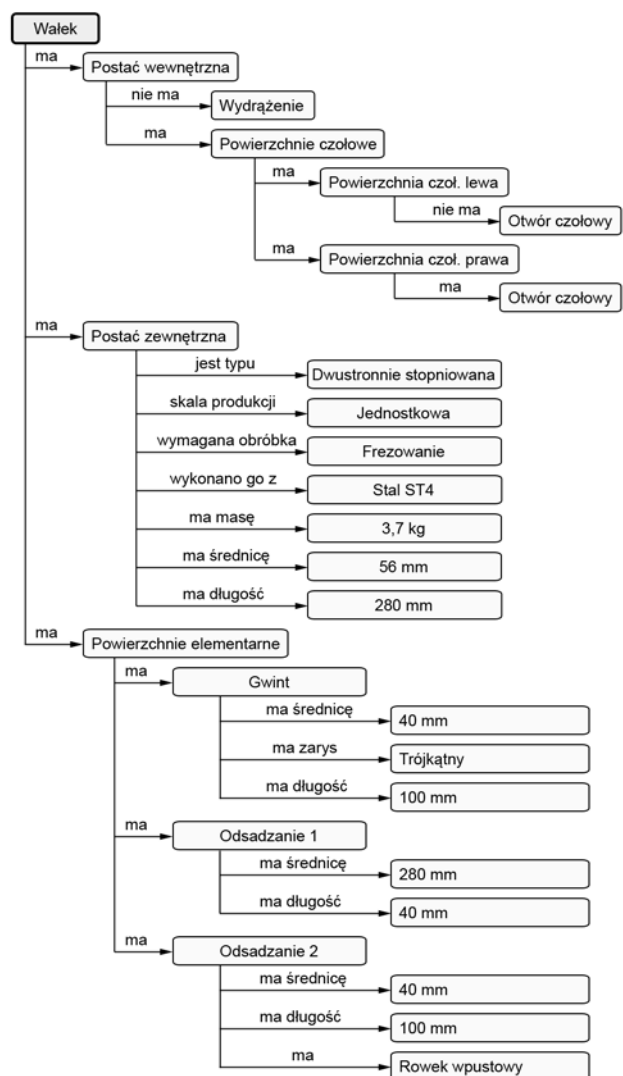
Dla tej sieci można wyróżnić następujące koncepty i role.

Koncepty: Walek (koncept Top – wszystkie możliwe do produkcji elementy obrotowo-symetryczne): Postać zewnętrzną, Postać wewnętrzną, Powierzchnie elementarne, Postać dwustronnie stopniowana, Otwór czołowy, i inne. Konceptami są też odpowiednie zalecane w konstrukcji parametry techniczne.

Role: ma, nie ma, ma długość, jest typu, ma średnicę, ma masę, wykonano go z, skala produkcji, wymagana obróbka, ma zarys, i inne.

5.1. Sieć semantyczna w systemie produkcji dla klasy elementów obrotowo symetrycznych

Dla tej sieci semantycznej buduje się schemat szkieletowy sieci semantycznej klasyfikatora konstrukcyjno-technologicznego według wzoru pokazanego na rys. 3. Rodzina diagramów zbudowanych według tego wzoru dla konkretnych wzorcowych elementów produkcji jest *siecią semantyczną w danym systemie produkcji*.

