



TWORZENIE ONTOLOGII NA PODSTAWIE DOKUMENTÓW, DLA POTRZEB DIAGNOSTYKI WAD WYROBÓW METALOWYCH

STANISŁAW CISZEWSKI, STANISŁAWA KLUSKA-NAWARECKA

DOCUMENT DRIVEN ONTOLOGICAL ENGINEERING WITH APPLICATIONS IN CASTING DEFECTS DIAGNOSTIC

Abstract

Ontological engineering has been widely used to specify constraints which guarantee correct, robust and verified data interchange between agents and systems. The paper presents methodology of creating ontological theories from documents. The main assumption in this process is that knowledge engineer and casting defects expert do not share knowledge about the modelling part of reality. Hence, the methodology has to be constructed as the communication platform between participants of the process.

1. WSTĘP

Tempo rozwoju technologii informatycznej opisywane jest zależnościami wykładniczymi. Ta szczególna cecha dotyczy zwłaszcza systemów informacyjnych posiadających kluczowe znaczenie dla większości podmiotów współczesnego globalnego rynku. Obecnie granica złożoności, przy której możliwe jest śledzenie sposobu w jaki przebiega wnioskowanie w takich systemach, została przekroczona. Dlatego też wielką uwagę przywiązuje się do metod zapewniających semantyczną poprawność i spójność wyników.

Brak weryfikacji semantycznej poprawności skutkuje wieloma typami błędów, z których najpoważniejszym jest ekwiwokacja. Polega ona na łącznym użyciu jednego pojęcia w dwóch znaczeniach. Dla

przykładu, pojęcie surówka zawierająca żelazo, może być użyte w kontekście przetwórstwa zarówno z metali jak i płodów rolnych. Znajomość samego pojęcia nie gwarantuje zatem możliwości odszukania informacji z nim związanej np. ceny. W powyższym przykładzie znany jest pewien fragment kontekstu pojęcia, tym nie mniej nie jest on wystarczający do jednoznacznej jego identyfikacji. Praktyka wskazuje, iż błędy tego typu są trudne dla ludzi a dla programów komputerowych stanowią nieprzekraczalną barierę.

Obecnie wielkie nadzieje na przezwyciężanie powyżej zarysowanych trudności, wiąże się z metodami ontologii. Umożliwiają one formalizację semantyki pojęć z pewnej dziedziny w formie teorii logicznej.

S. Ciszewski, Katedra Informatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza; S. Kluska-Nawarecka, Zakład Informatyki Przemysłowej, Akademia Górniczo-Hutnicza, Instytut Odlewnictwa w Krakowie

Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie programów dowodzących do weryfikacji poprawności semantycznej danych. Wymaga to jednak przekazywania dodatkowej informacji i zapewnienia dostępu do jednorodnych teorii ontologicznych w obrębie komunikującego się zestawu aplikacji. Jest to poważne wyzwanie zwłaszcza w przypadku środowisk zdecentralizowanych, w których rozważyć należy również problematykę modularności takich teorii.

Szereg prac badawczych podjętych w Katedrze Informatyki AGH zmierza do wypracowania metodycznego podejścia do analizy i konstrukcji takich systemów. Ich podstawowe aspekty teoretyczne omówiono w pracach [2, 7, 9]. Jednakże bezpośrednią motywacją prowadzonych badań jest rozwój platformy INFOCAST [5] opracowanej we współpracy z Instytutem Odlewnictwa w Krakowie. W ramach wykonywanych prac szczególne miejsce zajmuje problematyka wad wyrobów metalowych. Prace w tym kierunku zmierzają do stworzenia teorii ontologicznej opisującej pojęcia związane z wadami odlewów. W konsekwencji przy pomocy tej teorii powinno być możliwe przekształcenie wiedzy o wadach wyrażonej przy pomocy różnych norm [6].

Konstrukcja teorii ontologicznej opisującej pojęcia z zadanej dziedziny musi poprawnie odwzorowywać ich zakresy znaczeniowe. Siłą rzeczy nie może być ona dziełem wyłącznie informatyka. Do jej poprawności niezbędna jest wiedza eksperta, dzięki której, często nieformalne ale mające realne podstawy, zwyczajnie nazewnicze i relacyjne mogą zostać uwzględnione w tworzonej teorii.

