

Maciej Piasecki

## Selektywne wprowadzenie do semantyki formalnej

*Semantyka formalna* jest rzadko stosowanym terminem. Często nawet podręczniki poświęcone tej dziedzinie badań lingwistycznych unikają używania takiej nazwy, np. Larson i Segal (1995) posługują się ogólnym pojęciem *semantyki języka naturalnego*. Przyczyną z pewnością jest zróżnicowanie na liczne nurty badawcze. Jednak formalność ujęcia zagadnień semantyki języka naturalnego nie jest jedynie kwestią rodzaju stosowanych metod. Formalność to kwestia bardziej zasadniczego wyboru – wyboru paradygmatu prowadzenia badań naukowych. Nie pozostaje nic innego, jak zacząć od początku i krok po kroku budować obraz tej dziedziny lingwistyki, której odrębność często pozostaje w utajeniu.

Zanim jednak przejdziemy do podstawowych zagadnień, kilka uwag na temat przyjętej koncepcji tego opracowania. Celem podstawowym jest w miarę precyzyjne określenie, czym jest semantyka formalna poprzez sformułowanie podstawowych zasad jej paradygmatu. Z racji małej obecności tych zagadnień w polskich pracach, kolejnym celem niniejszego artykułu jest przedstawienie kilku głównych nurtów badawczych. Ponieważ literatura przedmiotu jest trudno dostępna dla polskiego czytelnika, opis głównych nurtów zostanie pogłębiony kosztem, nieuchronnie, zakresu przeglądu. Również z racji rzadkiej dostępności literatury, często obok fundamentalnych prac (okazjonalnie dostępnych) proponowane będą wartościowe publikacje dostępne w formie elektronicznej<sup>1</sup>, nie rzadko znamienitego autorstwa, jak np. szkice do kursu autorstwa Barbary Portee (2003). Dla zrozumienia stanu bieżącego semantyki formalnej konieczne będzie również omówienie kilku przełomowych etapów w jej rozwoju.

### 1. Podstawowe idee

Zgodnie z zapowiedzią zaczniemy od początku. W „*Encyklopedii językoznawstwa ogólnego*” (Polański, 1993) znajdujemy, że *semantyka* to „dyscyplina naukowa zajmująca się znaczeniem” wyrażeń języka naturalnego. Niestety, definicja ta szybko gubi swoją początkową prostotę. Przyczyna sygnalizowana

---

<sup>1</sup> Znakomitą biblioteką elektroniczną zawierającą odsyłacze do wielu pozycji z zakresu lingwistyki informatycznej jest CiteSeer: <http://citeseer.nj.nec.com/cs>.

jest sformułowaniem: „Centralne dla wielu kompleksów zagadnień pojęcie *znaczenia* nie jest określone wyraźnie i bywa rozmaicie rozumiane.” (wyróżnienie własne). Nie istnieje jedna, powszechnie akceptowalna, definicja *znaczenia* wyrażenia języka naturalnego. Próby definicji tego pojęcia sprowadzają się najczęściej do schematu sformułowanego w encyklopedii w postaci następującej:

„Relacja wiążąca dwa argumenty, czyli predykat dwuargumentowy. Pytania o istotę znaczenia stawiane przez logików, filozofów i językoznawców, są w istocie pytaniami o to, jak zdefiniować zwroty typu: *x* oznacza *y*, *x* ma znaczenie *y* [...] Pytania te dotyczą dwóch kwestii: a) co w tych zwrotach reprezentują zmienne argumentowe *x* i *y*, czyli jaki jest zbiór wartości zmiennych *x* i *y*; b) jaka jest treść terminu »znaczy«[...]”<sup>2</sup>

Poszczególne nurty semantyki zgadzają się tylko w jednym: za *x* kryją się wyrażenia języka naturalnego (wyrazy, frazy, zdania lub teksty), chociaż i w tym przypadku dyskusyjną jest kwestia, czy rozważamy wyidealizowane typy wyrażen językowych, czy też ich konkretne użycia. Jeżeli użycia – to jaki zakres kontekstu interpretacji bierzemy pod uwagę: jedynie poprzedzający fragment wypowiedzi, czy też cały stan świata lub kompletny stan poinformowania nadawcy/odbiorcy. Często przyjmuje się, że odpowiedź na to pytanie rozgranicza obszary *semantyki* i *pragmatyki*. W dalszej części pracy, za podręcznikiem Larsona i Segala (1995) przyjmiemy odmienny sposób definiowania granic semantyki, oparty na zakresie opisywanego znaczenia.

To co różnicuje poszczególne nurty semantyki i jednocześnie stanowi podstawowy wyróżnik nurtów semantyki formalnej (dalej SF), to zbiór wartości przypisywany *y* oraz sposób opisu relacji *znaczy*. W przypadku SF wartości przypisywane *y* to byty matematyczne (zbiory, relacje lub systemy relacyjne), natomiast relacja *znaczy* jest opisywana w postaci sformalizowanej *reguły* przypisującej w sposób jednoznaczny określonej wartości *x* określoną wartość lub wartości (np. w przypadku niejednoznaczności) dozwolone dla *y*.

W swoim podręczniku, Larson i Segal (1995) określają zadanie SF jako budowanie *teorii semantycznej* (dalej TS) czyli teorii, która podejmuje próbę opisanie i wyjaśnienia *faktów semantycznych* (ang. *semantic facts*). Dla Larsona i Segala teoria taka stanowi część tego, co Chomsky określił mianem *kompetencji językowej* rodzimego użytkownika danego języka naturalnego. TS jest również określana znaczącym mianem *wiedzy o znaczeniu* – posiadanej przez użytkownika języka. W tym ujęciu SF jest nauką o charakterze kognitywnym. Budowane w ramach SF teorie semantyczne opisują pewien aspekt działania ludzkiego umysłu, wyrażają (najczęściej nieuświadomioną) wiedzę człowieka rządzącą przypisywaniem znaczeń do wyrażen językowych. Ogólny schemat TS to zbiór sformalizowanych reguł.

Przypisywanie TS kognitywnego charakteru nie jest zbyt częste, natomiast powszechna jest zgoda co do wymogu weryfikowalności hipotez, wysnuwa-

<sup>2</sup> Polański (1993, str. 641).

nych na podstawie TS, z ocenami rodzimych użytkowników języka. Stanowi to zawsze najbardziej czuły punkt badań w dziedzinie semantyki. Nawet jeżeli stosujemy pomocnicze techniki takie jak: parafraza (często rozbudowana, uwypuklająca identyfikowane możliwe znaczenie), podstawienie nie zmieniające znaczenia, czy też możliwa kontynuacja (w tekście), to ocena użytkownika języka jest nieunikniona.

Konkretny kształt reguł składających się na TS bywa różny dla poszczególnych nurtów badawczych. Jednak w konstrukcji całej TS ujawnia się najczęściej pewna fundamentalna prawidłowość – reguły są dobierane w taki sposób, że opisują znaczenie zgodnie z *zasadą kompozycyjności*. Zasadę kompozycyjności, wprowadzoną do logiki przez Fregego, w pierwszym ogólnym przybliżeniu 'lingwistycznego' ujęcia możemy wyrazić następująco (np. Carpenter (1997), Polański (1993), czy też Partee (2003)):

- (1) Znaczenie wyrażenia jest funkcją znaczeń jego części (prostszych wyrazów składowych) oraz sposobu w jaki są one składniowo połączone.

Rozważając na prostym przykładzie:<sup>3</sup>

- (2) *Pedro bije osła.*

Zgodnie z zasadą kompozycyjności w teorii semantycznej opisującej znaczenie (2) powinny znaleźć się reguły określające, że *Pedro* reprezentuje konkretną osobę, *bic* opisuje określoną czynność a *osioł* reprezentuje byt o określonych własnościach. Reguła opisująca znaczenia zdania identyfikowałaby jako sprawcę czynności byt reprezentowany przez pierwszy wyraz (lub frazę o cechach morfo-syntaktycznych wymaganych od podmiotu) oraz jako przedmiot czynności niefortunny byt reprezentowany przez ostatni wyraz (lub *frazę nominalną*, dalej FN, w określonym przypadku).

Konieczność uwzględnienia składniowego sposobu<sup>4</sup> łączenia wyrazów składowych staje się widoczna, gdy rozważymy zdanie typu (za Carpenter (1997)):

- (3) Jan położył klocek w pudełku na stole.

Zdanie (3) może być zbudowane przynajmniej na dwa różne składniowo sposoby<sup>5</sup> reprezentowane drzewami rozbioru składniowego przedstawionymi na rysunku 1.

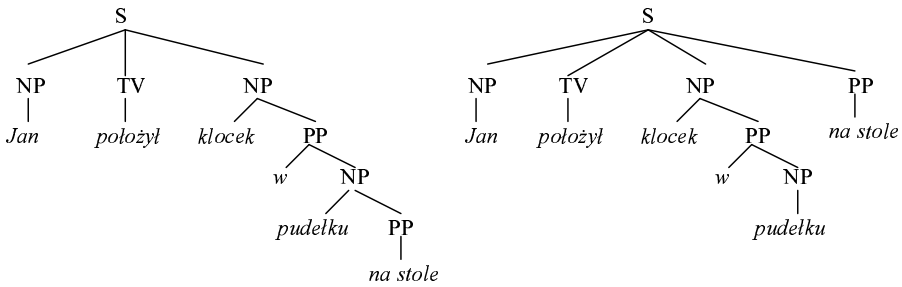
W ewidentny sposób, w zależności od przyjętego sposobu konstrukcji, znaczenie zdania (3) zmienia się.

Można wyobrazić sobie taką konstrukcję TS, która konsekwentnie ignoruje sposób budowy wyrazów i zawiera osobną regułę dla każdego możliwego

<sup>3</sup> Trochę zaskakującym, ale powoli wprowadzającym w klimat kluczowych przykładów dla paragrafu 4.

<sup>4</sup> Można skonstruować kilka dalszych sposobów rozbioru, nie wszystkie są sensowne znaczeniowo.

<sup>5</sup> Można skonstruować kilka dalszych sposobów rozbioru, nie wszystkie są sensowne znaczeniowo.



Rysunek 1. Możliwe rozbiory składniowe zdania (3)

wyrażenia języka naturalnego. Zbiór możliwych zdań jest, co prawda, nieograniczony, ale przeliczalny (zakładając skończony słownik słów oraz skończony zbiór reguł definiujących konstrukcje składniowe). Teoria taka cechowałaby się ogromną nadmiarowością, np. w oczywisty sposób poszczególne słowa, proste wyrażenia językowe są używane w tym samym znaczeniu jako składowe różnych zdań – reguły dla poszczególnych zdań wielokrotnie ponawiałyby pośrednio definicję ich znaczenia. Ponadto teoria taka byłaby daleka od kompetencji językowej człowieka – człowiek potrafi zrozumieć i skutecznie użyć zdanie, którego nigdy wcześniej nie słyszał, np. rozważmy poniższy ciąg zdań (na podstawie (Larson Segal, 1995)):

- (4) a) Człowiek stojący za Janem jest łysy.  
 b) Człowiek stojący za człowiekiem stojącym za Janem jest łysy.  
 c) Człowiek stojący za człowiekiem stojącym za człowiekiem stojącym za Janem jest łysy.

Dowolny rodzimy użytkownik języka polskiego znając zdanie typu (4) a) będzie w stanie zrozumieć lub skutecznie użyć pozostałych zdań typu b), c)... itd. Oczywiście istnieje tutaj nieostre ograniczenie (zróżnicowane osobniczo, zależne od kontekstu i samego zdania itd.) na maksymalną długość takiego zdania związane z ograniczeniem zasobów poznawczych. Innymi słowy znaczenie zdań typu b), c) itd. musi być określone na podstawie znaczeń wyrażań składowych zdania a), znanych już wcześniej użytkownikowi języka.

Przestrzeganie zasady kompozycyjności w doborze reguł pozwala na poradzenie sobie z *kreatywnością* wykazywaną w użyciu języka naturalnego przez człowieka. Ponadto, jak zobaczymy później, ścisłe przestrzeganie zasady kompozycyjności daje niebagatelną możliwość opisu znaczenia wyrażań na dowolnym poziomie ich złożoności.

Podsumowując – fundamentami SF są formalizacja relacji:  $x$  znaczy  $y$  oraz budowa TS jako zbioru reguł w sposób przestrzegający zasadę kompozycyjności. Punktem wyjścia do analizy formalnej faktów semantycznych stała

się własność prawdy lub fałszu, którą możemy określić dla większości zdań oznajmujących.

## 2. Semantyka warunków prawdziwości

Historycznie pierwszy, ale ciągle niezmiernie istotny nurt SF, czyli *semantyka warunków prawdziwości* (w (Polański, 1993) nazywana *semantyką prawdziwościową*), wywodzi się od definicji *prawdy* sformułowanej przez Tarskiego w ramach *teorii prawdy* (np. (Tarski, 1944)) dla języków formalnych. Możliwość jej zastosowania w odniesieniu do języków naturalnych została zauważona w lingwistyce począwszy od wpływowych prac Davidsona (np. (1967b)), wcześniej postulowali to również logicy, np. Bar-Hillel czy też Tarski.

Przypomnijmy krótko, że teoria prawdy jest zbiorem twierdzeń (tzw. *w warunków T*) definiujących prawdziwość wyrażenia  $x$  z języka *przedmiotowego* (poddawanego opisowi), np. języka naturalnego:

T: „ $x$  jest prawdziwe wtedy i tylko wtedy, gdy  $p$ ”, gdzie  $x$  to cytowane zdanie języka przedmiotowego,  $p$  to warunek prawdziwości  $x$  wyrażony w jakimś metajęzyku<sup>6</sup>.

Teoria prawdy jest adekwatna wtedy, jeżeli przypisuje warunek T do każdego zdania z języka przedmiotowego. Warunek T, jako całość, to zdanie zapisane w metajęzyku, cytujące  $x$  i dokonujące jego translacji do metajęzykowego wyrażenia  $p$ . Relacja pomiędzy metajęzykiem, w tym wyrażeniem  $p$ , a *światem*, jest ustalana na bazie *weryfikacji*, czyli procesu ustalenia, w oparciu o *metateorię*, czy  $p$  jest zgodne ze stanem świata.

W przypadku, gdy siła ekspresji metajęzyka jest zbyt mała, aby zapewnić jednoznaczność procedurę weryfikacji, Tarski dopuszcza możliwość zdefiniowania semantyki metajęzyka przy pomocy kolejnego meta-metajęzyka. Rozwiązanie to zostało przyjęte w przypadku wielu podejść w ramach SF, gdzie znaczenie wyrażen języka naturalnego jest opisywane wyrażeniami języka formalnego – metajęzyka nazywanego *językiem reprezentacji znaczenia*. Wyrażenia języka reprezentacji znaczenia są następnie interpretowane w oparciu o kolejną TS i kolejny metajęzyk. Dzieje się tak, np. w klasycznym kształcie DRT (*Discourse Representation Theory* – pol. *Teorii reprezentacji dyskursu*) Kamp i Reyle (1981) oraz, np. van Eijck i Kamp (1997), której poświęcimy dużo uwagi w dalszej części pracy.

Zacznijmy od klasycznego przykładu Tarskiego:

- (5) „Śnieg jest biały” jest prawdziwe wtedy i tylko wtedy (w.t.w.), gdy *śnieg jest biały*.

Pozorna trywialność warunku T (5) wynika z użycia tego samego języka, tj. języka polskiego jako języka przedmiotowego i metajęzyka. Warto jednak

<sup>6</sup> W szczególnym przypadku może być on identyczny z językiem przedmiotowym – pokazuje to analiza przykładu (5), poniżej.

zwrócić uwagę, że zdanie po lewej stronie jest przytaczane, natomiast zdanie po prawej stronie, jednakowo brzmiące, określa warunki, jakie muszą być spełnione w świecie, aby warunek T był spełniony. W wersji poniżej, w wyniku użycia dwóch różnych języków wrażenie trywialności znika:

(6) „Snow is white” jest prawdziwe w.t.w., gdy *śnieg jest biały*.

Formułując warunki T dla poszczególnych zdań języka naturalnego możemy precyzyjnie określić (szczególnie przy zastosowaniu matematyki jako metajęzyka, o czym za chwilę) prawdziwość lub fałsz poszczególnych zdań. Jednak fakt bycia prawdziwym lub fałszywym intuicyjnie nie wyczerpuje całego znaczenia zdania, nawet ograniczając się do znaczenia opisowego – deskryptywnego. Rozważmy poniższe zdania, jako zdania złożone, do analizy których stosujemy zasadę kompozycyjności:

(7) *Jan wierzy, że S1 [pies jest ssakiem].*

(8) *Jan wierzy, że S2 [pies szczeka].*

W każdej ‘rozsądnej’ TS zdania składowe w (7) i (8), oznaczone S1 i S2, zostaną określone jako prawdziwe. Czy znaczy to jednak, że znaczeniem obydwu zdań: (7) i (8), jest prawdziwość relacji pomiędzy obiektem – Janem i prawdą?

Prawa strona warunku T, tj. warunek prawdziwości  $p$ , określa stany rzeczy, czyli warunki prawdziwości, które mogą być opisane zdaniem  $x$ . Spostrzeżenie to legło u podstaw idei<sup>7</sup> utożsamienia warunków prawdziwości ze znaczeniem zdania  $x$  – zdania języka przedmiotowego. Dlatego też, wbrew definicji w (Polański, 1993) będziemy się tu posługiwać pojęciem semantyki warunków prawdziwości (dalej SWP), a nie semantyki prawdziwościowej.

Idea systematycznego wykorzystania warunku T do opisu języka naturalnego pojawiała się w pracy Davidsona (1967b) (choć sam Tarski już stosował warunek T do opisu prostych zdań języka naturalnego jako przykładów zdań logicznych). Jednak to dopiero przełomowe dokonania Montague, najczęściej zbiorczo określane mianem *gramatyki Montague*, doprowadziły do narodzin SWP i całej SF jako osobnej dziedziny lingwistyki.

Montague w swojej pracy „*English as a Formal Language*” (pol. *Język angielski jako język formalny* – tłumaczenie własne) postawił śmiałą tezę (1967b):

„Odrzucam argumenty, że istnieje istotna, teoretyczna różnica pomiędzy językami formalnymi i naturalnymi.” (tłumaczenie własne)

Program badawczy Montague sformułowany w dalszej części cytowanego fragmentu sprowadzał się do precyzyjnej definicji składni i, co ważniejsze, semantyki pewnego języka formalnego, który może być uznany za podzbiór standardowego (ang. *fragment of ordinary*) języka angielskiego. Sposób opisu celowo był wzorowany na podejściu Tarskiego zastosowanym do opisu języka logiki predykatów. Program badawczy sformułowany w Montague

<sup>7</sup> Sformułowanej już wcześniej przez Fregego w postaci pojęcia „sensu”.