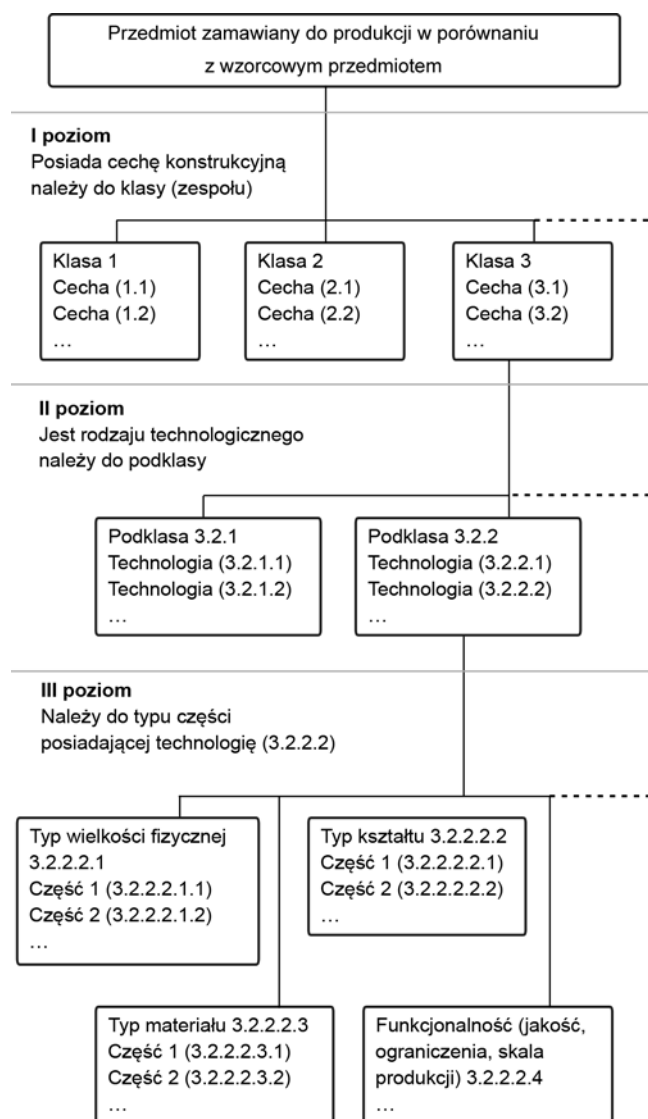


Rys. 2. Przykładowa sieć semantyczna opisująca element typu Walek [9]

Fig. 2. Example of the semantic network for the element of the type Roller [9]

5.2. Terminologia TBox sieci semantycznej w systemie produkcji

Przyjmijmy, że dla przedmiotów wzorcowych $P_1, P_2, \dots, P_k$ oraz dowolnych przedmiotów P_x określone są koncepty podobieństwa dowolnego przedmiotu do przedmiotu P_i w węźle ω semantycznej sieci szkieletowej przedmiotu P_i , a rolami są opisane w tej sieci związki konceptu w węźle ω i konceptu w wyżej położonym węźle ω' . Nazwami konceptów są nazwy określone dla ustalonych przedmiotów wzorcowych P_i i węzła ω sieci szkieletowej tego przedmiotu za pomocą schematu: „przedmiot podobny do przedmiotu P_i w węźle ω ”. Nazwami ról są nazwy związków określone według schematu „opisane w sieci szkieletowej przedmiotu P_i związki konceptu w węźle ω i konceptu w węźle wyżej położonym ω' ”. Wystąpieniami konceptów są indywidualne nazwy konkretnego zamawianego przedmiotu P_x podobnego do konkretnego wzorcowego przedmiotu P_i , natomiast wystąpieniami ról są stosowne pary wystąpień powiązanych rolą konceptów.



Rys. 3. Schemat szkieletowy sieci semantycznej klasyfikatora konstrukcyjno-technologicznego (opracowanie własne)

Fig. 3. Wireframe schema of the semantic network for the structural-technological classifier

5.3. Numeryczna wartość podobieństwa cech określonych w węzłach sieci

Jeśli numeryczna wartość porównywanej cechy ma zakres wyrażony liczbą d , wartość jest wyrażona liczbą a dla przedmiotu wzorcowego, b dla przedmiotu porównywanego ze wzorcowym przedmiotem, to współczynnik podobieństwa α jest określony wzorem:

$$\alpha = \begin{cases} \frac{1-|b-a|}{d}, & \text{dla } |b-a| < d \\ 0, & \text{dla } |b-a| \geq d \end{cases} \quad (31)$$

Gdy numeryczne wartości porównywanej cechy są określone w sposób przybliżony za pomocą przedziałów $[a_1, a_2]$ dla przedmiotu wzorcowego oraz $[b_1, b_2]$ dla przedmiotu porównywanego ze wzorcowym przedmiotem, wtedy współ-

czynnik podobieństwa α określony jest wzorem:

$$\alpha = \begin{cases} \frac{1-|a_2-b_1|}{|a_1-b_2|}, & \text{jeżeli } [a_1, a_2] \cap [b_1, b_2] = \emptyset \text{ i } a_1 < b_1 \\ \frac{1-|a_1-b_2|}{|a_2-b_1|}, & \text{jeżeli } [a_1, a_2] \cap [b_1, b_2] = \emptyset \text{ i } b_1 < a_1 \\ 0, & \text{jeżeli } [a_1, a_2] \cap [b_1, b_2] \neq \emptyset \end{cases} \quad (32)$$

Niech $\sigma(\omega)$ jest miarą zgodności strukturalnej z cechami węzła ω i wynosi 1 dla zgodności strukturalnej, oraz 0 w przeciwnym przypadku. Przyjmijmy, że $w(\omega)$ jest wagą węzła ω będącą pewną liczbą naturalną.

