

PIOTR KOŁODZIEJCZYK

*O pewnym ujęciu kwantyfikatorów rozgałęzionych
w ramach badań nad AI**

On a certain approach to branch quantifiers

NIKTÓRE PROBLEMY REPREZENTACJI WIEDZY
W RAMACH TEORII SIECI SEMANTYCZNYCH

Teoria sieci semantycznych (SNT – *semantic networks theory*) genetycznie wywodzi się z badań prowadzonych w ramach psychologii poznawczej. Zdaniem Quillana i Collinsa koncepcja sieci semantycznych stanowiła adekwatny model opisujący działanie ludzkiej pamięci, a nawet – funkcjonowanie ludzkiego umysłu. Podstawowe założenie SNT można wyrazić jako stwierdzenie, że ludzka pamięć jest strukturą złożoną z węzłów (reprezentujących pojęcia) i łuków (wyrażających relacje między pojęciami). Mówiąc inaczej, działanie umysłu (np. wnioskowanie, postrzeganie, myślenie) jest zdeterminowane relacjami zachodzącymi w konekcyjnej strukturze złożonej z pojęć i relacji między tymi pojęciami [por. Rumelhart, Norman 1983]. Ten sposób eksplikacji działania

* Artykuł ten jest autorską częścią referatu *Związek logiki kwantyfikatorów rozgałęzionych z teorią sieci semantycznych* wygłoszonego wspólnie z dr hab. Aleksym Motczanowem na Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Filozofia w XXI wieku” w Nałęczowie (23–24 września 2002 r.).

umysłu znalazł odzwierciedlenie w ramach badań nad sztuczną inteligencją. Wynikło to z dwóch przesłanek. Po pierwsze, eksperymenty prowadzone przez psychologów poznawczych zdawały się potwierdzać tezę o konekcyjnej naturze ludzkiego umysłu [por. Macphail 2002, s. 145–183]. Po drugie, modele reprezentowania wiedzy konstruowane na podstawie pierwszorzędowego rachunku kwantyfikatorów nie pozwalały na wyciąganie wniosków typu: jeśli x jest samochodem, to x ma silnik. Jak pisze Malinowski: „Przyczyna leży w samej definicji wynikania. Wynikanie $P \models Q$ zachodzi wtedy i tylko wtedy, gdy w każdym modelu, w którym spełnione jest zdanie P , spełnione jest też zdanie Q . Złomowiska pełne są samochodów, z których wymontowano silniki, zatem wynikanie $auto(x) \models silnik(x)$ nie zachodzi” [Malinowski 2000, s. 60]. Ponadto, reprezentowanie wiedzy za pomocą rachunku kwantyfikatorów pierwszego rzędu (KRP – *klasycznego rachunku predykatów*) prowadziło często do zjawiska eksplozji kombinatorycznej, czyli sytuacji, w której z zaimplementowanych w systemie przesłanek lawinowo wyciągano nie zawsze poprawne wnioski. Uwzględniając te racje, SNT zdawała się być najbardziej adekwatnym modelem reprezentacji wiedzy w procesie konstruowania sztucznych podmiotów poznawczych.

W poniższym tekście postaram się wykazać, że SNT (podobnie jak rachunek kwantyfikatorów pierwszego rzędu) nie stanowi pełnego modelu reprezentacji wiedzy. Jest tak, ponieważ teoria sieci semantycznych nie zawiera w swej strukturze wyraźnego typu kwantyfikacji, a przez to nie wyjaśnia kwestii związanych z pojęciami wynikania logicznego i jego kierunku. Na przykład, SNT – schemat zdania *Psy mają łapy*:

PIES _____ ŁAPA
MA-JAKO-CZEŚĆ

nie pozwala stwierdzić, czy posiadanie łap jest własnością wszystkich, czy tylko niektórych psów. Na mocy przedstawionego schematu nie można również rozstrzygnąć, czy wnioskowanie przebiegające, na przykład, zgodnie z prawem $\forall x Px \models \exists x Px$ jest spełnione.