(1970b) został wcielony w życie na szerszą skalę w pracy zatytułowanej „*The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English*” (Montague, 1970a). Montague zawarł w niej formalny opis podzbioru języka angielskiego w postaci gramatyki, nazywanej często skrótem PTQ, składającej się z reguł składniowych i semantycznych. W ramach PTQ Montague zaproponował analizę kilku zjawisk językowych, między innymi formalną analizę niejednoznaczności zdań z wieloma wyrażeniami kwantyfikującymi (stąd nazwa PTQ).

Nawiązując do metod opisu języka formalnego, Montague położył silny nacisk na przestrzeganie zasady kompozycyjności jako fundamentu konstrukcji gramatyki. W uproszczeniu, reguły syntaktyczne PTQ są konstruowane według schematu:

- (9)  $Syn_n$ : Jeżeli  $\alpha$  jest wyrażeniem kategorii A oraz  $\beta$  jest wyrażeniem kategorii B, to  $F_i(\alpha, \beta)$  jest wyrażeniem kategorii C.

W (9) symbol  $F_i$  to funkcja operująca na wyrażeniach i generująca wyrażenie. Funkcje występujące w regułach składniowych Montague tworzą algebrę, gdzie uniwersum to zbiór wszystkich możliwych wyrażen. Każdej regule syntaktycznej przyporządkowana (1:1) jest dokładnie jedna reguła semantyczna. Reguły semantyczne przybierają postać:

- (10)  $Sem_m$ : Jeżeli  $\alpha$  jest interpretowane jako  $\alpha'$  oraz  $\beta$  jest interpretowane jako  $\beta'$  to  $F_i(\alpha, \beta)$  jest interpretowane jako  $G_k(\alpha', \beta')$ .

W (10)  $G_k$  jest funkcją – operacją semantyczną działającą na interpretacjach. Jako interpretacje wyrażen języka naturalnego Montague przyjął wyrażenia stworzonego przez siebie języka *logiki intensionalnej* (w skrócie LI). LI jest rodzajem logiki modalnej. W efekcie reguły semantyczne definiują procedurę translacji pomiędzy wyrażeniami języka naturalnego a wyrażeniami LI, który pełni rolę metajęzyka. Jak zobaczymy poniżej, obecność LI jako metajęzyka może być wyeliminowana, w zasadzie LI służy jedynie poprawie czytelności.

Zanim rozważymy działanie gramatyki Montague na przykładzie, konieczne jest szybkie wprowadzenie do elementów *rachunku lambda* wykorzystanych przez Montague w konstrukcji LI. Ograniczymy się jedynie do najczęściej stosowanej w SF postaci *prostego typizowanego rachunku lambda* (tzn. o prostej strukturze *typów logicznych*, np. bez typów parametryzowanych lub dziedzinienia).

Wyrażenia logiki predykatów pierwszego rzędu (dalej LP) dzielą się na dwie klasy: termów i formuł. Termy logiki z operatorem lambda tworzą nieskończoną ilość klas (jedna z nich to formuły), różniących się od siebie zarówno własnościami składniowymi jak i denotacją. Precyzyjna i przejrzysta definicja języka logiki z operatorem lambda opiera się na połączeniu dwóch komponentów: składniowego i typów. Każdemu wyrażeniu języka przypisany jest jednoznacznie jego typ. Typy klasyfikują wyrażenia języka zarówno pod względem własności składniowych, jak i dziedziny denotacji (ograniczenie na funkcję interpretującą). Jeżeli do termu T przypisany jest typ  $a$ , mówimy, że term T jest *typu a*. Nazwę typu zapisuje się razem z termem

(np. po dwukropku lub w indeksie), jednak jest ona bardzo często pomijana tam, gdzie typ terminu jednoznacznie wynika z jego konstrukcji lub z przyjętej konwencji nazewnictwa zmiennych i stałych.

Typy określane są poprzez język formalny obejmujący *typy podstawowe* (oznaczane pojedynczymi literami) oraz konstruktory *typów złożonych*. W LI typy terminów ograniczają (w ‘pełnym’ rachunku lambda wyznaczają) możliwe sposoby konstrukcji wyrażeń złożonych.

- (11) Typy rozważanego tu języka logiki to najmniejszy zbiór, który zawiera:
- (i) typy podstawowe:  $e$  (byty - ang. *entity*) oraz  $t$  (ang. *truth values*)
  - (ii) oraz wszystkie wyrażenia ( $a b$ ), gdzie  $a$  i  $b$  są typami.

Typom podstawowym są przypisane zbiory stanowiące ich *denotacje*. Dla dowolnego typu  $a$  jego *denotacja* będzie oznaczana  $D_a$ . Z konstruktorami typów złożonych są skojarzone, w jednoznaczny sposób, reguły określające denotacje typów złożonych. Denotacje typów określają dziedziny, do których należy interpretacja terminów określonego typu tzn. dla dowolnego terminu  $T$  typu  $a$  mamy  $I(T) \in D_a$ , gdzie  $I$  to funkcja interpretująca w modelu danej logiki.

- (12) Denotacje typów rozważanego tu języka logiki zdefiniowane są następująco:
- a)  $D_e \neq \emptyset$  to dowolny niepusty zbiór (obiektów reprezentujących byty rzeczywistości), jednocześnie  $D_e$  to uniwersum modelu danej logiki,
  - b)  $D_t = \{0, 1\}$  to zbiór wartości logicznych,
  - c)  $D_{(ab)} = D_b^{D_a}$  – zbiór funkcji całkowitych o sygnaturze:  $D_a \rightarrow D_b$ .

Dziedzina  $D_e$  zwykle jest utożsamiana z uniwersum modelu logiki, co zostało przyjęte również w niniejszej pracy. Terminy typu  $t$ , których interpretacją są wartości logiczne, odpowiadają formułom LP. Wprowadzony został tylko jeden konstruktor typu złożonego, tj. konstruktor typu funkcyjnego, brakuje, np. konstruktora typu kartezjańskiego, jednak warto zauważyć pewne prawidłowości:

- denotacją typu  $(et)$  jest zbiór funkcji całkowitych na  $D_e$  przypisujących każdemu obiektowi jedną z wartości logicznych, w rezultacie każda  $f \in D_{(et)}$  wyznacza podzbiór  $O \subseteq D_e$  taki, że dla każdego  $o \in O$   $f(o) = 1$ ; czyli interpretacją terminów o typie  $(et)$  jest pewna relacja jednoargumentowa na  $D_e$  – pewien podzbiór  $D_e$ ;
- interpretacją terminów typu  $(e(et))$  jest relacja dwuargumentowa na  $D_e$ , interpretacją terminów typu  $(e(e(et)))$  relacja trzyargumentowa itd.;
- z kolei interpretacją terminów typu  $((et)t)$  jest funkcja z funkcji  $D_e \rightarrow D_t$ , czyli podzbiorów  $D_e$ , w wartości logiczne, oznacza to, że interpretacją terminu typu  $((et)t)$  jest jednoargumentowa relacja na rodzinie podzbiorów  $D_e$ ; czyli  $D_{((et)t)} \subseteq \wp(D_e)$ .

W rozważanych dalej przykładach zastosowania gramatyki Montague do interpretacji znaczenia prostych zdań, dokonamy daleko idących uproszczeń w zakresie języka logiki wykorzystywanego jako język reprezentacji znacze-

nia. Aby uniknąć komplikacji związanej z rozbudowanym pojęciowo aparatem LI (rodzajem logiki modalnej), LI zastąpimy LP, wzbogaconą jednak, analogicznie do LI, o elementy rachunku lambda. W rezultacie, używana tu logika, którą nazwiemy  $LP_L$  (od lambda), jest identyczna z LP, z dokładnością do definicji wprowadzonych poniżej.

Zakładamy, że funkcja interpretująca I przypisuje stałym ich denotacje zgodnie z ich typami, np. stałym o typie  $(e(et))$  przypisuje relacje dwuarumentowe. Wprowadzamy do  $LP_L$  operator *lambda* (zaproponowany przez Churcha) o składni zdefiniowanej poniżej:

- (13) Dla dowolnych typów  $a$  i  $b$ , jeżeli  $\alpha \in Var_a$  i  $\beta \in W_b$ , to  $\lambda\alpha.\beta \in W_{(ab)}$ , gdzie  $Var_a$  to zbiór zmiennych typu  $a$ ,  $W_b$  i  $W_{(ab)}$  to poprawne wyrażenia odpowiednich typów.

W dalszej części pracy istotne będzie, że operator  $\lambda$  wiąże zmienne podobnie, jak kwantyfikator. Wyrażenie powstające w wyniku zastosowania operatora lambda będziemy nazywać *wyrażeniem lambda*. Z samego typu wyrażenia lambda widać, że jego interpretacją jest funkcja (poprzez symbol  $\llbracket \psi \rrbracket$  będziemy oznaczali interpretację wyrażenia  $\psi$ , zarówno w języku naturalnym jak i w języku logiki):

- (14) Dla dowolnych typów  $a$  i  $b$  oraz dla dowolnych  $\alpha \in Var_a$ ,  $\beta \in W_b$ ,  $\llbracket \lambda\alpha.\beta \rrbracket^{M,g}$  to funkcja  $f: D_a \rightarrow D_b$ , taka, że dla każdego  $d \in D_a$   $f(d) = \llbracket \beta \rrbracket^{M,h}$ , gdzie  $M$  to model,  $h$  i  $g$  to wartościowania zmiennych takie, że  $h$  różni się od  $g$  co najwyżej wartością przypisywaną do  $\alpha$  i wartość ta to  $d$  tzn.  $h(\alpha) = d$  natomiast dla każdej zmiennej  $x$  różnej od  $\alpha$ :  $h(x) = g(x)$ .

Operator lambda konstruuje funkcję. Jeżeli  $\alpha$  to zmienna wolna w  $\beta$ , to term o postaci  $\lambda\alpha.\beta$  określamy mianem *abstrakcji funkcyjnej*. Ujawnia się tu pierwotna potrzeba wprowadzenia operatora lambda przez Churcha jako narzędzia opisu funkcji. Aby skorzystać z funkcji reprezentowanej przez wyrażenie lambda, konieczne jest wprowadzenie operacji podstawienia funkcyjnego do  $LP_L$ :

- (15) Dla dowolnych typów  $a$  i  $b$ , jeżeli  $\alpha \in W_{(a,b)}$  i  $\beta \in W_a$  to  $\alpha(\beta) \in W_b$ .

Interpretacja podstawienia funkcjonalnego jest oczywista z samego zapisu – argument zostaje ‘dostarczony’ do funkcji (czyli interpretacji wyrażenia lambda):

- (16) Dla dowolnych typów  $a$  i  $b$  oraz dla dowolnych  $\alpha \in W_{(a,b)}$  i  $\beta \in W_a$ ,  $\llbracket \alpha(\beta) \rrbracket^{M,g} = \llbracket \alpha \rrbracket^{M,g}(\llbracket \beta \rrbracket^{M,g})$ .

Rozważmy zastosowanie operatora lambda na poniższym przykładzie:

- (17) **biec**( $x$ ), gdzie **biec** to pewien predykat, to term typu  $t$  ze zmienną wolną  $x$ .

Poprzez zastosowanie operatora lambda (abstrakcja funkcyjna) otrzymujemy wyrażenie:

(18)  $\lambda x.\mathbf{biec}(x)$  – wyrażenie lambda typu  $(et)$ , przy założeniu, że  $x \in Var_e$ .

Interpretacją wyrażenia lambda (18) jest funkcja, która zwraca wartość **1** dla tych obiektów, które spełniają predykat **biec** (z definicji (14)). Widać to wyraźnie po zastosowaniu podstawienia funkcyjnego:

(19)  $\lambda x.\mathbf{biec}(x)(\mathbf{jan})$ , gdzie **jan** to stała typu  $e$ , całe wyrażenie jest typu  $t$  (definicja (15)).

W uproszczeniu, interpretację podstawienia funkcyjnego z (19) możemy opisać jako:

$$(20) \llbracket \lambda x.\mathbf{biec}(x)(\mathbf{jan}) \rrbracket^{M,g} = \\ = \llbracket \lambda x.\mathbf{biec}(x) \rrbracket^{M,g}(\llbracket \mathbf{jan} \rrbracket^{M,g}) = \llbracket \mathbf{jan} \rrbracket^{M,g} \in \llbracket \mathbf{biec} \rrbracket^{M,g}$$

Z interpretacji wyrażenia (19), opisaney w (20), wynika, że  $\lambda x.\mathbf{biec}(x)(\mathbf{jan})$  jest równoważne wyrażeniu **biec(jan)**. Fakt ten wyraża *reguła beta-redukcji*, jedna z czterech reguł wywodu stosowanych w rachunku lambda. Regułę tę 'zapożyczmy' do systemu dowodowego  $LP_L$ , zapisując ją 'opisowo' następująco:

(21) Jeżeli dane jest poprawne wyrażenie  $\lambda\alpha.\gamma(\beta)$  to  $\gamma[\alpha/\beta]$ , pod warunkiem, że  $\beta$  jest wolne dla  $\alpha$  w  $\gamma$ , gdzie  $[\alpha/\beta]$  oznacza podstawienie  $\beta$  za zmienną  $\alpha$ .

Wyrażenie  $\lambda\alpha.\gamma(\beta)$  jest poprawne wtedy i tylko wtedy, gdy typy  $\alpha$  i  $\beta$  są identyczne (reguły (13) i (15)). Formalna definicja warunku w regule beta-redukcji wymagałaby wprowadzenia kilku dalszych definicji. Dlatego też poprzestaniemy na nieformalnej charakterystyce warunku: „ $\beta$  jest wolne dla  $\alpha$  w  $\gamma$ ” jako oznaczającego, że w  $\beta$  nie występuje zmienna wolna, która stanie się związana w  $\gamma[\alpha/\beta]$  oraz, że zmienna wolna w  $\beta$  nie jest identyczna ze zmienną wolną w  $\gamma$ , np. (za Verkuyl (2002)) beta-redukcja w:

$$\text{— } \forall x.[M(x) \rightarrow \lambda z.\exists y.[F(y) \wedge K(z, y)](x)] \leftrightarrow \forall x.[M(x) \rightarrow \\ \exists y.[F(y) \wedge K(x, y)](x)] \text{ jest poprawna,}$$

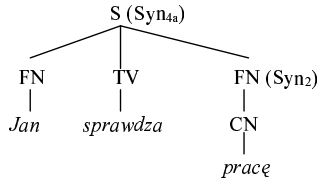
— natomiast redukcja  $\lambda y.\exists z.[B(y)(z)](z)$  do  $\exists z.[B(z)(z)]$  jest błędna!

W razie braku spełnienia warunku „ $\beta$  jest wolne dla  $\alpha$  w  $\gamma$ ” można przed beta-redukcją dokonać przemianowania zmiennych w  $\lambda$  (reguła alfa-redukcji w rachunku lambda).

Po zastąpieniu LI przez  $LP_L$ , rozważmy zastosowanie gramatyki Montague do interpretacji znaczenia prostego zdania, wprowadzając jeszcze jedną modyfikację – w regułach składniowych *gramatyka kategoryjalna* zostanie zastąpiona prostą *gramatyką frazową*. Zastąpimy również język angielski językiem polskim, co w ogólnym przypadku nie jest operacją banalną. Przeanalizujemy zdanie:

(22) *Jan sprawdza pracę.*

Przyjmijmy założenie, że w polskiej wersji PTQ zdanie (22) posiadałoby analizę składniową opisaną drzewem na rysunku 2.



Rysunek 2. Struktura składniowa (22) według reguły (23)

Węzły drzewa na rysunku 2 zostały oznaczone symbolami kategorii składniowych, natomiast w nawiasach podane zostały numery reguł składniowych generujących dany węzeł. W drzewie na rysunku 2 została przyjęta właściwa dla języka polskiego płaska struktura zdania bez wyróżnienia frazy czasownikowej. Pewnym problem przy przenoszeniu idei PTQ na grunt języka polskiego jest brak szczególnej podgrupy determinatorów w języku polskim tj. rodzajników  $a(n)$  i *the*. W PTQ ich interpretacja definiuje szkielet interpretacji całej FN. Aby uniknąć konieczności postulowania istnienia pustych determinatorów w języku polskim, na rysunku 2 wprowadzono rozwiązanie polegające na możliwości realizacji FN wyłącznie poprzez frazę CN. W obrębie reguły semantycznej pociągnie to za sobą konieczność modyfikacji interpretacji z poziomu CN do kształtu interpretacji ‘wymaganej’ dla poziomu FN.

Gramatyka, według której zostało utworzone drzewo na rysunku 2, zdefiniowana została poprzez zbiór definicji haseł słownikowych i reguł składniowych (23). Przyjęta została forma definicji reguł bliska oryginału (np. numeracja oraz obecność funkcji składniowych). Zapis  $P_A$ , gdzie  $A$  to pewna kategoria składniowa, oznacza zbiór wszystkich poprawnie zbudowanych wyrażeń kategorii  $A$ . Natomiast  $B_A$ , oznacza zbiór wszystkich *wyrażeń podstawowych* (tzn. niepodzielnych z punktu widzenia gramatyki) kategorii  $A$ . Zbiory wyrażeń podstawowych są definiowane w słowniku gramatyki poprzez wyliczenie.

(23) **Słownik wyrażeń podstawowych:**

$B_{FN} = \{Jan\}$ ,  $B_{TV} = \{sprawdza\}$ ,  $B_{CN} = \{praca\}$

**Reguły składniowe:**

$Syn_1$  : Dla dowolnej kategorii  $A$  zachodzi:  $B_A \subseteq P_A$

$Syn_2$  : Jeżeli  $\alpha \in P_{CN}$ , to  $F_{16}(\alpha) \in P_{FN}$ , gdzie  $F_{16}(\alpha) = \alpha$

$Syn_{4a}$  : Jeżeli  $\alpha \in P_{FN}$ ,  $\beta \in P_{TV}$  oraz  $\delta \in P_{FN}$ , to  $F_4(\alpha, \beta, \delta) \in P_S$ , gdzie osoba i liczba wyrażeń podstawowych w  $\beta$  zostaje dostosowana do  $\alpha$  oraz przypadek  $\delta$  zostaje dostosowany do wymagań głównego wyrażenia podstawowego w  $\beta$ .

$Syn_{4a}$  pokazuje, że problem reprezentacji cech morfologicznych w słowniku został w PTQ rozwiązany bardzo prosto – PTQ jest gramatyką generatywną definiującą sposób konstrukcji, a nie rozbiór wyrażenia języka natu-

ralnego (modelowana jest kompetencja językowa w stylu ‘wczesnego’ Chomsky’iego, czyli zdolność do produkcji zdań). Dodatek związany z ustalaniem przypadku w  $Syn_{4a}$  jest oczywiście ‘łatą’ niezbędną dla języka polskiego.