Wskaźnik podobieństwa $[\omega]$ przedmiotu zamawianego do wzorcowego w węźle ω określamy rekurencyjnie:

$$[\omega] = \alpha \quad (33)$$

gdzie α jest wyliczona wzorem (31), dla cech wyrażonych liczbowo lub wzorem (32), dla cech wyrażonych przedziałowo. Gdy cechy określone w węźle ω wyrażone są w węzłach $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n(\omega)}$, a $n(\omega)$ jest liczbą cech określonych w węźle ω , to stosujemy wzór rekurencyjny:

$$[\omega] = \sigma(\omega) \frac{\sum_{i=1}^{n(\omega)} w(\omega_i) * [\omega_i]}{\sum_{i=1}^{n(\omega)} w(\omega_i)} \quad (34)$$

Funkcję ważenia dla węzłów $\omega_i, i = 1, \dots, n(\omega)$, określamy wzorem:

$$v(\omega_i) = \frac{w(\omega_i)}{\sum_{i=1}^{n(\omega)} w(\omega_i)} \quad (35)$$

Wartość tej funkcji nazywamy stopniem ważenia węzłów. Zauważmy, że dla dowolnego węzła ω' połączonego z wyżej położonym węzłem ω , z którego wychodzą krawędzie do węzłów $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n(\omega)}$, jest jednoznacznie określony stopień ważenia ω' jako liczba $v(\omega') = w(\omega') / \sum_{i=1}^{n(\omega')} w(\omega'_i)$, a gdy z węzła ω nie wychodzą do góry żadne krawędzie, to wartość funkcji ważenia można uważać za równą 0. Oznaczmy przez $\omega(P_1, P_2)$ węzeł opisujący podobieństwo przedmiotów P_1 i P_2 . Współczynnik podobieństwa tych przedmiotów wyniesie $[\omega(P_1, P_2)]$. Zauważmy, że $[\omega(P_1, P_2)] = [\omega(P_2, P_1)]$, a więc podobieństwo nie zależy od kolejności porównywania.

6. Rozmywanie wiedzy w sieciach semantycznych w systemach produkcji

W celu określenia zbioru interpretacji rozmytych konceptów i ról sieci semantycznej produkcji przyjmujemy, że rozmywaną przestrzenią X będzie zbiór wszystkich przedmiotów, dla których badane jest podobieństwo do przedmiotów wzorcowych ze względu na cechy określone w węzłach sieci szkieletowej. Wystąpieniami konceptów opisującymi obiekty z przestrzeni X są egzemplarze danych opisane w sieciach szkieletowych dla konkretnych przedmiotów. Stopień rozmycia tych wystąpień w węzłach ω obliczamy jako wskaźnik podobieństwa $[\omega]$. Wystąpienia ról obliczamy za pomocą funkcji ważenia.

6.1. Wskaźnik podobieństwa kosztów produkcji

Wskaźnik podobieństwa kosztów dwu przedmiotów wyrażony jest w następujący sposób:

$$c(x, y) = \begin{cases} 1 - |x - y|/x, & \text{dla } x > y \\ 1 - |x - y|/y, & \text{dla } y > x \end{cases} \quad (36)$$

gdzie:

x – koszt pierwszego przedmiotu,

y – koszt drugiego przedmiotu.

Oczywiście: $c(x, y) = c(y, x)$.

6.2. Bazowy zbiór interpretacji rozmytych i zakres ufnosci rozmycia

Przyjmijmy, że wzorcowym przedmiotom $P_1, P_2, \dots, P_k$ odpowiadają odpowiednio koszty: $c_1, c_2, \dots, c_k$ wytworzenia tych przedmiotów. Będą rozważane tylko wskaźniki podobieństwa kosztów x, y , dla których $c(x, y) > 0,9$. Jako wzorcowe pary wzorcowych przedmiotów P_i, P_j do porównań kosztów c_i, c_j przyjmie się tylko takie pary, dla których spełniony jest warunek: $c(c_i, c_j) > 0,9$ oraz $c_i \leq c_j$.