W związku z tym wydaje się, że zasadność refutacji aparatury pierwszorzędowego rachunku kwantyfikatorów z ram badawczych SNT jest dyskusyjna. Jeżeli zgodzić się z Chalmerssem, że podstawowym celem badań nad AI jest konstrukcja bogatych modeli reprezentacji wiedzy [por. Chalmers 1995], to konsekwencją tego założenia jest wymóg koherencyjności elementów stanowiących składowe tych modeli, ponieważ trudno definiować wiedzę jako zbiór zdań (lub pojęć) niepowiązanych ze sobą jakimiś zależnościami logicznymi. Jest ważne, że połączenie KRP i SNT nie rozwiązuje problemów reprezentowania wiedzy charakterystycznych dla każdego z wymienionych ujęć. Co więcej, połączenie tego rodzaju wydaje się metodologicznie niedopuszczalne, ponieważ SNT i KRP

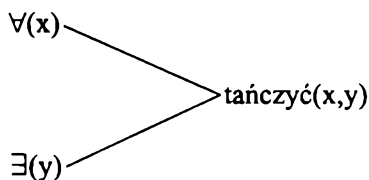
są niewspółmierne w sensie ontologicznym i językowym. Na przykład, postulowane w ramach SNT pojęcie węzła nie znajduje językowej (a co za tym idzie – również ontologicznej) reprezentacji na gruncie KRP. Ponadto, KRP (szczególnie teoriogrowa koncepcja kwantyfikatorów rozgałęzionych Hintikki) nie wyjaśnia kwestii kierunku wynikania logicznego i szyku kwantyfikatorowego [zob. Mołczanow 1992, s. 191–202]. Wydaje się, że wzmocnienie mocy eksplanacyjnej STN jest jednak możliwe przez proste rozszerzenie tej teorii o pojęcie n-wymiarowego rozgałęzienia kwantyfikatorowego. Zarys rozszerzenia tego typu jest przedstawiony poniżej.

UJĘCIE KWANTYFIKATORÓW ROZGAŁĘZIONYCH W RAMACH STN

Podstawą wprowadzenia terminu n-wymiarowego rozgałęzienia kwantyfikatorowego w strukturę formalizmów typu STN jest akceptacja stwierdzenia Mołczanowa, że struktury abstrakcyjne posiadają holistyczną strukturę i podlegają opisowi w kategoriach przestrzennych (nieliniarnych) [por. Mołczanow 1992, s. 194–196], a przez to sposób interpretacji zdań zawierających jakiś typ kwantyfikacji jest wolny od wieloznaczności. Na przykład, zdanie *Każdy chłopiec zatańczył z dziewczyną* może być reprezentowane przez następujące schematy:

- (1) $\exists(y) \forall(x) [\text{tańczyć}(x,y)]$, gdzie x – chłopiec, y – dziewczyna,
 (2) $\forall(x) \exists(y) [\text{tańczyć}(x,y)]$, gdzie x – chłopiec, y – dziewczyna.

Jak stwierdza Mołczanow [zob. Mołczanow 1992, s. 195], na podstawie tych schematów trudno wyznaczyć kierunek wynikania logicznego, ponieważ schemat (1) jest strukturą rozgałęzioną o postaci (3):



Schemat (3) zdaje się wskazywać, że formuły (1) i (2) stanowią reprezentacje formuły (3). Wynika stąd, że formalne własności tych reprezentacji są zdeteminowane sposobem deskrypcji struktury wobec nich nadrzędnej. Determinację tę można utożsamiać z kierunkiem wynikania logicznego, ponieważ relacja zachodząca pomiędzy treścią formuł (3) i (2) jest równoważna treści formuły:

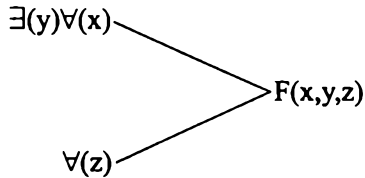
$$(4) \exists(x) \forall(y) F(x,y) \models \forall(x) \exists(y) F(x,y).$$

Na tej podstawie można przypuszczać, że z treści struktury logicznej o większej liczbie wymiarów wynikają logiczne własności struktur podrzędnych.

Mówiąc inaczej, n -wymiarowa struktura kwantyfikatorowa implikuje logiczne własności struktur o postaci $(n-1)$ wymiarowych.