Zasada kompozycyjności określa interpretację fraz jako funkcję interpretacji wyrażeń składowych, natomiast interpretacje wyrażeń podstawowych muszą zostać podane w słowniku. W gramatyce Montague działanie zasady kompozycyjności zostało rozszerzone o poziom wyrażeń podstawowych poprzez ścisłe przyporządkowanie kategoriom składniowym typów logicznych<sup>8</sup>. Definicje interpretacji wyrażeń podstawowych i reguł semantycznych dla komponentu składniowego (23) gramatyki podane są w (24) poniżej. Związek pomiędzy kategoriami i typami logicznymi wynika z samych przypisanych termów, dodatkowo w leksykonie poszczególne typy zostały jawnie zapisane dla poszczególnych kategorii. Odwzorowanie pomiędzy regułami składniowymi i semantycznymi zostało zdefiniowane (identycznie jak w PTQ) w postaci identycznej numeracji. Warto jednak zauważyć, że typy logiczne ograniczają możliwe konstrukcje składniowe. Związki pomiędzy składnią i semantyką stają się bardzo silne i dwustronne.

(24) **Leksykon interpretacji wyrażeń podstawowych:**

$\llbracket Jan \rrbracket = \lambda P.P(\mathbf{jan})$ ,  $\llbracket sprawdza \rrbracket = \lambda P.\lambda z.P(\lambda y.\mathbf{sprawdzać}(z, y))$ ,  
 $\llbracket praca \rrbracket = \mathbf{praca}$ , gdzie **jan** to stała typu  $e$ , **praca** to predykat jednoargumentowy typu  $(et)$  oraz **sprawdzać** to predykat dwuargumentowy typu  $(e(et))$ ;

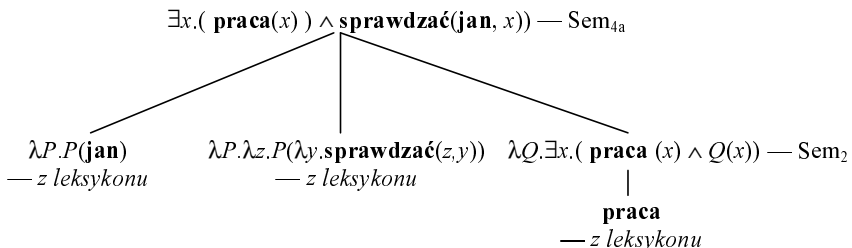
**Powiązanie kategorii składniowych z typami logicznymi:**

$B_{FN} \approx ((et)t)$ ,  $B_{TV} \approx (((et)t)(et))$ ,  $B_{CN} \approx (et)$

**Reguły semantyczne:**

$Sem_2$  : Jeżeli  $\alpha \in P_{CN}$  i  $\alpha' = \llbracket a \rrbracket$ , to  $\llbracket F_{16}(\alpha) \rrbracket = \lambda Q.\exists x.(\alpha'(x) \wedge Q(x))$

$Sem_{4a}$  : Jeżeli  $a \in P_{NP}$  i  $\alpha' = \llbracket [a] \rrbracket$ ,  $\beta \in P_{TV}$  i  $\beta' = \llbracket [b] \rrbracket$  oraz  $\delta \in P_{NP}$  i  $\delta' = \llbracket [d] \rrbracket$ , to  $\llbracket F_4(\alpha, \beta, \delta) \rrbracket = \alpha'(\beta'(\delta'))$



Rysunek 3. Interpretacja zdania (22) i jego fraz składowych zgodnie z regułami (24)

<sup>8</sup> Związek ten jest szczególnie silny przy użyciu gramatyki kategorialnej.

Typ reprezentacji CN to po prostu relacja jednoargumentowa (interpretacja predykatu). Taki jest też typ argumentu wymaganego w  $Sem_2$  (czyli Q, np.  $Q(x)$ ). Interpretacją wyrażenia w  $Sem_2$  jest funkcja:  $D_{(et)} \rightarrow D_t$ , czyli samo wyrażenie jest typu  $((et)t)$ , jest to jednocześnie typ reprezentacji ‘pełnej’ frazy kategorii FN (np. typem interpretacji *Jan* czyli typem wyrażenia ‘ $\lambda P.P(\mathbf{jan})$ ’). Typ  $((et)t)$  to rodzina podzbiorów  $D_e$  – zbiór wszystkich własności spełnianych przez obiekt<sup>9</sup> reprezentowany przez daną FN, np. przez obiekt stanowiący interpretację stałej **jan**. Sens przyjęcia takiego typu dla reprezentacji FN ujawnia się, gdy rozważymy redukcję reprezentacji podmiotu,  $\alpha'$  w  $Sem_{4a}$ , typu  $((et)t)$ , z reprezentacją reszty zdania,  $\beta'(\delta')$  w  $Sem_{4a}$ , która jest typu  $(et)$ . Reprezentacja reszty zdania opisuje własność spełnianą przez ‘obiekt podmiotu’ – własność ta musi należeć do własności reprezentowanych przez FN: podstawienie funkcyjne  $\alpha'(\beta'(\delta'))$  w regule  $Sem_{4a}$ . Ostatecznie reprezentacja całego zdania jest typu  $t$ , czyli przyjmuje wartość logiczną **1** lub **0**.

Skomplikowany typ reprezentacji semantycznej czasownika *sprawdzać* stanie się bardziej zrozumiałe (lub ‘wiarygodny’) w momencie zastosowania jej jako składowej interpretacji całego zdania. Kompozycyjny proces interpretacji zdania (22), zgodnie z jego analizą składniową na rysunku 2, przedstawia rysunek 3. Najpierw, dla wyrażen podstawowych pobierane są interpretacje z leksykonu, a następnie stosowane są odpowiednie reguły semantyczne. Efekt działania reguł semantycznych, stan po wykonaniu wszystkich możliwych redukcji, przedstawiony został w węzłach drzewa. Z racji redukcji aż trzech wyrażen w  $Sem_{4a}$ , na rysunku 3 interpretacja całego zdania wyłania się dość nagle. Przeanalizujmy kolejne podstawienia funkcyjne w  $Sem_{4a}$ , krok po kroku.

- (25) Podstawienie  $\beta'(\delta') : \lambda P.\lambda z.P(\lambda y.\mathbf{sprawdzać}(z, y))$   
 $(\lambda Q.\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge Q(x)))$   
 beta-redukcja (za  $P$ ):  $\lambda z.(\lambda Q.\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge Q(x))$   
 $(\lambda y.\mathbf{sprawdzać}(z, y)))$   
 beta-redukcja (za  $Q$ ):  $\lambda z.(\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge$   
 $\wedge \lambda y. \mathbf{sprawdzać}(z, y)(x)))$   
 beta-redukcja (za  $y$ ):  $\lambda z.(\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge \mathbf{sprawdzać}(z, x)))$
- (26) Podstawienie  $\alpha'(\beta'(\delta')) : \lambda P.P(\mathbf{jan})$   
 $(\lambda z.(\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge \mathbf{sprawdzać}(z, x))))$   
 beta-redukcja (za  $P$ ):  
 $\lambda z.(\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge \mathbf{sprawdzać}(z, x)))(\mathbf{jan})$   
 beta-redukcja (za  $z$ ):  $\exists x.(\mathbf{praca}(x) \wedge \mathbf{sprawdzać}(\mathbf{jan}, x))$

Skoro stało się widoczne w (25) i (26), że rozwiązanie przedstawione w regułach (24) daje efekty zgodne z intuicyjnym rozumieniem znaczenia zdania (22), czas uzasadnić kilka rozwiązań szczegółowych. Reguła  $Sem_2$  wprowadza interpretację przyjętą przez Montague dla rodzajnika nieokre-

<sup>9</sup> Gramatyka Montague ogranicza się jedynie do opisu FN w liczbie pojedynczej. Opis FN w liczbie mnogiej jest możliwy w oparciu o kwantyfikatory uogólnione omawiane w dalszej części tej pracy.

ślonego  $a(n)$ , który jest interpretowany w  $PTQ$  egzystencjalnie, tzn. jako istnienie obiektu o własnościach określonych przez deskrypcję we FN, który jednocześnie spełnia własności wyrażone pozostałą częścią zdania. Jak już to było wspomniane, powstaje wyrażenie typu  $((et)t)$  reprezentujące wszystkie własności spełniane przez obiekt reprezentowany przez daną FN. Interpretacja FN odpowiada pojęciu *kwantyfikatora uogólnionego* (omawianego dalej w niniejszej pracy), chociaż Montague nie użył tego pojęcia. Wprowadzony tu schemat interpretacji kwantyfikacji można również postrzegać jako relację pomiędzy zbiorami obiektów: zbiorem obiektów spełniających *restrykcję* (interpretacja FN) oraz obiektów spełniających *ciało* (interpretacja reszty zdania).

Przyjęta reprezentacja czasownika *sprawdzać* odbiega od interpretacji występującej w  $PTQ$ . Montague, poświęcając dużo uwagi czasownikom tzw. *wyższego rzędu* jak, np. *wierzyć*, które trudno interpretować jako relacje pomiędzy obiektami, przyjął predykat 'wyższego rzędu' jako podstawową interpretację leksykalną dla czasowników. W efekcie w przypadku 'zwykłych' czasowników jak, np. *rozpatrywany tu sprawdzać*, które z powodzeniem można interpretować jako relację pomiędzy obiektami, w  $PTQ$  po redukcji predykatu z argumentem na drugiej pozycji (czyli po wykonaniu pierwszej redukcji) konieczne jest zastosowanie tzw. *postulatu znaczeniowego* doprecyzowującego interpretację czasownika. Z punktu widzenia formalnego, postulat znaczeniowy jest aksjomatem teorii semantycznej. Aby uniknąć nadmiernej komplikacji w prezentowanym tu uproszczonym  $PTQ$ , postulat znaczeniowy został niejako 'wbudowany' w interpretację samego czasownika. Rozwiązanie to zostało zaczerpnięte z bardzo dobrego i łatwo dostępnego podręcznika Blackburn Bos (1999) tzw. *semantyki informatycznej* (ang. *Computational Semantics*) tzn. odmiany SF przywiązującej dużą wagę do stosowania reprezentacji znaczenia bliskich przetwarzaniu, a programowaniu logicznemu w szczególności.

Końcowa formuła w (26) (term typu  $t$ ) stanowi interpretację znaczenia zdania (22). Interpretacja ta jest jednak wyrażeniem języka formalnego, w naszym przypadku  $LP_L$  (w przypadku  $PTQ$  byłaby to formuła IL). Aby określić warunki prawdziwości dla zdania (22) konieczne jest, zgodnie z definicją Tarskiego, określenie warunków prawdziwości dla formuły (26), w sposób standardowy, w oparciu o model  $LP_L$  czyli  $\langle D_e, I \rangle$ , gdzie  $I$  to funkcja interpretująca stałe zgodnie z ich typami.

Warto tu przytoczyć obrazowe stwierdzenie (Partee (2003)) (tłumaczenie własne) dotyczące roli modelu w interpretacji języka naturalnego:

„Modele funkcjonują jako abstrakcja i reprezentacja pewnych aspektów jakiegoś rodzaju rzeczywistości; ich struktura odzwierciedla, z jednej strony, strukturę języka, dla którego zapewniają podstawy do interpretacji, a z drugiej strony, naturę rzeczywistości, którą mają one reprezentować w pewnym stopniu.”

Model wyraża niejawne założenia co do struktury wybranych aspektów świa-

ta (Partee (2003)). W przypadku modelu  $LP_L$  założenia te sprowadzają się jedynie do określenia *bytów*, które istnieją oraz *relacji*, jakie zachodzą pomiędzy tymi obiektami.

Poza modelem, w ogólnym przypadku, na ustalenie interpretacji terminu ma wpływ *funkcja wartościująca* (w skrócie *wartościowanie*), która przypisuje obiekty z  $D_e$  do zmiennych. Jednak ponieważ formuła (26) jest formułą zamkniętą, gdzie jedyną zmienną  $x$  jest związana przez kwantyfikator, to wartościowanie zmiennych nie ma wpływu na jej interpretację.

W ustalonym modelu, interpretacją (26) jest wartość prawdy lub fałszu. Zgodnie z definicją Tarskiego, jest to jednocześnie interpretacja zdania (22). Z drugiej strony, te modele, w których interpretacją (26) jest prawda, mówią nam, jaki świat powinien być, aby zdanie (22) było prawdziwe – opisują *warunki prawdziwości* (22).

Podsumujmy, oprócz warunków prawdziwości dla zdań, gramatyka Montague przypisuje również interpretację poszczególnym frazom składowym, np.  $\llbracket Jan \rrbracket = \llbracket \lambda P.P(\mathbf{jan}) \rrbracket^M = \text{zbiór wszystkich zbiorów obiektów}$  (relacja na zbiorach), do których należy obiekt przypisany do **jan**. Każdemu wyrażeniu języka naturalnego (pośrednio) przypisana jest pewna struktura w modelu: obiekt, relacja, zbiór relacji itd. – zgodnie z typem logicznym jego reprezentacji semantycznej. Właśnie na ‘strukturze znaczenia’, na wzajemnej odpowiedniości kategorii wyrażen języka naturalnego i typów logicznych koncentrowała się uwaga Montague. Marginalne znaczenie miało dla niego co *naprawdę oznaczają* poszczególne predykaty jak **praca** czy też **sprawdzać** – ważny był ich typ logiczny. Stąd też w SF historycznie uwarunkowane niedocenianie roli *semantyki leksykalnej* zajmującej się opisem znaczenia poszczególnych leksemów.

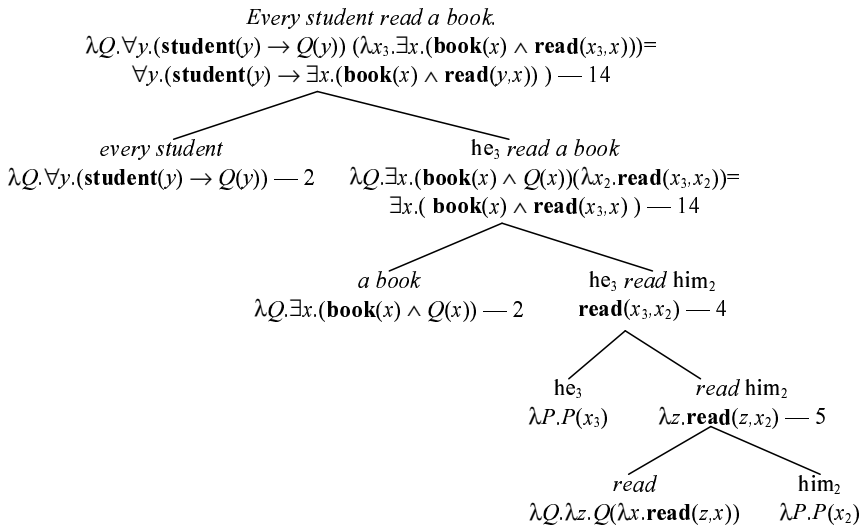
Powyższe rozważania nad interpretacją, stanowią dobrą ilustrację do analizy roli reprezentacji znaczenia w SF. W przypadku Montague, znaczenie języka naturalnego jest zdefiniowane poprzez translację do LI i dopiero pośrednio poprzez interpretację wyrażen LI w modelu. Jednak można zauważyć, że w wypadku gramatyki Montague etap translacji jest pomijalny. Wyrażenia języka naturalnego mogą być bezpośrednio interpretowane w modelu. Strategia taka przyjęta została, np. w podręczniku Larson Segal (1995). Pominięcie etapu pośredniego translacji do wyrażen języka reprezentacji znaczenia nie jest jednak możliwe w przypadku wszystkich teorii znaczenia, np. w ‘standardowym’ *DRT* (czyli Kamp Reyle (1993)) reprezentacja pełni kluczową rolę. Kwestia reprezentacji wyznacza dwa paradygmaty SF: teorii semantycznych opartych na reprezentacji i teorii semantycznych opartych na bezpośredniej interpretacji w modelu. Z pewnością zastosowanie reprezentacji znaczenia poprawia czytelność proponowanych rozwiązań.

Ważną konsekwencją precyzyjnego przestrzegania zasady kompozycyjności w duchu gramatyki Montague jest związanie wieloznaczności znaczenia wypowiedzi w języku naturalnym z niejednoznacznością w analizie składniowej. W gramatyce Montague, przykładem tego jest tzw. technika *quantifying-in* (pol. *kwantyfikowanie do wnętrza* – tj. do wnętrza reprezentacji

zdania) zastosowana do interpretacji zdań z więcej niż jedną kwantyfikującą FN. Pomijając szczegóły analizy, jej działanie zostanie przedstawione na przykładzie (Partee, 2003):

(27) *Every student read a book.* (pol. *Każdy student czytał książkę.*)

Zdanie (27) według *PTQ* może mieć dwie analizy składniowe przedstawione na rysunkach 4 i 5. Jednocześnie podane są też reprezentacje semantyczne ‘w duchu’ przyjętej wcześniej gramatyki, ściśle ‘sprzężone’ dzięki zastosowaniu zasady kompozycyjności z analizą składniową. Drzewa na rysunkach 4 i 5, w odróżnieniu od drzewa rozbioru składniowego, np. typu rysunek 1, ilustrują możliwe procesy *generacji* rozpatrywanego zdania w oparciu o składniową część przyjętej gramatyki – tj. (23).