Zakłada się, że można mieć zaufanie tylko do takiego obliczania wskaźnika podobieństwa przedmiotów, w którym przyjęto taką funkcję ważenia $v(\omega)$, że dla wszystkich wyróżnionych wzorcowych par (P_i, P_j) wskaźnik podobieństwa $[\omega(P_i, P_j)]$ różni się minimalnie od wskaźnika podobieństwa kosztów $c(c_i, c_j)$. Eksperti mogą za wiarygodne uznać na przykład kryterium: $|\omega(P_i, P_j) - c(c_i, c_j)|/c(c_i, c_j) < 0,1$, a więc będą akceptować różnicę między podobieństwem przedmiotów a podobieństwem kosztów w granicach 10 %.

Wyróżnienie wskazanego wyżej zbioru funkcji ważenia pozwala wyznaczyć bazowy zbiór interpretacji rozmytych Fuz , jak również wyznaczać zbiór wszystkich wskazanych sposobów obliczania wskaźników podobieństwa dowolnego zamawianego przedmiotu P_x do dowolnego przedmiotu wzorcowego $P_i, i = 1, 2, \dots, k$. Dla dowolnego węzła ω szkieletowej sieci semantycznej podobieństwa przedmiotu P_x do przedmiotu P_i wskaźnik podobieństwa $[\omega]$ jest stopniem rozmycia konceptu podobieństwa przedmiotu P_x do przedmiotu P_i w węźle ω , a stopień ważenia w tym węźle jest stopniem rozmycia roli opisanej przez związek konceptu w węźle ω i konceptu w wyżej położonym węźle. Zgodnie z kryteriami przyjętymi przez ekspertów przyjmuje się, że zakres ufnosci rozmycia konceptu C w węźle $\omega \neq \omega(P_i, P_x)$ jest zbiorem $V(C)$ wskaźników podobieństwa $[\omega]$, a dla $\omega = \omega(P_i, P_x), [\omega] > 0,9$. Natomiast zakres ufnosci rozmycia roli R wyznaczonej w węźle ω jest zbiorem $V(R)$ wartości $v(\omega)$ pewnej wyróżnionej funkcji ważenia v .

7. Wyostrzanie wiedzy w sieciach semantycznych systemów produkcji

Dysponując zakresem ufnosci rozmycia i wybierając bazowe terminy TBox, asercje ABox oraz aksjomaty RBox, w oparciu o koncepty i role konkretnej sieci semantycznej w systemach produkcji, jesteśmy w stanie dokonać wyostrzania tych wyrażeń bazowych. Wyostrzania dokonuje się za pomocą zaproponowanych wcześniej wzorów wyostrzania.

Za adekwatne można uważać wszystkie opisy cech konstytutywnych elementów, a więc tych cech, bez których

miara zgodności strukturalnych w danym węźle sieci wynosi 0. Stopień rozmycia takich cech musi wynosić 1, co odpowiada warunkowi adekwatności.

Określa się (dla danej grupy wzorcowych elementów) zbiory zamawianych do produkcji elementów. Są to te elementy, których opisywane cechy mają stopień rozmycia zgodny z zakresem ufnosci przyjętym przez ekspertów. W ten sposób można określić zbiór elementów, których produkcja jest opłacalna i które można dołączyć do oferty produkcyjnej.

8. Podziękowania

Dziękuję Panu Profesorowi Witoldowi Kosińskiemu za dyskusję nad poprawnym określeniem przestrzeni zbiorów rozmytych i dziedziny algebry tych zbiorów podanym w definicji rozmywania w pracy [4]. Dyskusja ta pozwoliła nanieść pewne poprawki w niniejszym artykule.