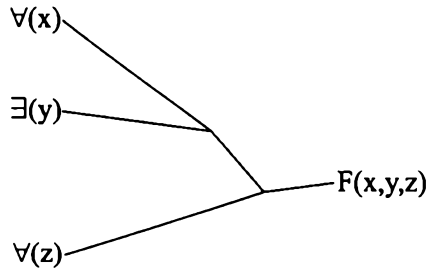
W świetle poczynionych wyżej uwag pozostaje wyjaśnić naturę relacji zachodzącej pomiędzy logiką kwantyfikatorów rozgałęzionych a SNT. Przyjmując, że kwantyfikatory rozgałęzione i sieci semantyczne stanowią struktury poddające się dekrypcji przestrzennej, można stwierdzić, że sieć semantyczna jest strukturą rozgałęzioną, izomorficzną z n -wymiarowym rozgałęzieniem kwantyfikatorowym. Oznacza to, że SNT stanowi podejście badające rodzaj (typ) rozgałęzienia (relacji) zachodzącymi pomiędzy węzłami sieci. Na przykład struktura o postaci:

(5)



jest dwuwymiarową reprezentacją n -wymiarowej struktury (w tym przypadku – trójwymiarowej) wyrażonej za pomocą schematu:

(6)



Schemat ten można traktować jako sieć semantyczną, jeśli przyjmie się, że pojęcie węzła jest tożsame z terminem ‘zmienna związana’, natomiast rozgałęzienia pełnią funkcję łuków i wyrażają relacje zachodzące pomiędzy zmiennymi związanymi. Proponowane podejście wydaje się uzupełniać standardowe SNT o założenie, że w ramach tych teorii jest możliwe formalne ujęcie własności semantycznych w systemach przetwarzających informacje oraz opisanie relacji zachodzących pomiędzy elementami stanowiącymi składowe konwersacyjnych modeli AI. Z tej choćby racji wprowadzenie pojęcia wielowymiarowego rozgałęzienia kwantyfikatorowego do standardowych SNT wydaje się owocne.

UWAGI KOŃCOWE

Przedstawiony w tekście sposób myślenia o związku logiki kwantyfikatorów rozgałęzionych z teorią sieci semantycznych może przyczynić się do rozjaśnienia niektórych problemów dotyczących konstrukcji sztucznych systemów rozumienia i przetwarzania języka naturalnego. Uprawnione wydaje się stwierdzenie, że od sposobu rozumienia kwantyfikacji rozgałęzionej zależy możliwość holistycznego ujęcia stanów kognitywnych systemu za pomocą formalizmów reprezentacji wiedzy wyrażalnych w postaci SNT [por. de Garis 1996]. Nawet jeżeli proponowane w tym tekście podejście jest błędne, to jego refutacja może stanowić punkt wyjścia konstrukcji zupełnych systemów konwersacyjnej sztucznej inteligencji.

BIBLIOGRAFIA

- Chalmers D. [1995], *On implementing a computation*, „Minds and Machines”, nr 4, s. 391–402.
- Garis H., de [1996], *CAM – Brain: ATR’s Billion Neuron Artificial Brain Project*, [w:] T. Furuhashi, Y. Uchikawa [eds.], *Fuzzy Logic, Neural Networks and Evolutionary Computation*, Springer, Berlin, s. 215–243.
- Malinowski J. [2000], *Reguły domysłania się, czyli: Co Alicja widziała*, [w:] J. Perzanowski, A. Pietruszczak [red.], *Logika i filozofia logiczna*, Wyd. UMK, Toruń, s. 59–68.
- Macphail E. [2002], *Ewolucja świadomości*, przekł. R. Bartoń, DW Rebis, Poznań.
- Molchanov A. [1992], *Dilemmas of quantification of natural language. Towards pragmatic solutions*, Wyd. WSP, Rzeszów.
- Rumelhart D., Norman A. [1983], *Representation in memory*, California University Press, San Diego.

SUMMARY

The article considers the problem of branch quantifiers from the point of view AI. In the first part, a discussion is offered on the problems connected with the representation of knowledge with semantic network formalism. In the second part, a proposal is put forward on the basis of Molchanov (1992), to extend the theory of semantic networks so as to include the concept of a multidimensional quantificatory branching. An extension of this type allows one to describe the nature of logical entailment performed by intelligent systems of natural language processing and comprehension.