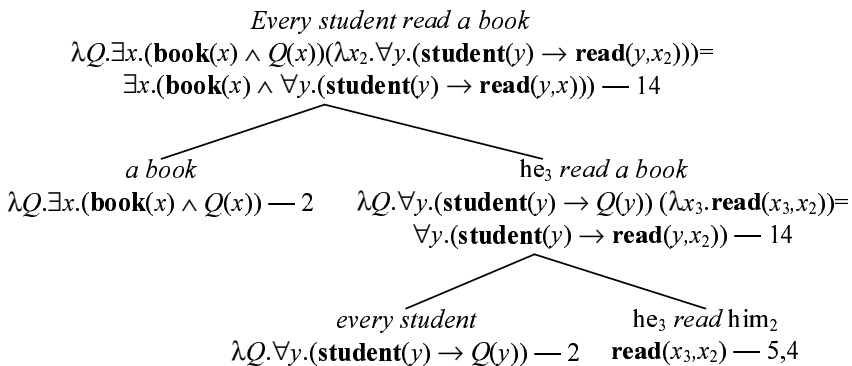
Rysunek 4. Kompozycyjna interpretacja tzw. wąskiego zasięgu frazy *a book* w (27)

Idea rozwiązania polega na uzupełnieniu wyrażen podstawowych kategorii NP o zmienne składniowe ‘ $he_i$ ’. Zmienne składniowe (ślady) ‘rezerwują’ miejsce ((Blackburn Bos, 1999) obrazowo nazywają je *placeholders*, czyli ‘trzymające miejsce’) dla kwantyfikujących FN *podniesionych* (ang. *raised*) na wyższe poziomy struktury. Reguła  $Syn_{14}$  (sygnalizowana na rysunkach) łączy FN i zdanie zawierające zmienne, pozwalając na zastąpienie dowolnie wybranej zmiennej przez FN lub zaimek. Reguła  $Sem_{14}$  przed redukcją lambda ‘wyciąga’ zmienną logiczną o odpowiednim indeksie (odpowiadającą zmiennej składniowej) w postaci zmiennej wyrażenia lambda – proces pokazany na rysunku 4 w górnym wierszu. Para reguł o numerze 14 stanowi schemat nieskończonej liczby reguł różniących się jedynie numerem indeksu. Regułę

typu 14 można stosować wielokrotnie, aż do wyczerpania się indeksowanych zmiennych, w niedeterministycznej kolejności uzyskując różne rozbiory składniowe odpowiadające różnym możliwym znaczeniom. Rysunek 5 przedstawia analizę zdania (27) odpowiadającą interpretacji z tzw. *szerokim zasięgiem* FN *a book*. W przypadku tej interpretacji mamy jedną książkę czytaną przez każdego studenta. Czy polski odpowiednik zdania (27) posiada to znaczenie – jest sprawą dyskusyjną – niektórzy rodzimi użytkownicy języka polskiego twierdzą, że tak. Z pewnością znaczenie to jest łatwo przypisywane wariantowi polskiego zdania (27), w którym nastąpiła zmiana szyku fraz w zdaniu:

(28) *Książkę czytał każdy student.*

Analiza związku porządku liniowego ze znaczeniem wykracza jednak poza ramy tego opracowania. Warto tylko podkreślić ciekawy fakt, że różnica najbardziej oczywistego znaczenia pomiędzy (27) a (28) wiąże się ze zmianą pozycji FN *książkę*.



Rysunek 5. Kompozycyjna interpretacja tzw. *szerokiego zasięgu* frazy *a book* w (27)

Zasada kompozycyjności w popularnym sformułowaniu (1) wprowadzonym na stronie 115, wbrew pozorom, pozostawia bardzo wiele swobody w interpretacji. Można śmiało stwierdzić, że jest równie nadużywana w SF, jak wiele ‘modnych’ terminów z dziedziny informatyki, np. słowa *wirtualny* lub *multimedialny* z upodobaniem odmieniane w różnych kontekstach.

Definicja (1) nie ogranicza ilości możliwych funkcji budujących znaczenia wyrażań – w skrajnym przypadku może ich być tyle, ile sposobów połączenia. Ideałem prostoty (również w (Blackburn Bos, 1999)) jest ograniczenie się jedynie do podstawienia funkcjonalnego. Nie jest również ograniczony sam sposób działania „funkcji znaczeń” – mogą one nawet dokonywać wtórnego rozbioru znaczeń wyrażań składowych w sposób niezgodny ze strukturą składniową. Całkowicie zgodnie z (1) można konstruować teorie znaczenia działające intuicyjnie kompletnie niekompozycyjnie. Dlatego też,

problem *kompozycyjności* w logice i lingwistyce doczekał się żywiołowej dyskusji i bardzo dużej liczby prac. Interesującą syntezę zagadnienia można znaleźć w (Janssen, 1997).

Larson i Segal (1995) formułują interesującą ‘praktyczną’ definicję kompozycyjności gramatyki, opierając się na wprowadzonych dwóch pojęciach: *ściśle lokalności* działania reguły i *czysto interpretatywnego* jej charakteru. Reguła semantyczna jest ściśle lokalna, jeżeli interpretuje węzeł drzewa derywacji  $X[Y_1, \dots, Y_n]$ , gdzie  $X$  oraz  $Y_i$  to kategorie składniowe, jedynie w myśl interpretacji jego *bezpośrednich składowych*, tzn.  $Y_1, \dots, Y_n$  – reguła nie ‘wnika’ w strukturę składniową bezpośrednich składowych. Z kolei reguła semantyczna jest ściśle interpretatywna, jeżeli nie wprowadza dodatkowych struktur i bazuje wyłącznie na interpretacji bezpośrednich składowych, np. (nawiasy ‘[ ]’ oznaczają węzły drzewa derywacji), np.:

- (29)  $[[S_1 \text{ i } S_2[S_3 \text{ lub } S_4]]] = \text{prawda w.t.w., gdy } [[S_1]] = \text{prawda} \wedge ([[S_1]] = \text{prawda} \vee [[S_1]] = \text{prawda})$  – brak ścisłej lokalności
- (30)  $[[S_1 \text{ i } S_2]] = \text{prawda w.t.w., gdy } [[\text{to nieprawda, e } [nieprawda, e S_1] \text{ lub } [nieprawda, e S_1]]] = \text{prawda}$  – brak czystej interpretatywności

Wykorzystując te pojęcia definicja Larsona i Segala *silnej kompozycyjności* głosi:

- (31) *Silna kompozycyjność* (ang. *strong compositionality*):  $R$  jest potencjalną regułą semantyczną interpretacji języka naturalnego, jeżeli  $R$  jest ściśle lokalna i czysto interpretatywna.

Definicja Larsona i Segala jest przykładem praktycznego podejścia do formułowania ograniczeń na kształt relacji pomiędzy składnią i semantyką (tzw. *interfejs składniowo-semantyczny*). Inna możliwość to podjęcie próby scharakteryzowania własności systemu formalnego tworzonego poprzez zbiory reguł syntaktycznych i semantycznych i ich wzajemne relacje. Nurt ten zapoczątkował sam Montague, który, konstruując *PTQ* sprowadził opis składniowy do zagadnienia konstrukcji algebry, gdzie nośnikiem jest zbiór słów języka (słownik) a operatory (częściowe) odpowiadają regułom składniowym. Następnie, znaczenia są modelowane poprzez nośniki pewnej wielorodzajowej algebry (stanowiącej jednocześnie model LI). Zasada kompozycyjności sprowadzona została w *PTQ* do definicji homomorfizmu pomiędzy obydwoma algebraami (określonego za pośrednictwem wyrażeń LI i ich interpretacji). W rezultacie – poszczególnym regułom syntaktycznym odpowiadają w jednoznaczny sposób operatory ‘algebry znaczeń’.

Idea homomorfizmu algebr, jako środka definicji zasady kompozycyjności, została rozwinięta przez Janssen (1997) do definicji ‘dwuetapowej’. Najpierw definiowane są formalne własności procesu *kompozycyjnego przypisywania znaczenia*. Następnie, pojęcie procesu jest wykorzystane jako jądro definicji zasady kompozycyjności w interpretacji znaczenia. Definicja procesu z kolei opiera się na technicznym pojęciu *algebry termów na algebrze*. Nie wchodząc

w szczególności techniczne – konstrukcja algebry termów na pewnej algebrze  $\mathbf{B}$ , oznaczanej  $\mathbf{T}_B$  sprowadza się do:

- zbudowania zbioru wszystkich poprawnie zbudowanych wyrażeń algebry  $\mathbf{B}$ , ze względu na zbiór jej nośników i jej operatory – zbiór ten jest nazywany *zbiorem termów* na  $\mathbf{B}$ ,
- następnie, na potraktowanie zbioru termów na  $\mathbf{B}$  jako zbioru nośników  $\mathbf{T}_B$ ,
- i utożsamieniu zbioru operatorów  $\mathbf{T}_B$  ze zbiorem poprawnych kombinacji termów w ramach zbioru termów na  $\mathbf{B}$ .

W oparciu o pojęcie algebry termów, kompozycyjne przypisanie znaczeń (wyrażeniom pewnego języka naturalnego lub sztucznego) określane jest następująco ((Janssen, 1997), str. 450):

”Kompozycyjne przypisanie znaczenia dla języka  $A$  w modelu  $B$  otrzymujemy poprzez definicję algebry  $\langle [G], F \rangle$  jako składni  $A$ , algebry  $\langle [H], F \rangle$  dla  $B$  oraz konstrukcję przypisania znaczenia jako homomorfizmu z algebry termów  $\mathbf{T}_A$  w  $\langle [H], F \rangle$ .”

Janssen formułuje również dalej w (Janssen, 1997, str. 452) formalną (‘pełną’) definicję *zasady kompozycyjności znaczenia* rozszerzającą kompozycyjne przypisanie znaczenia na proces przypisywania reprezentacji znaczenia w postaci wyrażenia logicznego. Ponieważ definicja ta odwołuje się do kilku dalszych pojęć, jej prezentacja zostanie tu pominięta.

Po położeniu przez Montague fundamentów pod SF, jej dalszy rozwój przebiega w dwóch częściowo niezależnych płaszczyznach. Po pierwsze, rozwijane są narzędzia formalne zwiększające siłę ekspresji języków reprezentacji znaczenia, tak aby było możliwe poddanie opisowi obszerniejszych podzbiorów języka naturalnego, przykładami są tu: mechanizmy związane ze zdarzeniami i czasem, zastosowania pojęcia *kwantyfikatora uogólnionego*, czy też mechanizm *niedospecyfikowania*. Po drugie, proponowane są, znacznie rzadziej, nowe paradygmaty znaczenia prowadzące do teorii semantycznej o kształcie odbiegającym od semantyki warunków prawdziwości, przykładami tu mogą być: *semantyka dynamiczna* (omawiana w paragrafie 4) oraz *semantyka sytuacji* (Barwise Perry, 1983).

W analizowanych do tej pory przykładach stosowaliśmy jedynie czas teraźniejszy i w modelu logiki nie występowały byty związane z czasem. Zjawiska związane z czasem można uwzględnić w reprezentacji semantycznej na dwa sposoby. Po pierwsze, można wprowadzić elementy logiki temporalnej (np. logiki temporalnej Priora – (Prior, 1967)) do języka reprezentacji znaczenia. Postąpił tak Montague wprowadzając w ramach swojej LI indeks czasowy przy interpretacji termów. Działanie funkcji interpretującej w LI zależy między innymi od momentu w czasie. W LI występują dwa specjalne operatory: ‘P’ = stan rzeczy miał miejsce oraz ‘F’ = stan rzeczy będzie miał miejsce względem momentu teraźniejszości. Logika temporalna jednak nie odzwierciedla dobrze sposobu wyrażania czasu w języku naturalnym, np. operator P można iterować, czasu przeszłego w zdaniu używamy raz,

co najwyżej można użyć zaprzeszłego, zdarzenia opisywane w języku naturalnym nie dzieją się momentalnie, ani też nie trwają nieprzerwanie przez pewien interwał – *pisanie* listu nie następuje momentalnie i dopuszcza też przerwy w tej czynności.

Drugi sposób radzenia sobie z czasem w języku naturalnym korzeniami sięga do wprowadzonej przez Davidsona (1967a) analizy opartej na pojęciu *zdarzenia* (ang. *event* lub szerzej, obejmując również ‘stany’ i ‘procesy’, *eventuality*) (dużo miejsca opisowi czasu i aspektu poświęca Verkuyl (2002)). W celu interpretacji zdań, w których występują przysłówki modyfikujące czasownik, np.

(32) *Jan przybył późno.*

Davidson wprowadził dodatkowy argument (poza wymaganymi argumentami nominalnymi) predykatu reprezentującego czasownik. Zdaniu (32) możemy przypisać następującą, uproszczoną reprezentację:

(33)  $\exists e.(\text{przybyć}(\text{jan}, e) \wedge \text{późno}(e))$

Model formuł typu (33) zostaje rozszerzony w stosunku do LP o dodatkowy rodzaj obiektów w dziedzinie – o obiekty nazywane *zdarzeniami*, reprezentujące fakt zajścia pewnych okoliczności w rzeczywistości (świadomie tutaj unikamy słowa *sytuacja*, obarczonego w SF wielorakim znaczeniem). Formuła (33) wyraża fakt istnienia zdarzenia, które możemy scharakteryzować dwoma predykatami: jest to zdarzenie polegające na przybyciu Jana oraz zdarzenie to możemy opisać jako ‘późne’ (tzn. opisane przez predykat o pewnej interpretacji).

Wprowadzenie zdarzeń umożliwia łatwy opis anafory do ‘stanu rzeczy umiejscowionego w czasie’, jak na przykład w tekście poniżej:

(34) *Jan przybył późno. Nauczyciel to zauważył.*

Tekstowi (34) możemy, jako naiwną reprezentację, przypisać następującą formułę:

(35)  $\exists e_1. \exists e_2. \exists x. (\text{przybyć}(\text{jan}, e_1) \wedge \text{późno}(e_1) \wedge \text{nauczyciel}(x) \wedge \text{zauważyć}(e_2, x, e_1) \wedge e_1 <_T e_2)$

Wprowadzenie zdarzeń to był pierwszy krok. Później pojawiły się dalsze elementy, gdzie najczęściej powtarzający się zestaw (np. (Cooper, 1994)) to: wspomniane już *zdarzenia*, *stany*, *momenty czasu* i *interwały czasowe*. Stany zostały wprowadzone, aby interpretować czasowniki typu *kochać*, *znać*, *lubić* itd., gdzie trudno mówić o zdarzeniu zajścia określonych okoliczności. Rozbudowa analizy w duchu Davidsona, mimo swojej skuteczności, rodzi poważne problemy ontologiczne, np. kwestia pierwotności jednych pojęć względem drugich (technicznie: momenty, interwały, zdarzenia i stany są wzajemnie z siebie wyprowadzalne).

Kwantyfikacja w języku naturalnym określa liczbę<sup>10</sup> obiektów, które reprezentuje FN, lub też liczbę powtórzeń określonych zdarzeń opisywanych frazą czasownikową. Przykładem FN zawierających w swoim znaczeniu aspekt kwantyfikacji są: *jakiś | każdy chłopiec, pięciu | kilku chłopców* lub *większość chłopców*. Reprezentację semantyczną wielu FN tego typu można zbudować w oparciu o elementarne kwantyfikatory: uniwersalny i egzystencjalny (jak to uczynił Montague), lecz nie wszystkich, np. *pięciu chłopców* można reprezentować przy użyciu pięciu kwantyfikatorów egzystencjalnych (podobnie jak inne liczebniki główne), ale dla *większości chłopców* możliwość taka nie istnieje ((Does Eijck, 1996)). Aby poradzić sobie z reprezentacją kwantyfikacji, SF sięgnęła po narzędzie *kwantyfikatora uogólnionego* (dalej KU) wprowadzone przez genialnego polskiego matematyka Andrzeja Mostowskiego. KU rozpoczął swoją karierę w SF wraz z przełomowym artykułem Barwise’a i Coopera ((Barwise Perry, 1983)), w którym zaproponowali gramatykę podzbioru języka angielskiego, o konstrukcji zbliżonej do *PTQ*, gdzie reprezentacja semantyczna została oparta na KU.

KU Mostowskiego to w dużym uproszczeniu rodzina podzbiorów pewnej ustalonej, ale dowolnej dziedziny. Często wygodnie jednak jest postrzegać kwantyfikację w języku naturalnym jako relację na zbiorach, tak jak się to dzieje niejawnie w przypadku *PTQ* (np. interpretacje na rysunkach 4 i 5). Dlatego też sięgniemy po uogólnienie definicji Mostowskiego, autorstwa Lindströma (1996) (kształt definicji za (Does Eijck, 1996)):

- (36) Kwantyfikator uogólniony wg (Lindström, 1996): Kwantyfikator  $\mathbb{Q}$  typu  $\langle n_1, \dots, n_k \rangle$  to funktor, który dla dowolnej dziedziny  $E : \mathbb{Q}_E \subseteq \wp(E^{n_1}) \times K \times \wp(E^{n_1})$ , oraz dla wszystkich  $R_{n_i} \subseteq E^{n_i}$ , gdzie  $1 \leq i \leq k$ , i dla dowolnej bijekcji  $\pi : E \rightarrow E'$  spełnia własność izomorficzności:  
 $\text{ISOM } \mathbb{Q}(\langle R_{n_1} K R_{n_1} \rangle) \Leftrightarrow \mathbb{Q}_E(\langle \pi(R_{n_1}) K \pi(R_{n_1}) \rangle)$ ,  
gdzie  $\pi(R_{n_1})$  oznacza  $\{ \langle \pi(d_1), \dots, \pi(d_n) \rangle : \langle d_1, \dots, d_n \rangle \in R_{n_1} \}$

Krotka  $\langle n_1, \dots, n_k \rangle$ , gdzie  $n_1, \dots, n_k$  to liczby naturalne, nazywana jest *typem kwantyfikatora*. KU, wg Lindströma, to relacja na relacjach określonych na wspólnej dziedzinie  $E$ . Poszczególne  $n_i$  określają krotność relacji na określonej pozycji w relacji będącej KU. KU typu  $\langle 1 \rangle$  to rodzina podzbiorów dziedziny  $E$ , czyli KU wg Mostowskiego reprezentowany w logice przez term typu  $((et)t)$ . W przypadku KU wg Mostowskiego mamy  $\mathbb{Q} \subseteq \wp(E)$

Nas będą tu interesowały KU typu  $\langle 1, 1 \rangle$  będące relacjami na podzbiorach dziedziny, reprezentowani przez termy typu  $((et)((et)t))$ . W przypadku KU typu  $\langle 1, 1 \rangle$ , główna część definicji (36) upraszcza się do następującej postaci:  $\mathbb{Q}_E \subseteq (\wp(E) \times \wp(E))$ , co oznacza, że KU typu  $\langle 1, 1 \rangle$  możemy zdefiniować jako zbiór uporządkowanych par podzbiorów dziedziny  $E$ . Jako przykłady kwantyfikatorów typu  $\langle 1, 1 \rangle$ , można podać (za (Does Eijck, 1996)):

<sup>10</sup> O mechanizmie kwantyfikacji możemy też mówić w przypadku określania ilości w odniesieniu do FN, gdzie denotacją deskrypcji są masy lub substancje. W niniejszej pracy rozważania ograniczymy do FN, które reprezentują zbiory policzalnych obiektów, w szczególnym przypadku zbiory jednoelementowe.

- (37)  $\mathbf{some}_E := \{\langle X, Y \rangle : X \cap Y \neq \emptyset\}$  – pary zbiorów mających niepustą część wspólną,  
 $\mathbf{every}_E := \{\langle X, Y \rangle : X \subseteq Y\}$ ,  
 $\mathbf{most}_E := \{\langle X, Y \rangle : |X \cap Y| > |X \cap (E - Y)|\}$ .