Bibliografia

1. Baader F., Calvanese D., Mc Guinness D., Nardi D., Patel-Schneider P. (eds) (2003): *The Description Logic Handbook. Theory, Implementation and Application*, Cambridge University Press.
2. Bobillo F., Straccia U. (2008): *fuzzyDL: An Expressive Fuzzy Description Logic Reasoner*, [w:] IEEE World Congress on Computational Intelligence 1–6 June 2008, Hong-Kong, 923–930.
3. Bryniarska A. (2011): *Rozmywanie i wyszukiwanie wiedzy rozmytej w sieciach semantycznych*, „Zeszyty Naukowe Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej”, tom 1, Gdańsk, 389–394.
4. Bryniarska A. (2011): *Adekwatna defuzyfikacja wiedzy rozmytej w sieciach semantycznych*, materiały konferencyjne, XIII International PhD Workshop OWD, Wisła, 249–254.
5. Ćwikła G., Knosala R. (1997): *Metoda oszacowania kosztów wykonania elementów maszyn z zastosowaniem sieci semantycznych*, „Maszyny Górnicze” nr 68, Gliwice, 25–37.
6. Galantucci L. M., Percoco G., Spina R. (2004): *Assembly and Disassembly by using Fuzzy Logic and Genetic Algorithms*, „International Journal of Advanced Robotic Systems”, Volume 1, Number 2, ISSN 1729-8806, 67–74.
7. Kacprzyk J. (2001): *Wieloetapowe sterowanie rozmyte*, Wydawnictwo WNT, Warszawa.
8. Knosala R., Ćwikła G. (1998): *Metoda szacowania kosztów produkcji bazująca na podobieństwie konstrukcyjno-technologicznym*, zbiór referatów z Konferencji „Komputerowo zintegrowane zarządzanie”, Zakopane, 169–178.
9. Knosala R. i in. (2002): *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji*, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 330.
10. Kowalski R. A. (1979): *Logic for Problem Solving*, New York North Holland.
11. Łęski J. (2008): *Systemy neuronowo-rozmyte*, Wydawnictwo WNT, wyd. 1, Warszawa.
12. Pan J. Z., Stamou G., Stoilos G., Thomas E. (2008): *Expressive Querying over Fuzzy DL-Lite Ontologies*,

- [w:] *Scalable Querying Services over Fuzzy Ontologies*, 17th International World-Wide-Web Conference, Beijin.
13. Simou N., Mailis T., Stoilos G., Stamou S. (2010): *Optimization Techniques for Fuzzy Description Logics*, [w:] Proc. 23rd Int. Workshop on Description Logics (DL2010), CEUR-WS 573, Waterloo, Canada, 244–254.
 14. Simou N., Stoilos G., Tzouvaras V., Stamou G., Kollias S. (2008): *Storing and Querying Fuzzy Knowledge in the Semantic Web*, [w:] Proc. 4th International Workshop on Uncertainty Reasoning for the Semantic Web Sunday 26th October, Karlsruhe, Germany.
 15. Yager R. R., Filev D. P. (1994): *Essentials of fuzzy modeling and control*, John Wiley & Sons, New York.
 16. Zadeh L. A. (1965): *Fuzzy sets. Information and Control*, Volume 8, Number 3, 338–353. ■

Fuzzification and defuzzification of knowledge in the semantic network of production systems

Abstract: In this article the method of fuzzification and defuzzification of the knowledge in semantic networks is proposed defined as

the interpretation of Fuzzy Description Logic (fuzzyDL). This interpretation of fuzzification is presented in ordered algebra of fuzzy sets and defuzzification is presented in algebra of Boolean set theory. It is shown how to apply these methods to the production system which compare the ordered to produce objects with the reference, elementary objects of this production.

Keywords: fuzzy description logic, fuzzy knowledge in semantic network, semantic network in production system, searching fuzzy knowledge

mgr inż. Anna Bryniarska

W 2010 r. ukończyła z wyróżnieniem studia magisterskie na kierunku Informatyka na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Na tym samym Wydziale kontynuuje studia doktoranckie (III stopnia) w dziedzinie Automatyki i Robotyki.

e-mail: a.bryniarska@doktorant.po.edu.pl



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Praca współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego

WYDARZENIA

Roboxy 2012

Naukowe Koło Studentów Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej ma zaszczyt zaprosić wszystkich miłośników robotyki na kolejną edycję turnieju Roboxy, która odbędzie się 27 maja br. Miesięcznik PAR objął patronat medialny nad tym wydarzeniem.



Podczas turnieju Roboxy 2012 rozegrane zostaną następujące konkurencje:

- linefollower,
- minisumo,
- micromouse,
- freestyle.

Dla zwycięzców przewidziane są atrakcyjne nagrody, a dla każdego uczestnika – pamiątkowy dyplom.

Jak co roku gwarantujemy miłą atmosferę i dobrą zabawę.

Data: 27 maja 2012 r.

Miejsce: **Gmach Główny Politechniki Gdańskiej**
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Więcej informacji oraz zgłoszenia robotów na stronie: www.robxy2012.pl.
Serdecznie zapraszamy i do zobaczenia w maju!

mk