Rozważmy jeszcze raz zdanie (27), przypomniane poniżej:

- (27) *Every student read a book.* (pol. *Każdy student przeczytał książkę.*)

Jego ‘klasyczna’ reprezentacja w duchu *PTQ* na rysunku 4 (str. 128), przypomniana poniżej, pod względem struktury mało przypomina strukturę zdania w języku naturalnym:

- (38)  $\forall y.(\mathbf{student}(y) \rightarrow \exists x.(\mathbf{book}(x) \wedge \mathbf{read}(y, x)))$

Jeżeli jednak przyjmijemy upraszczające założenie, że rodzajnik *a* może być interpretowany jako KU typu  $\langle 1, 1 \rangle$  o charakterze egzystencjalnym, tzn.  $\mathbf{a}_E = \mathbf{some}_E$ , natomiast  $\mathbf{every}_E = \mathbf{all}_E$ , gdzie to  $\mathbf{a}_E$  i  $\mathbf{every}_E$  to termy typu  $((et)((et)t))$ , to interpretacja zdania z wąskim zasięgiem *a book* jest reprezentowana jako:

- (39)  $\mathbf{every}_E(\lambda x.\mathbf{student}(x))(\lambda y.(\mathbf{a}_E(\lambda u.\mathbf{book}(u))(\lambda z.(\mathbf{read}(y, z))))$ ,

gdzie dziedzina kwantyfikacji *E* jest identyczna z uniwersum modelu tzn.  $\mathbf{D}_e$ . Formuła (39) wykorzystuje wielokrotnie możliwość postrzegania wyrażenia lambda jako wyrażenia wyznaczającego zbiór, tzn.:

- $\lambda u.\mathbf{book}(u)$  – jest termem typu  $(et)$  interpretowanym jako funkcja, wyznaczająca podzbiór takich obiektów *o*, że  $o \in \llbracket \mathbf{book} \rrbracket^{M,g}$  tym samym opis funkcji jest tożsamy z podaniem zbioru,
- $\lambda z.\mathbf{read}(y, z)$  – zbiór obiektów czytanych przez kogoś (*y* jako zmienna wolna przyjmuje dowolną wartość),
- $\mathbf{a}_E$  – to stała typu  $((et)((et)t))$  interpretowana jako relacja pomiędzy podzbiarami  $\mathbf{D}_e$ , w tym przypadku pomiędzy podzbiarami  $\lambda u.\mathbf{book}(u)$  i  $\lambda z.\mathbf{read}(y, z)$ , spełniona w.t.w., gdy zbiory mają niepustą wspólną część (definicja (37)),
- w końcu,  $\mathbf{every}_E$  to relacja na zbiorach, która jest spełniona w.t.w., gdy zbiór pierwszy zawiera się w zbiorze drugim  $\lambda y.(\mathbf{a}_E(\lambda u.\mathbf{book}(u))(\lambda z.(\mathbf{read}(y, z))))$  – zbiorze obiektów czytających jakąś książkę.

### 3. Reprezentacja niedospecyfikowana

W myśl zasady kompozycyjności każde znaczenie zdania powinno być powiązane z różnicą w strukturze składniowej. Nierzadko jednak źródłem wieloznaczności jest znaczenie słowa, które często sztucznie należałoby dzielić na osobne leksemy. Większość zdań interpretowanych w izolacji jest niejednoznacznych znaczeniowo. Łącząc ze sobą zdania w wypowiedź, rozbudowujemy kontekst, co prowadzi do eliminacji niektórych interpretacji przypisanych

wcześniej poszczególnym zdaniom. Bardzo często pojawiają się jednak nowe. Może dojść do niekorzystnej z punktu widzenia przetwarzania języka eksplozji kombinatorycznej liczby możliwych reprezentacji, a utworzenie, przechowywanie i przetwarzanie każdej potencjalnej reprezentacji semantycznej wypowiedzi jest kosztowne obliczeniowo. Stąd też pojawiła się idea *reprezentacji niedospecyfikowanej*, tzn. takiej, gdzie w ramach reprezentacji semantycznej rejestrujemy dla poszczególnych jej części możliwe ich warianty, ale nie generujemy wynikowego zbioru różnych całościowych reprezentacji. W efekcie, dla niejednoznacznego znaczeniowo wyrażenia w języku naturalnym mamy jedną reprezentację, ale niedospecyfikowaną. Rozwój techniki niedospecyfikowania doprowadził do postawienia istotnych pytań. Czy w przypadku wyrażen w języku naturalnym mamy do czynienia z *niejednoznacznością* znaczeniową (ang. *semantic ambiguity*), czy też raczej z *niedookreśleniem* (ang. *vagueness*)? Czy człowiek kiedykolwiek używa języka ujednoznacznionego (ang. *disambiguated*)? Może używanie wyrażen, z definicji otwierających drogę do różnych możliwych interpretacji (nie do końca określonych znaczeniowo = niedookreślonych), leży w naturze języka naturalnego? Niedospecyfikowanie zrobiło tak dużą karierę i zostało zastosowane na tyle możliwych sposobów, iż pojawiają się stwierdzenia, że SF wkroczyła w erę niedospecyfikowania (np. Blackburn Bos (1999)).

Ogólna idea niedospecyfikowania sprowadza się do umieszczenia w reprezentacji semantycznej *meta-zmiennych*, którym zostaną później przypisane odpowiednie wyrażenia jako ich wartości. Każde niedospecyfikowane wyrażenie powiązane jest ze zbiorem funkcji, nazywanych *wypełnieniami* (ang. *pluggings*), przypisujących wartości (wyrażenia języka reprezentacji) do poszczególnych meta-zmiennych. Wypełnienia muszą spełniać zbiór ograniczeń (ang. *constraints*) również powiązanych z niedospecyfikowanym wyrażeniem.

Istnieje wiele różnych metod konstrukcji niedospecyfikowanej reprezentacji semantycznej – zwarty, aktualny ‘poradnik-przewodnik’ można znaleźć w (Bunt, 2003). Bunt źródła potrzeby wprowadzenia niedospecyfikowania dzieli na pięć klas:

- *leksykalna niejednoznaczność*, np. homonimia (wyraz jest formą dwóch różnych leksemów), polisemia (wieloznaczność leksemu), anafora (omówiona w paragrafie 4),
- *niejednoznaczność struktury semantycznej*, np. zasięg kwantyfikatorów,
- *niejednoznaczność składniowa*, np. miejsce przyłączenia frazy modyfikującej,
- *niejednoznaczność na poziomie tekstu*, np. elipsa, anafora za pomocą określonych FN, katafora (odnoszenie się do następnika w dalszej części tekstu),
- *brakująca informacja*, np. nieznanne słowa, niekompletny tekst.

Niedospecyfikowanie można wprowadzić do reprezentacji semantycznej na dwa podstawowe sposoby (Bunt, 2003):

- niejednoznaczne mogą być stałe (np. predykaty o zbiorze możliwych interpretacji) lub zmienne (faktycznie meta-zmienne, dla których istnieje wiele sposobów przypisania wartości, skojarzonych z niedospecyfikowanym termem),

— niejednoznaczny może być sposób łączenia (redukcji) wyrażeń składowych w wyrażenia złożone.

Przykładem prostej metody z pierwszej grupy może być ‘praktyczna’ metoda zastosowana w pracy Piasecki (2003). Tutaj uwagę skupimy na bardziej reprezentatywnej grupie drugiej. Jej rozwój był stymulowany w dużej mierze problemem radzenia sobie z niejednoznacznością zasięgu niektórych operatorów w reprezentacji semantycznej, np. kwantyfikatorów. Działanie metod z drugiej grupy rozważymy na przykładzie tzw. *Hole Semantics* (dalej HS) zaproponowanej przez Bosa (opis w np. Blackburn Bos (1999)) zastosowanej do reprezentacji niejednoznaczności związanych z zasięgiem kwantyfikacji w zdaniu (27). HS polega na:

- 1) rozszerzeniu słownika języka reprezentacji o nieskończony, przeliczalny zbiór meta-zmiennych  $H = \{h_0, h_1, h_2, \dots\}$ , gdzie  $h_0$  jest wyróżniona,
- 2) wprowadzeniu meta-zmiennych do termów reprezentacji semantycznej,
- 3) zdefiniowaniu wyrażeń reprezentacji *niedospecyfikowanej* jako termów opartych na etykietach,
- 4) oraz na zdefiniowaniu wypełnień poprzez definicję zbioru ograniczeń postaci:  $l \leq h$ , gdzie  $l$  jest etykietą i  $h$  jest meta-zmienną.

Rozważmy ponownie zdanie (27), które dla wygody powtórzmy raz jeszcze:

(27) *Every student read a book.* (pol. *Każdy student przeczytał książkę.*)

W myśl techniki niedospecyfikowania Bosa, reprezentacją (27) jest następujące wyrażenie:

$$(40) \quad \left\langle \left\{ \begin{array}{c} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ h_0 \\ h_1 \\ h_2 \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} l_1 : \forall y.(\mathbf{student}(y) \rightarrow h_1) \\ l_2 : \exists x.(\mathbf{book}(x) \wedge h_2) \\ l_3 : \mathbf{read}(y, x) \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} l_1 \leq h_0 \\ l_2 \leq h_0 \\ l_3 \leq h_1 \\ l_3 \leq h_2 \end{array} \right\} \right\rangle$$

gdzie  $l_1, l_2, l_3$  są etykietami (ang. *labels*) użytymi w ograniczeniach stanowiących trzeci element trójki (40). Ograniczenia definiują możliwe wypełnienia. Relacja ‘ $\leq$ ’ występująca w ograniczeniach, określa (poprzez etykietę) relację *obejmowania zasięgiem* etykietowanego wyrażenia przez meta-zmienną. W efekcie – zbiór ograniczeń definiuje częściowy porządek wypełniania meta-zmiennych etykietowanymi wyrażeniami. Każde etykietowane wyrażenie może być użyte do wypełnienia tylko raz. Zgodnie z ograniczeniami w (40) istnieją tylko dwa poprawne wypełnienia  $W_1$  i  $W_2$ :

	$h_0$	$h_1$	$h_2$
$W_1$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
$W_2$	$l_2$	$l_3$	$l_1$

W przypadku  $W_2$  wątpliwości może budzić użycie  $l_1$  do wypełnienia  $h_2$ . Jednak w  $l_1$  znajduje się  $h_1$ , w jej 'zasięgu' znajduje się  $l_3$  czyli pośrednio  $l_3$  znajduje się w 'zasięgu'  $h_2$ . Natomiast ograniczenia nic nie narzucają na wzajemną relację pomiędzy  $h_2$  i  $l_1$ .

W rezultacie zastosowania wypełnień  $W_1$  i  $W_2$  do wyrażenia (40) otrzymujemy, odpowiednio, formuły (41) i (42):

$$(41) \forall y.(\mathbf{student}(y) \rightarrow \exists x.(\mathbf{book}(x) \wedge \mathbf{read}(y, x)))$$

$$(42) \exists x.(\mathbf{book}(x) \wedge \forall y.(\mathbf{student}(y) \rightarrow \mathbf{read}(y, x)))$$

Pożądaną cechą jest istnienie systemu dowodowego bezpośrednio dla formuł reprezentacji niedospecyfikowanej. Możliwość taką oferuje język *UDRS*<sup>11</sup> autorstwa Reyle'go (1993). Skrócony opis *UDRS* i opartego na nim systemu dowodowego dostępny jest między innymi w (Cooper, 1994). W *UDSR*, podobnie jak w *HS*, mamy etykietowane wyrażenia, jednak zamiast meta-zmiennych (które nie są obecne w *UDRS*) to same etykiety wchodzą w skład wyrażeń złożonych. Konsekwencją tego jest konieczność etykietowania w *UDRS* wszystkich wyrażeń prostych, a nie, jak w *HS* – jedynie wybranych. Zbiór ograniczeń definiowany jest jako górna półkrata relacji na etykietach, interpretowanych jako pozostawanie jednej etykiety w zasięgu drugiej.

#### 4. Semantyka dynamiczna

Do tej pory analizowaliśmy jedynie metody opisu znaczenia izolowanych zdań. Człowiek jednak bardzo często posługuje się dłuższymi, wielozdaniowymi wypowiedziami. Pojawia się wtedy szereg zjawisk znaczeniowych, z których najbardziej podstawowym jest chyba *anafora*.

Encyklopedia językoznawstwa, (Polański, 1993), w początkowej części ha-sła *anafora*, charakteryzuje ją następująco:

„Jako zjawisko składniowe – relacja, która wiąże ze sobą dwa wyrażenia: anaforyzowane i anaforyczne występujące bądź w tym samym zdaniu, bądź w różnych zdaniach należących do jednego wypowiedzenia wielozdaniowego [...]. Wyrażenie anaforyczne, które nie ma własnego sensu, stanowi swoisty odsyłacz do wcześniej użytego wyrażenia anaforyzowanego, zwanego poprzednikiem (antecedensem) relacji anaforycznej, z którego odczytać można komunikowany sens. Tak np. wyrażenie anaforyczne *ją* w drugim zdaniu sekwencji *Hania wróciła już do Warszawy. Widziałem ją wczoraj na ulicy* jest nieczytelne bez poprzedzającego je w zdaniu pierwszym wyrażenia anaforyzowanego *Hania*.”

Podstawowe cechy anafory to: spełnianie funkcji semantycznego odsyłania przez jedno wyrażenie do drugiego (wcześniejszego w dyskursie) oraz

<sup>11</sup> Niedospecyfikowana wersja języka DRS stosowanego w teorii DRT - omawianej w następnym paragrafie.

składniowe uwarunkowanie kontekstem, w którym takie odsyłanie może mieć miejsce. Z dalszego rozwinięcia hasła w encyklopedii widać jednak wyraźnie, że brak jest zgodności w precyzyjnej charakterystyce tych ogólnie sformułowanych własności<sup>12</sup>. Sposób opisu zależy od przyjętych założeń teoretycznych. Dlatego też ograniczymy się na wstępie jedynie do wskazania kilku przykładów ilustrujących zjawisko anafory, natomiast jej precyzyjny, choć tendencyjny z racji wyboru konkretnej teorii semantycznej, opis wyłoni się podczas prezentacji metod opisu formalnego.

Najczęściej poprzednikiem jest FN a wyrażeniem anaforycznym jest zaimek anaforyczny, por. przykład zawarty w hasle anafory cytowanym powyżej. Zaimiek anaforyczny w swoim znaczeniu odwołuje się do obiektu (obiektów w przypadku liczby mnogiej) wprowadzonych do dziedziny dyskursu przez poprzednika. Zamiast zaimka można też użyć, praktycznie nie zmieniając znaczenia, określonej FN, np. (Topolińska, 1984):

- (43) *Hania przynosi się do Krakowa. Zupełnie tej dziewczyny nie rozumiem.*

Czasami jednak wyrażenie anaforyczne nie odwołuje się do obiektu wprowadzanego przez FN, będącej poprzednikiem, lecz do treści deskrypcji zawartej w poprzedniku. Encyklopedia określa ten rodzaj anafory mianem anafory leksykalnej, np. (Topolińska, 1984):

- (44) *Jego siostra jest główną księgową. Taką to każdy ceni.*

- (45) *Chcę być **architektem** i będę **nim**.*

Również w wielu wypowiedziach poprzednikiem nie jest FN. Wyrażenie anaforyczne odwołuje się do całej 'sytuacji' (zdarzenia) opisanej zdaniem bądź predykatem czasownikowym.

- (46) *Mój kolega **poprosił o podwyżkę**. Ja również powinienem **to** zrobić.*

W naszych rozważaniach ograniczymy się jedynie do 'kanonicznego' przypadku anafory – do FN (przykład z hasła oraz (43)). Zaskakująco, poprawna (tzn. zgodna z ocenami użytkowników języka) interpretacja anafory na gruncie gramatyki Montague okazała się zadaniem niełatwym.

Klasycznym przykładem problemów na poziomie prostych zdań są tzw. *ośle zdania*, np.

- (47) *If Pedro<sup>1</sup> owns a donkey<sup>2</sup> he<sub>1</sub> beats it<sub>2</sub>. (Jeżeli Pedro<sup>1</sup> posiada osła<sup>2</sup> to on<sub>1</sub> go<sub>2</sub> bije.)*

- (48) *Every farmer who owns a donkey<sup>1</sup> beats it<sub>1</sub>. (Każdy farmer, który posiada osła<sup>1</sup> bije go<sub>1</sub>.)*

<sup>12</sup> Historycznie pojawiły się trzy rywalizujące podejścia. Najstarsze, uwidocznione w nazwie zaimiek (= używany w zastępstwie imienia) postrzegało anaforę jako mechanizm 'tekstowego skrótu': zaimiek zastępował poprzednika. Można jednak znaleźć wiele przykładów, które po zamianie dają ewidentnie błędne wypowiedzi. Drugie sprowadza anaforę do koreferencji (identyczności referenta). Jednakże w wielu przypadkach poprzednik nie jest referencyjny i nie ma referenta. Trzecie polega na próbie rozszerzenia narzędzi formalnych gramatyki Montague na kwantyfikatory w dyskursie. Zaimki anaforyczne są tu interpretowane jako zmienne związane.

Indeksy określają powiązania anaforyczne (dla pewnej zamierzonej interpretacji): indeks górny wskazuje na poprzednika, indeks dolny identyfikuje wyrażenie anaforyczne.

Przyjmując stałą logiczną jako interpretację imienia oraz wszystkich odwołań do niego, warunki prawdziwości zdania (47), a tym samym znaczenie zdania, można opisać następująco (np. (Kamp, 1981), (Cooper, 1994)):

$$(49) \forall x[(donkey(x) \wedge own(pedro, x)) \rightarrow beat(pedro, x)]$$

Tymczasem, stosując technikę *quantifying-in* wprowadzoną przez Montague (omówiona wcześniej), gdzie rodzajnik  $a(n)$  jest klasycznie interpretowany jako kwantyfikator egzystencjalny, oraz nadal stosując stałą jako interpretację imienia, otrzymamy nieco inny rezultat:

$$(50) \exists x[(donkey(x) \wedge own(pedro, x)) \rightarrow beat(pedro, x)]$$

W oczywisty sposób (50) (jak i też (51), poniżej) nie wyraża warunków prawdziwości zdania (47). Przyczyną jest interpretacja rodzajnika  $a$  przy pomocy kwantyfikatora egzystencjalnego. Ponadto, obydwie formuły odbiegają od struktury pierwotnego zdania. Umiejscawiając kwantyfikator w strukturze reprezentacji semantycznej w miejscu paralelnym do jego położeniu w strukturze zdania, otrzymamy formułę, gdzie  $x$  jest niezwiązana:

$$(51) \exists x[(donkey(x) \wedge own(pedro, x))] \rightarrow beat(pedro, x)$$

Warto jednak zauważyć, że podobnego efektu nie ma w przypadku zdania, które mimo powierzchownego podobieństwa nie jest 'ośle':

$$(52) \textit{If Pedro}^1 \textit{ has a donkey he}_1 \textit{ is happy. (Jeżeli Pedro}^1 \textit{ ma osła to on}_1 \textit{ jest szczęśliwy.)}$$

Tutaj warunki prawdziwości zarówno pod względem formy, jak i interpretacji przypisanej do rodzajnika  $a$  odpowiadają intuicji:

$$(53) \exists x(donkey(x) \wedge has(pedro, x)) \rightarrow is\ happy(pedro)$$

Przyczyną różnicy pomiędzy interpretacjami zdań (47) i (52) jest występowanie w konkluzji (47) zaimka anaforycznego (wyrażenie anaforyczne), którego poprzednikiem (podkreślone jest to przez indeks) jest nieokreślona FN( $a\ donkey$ ) w przesłance. Brak takiego powiązania anaforycznego w (52) jest przyczyną istotnej różnicy w interpretacji.

Nie tylko konstrukcje warunkowe zmieniają interpretację rodzajników nieokreślonych. Warunki prawdziwości dla zdania (48) to:

$$(54) \forall x\forall y[(farmer(x) \wedge donkey(y) \wedge own(x, y)) \rightarrow beat(x, y)]$$

Również i tu rodzajnik  $a$  interpretowany jest przy pomocy kwantyfikatora uniwersalnego, ale tu także przyczyną jest anaforyczne powiązanie przekraczające granice zdań składowych: *it* jest na poziomie zdania głównego, a *donkey* stanowi część zdania względnego.

Technika *quantifying-in* ograniczona jest do zdań pojedynczych. W przypadku wypowiedzi składających się z więcej niż jednego zdania, naturalnym

rozwiązaniem wydaje się być interpretowanie kropki jako koniunkcji oraz zastosowanie techniki *quantifying-in* do całej powstałej w ten sposób konstrukcji. Wyprowadzi to kwantyfikatory przed koniunkcją formuł, powodując objęcie ich zasięgiem zmiennych wprowadzonych jako interpretacja zaimków anaforycznych. Niestety, w efekcie dla zdania (55):

- (55) *Exactly one boy<sup>1</sup> walks in the park. He<sub>1</sub> whistles.*  
 (Dokładnie jeden chłopiec<sup>1</sup> spaceruje w parku. On<sub>1</sub> gwizdże.)  
 (56) *Exactly one boy walks in the park and whistles.*  
 (Dokładnie jeden chłopiec spaceruje w parku i gwizdże.)

otrzymamy formułę (58), gdy tymczasem (58) jest dobrą reprezentacją semantyczną zdania (56), natomiast znaczenie (55) lepiej oddaje (57).

- (57)  $\exists x(\forall y[(boy(y) \wedge walk\ in\ park(y)) \leftrightarrow x = y] \wedge whistles(x))$   
 (58)  $\exists x(\forall y[(boy(y) \wedge walk\ in\ park(y) \wedge whistles(y)) \leftrightarrow x = y])$

Wreszcie, ostatni przykład: nieoczekiwane oddziaływanie negacji na możliwość tworzenia się powiązań anaforycznych. Rozważmy dwa zdania:

- (59) *A man is walking in the park. (Mężczyzna spaceruje w parku.)*  
 (60) *It is not the case that every man is not walking in the park. (Nie jest prawdą, że każdy mężczyzna nie spaceruje w parku.)*

Jeżeli przyjmiemy  $\varphi = (man(x) \wedge walk\ in\ park(x))$ , to formuły stanowiące reprezentację semantyczną powyższych zdań na gruncie LP są sobie równoważne:

- (61)  $\exists x.\varphi$  wtedy i tylko wtedy, gdy  $\neg\forall x\neg\varphi$

Mimo to, tylko zdanie (59), ‘wariant pozytywny’, możemy rozszerzyć do mini-dyskursu:

- (62) *A man<sup>1</sup> is walking in the park. He<sub>1</sub> is enjoying himself<sub>1</sub>.*  
 (Mężczyzna<sup>1</sup> spaceruje w parku. On<sub>1</sub> spędza miło czas.)

W przypadku ‘wariantu negatywnego’ (60) zabieg taki jest niemożliwy (pomimo identyczności interpretacji na gruncie LP):

- (63) *★ It is not the case that every man<sup>1</sup> is not walking in the park. He<sub>1</sub> is enjoying himself<sub>1</sub>.*  
 (Nie jest prawdą, że każdy mężczyzna<sup>1</sup> nie spaceruje w parku. On<sub>1</sub> spędza miło czas.)

Powyższe przykłady pokazują nieadekwatność w wielu przypadkach opisu anafory za pomocą pojęcia zmiennej związanej przez kwantyfikator. Z kolei możliwość interpretacji anafory jako *koreferencji*, czyli współdzielenia tego samego referenta poprzez dwa wyrażenia, nie może mieć zastosowania w przypadkach wypowiedzi, gdzie poprzednik nie posiada referenta, np. jest nieokreśloną FN, za (Eijck Kamp, 1997):

- (64) *A man<sup>1</sup> entered. He<sub>1</sub> smiled. (Mężczyzna<sup>1</sup> wszedł. On<sub>1</sub> uśmiechał się.)*

We wszystkich powyższych przykładach poprzednie zdanie lub też fragment zdania stwarza kontekst, w którym mogą być lub nie (przypadek (63)) interpretowane poprawnie dalsze elementy wypowiedzi. Trudności w opisie tego mechanizmu za pomocą klasycznych warunków prawdziwości zapisanych w LP stały się punktem wyjścia do stworzenia *teorii znaczenia wielozdaniowych* wypowiedzi (określanych mianem *dyskursu* ang. *discourse*) w tym samym okresie, niezależnie od siebie, przez Irene Heim (1982) – *File Change Semantics* – oraz Hansa Kampa – *Discourse Representation Theory*, (1981).

Ponieważ druga z tych teorii, powszechnie znana pod skrótem *DRT*, stała się pewnego rodzaju standardem i zapoczątkowała intensywny rozwój całej klasy podejść, ograniczymy się jedynie do prezentacji rozwiązania Kampa. Zamieszczony tu opis *DRT*, z konieczności bardzo skrótowy, przygotowany został głównie w oparciu o dwa 'oficjalne' źródła<sup>13</sup>: bardzo obszerną pracę mającą charakter podręcznika Kamp i Reyle (1981) oraz pracę van Eijck i Kamp (1997) – dostępną elektronicznie – prezentującą w skondensowanej postaci główne idee ale też podejmującą próbę zdefiniowania *DRT* w sposób kompozycyjny.

Punktem wyjścia *DRT* jest spostrzeżenie, iż każde kolejne zdanie dyskursu jest interpretowane w kontekście budowanym w wyniku interpretacji zdań je poprzedzających. Każde zdanie uaktualnia stan kontekstu. Często istotną częścią tego procesu jest tworzenie się powiązań anaforycznych. Dlatego też, reprezentacja kontekstu musi spełniać jednocześnie dwie role: musi wyrażać informację wniesioną przez kolejne zdania w dyskursie oraz musi określać możliwości tworzenia się powiązań anaforycznych – łączących poszczególne elementy reprezentacji w spójną całość. Wyrażenia języka reprezentacji znaczenia wprowadzonego w *DRT* noszą nazwę *struktur reprezentacji dyskursu* (*Discourse Representation Structures*, w skrócie *DRS*<sup>14</sup>), jako że wyrażają aktualny stan kontekstu interpretacji. Stan kontekstu jest pochodną struktury i znaczenia samego dyskursu. Zgodnie z panującą żargonową konwencją – będziemy mówili o *DRS*-ach w odniesieniu do wyrażen języka *DRS*.

W celu opisanego deskryptywnej części znaczenia dyskursu, *DRT* definiuje pojęcie prawdziwości *DRS*-a w pewnym modelu i utożsamia znaczenie deskryptywne z warunkami prawdziwości. Jednakże odmiennie niż w tradycji Montague, warunki prawdziwości nie wyczerpują pojęcia znaczenia zdania w *DRT*. Przyjęto tutaj *dynamiczną koncepcję znaczenia*: znaczenie zdania jest utożsamiane ze zmianą jaką ono<sup>15</sup> wprowadza do kontekstu interpretacji czyli, technicznie, z relacją pomiędzy *DRS*-ami: wejściowym i wyjściowym. Dynamiczna koncepcja znaczenia, realizowana różnie jako relacja: na struktu-

<sup>13</sup> Współautorem obydwu jest twórca *DRT* – Hans Kamp.

<sup>14</sup> Inna żargonowa nazwa na wyrażanie języka *DRS* to pudełka (ang. *boxes*), wywodząca się od przyjętego kształtu graficznej reprezentacji wyrażen.

<sup>15</sup> Pierwotna postać *DRT* pełną interpretację mogła określić dopiero dla całego zdania. Podczas analizy poszczególnych fraz składowych zdania nie dysponujemy poprawnie zbudowanym *DRS*'em. Stało się to przyczyną zarzucania *DRT* nieprzestrzegania zasady kompozycyjności. Powstało kilka kompozycyjnych wersji *DRT*.

rach reprezentacji dyskursu, wartościowaniach itd., jest wyznacznikiem całej klasy teorii w ramach SF określanych wspólnym mianem *semantyki dynamicznej* ((Eijck Kamp, 1997)). W dalszej części pracy przedstawione zostaną podstawowe założenia tzw. *logiki dynamicznej*, gdzie interpretacja wyrażań logiki to relacja na wartościowaniach.

Opis możliwości tworzenia się powiązań anaforycznych bazuje na wyróżnionych elementach DRS nazywanych *znacznikami dyskursu* (ang. *discourse markers*)<sup>16</sup>. Brak ich definicji w podstawowych pracach, np. (Kamp, 1981), (Eijck Kamp, 1997) i innych. Znacznik dyskursu niejawnie spełnia rolę pojęcia pierwotnego *DRT*. Pierwsze użycie tego pojęcia jest opatrywane jedynie charakterystyką funkcjonalną, np.:

„individual indicated by NP [...] a formal representative (a so-called *discourse referent*) for the indicated individual [...]” (Kamp (1981, str. 61)) „indywiduum sygnalizowane przez NP [...] formalny reprezentant (tzw. *znacznik dyskursu*) sygnalizowanego indywiduum [...]” (tłumaczenie własne)

„discourse referents [...] which stand [...] for individual objects” (Kamp, 1981, str. 308) „znaczniki dyskursu [...], które reprezentują [...] indywidualne obiekty”<sup>17</sup>

„discourse referents – that can serve as antecedents to anaphoric expressions” (Eijck Kamp, 1997, str. 2) „znaczniki dyskursu – które mogą służyć jako poprzednicy anaforyczni wyrażań anaforycznych” (tłumaczenie własne)

Dalej, tam gdzie nie powinno to wzbudzić wątpliwości, o znacznikach dyskursu będziemy mówili po prostu znaczniki.

Na płaszczyźnie formalnej, znaczniki spełniają rolę zbliżoną do zmiennych logicznych, reprezentując obiekty z dziedziny interpretacji. Powiązania anaforyczne są wyrażane poprzez warunek identyczności ‘=’, wiążący dwa znaczniki (interpretowany następnie jako identyczność obiektów przypisanych do nich). Podsumowując, każdy DRS zawiera zbiór znaczników i zbiór *warunków* – predykatów – nałożonych na znaczniki. W szczególnym przypadku poszczególne zbiory mogą być puste. Warunki określają własności spełniane przez obiekty przypisane do znaczników.

*DRT* w swojej pierwotnej postaci definiuje procedurę tworzenia DRS-ów na podstawie struktury składniowej zdań dyskursu. DRS dla dyskursu jest tworzony sekwencyjnie na podstawie kolejnych zdań. Proces ten ma charakter przyrostowy. Każde kolejne zdanie rozbudowuje zastany kontekst, czyli DRS, o nowe elementy. Reguły *DRT* identyfikują wkład poszczególnych konstrukcji składniowych zdania do zmieniającego się kontekstu. W odniesieniu

<sup>16</sup> Inna nazwa to znaczniki referencji (ang. *reference markers*), ponieważ wprowadza ona mylące skojarzenia z pojęciem referencji pozostaniemy przy pierwszej z nazw (starszej).

<sup>17</sup> tłumaczenie własne

do dyskursu mamy przebieg budowy DRS-a: 'od lewej do prawej', a w ramach drzewa rozbioru składniowego zdania: 'od góry do dołu'. Działanie teorii prześledzimy na prostych przykładach.

*DRT* zainspirowała do wielu zastosowań (w tym w przetwarzaniu języka naturalnego, np. (Blackburn Bos, 1999)) oraz powstało wiele jej rozwinięć. Tutaj przyjrzymy się *DRT* w jej 'podręcznikowej' postaci. Wersja 'podręcznikowa' *DRT* jest najobszerniejsza pod względem ilości różnych, opisywanych konstrukcji językowych. Wersje kompozycyjne koncentrują się głównie na możliwości kompozycyjnego sformułowania *DRT* i opisywany podzbiór języka jest dość ograniczony. Zostaną zachowane 'podręcznikowe' oznaczenia stosowane w opisie języka *DRS*.

*DRS*-y dla poszczególnych zdań (na różnych etapach interpretacji zdania) są generowane przez reguły *DRT*, reagujące na określone typy konstrukcji składniowych występujących w strukturze składniowej analizowanego zdania. Pojedynczy *DRS* jest parą składającą się ze: zbioru znaczników *U*, nazywanym *uniwersum DRS-a* oraz zbioru warunków *Con*. Warunki mogą być *proste*, będące wyrażeniami predykatowymi na znacznikach i *złożone*, które są konstruowane z innych *DRS-ów* oraz wprowadzonych operatorów:

$$(65) DRS = \langle U, Con \rangle$$

Dla zdania<sup>18</sup> (59) reguły *DRT* utworzą *DRS* oznaczony poniżej jako  $K_1$  (dla uproszczenia, często frazy czasownikowe wraz z modyfikującymi je frazami okolicznikowymi będziemy interpretować przy pomocy jednego 'zbiorczo' predykatu):

$$(66) K_1 = \langle x, \{man(x), walk\ in\ park(x)\} \rangle$$

Od samego początku jednak, cechą charakterystyczną *DRT* było zastosowanie notacji graficznej<sup>19</sup> ułatwiającej analizę reguł *DRT* i otrzymywanych *DRS-ów*. *DRS* w notacji graficznej jest rysowany jako prostokąt ('*pudełko*' ang. *box*) podzielony na dwa przedziały: znaczników (górny) i warunków, np. reprezentacją  $K_1$  jest:

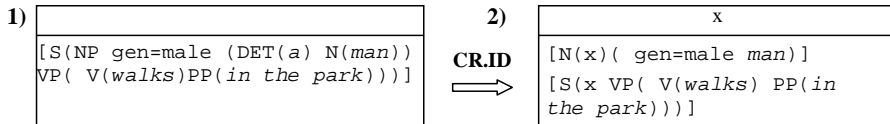
x
man(x) walk_in_park(x)

Rysunek 6. Graficzna postać struktury *DRS* opisanej wyrażeniem (66)

<sup>18</sup> Ponieważ przeniesienie *DRT* na grunt języka polskiego nie jest operacją prostą (choć było realizowane już kilka razy 'roboczo' na potrzeby eksperymentalnych systemów przetwarzających język polski) będziemy używać oryginalnych przykładów angielskich i oryginalnego kształtu reguł (z [KamRey93] i [Fracas94]).

<sup>19</sup> Notacja graficzna jest pierwotna w stosunku do notacji tekstowej np. w (Kamp, 1981) notacja tekstowa w ogóle nie funkcjonuje. W notacji graficznej wiele reguł *DRT* ma bardzo intuicyjną interpretację.

$K_1$  powstaje w wyniku zastosowania kolejno dwóch reguł. W pierwszym kroku (rysunek 6) tworzony jest DRS wypełniony zdaniem (59) przedstawionym w postaci drzewa derywacji. Aby było możliwe precyzyjne sformułowanie reguł konstrukcji, *DRT* wprowadza prostą gramatykę frazową. Ponieważ *DRT* jest teorią semantyki, kształt tej gramatyki jest sprawą drugorzędną, aczkolwiek musi być ustalony ze względu na konieczność precyzyjnego określenia interfejsu syntaktyczno-semantycznego (część warunkowa reguł).



Rysunek 7. Konstrukcja prostego DRS – reguła CR.ID dla rodzajnika nieokreślonego

Każda reguła składa się dwóch części, za Kamp (1981):

- specyfikacji konfiguracji syntaktycznej (fragmentu drzewa) *aktywującej* (ang. *trigger*) zastosowanie reguły,
- procedury opisującej zmiany wprowadzane przez regułę w odniesieniu do drzewa derywacji (rejestrowanie wykonanych działań) oraz, przede wszystkim, do kontekstu interpretacji, czyli DRS-a.

Nie ma ustalonej kolejności stosowania reguł. W przypadku, gdy jest aktywna więcej niż jedna reguła, proces konstrukcji DRS staje się niedeterministyczny. Niedeterminizm ten jest wykorzystywany w *DRT* do analizy zdań niejednoznacznych semantycznie (np. klasyczny problem zasięgu kwantyfikatorów). Należy tu jednak podkreślić, że dla różnych interpretacji niejednoznaczności składniowych są generowane różne DRS-y.

Jako przykład definicji reguły *DRT* rozważmy pierwszą regułę stosowaną w analizie zdania (59) na rysunku 7 tj. regułę CR.ID aktywowaną nieokreśloną NP (frazą rzeczownikową):

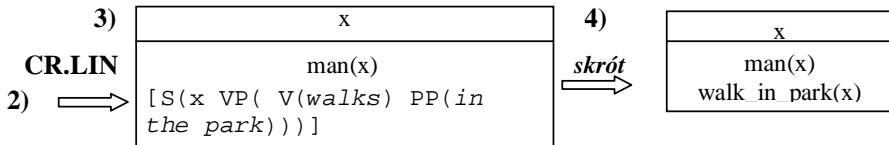
(67) Reguła CR.ID (*context rule indefinite NP* – pol. *reguła nieokreślonej NP*)

Dla pewnego DRS  $K$ , gdzie  $U_K$  jest uniwersum  $K$  a  $Con_K$  zbiorem warunków  $K$  :

- aktywująca konfiguracja  $\gamma \subseteq \eta \in Con_K : S(NP(gen= \beta DET(a(n)) N) VP')$  lub  $VP(V NP(gen= \beta DET(a(n)) N))$ ,
- dodaj do  $U_K$  : nowy znacznik  $u$
- dodaj do  $Con_K$  : nowy warunek:  $[N](u)$ ,  $gen(u) = \beta$
- zastąp w  $\eta$  : poddrzewo  $NP(gen=\beta DET(a(n))N)$  przez  $u$ .

W regule CR.ID zapis  $\gamma \subseteq \eta \in Con_K$  znaczy, że  $\gamma$  jest poddrzewem drzewa  $\eta$  należącego do warunków  $K$ ;  $gen$  to atrybut morfologiczny; zapis  $[N](u)$  znaczy, że kopiowane jest odpowiednie poddrzewo, 'parametryzowane' (etykietowane) następnie znacznikiem  $u$ . Parametryzacja znacznikiem jest wykorzystywana w aktywacji kolejnej reguły. Zadaniem reguły CR.ID

jest ‘wykrycie’ nieokreślonej NP i utworzenie dla niej nowego znacznika reprezentującego obiekt wprowadzany do dziedziny interpretacji dyskursu. Warunek dodany przez CR.ID aktywuje regułę CR.LIN dopełniającą proces interpretacji nieokreślonej NP. Reguła CR.LIN przekształca parametryzowane poddrzewo wydzielone przez CR.ID do predykatu nałożonego na odpowiedni znacznik wprowadzony przez daną NP. W efekcie zastosowania otrzymujemy DRS 3) na rysunku 8.



Rysunek 8. Zastosowanie reguły CR.LIN i skrótu notacyjnego dla czasownika

Po zastosowaniu CR.LIN pozostaje w DRS-ie warunek  $[S(x VP( V(walks) PP(in the park)))]$ . W ramach rozważanej tu wersji DRT jest on dalej nieredukowalny<sup>20</sup> (brak odpowiedniej reguły). Warunek ten jest interpretowany jako predykat jednoargumentowy (np. (Kamp, 1981)) i może być zapisany w skrótovej postaci – punkt 4), rysunek 8.

Wynikowy DRS może być interpretowany nieformalnie jako ‘częściowy model’ pewnego stanu rzeczy<sup>21</sup>, gdzie słowo „częściowy” oznacza, że model opisuje jedynie wybrane aspekty ‘globalnego’ stanu rzeczy. Opisany stan rzeczy angażuje jakiś obiekt  $a$ , odpowiadający znacznikowi  $x$  i spełniający własności nałożone na znacznik  $x$ . DRS jest prawdziwy wtedy, gdy istnieje możliwość przypisania do znacznika  $x$  przynajmniej jednego obiektu spełniającego warunki nałożone na znacznik. W ogólnym przypadku, wszystkie znaczniki z uniwersum danego DRS otrzymują egzystencjalną interpretację. Taka niejawna interpretacja egzystencjalna określana jest często mianem *importu egzystencjalnego* (ang. *existential import*, por. (Eijck Kamp, 1997)).

Jeżeli rozszerzymy zdanie (59) do mini-dyskursu (68), to drugie zdanie będzie interpretowane w kontekście stworzonym przez interpretację zdania pierwszego – punkt 1) na rysunku 9.

- (68)  $A man^1$  is walking in the park.  $He_1$  whistles.  
(Mężczyzna<sup>1</sup> spaceruje w parku. On<sup>1</sup> gwizdże)

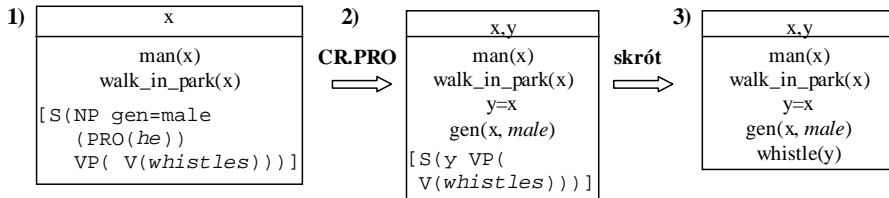
Jedyną regułą, jaka może być uaktywniona, to reguła CR.PRON, obsługująca zaimek osobowy, która ze względu na swoją istotność została zacytowana poniżej w całości. CR.PRON produkuje DRS-a w punkcie 2) na rysunku 9.

<sup>20</sup> W przypadku gdyby jednak pozostały warunek zawierał frazę wymaganą czasownika (wymagany argument) kategorii NP, byłoby możliwe (i konieczne) ponowne zastosowanie pary reguł CR.ID i CR.LIN aktywowanych konfiguracją drzewa derywacji. W efekcie czasownik tranzytywny byłby interpretowany jako predykat dwuargumentowy.

<sup>21</sup> Ponownie unikamy używania, wieloznacznego w SF, terminu sytuacja.

(69) Reguła CR.PRON (*pronoun* – pol. *zaimek*)

- aktywująca konfiguracja  $\gamma \subseteq \eta \in Con_K$  :  
S(NP(gen=  $\beta$  PRON( $\alpha$ )) VP') lub VP(V NP(gen=  $\beta$  PRON( $\alpha$ ))),
- wybierz odpowiedniego poprzednika  $v$  :  $v$  musi być *dostępny* oraz  $gen(v)=b$ ,
- dodaj do  $U_K$  : nowy znacznik  $u$ ,
- dodaj do  $Con_K$  : nowy warunek:  $u = v$ ,  $gen(u)=b$ ,
- zastąp w  $h$ : poddrzewo NP(gen=b PRON( $\alpha$ )) przez  $u$ .



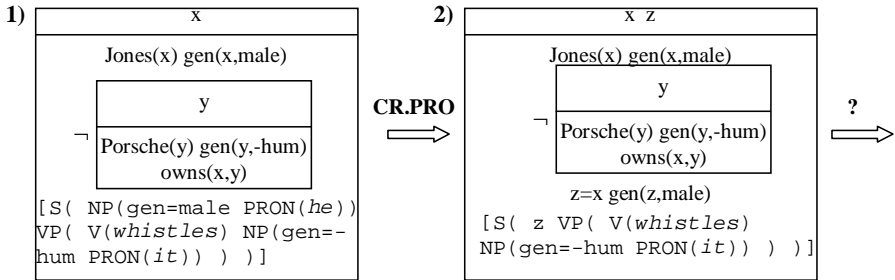
Rysunek 9. Zastosowanie reguły CR.PRON (interpretacja zaimka osobowego)

Reguła CR.PRON najpierw dodaje nowy znacznik (każda NP wprowadza nowy znacznik do uniwersum DRS), ale później następuje ważna operacja *odnalezienia* odpowiedniego poprzednika. *DRT* nie opisuje szczegółowo procesu identyfikacji poprzednika. Wymagałoby to uwzględnienia wiedzy o znaczeniu leksykalnym, ogólnej wiedzy o świecie, o konkretnym zdarzeniu/stanie itd., por. (Kamp, 1981). *DRT* formułuje jedynie warunki konieczne, jakie muszą być spełnione podczas identyfikacji poprzednika, aby dyskurs był poprawny. W zasadzie podstawowym celem *DRT* jest określenie, które znaczniki *nie mogą* być brane od uwagę w danym stanie kontekstu (wejściowy DRS) jako ewentualne poprzedniki. W tym celu rozważane są uwarunkowania składniowe (rodzaj oraz konfiguracja drzewa w wersji pełnej reguły obejmującej zaimki zwrotne, (Kamp, 1981)) oraz syntaktyczno-semantyczne, wyrażające się pojęciem *dostępności*. Aby w pełni scharakteryzować dostępność znaczników, musimy wprowadzić strukturę zagnieżdżonych DRS-ów. Zawsze jednak znaczniki z uniwersum danego DRS są dostępne dla innych znaczników z tego samego uniwersum.

Zagnieżdżone DRS-y powstają w wyniku interpretacji negacji zdaniowej i konstrukcji warunkowych. Negacja jest interpretowana przy pomocy unarnego operatora biorącego DRS-a jako argument i tworzącego złożony warunek, który staje się częścią aktualnie konstruowanego DRS-a dla całego dyskursu, np. dla (niepoprawnego) dyskursu (Kamp, 1981):

- (70) \* $Jones^1$  does not own a Porsche<sup>2</sup>. He<sub>1</sub> likes it<sub>2</sub>.  
( $Jones^1$  nie posiada Porsche<sup>2</sup>. On<sub>1</sub> lubi go<sub>2</sub>.)

gdzie *Porsche* jest użyte jako nazwa marki, a nie konkretnego samochodu, otrzymujemy DRS na rysunku 10



Rysunek 10. Interpretacja negacji zdaniowej przy pomocy złożonego warunku

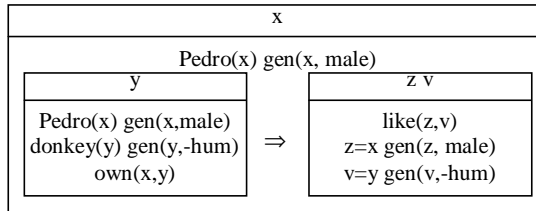
DRS w punkcie 1) na rysunku 10 powstaje w wyniku zadziałania dwóch reguł: kolejno CR.NEG i CR.PN. Nie przytaczając ich szczegółowo, przeanalizujemy jedynie ich skutki. Jako pierwsza uaktywnia się CR.NEG ('reagująca' na przysłówek *not* w VP). Tworzy złożony warunek składający się z zagnieżdżonego DRS-a  $K'$  poprzedzonego operatorem  $\neg$ . Następnie usuwa *does not* i przenosi do  $K'$  resztę struktury zdania jako warunek do dalszej redukcji. Dalsza redukcja pierwszego zdania z (70) odbywa się już w kontekście zagnieżdżonego  $K'$ . Reguła CR.PN dotycząca nazwy własnej (ang. *proper name* = PN) tworzy nowy znacznik (PN to specyficzne NP), ale umieszcza nowy znacznik w uniwersum *głównego* DRS (zawierający pośrednio  $K'$  i nie będący częścią żadnego warunku złożonego). Warunek dodawany przez CR.PN dla nowego znacznika jest również umieszczany w głównym DRS-ie. Takie nietypowe działanie CR.PN (jedyna reguła dodająca znacznik poza bieżącym DRS-em) spowodowane jest faktem pozostawiania przez PN poza jakimikolwiek relacjami zasięgu względem innych elementów zdania czy nawet dyskursu. Nazwa zawsze ma najszerzy zasięg. Rozwiązanie polegające na 'wyciąganiu' znacznika dla PN do głównego DRS-a ma charakter techniczny i zostało wprowadzone jedynie jako symulacja niezależnego od kontekstu powiązania pomiędzy nazwą a referentem. W toku dalszego rozwoju DRT został wprowadzony mechanizm zakotwiczenia i interpretacji nazw (a także referencyjnych i nawet anaforycznych FN) jako presupozycji. Z braku miejsca, zagadnienie metod reprezentacji referencyjnych FN w DRT nie będzie bardziej szczegółowo omawiane (dalsze informacje można znaleźć w np. (Cooper, 1994; Piasecki, 2003)).

Drugie zdanie dyskursu (70) analizowane jest w kontekście 'pozostawionym' przez pierwsze. Reguła CR.PRON zastosowana dla *he* odnajduje znacznik  $x$  jako możliwy poprzednik (zgadza się rodzaj *male* oraz  $z$  i  $x$  są w tym samym uniwersum). Powstaje jednak problem z ponowną aplikacją CR.PRO, tym razem do *it*. Pod względem rodzaju – kandydatem jest  $y$ . Znacznik

$y$  jest jednak niedostępny. Nieformalnie, dostępne są znaczniki z bieżącego DRS oraz ze wszystkich zawierających bieżący DRS. W przypadku złożonego warunku w postaci implikacji na DRS-ach, dla znaczników z konkluzji, dodatkowo, są dostępne również znaczniki z DRS-a przesłanki<sup>22</sup>.

Warunek złożony zbudowany przez zastosowanie operatora '¬' jest spełniony wtedy i tylko wtedy, gdy nie istnieje takie przypisanie obiektów do znaczników we złożonym warunku, które spełnia wszystkie warunki składowe  $K'$  (zagnieżdżonego DRS-a).

Uniwersalna interpretacja nieokreślonych NP w oślich zdaniach została zapewniona DRT za pomocą odpowiedniej definicji operatora implikacji działającego na DRS-ach, np. dla zadania (47) otrzymujemy DRS na rysunku 11



Rysunek 11. Interpretacja klasycznego warunkowego zdania oślego

Reguła CR.COND, obsługująca konstrukcję warunkową, tworzy warunek złożony, składający się z dwóch DRS-ów połączonych operatorem implikacji i umieszcza drzewa zdań składowych konstrukcji warunkowej odpowiednio: w DRS-ach stanowiących przesłankę i konkluzję implikacji. Jak już to było wspomniane, znaczniki z DRS-a przesłanki są dostępne dla znaczników z konkluzji (na dowolnym poziomie zagłębienia). U podstaw znaczenia warunku złożonego implikacji leżała obserwacja, iż zdanie typu (47) znaczy, że dla *dowolnych* obiektów spełniających przesłankę musi być również spełniona konkluzja. Warunek złożony implikacji jest spełniony wtedy i tylko wtedy, gdy dla *każdego* podstawienia, które spełnia warunki przesłanki (określonego na uniwersum przesłanki), istnieje rozszerzające je podstawienie (tzn. zachowujące wszystkie wartości już przypisane), które spełnia konkluzję. Konkluzja jest interpretowana w kontekście stwarzanym przez przesłankę.

Aspekt 'uniwersalności' w interpretacji operatora '⇒' sprawia, że za jego pomocą można również interpretować zdania typu (48), zawierające 'jawną' kwantyfikację uniwersalną (determinator *every*). W późniejszych rozwinięciach DRT (prezentowanych również w (Kamp, 1981)) na potrzeby interpretacji kwantyfikacji wprowadzono dodatkowy operator tworzący złożony warunek, którego interpretacja oparta została na pojęciu kwantyfikatora uogólnionego (omawianym wcześniej). W tym przypadku kwantyfikator jest interpretowany jako relacja na zbiorach wartościowań: zbiorze warto-

ściowań spełniających restrykcję oraz zbiorze wartościowań spełniających restrykcję i ciało.

Pojedynczy DRS  $K$  może być postrzegany jako swoisty model ‘częściowy’ informacji komunikowanej w pewnym dyskursie (Fracas, 1994).  $K$  jest prawdziwy wtedy i tylko wtedy, gdy  $K$  może być osadzony (ang. *embedded*) w modelu ‘całkowitym’ (reprezentującym całą rzeczywistość) w taki sposób, że znaczniki  $U_K$  są odwzorowywane na obiekty z dziedziny interpretacji modelu i w efekcie tego odwzorowania warunki z  $Con_K$  są spełnione.

Pojęcie *osadzania*, technicznie tożsame z częściowym wartościowaniem, podkreśla autonomiczność wyrażeń DRS jako narzędzia opisu znaczenia dyskursu. Znaczenie każdego ze zdań dyskursu w  $DRT$  nie sprowadza się jedynie do warunków prawdziwości DRS-a otrzymywanego w wyniku interpretacji tego zdania. Istotną częścią znaczenia są możliwości otwierane przez dany DRS (kontekst) dla interpretacji kolejnych zdań dyskursu. Warunki określające dopuszczalne powiązania pomiędzy znacznikami (modelujące własności anafory) są zdefiniowane w  $DRT$  w oparciu o strukturę DRS-ów. Wiadać to szczególnie w regule interpretacji zaimków osobowych CR.PRO, która bezpośrednio odwołuje się do identyfikacji w wejściowym DRS-ie znaczników reprezentujących potencjalnych poprzedników anaforycznych. Proces identyfikacji wyrażony na poziomie języka DRS – języka reprezentacji znaczenia – jest integralną częścią interpretacji znaczenia zaimka osobowego (anaforycznego). Podejście to jest zasadniczo odmienne od gramatyki Montague, gdzie pośrednia reprezentacja znaczenia w postaci wyrażeń logiki intensionalnej była tylko narzędziem prezentacji i mogła być pominięta poprzez interpretację bezpośrednio w postaci relacji w modelu. W ‘standardowym’  $DRT$  (w kształcie (Kamp, 1981)) pominięcie to nie jest możliwe.

Przegląd podstawowych idei  $DRT$  zakończymy formalną definicją prawdziwości DRS-a w modelu. Z racji ograniczonych rozmiarów pracy pominiemy formalną definicję składni wyrażeń języka  $DRS$ , porzeczając na jej ogólnym zarysie wyłaniającym się z analizowanych przykładów. Pojęcie prawdziwości DRS-a jest określone tylko dla właściwych DRS-ów, tzn. takich, które nie zawierają warunków aktywujących dowolną z reguł konstrukcyjnych. Poprzez  $Ref$  oznaczymy nieskończony zbiór wszystkich możliwych znaczników (uniwersum dowolnego DRS-a  $U \subseteq Ref$ ). Dodatkowo poprzez  $Pred$  oznaczymy zbiór wszystkich symboli predykatywnych występujących w prostych warunkach prostych (por. str. 26). Modelem dla języka  $DRS$  jest para  $\langle U_v, I \rangle$ , gdzie  $U_v$  to dziedzina interpretacji (nieskończony zbiór obiektów) zaś  $I$  to funkcja interpretująca (w skrócie interpretacja), która każdemu symbolowi predykatywnemu z  $Pred$  przypisuje element  $\wp(U_v^n)$ , odpowiednio do liczby argumentów symbolu.

#### (71) Semantyka języka DRS

— Niech  $M$  będzie dowolnym modelem  $DRS$ ,  $K = \langle U_K, Con_K \rangle$  – właściwym DRS-em,  $\gamma$  – dowolnym warunkiem (prostym lub złożonym) i  $f$  – funkcją osadzającą  $K$  w modelu, gdzie przez funkcję osadzającą rozu-

miemy: funkcję częściową z  $Ref$  w  $Uv$  taką, że  $f$  jest określona dla każdego  $x \in U_K$ .

— Niech zapis  $f[U_K]g$ , gdzie  $g$  to funkcja osadzająca, oznacza, że  $g$  różni się od  $f$  co najwyżej wartościami przypisywanymi znacznikom ze zbioru  $U_K$ , ponieważ dopuszczalne jest aby  $f$  była nieokreślona dla znaczników z  $U_K$ , możemy powiedzieć, że  $g$  rozszerza  $f \circ U_K$ .

—  $f$  spełnia DRS  $K$  w modelu  $M$ , co zapisujemy  $\models_{M,f} K$ , w.t.w., gdy dla każdego  $con_i \in Con_K$  mamy  $\models_{M,f} con_i$ .

— Spełnianie warunków z  $Con_K$  przez  $f$  w modelu  $M$  zdefiniowane zostało następująco:

- a)  $\models_{M,f} x_i = x_j$  w.t.w., gdy  $f(x_i) = f(x_j)$ ,
- b)  $\models_{M,f} P(x_1, \dots, x_n)$  w.t.w., gdy  $\langle f(x_1), \dots, f(x_n) \rangle \in I(P)$ ,
- c)  $\models_{M,f} \neg K_1$  w.t.w., gdy nie istnieje  $g$  takie, że  $f[U_{K_1}]g$  i  $\models_{M,g} K_1$ ,
- d)  $\models_{M,f} K_1' \Rightarrow' K_2$  w.t.w., gdy dla każdego  $g$  takiego, że  $f[U_{K_1}]g$  oraz  $\models_{M,g} K_1$ , istnieje  $h$  takie, że  $g[U_{K_2}]h$  oraz  $\models_{M,h} K_2$ ,
- e)  $\models_{M,f} K_1 \vee K_2$  w.t.w., gdy istnieje  $g$  takie, że  $f[U_{K_1}]g$  oraz  $\models_{M,g} K_1$  lub istnieje  $h$  takie, że  $f[U_{K_2}]h$ .

#### (72) Prawdziwość DRS

— Niech  $K$  będzie właściwym DRS-em.

—  $K$  jest prawdziwy w modelu  $M$  w.t.w., gdy istnieje funkcja osadzająca  $f$  taka, że  $\models_{M,f} K$ .

Dla wyrażeń języka DRS można z łatwością zbudować jednoznaczną funkcję translacji do wyrażeń LP (np. Groenendijk Stokhof (1991)). Efekt importu egzystencjalnego znaczników można osiągnąć poprzez odpowiednie zastosowanie nawiasów i postawienie przed nawiasem odpowiedniej liczby kwantyfikatorów egzystencjalnych. Pod względem siły ekspresji, język DRS jest równoważny LP. Atrakcyjność DRT leży jednak nie w sile ekspresji języka DRS, a w nowym, dynamicznym postrzeganiu znaczenia języka naturalnego. Znaczenie zdania, dyskursu jest utożsamiane ze *zmianą* wprowadzaną w kontekście interpretacji.

Elegancką formę zyskała dynamiczna koncepcja znaczenia w konstrukcji *Dynamic Predicate Logic* (DPL – pol. *dynamiczna logika predykatów*), zaproponowanej przez Groenendijka i Stokhofa (1991). Groenendijk i Stokhof, szukając możliwości eliminacji pośrednich wyrażeń języka reprezentacji znaczenia w postaci DRS-ów (przy zachowaniu wszystkich pozytywnych własności DRT, przynajmniej w odniesieniu do anafory), zaproponowali logikę, będącą modyfikacją logiki predykatów pierwszego rzędu, w której jednak znaczenie zostało określone w sposób „dynamiczny” jako relacja na wartościowaniach. Pod względem metody konstrukcji języków reprezentacji i nazwy, to DPL dała początek całemu nurtowi semantyki dynamicznej w obszarze logiki i SF. Interpretacją każdego wyrażenia DPL jest zbiór par wartościowań: wejściowego i wyjściowego. Charakterystycznymi elementami DPL są: definicja kwantyfikatora egzystencjalnego, jako operatora zmieniającego wartość

przypisaną do określonej zmiennej, oraz definicja koniunkcji, jako operatora sekwencji, łączącego dwie formuły (Groenendijk Stokhof, 1991).

(73) Niech  $M = \langle U, I \rangle$  to model,  $g, h, k$  to wartościowania zmiennych – całkowite, określone dla całego zbioru zmiennych, wtedy:

$$\begin{aligned} \llbracket \exists x \phi \rrbracket^M &:= \{ \langle g, h \rangle : \exists k. g[x]k \& \langle k, h \rangle \in \llbracket \phi \rrbracket^M \}, \\ \llbracket \varphi \wedge \phi \rrbracket^M &:= \{ \langle g, h \rangle : \exists k. \langle g, k \rangle \in \llbracket \varphi \rrbracket^M \& \langle k, h \rangle \in \llbracket \phi \rrbracket^M \}. \end{aligned}$$

W myśl powyższych dwóch definicji, zmienna pod kwantyfikatorem zachowuje się jak znacznik w DRS-ie. Jej wartość ustalona przez kwantyfikator ‘propaguje się’ na inne formuły dołączane poprzez operator koniunkcji. Klasyczne pojęcie wiązania zmiennej staje się tu nieadekwatne: zmienna zachowuje swoją wartość, nadaną jej przez kwantyfikator, aż do momentu wystąpienia w formule kolejnego kwantyfikatora działającego na tej samej zmiennej.

Predykaty w *DPL* przybierają postać filtrów, które nie zmieniając samych wartościowań, pozostawiają jedynie te, które spełniają predykat:

$$(74) \llbracket P(t_1, \dots, t_n) \rrbracket^M := \{ \langle g, h \rangle : g = h \wedge \langle \llbracket t_1 \rrbracket^{M,g}, \dots, \llbracket t_n \rrbracket^{M,g} \rangle \in I(P) \}$$

W oparciu o rozwiązania wzorowane na *DPL* i rachunek lambda powstało wiele kompozycyjnych wersji DRT. Przegląd wybranych z nich można znaleźć, np. w np. (Eijck Kamp, 1997) oraz (Piasecki, 2003). Powiązania anaforyczne reprezentowane są poprzez identyczną nazwę znacznika. Predykat identyczności ‘=’ nie jest używany. Kluczowymi problemami są: odpowiednie postępowanie z nazwami znaczników dyskursu podczas łączenia częściowych *DRT* tzw. ang. *merging* (aby uniknąć ‘fałszywych’ powiązań rozwinięto techniki ‘automatycznej’ zmiany nazw znaczników) oraz (trudny problem) skonstruowanie mechanizmu selekcji nazwy znacznika na poziomie interpretacji języka reprezentacji (w *DRT* przeszukiwana jest reprezentacja semantyczna, co odbywa się na poziomie meta-języka, czyli reguł *DRT*).

## 5. Semantyka leksykalna

W SF ignorowanie poziomu znaczenia leksykalnego jest historycznie uwarunkowane pracami Montague. Dla Montague ważne były, przede wszystkim, typy logiczne symboli przypisywanych poszczególnym leksemom języka naturalnego. Przypisane typy determinowały zakres użycia, określały *strukturę znaczenia*. W ogromnej większości przypadków, znaczenie leksemu identyfikowane było wyłącznie z interpretacją w modelu symbolu przypisanego do tego leksemu.

Konkretny kształt tej interpretacji, która w logice intensionalnej może być różna w zależności od indeksu czasu i możliwego świata, był sprawą drugorzędną.

Stąd też, na bazie prac Montague, ugruntowała się tradycja przywiązywania mniejszej wagi do interpretacji znaczenia leksykalnego<sup>23</sup>. Sytuacja ta stopniowo ulega zmianie. Dużo uwagi rozwojowi badań nad semantyką leksykalną w ramach SF poświęciła w swoich wykładach Partee (2003). Zgodnie z Partee (2003), można zidentyfikować trzy podstawowe sposoby uprawiania semantyki leksykalnej w ramach SF:

— konstrukcja zbioru *postulatów znaczeniowych* ograniczających możliwe interpretacje poszczególnych symboli odpowiadających poszczególnym leksemom (mechanizm postulatu znaczeniowego był pierwotnie zaproponowany przez Carnapa),

— budowa sieci semantycznej opisującej formalnie relacje znaczeniowe pomiędzy poszczególnymi leksemami (podejście zbliżone do poprzedniego w swojej idei),

— oraz dekompozycja znaczenia leksemów poprzez przypisanie im wyrażeń w języku reprezentacji semantycznej opisujących znaczenie danego leksemu poprzez odwołanie się do ograniczonego zbioru ‘pierwotnych’ symboli o ustalonej (albo przynajmniej ‘uzgodnionej’) interpretacji.

Już w gramatyce Montague, mimo ‘ignorowania’ problemu znaczenia leksykalnego, okazało się, że niektóre leksemy, ze względu na swoją ‘indywidualność’ wyłamują się z szeregu innych o identycznym typie reprezentacji, np. czasownik *to be* (pol. *być*). Konieczne stało się zastosowanie *postulatów znaczeniowych*, czyli szczególnych aksjomatów teorii semantycznej, aby ograniczyć możliwe interpretacje poszczególnych symboli. Ograniczenia wprowadzane przez postulaty mogą odnosić się do całych klas (lub inaczej kontekstów) użycy, np. typowe, nieintensjonalne użycia czasowników, jako relacji na obiektach, są otrzymywane w *PTQ* poprzez przekształcenie reprezentacji uzyskiwanej z reguły semantycznej. Przekształcenie to jest legitymizowane odpowiednim postulatem znaczeniowym. Postulaty znaczeniowe mogą również być wprowadzone w celu doprecyzowania znaczenia wyróżnionego leksemu np. wspomniany *to be*. W rozbudowanej wersji postulaty znaczeniowe mogą stać się podstawowym narzędziem definicyjnym w leksykonie semantycznym (np. Partee (2003)), ustalając relacje pomiędzy symbolami, wprowadzając precyzyjną definicję interpretacji symboli w postaci warunków koniecznych i wystarczających. Przekształcamy w ten sposób reguły leksykonu wraz z postulatami znaczeniowymi w rodzaj naiwnej teorii świata (w logicznym sensie) (Partee, 2003), tzn. teorii opisującej wszystkie poprawne modele świata.

Jak już to było wspomniane, jako ograniczenie na możliwe interpretacje można wykorzystać również *sieci semantyczne* stosowane w sztucznej inteligencji i ostatnio burzliwie rozwijające się w Internecie tzw. *semantic webs*.

---

<sup>23</sup> Żartobliwie mówiąc, inną przyczyną może być fakt, iż prace w tej dziedzinie wcześniej, czy później sprowadzają się do żmudnego opisywania tysięcy leksemów, pokonywania barier subiektywizmu metod ustalania znaczenia, pokonywania problemu niedookreśloności znaczenia wielu leksemów i własnej niewiary czy efekt przetrwa dostatecznie długo wobec niedoskonałości i ciągłego rozwoju języków reprezentacji.

Definiują one znaczenie leksemu poprzez opisywanie relacji znaczeniowych z innymi leksemami. Jako, że struktura relacji jest w intencji niezmienna pod dowolną *poprawną* interpretacją, wyznacza ona *de facto* zbiór postulatów znaczeniowych ograniczających możliwe interpretacje poszczególnych symboli.

Podejście dekompozycyjne, w którym interpretacja leksemu nie stanowi 'najniższego' poziomu teorii semantycznej, w którym leksemom są przypisywane złożone reprezentacje semantyczne odwołujące się do ustalonego zbioru 'symboli pierwotnych' o ustalonej interpretacji, zawsze jest narażone na problematyczne odwołanie się do idealistycznego zbioru 'atomów' znaczeniowych. Jednak w wersji uprawianej najczęściej w SF (por. Cooper (1994)) ma ono zdrowo-rozsądkowy charakter techniki wywodzącej się z przetwarzania języka naturalnego. W tej wersji zbiór 'symboli pierwotnych' jest ustalany zgodnie z ograniczonym kontekstem użycia, ograniczonego podzbioru języka naturalnego poddawanego opisowi na potrzeby danego systemu przetwarzającego język naturalny. W tym kontekście, celem jest nie tyle poszukiwanie zbioru uniwersalnych 'atomów znaczeniowych', co skuteczności w stosowaniu i względna prostota uzyskanego opisu formalnego.

## 6. Podsumowanie

Mimo poświęcenia kilkudziesięciu stron udało się w niniejszej pracy jedynie dotknąć kilku wybranych zagadnień z rozległej i zróżnicowanej dziedziny lingwistyki informatycznej nazywanej semantyką formalną. Wybór omówionych zagadnień, z konieczności mocno ograniczony (ale inspirowany przytaczanymi podręcznikami), podyktowany był przyjętym założeniem wstępnym dążenia do dostarczenia pomocnych wyjaśnień, a nie tylko odnotowania obszernego zbioru haseł natury bibliograficznej.

Jako punkt wyjścia rozważań przyjęta została definicja prawdy Tarskiego i jej zastosowanie do konstrukcji formalnego opisu znaczenia zdań języka naturalnego, prowadzące w efekcie do przypisania im warunków prawdziwości opisu wyrażanego przez nie. Świadomie pominięto tu niektóre podejścia SF odwołujące się w definicji znaczenia do użycia języka naturalnego w akcie komunikacji. Następnie, poświęcono sporo uwagi fundamentalnym pracom Montague dotyczącym systematycznej budowy teorii semantyki języka angielskiego: rozszerzającym, poprzez mechanizm typów logicznych, opis znaczenia z poziomu zdań na dowolne wyrażenie języka naturalnego oraz ugruntowującym w SF stosowanie zasady kompozycyjności. Pozostając w tradycji Montague, omówiono ograniczenia gramatyki Montague w opisie znaczenia wielozdaniowych wypowiedzi oraz próbę ich przewyciężenia w postaci bardzo wpływowej teorii DRT. Krótko scharakteryzowano nurt semantyki dynamicznej, który wyłonił się na bazie DRT. Wskazano na obszary rozwoju SF związane z wyjaśnianiem konkretnych zjawisk znaczeniowych, takich jak kwantyfikacja, czas czy też znaczenie leksykalne. Omówiono problem niedospecyfikowanej reprezentacji, jako przykład poszukiwań

w dziedzinie ‘techniki’ uprawiania SF. Niestety pominięto jednocześnie szereg innych interesujących nurtów SF pozostających poza omówioną tu linią rozwojową bazującą w jakiś sposób na pracach Montague.

Nie pozostaje nic innego jak odesłać czytelnika do cytowanych prac, szczególnie do tych o charakterze podręcznikowym. W (świadomym) doborze ograniczonego zestawu cytowanych prac odzwierciedliła się idea ich elektronicznej dostępności. Warto tu jeszcze raz wskazać na cenne źródło, jakim jest Internet i serwis typu CiteSeer (odsyłacz 1 na stronie 113).

## Literatura

- Barwise, J., J. Perry (1983): *Situations and Attitudes*. Cambridge, MIT Press.
- Blackburn, P., J. Bos (1999): *Representation and Inference for Natural Language*. Computational Linguistics at the University of the Saarland, [nie publikowany materiał (stan XI 1999)], [[:] <http://www.iccs.informatics.ed.ac.uk/~jbos/comsem/intro.html>].
- Bolc, L., A. Mykowiecka (1992): *Podstawy przetwarzania języka naturalnego – wybrane metody formalnego zapisu składni*. Warszawa, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM.
- Bunt, H. (2003): *Underspecification in Semantic Representations: Which Technique for What Purpose?* [W:] *Proceedings of the Fifth International Workshop on Computational Semantics*. H. Bunt, I. Sluis, R. Morante (red.), Tilburg University Computational Linguistics and AI Group, [[:] <http://let.uvt.nl/people/bunt/DOCS/bunt-ivcs5.ps>].
- Carpenter, B. (1997): *Type-Logical Semantics*. Cambridge, MIT Press.
- Cooper, R (1994): *FraCaS – A Framework for Computational Semantics*. FraCaS Consortium, University of Edinburgh. [[:] <http://citeseer.nj.nec.com/cooper94describing.html>].
- Davidson, D. (1967a): *The Logical Form of Action Sentences*. [W:] *The Logic of Decisions and Action*. W. N. Rescher (red.), University of Pittsburg Press, 81–120.
- Davidson, D. (1967b): *Truth and Meaning*. *Synthese* 17, 304–323.
- Devlin, K. (1999): *Żegnaj, Kartezjuszu*. Warszawa, Prószyński i S-ka.
- Does, J van der., J van. Eijck (1996): *Basic Quantifier Theory*. [W:] *Quantifiers, Logic and Language*. J. Benthem A. Meulen (red.), CSLI Publications, [[:] <ftp://ftp.cwi.nl/pub/jve/papers/bqt.ps.Z>].
- Eijck, J van., H. Kamp (1997): *Representing Discourse in Context*. [W:] *Handbook of Logic and Language*. J. Benthem A. Meulen (red.), Elsevier, [[:] <ftp://ftp.cwi.nl/pub/jve/reports/rdcrep.ps.Z>].
- Groenendijk, J., M. Stokhof (1991): *Dynamic Predicate Logic*. *Linguistics and Philosophy* 14, 39–100, [[:] <http://staff.science.uva.nl/~stokhof/papers/dpl.pdf>].
- Heim, I.R. (1982): *The Semantics of Definite and Indefinite Noun Phrases*. University of Massachusetts, [praca doktorska].
- Hess, M. (1989): *Reference and Quantification in Discourse*, University of Zurich, [nie publikowana dysertacja].
- Janssen, T.M.V. (1997): *Compositionality*. [W:] *Handbook of Logic and Language*. J. Benthem A. Meulen (red.), Elsevier.
- Kamp, H. (1981): *A Theory of Truth and Semantic Representation*. [W:] *Formal Methods in the Study of Language*. J. Groenendijk (red.), Amsterdam, Mathematisch Centrum.
- Kamp, H., U. Reyle (1993): *From Discourse To Logic*, Kluwer.

- Larson, R., G. Segal (1995): *Knowledge of Meaning*. Cambridge, MIT Press.
- Lindström, P. (1996): *First-order Predicate Logic with Generalized Quantifiers*. *Theoria* 32, 186–195.
- Mostowski (1957): *On Generalization of Quantifiers*. *Fundamenta Mathematicae* 44, 12–36.
- Montague, R. (1970a): *English as a Formal Language*. [W:] *Linguaggi nella Società e nella Tecnica*. B. Visentini (red.), Mediolan, Edizioni di Comunità.
- Montague, R. (1970b): *Universal Grammar*. [W:] *Formal Philosophy*, Yale University Press, 222–246.
- Montague, R. (1973): *The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English*. [W:] *Approaches to Natural Language*. J. Hintika, J. Moravcsik, P. Suppes (red.), Proceedings of the 1970 Stanford Workshop on Grammar and Semantics, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company.
- Partee, B. (2003): *Formal Semantics*. University of Massachusetts. [a:] [http://www-unix.oit.umass.edu/~partee/RGGU\\_2003/RGGU03\\_formal\\_semantics.htm](http://www-unix.oit.umass.edu/~partee/RGGU_2003/RGGU03_formal_semantics.htm).
- Piasecki, M. (2003): *Język modelowania znaczenia polskiej frazy nominalnej*. Politechnika Wroclawska, Wydział Informatyki i Zarządzania [niepublikowana praca doktorska]. [a:] <http://www.ci.pwr.wroc.pl/~piasecki>.
- Polański, K. (red.) (1993): *Encyklopedia językoznawstwa ogólnego*. Wrocław, Zakład Narodowy im. Ossolińskich.
- Prior, A. (1967): *Past, Present and Future*. Oxford, Oxford University Press.
- Reyle, U. (1993): *Dealing with Ambiguities by Underspecification: Construction, Representation and Deduction*. *Journal of Semantics* 10(2), 123–179.
- Verkuyl, H. J. (2002): *Formal Semantics Course*. UiL OTS, University of Utrecht [niepublikowane materiały wykładowe]. [a:] <http://www.let.uu.nl/~Henk.Verkuyl/personal/course/stpb.pdf>.
- Tokarz, M. (1993): *Elementy pragmatyki logicznej*. Warszawa, PWN.
- Topolińska, Z. (1984): *Składnia grupy imiennej* [W:] *Gramatyka współczesnego języka polskiego*. t. I, Składnia, Warszawa.
- Tarski, A. (1944): *The Semantic Concept of Truth*. *Philosophy and Phenomenological Research* 4, 341–375.