Celem pracy jest przedstawienie rozwiązań metodycznych, które testowane są przy tworzeniu teorii ontologicznej opisującej wady odlewów. Aspektem, na który zostanie zwrócona szczególna uwaga jest zapewnienie komunikacji pomiędzy ekspertem i osobą tworzącą artefakt ontologiczny. Tło tego procesu zostanie zarysowane w paragrafie drugim. Tam też zostaną przedstawione poszczególne etapy pracy, i założenia jakie w nich poczyniono. Kolejne paragrafy od trzeciego do siódmego, na konkretnym przykładzie, prezentują kolejne etapy opracowywania teorii ontologicznej.

2. ASPEKTY METODOLOGICZNE

Metodologia tworzenia artefaktów informatycznych jest zazwyczaj pochodną sposobu ich późniejszego wykorzystania. W rozważanym przypadku założono, iż wytworzone artefakty zostaną umieszczone w udostępnianym w obrębie systemu kontenerze ontologii. Ponadto, ze względu na zastosowania gromadzona wiedza nie będzie statyczna, lecz uzupełniana wraz z nowymi potrzebami. Oznacza to, iż w trakcie

użytkowania definicje zawarte w teoriach dostarczanych przez kontener będą trwały tylko lokalnie. Jakkolwiek jednoznaczność definicji musi być zachowana zawsze, aby możliwe było ich wykorzystanie.

Zrealizowanie powyższego celu wymaga przyjęcia właściwej strategii rozwoju gromadzonych teorii. W opisywanej metodologii przyjęto następujące zasady:

- dokonywanie niewielkich zmian,
- zachowanie maksymalnej prostoty,
- ciągła kontrola błędów.

W omawianym przypadku poprzez *dokonywanie niewielkich zmian* rozumiemy przede wszystkim czysto ilościowe ograniczenie wielkość modyfikowanej teorii. Wiąże się to z oczywistą uwagą, iż niewielkie fragmenty łatwiej jest zintegrować z już istniejącymi oraz sprawdzić jakość takiego połączenia. Pozwala to również na ograniczenie się do jednego wybranego aspektu modelowanego zagadnienia, co w większości przypadków oznacza zawężenie obszaru, na którym wykonywane są zmiany.

Zasada *maksymalnej prostoty* oznacza, iż na każdym etapie prac wykonywane są tylko te czynności, które są bezpośrednio niezbędne. W ten sposób o każdym fragmencie teorii można powiedzieć, iż rzeczywiście istnieje takie miejsce w systemie, w którym ma on swoje zastosowanie. W przeciwnym razie teoria składa się z rzeczy istotnych z praktycznego punktu widzenia przemieszanych z tymi nieistotnymi. Z praktycznego punktu widzenia ich rozróżnienie jest trudne. Rzeczy nieistotne ingerują natomiast ciągle w proces rozwoju ontologii, co przysparza czasochłonnych problemów do rozwiązania.

Podstawowym źródłem błędów w trakcie tworzenia ontologii jest brak zrozumienia pomiędzy ekspertem i osobą tworzącą teorię. Część zakresów znaczeniowych pojęć z danej dziedziny, jest przekazywana werbalnie w trakcie edukacji eksperta. Ich prawidłowe odtworzenie w tworzonej teorii jest niemożliwe przy założeniu jednorazowej komunikacji. Celem *ciągłej kontroli błędów* jest dopuszczenie do możliwości popełnienia błędu w takim miejscu i zapewnienie mechanizmu, który pozwoli poprawić jego wystąpienie. Przy poprzednich założeniach, błędy ulokowane są wielkim i dobrze określonym fragmencie teorii. Mogą być zatem zlokalizowane, objaśnione i usunięte w właściwym sobie kontekście.

W omawianej metodologii wyróżnić można dwie fazy: fazę przygotowania teorii ontologicznej na podstawie dokumentu oraz integrację z zawartością pewnego kontenera ontologii. Ponieważ faza druga nie jest bezpośrednio powiązana z tematem pracy, w dalszej części artykułu szczegółowo omówiona zostanie faza pierwsza. Składa się ona z następujących etapów:

Utworzenie opisu Ekspert tworzy krótki dokument zawierający pojęcia z danej dziedziny.

Formalizacja opisu Na podstawie dokumentu tworzony jest nowy dokument zawierający składową semantyczną. Dokument ten wyraża sposób rozumienia opisu przez osobę tworzącą ontologię.

Korekta eksperta Sformalizowany dokument jest poprawiany przez eksperta w warstwie pojęciowej i semantycznej. Dzięki temu ekspert ma szansę zrozumieć czego nie rozumie osoba tworząca ontologię.

Deskrypcja w języku logiki Dokument poprawiony przez eksperta zostaje zamieniony na deskrypcje w języku logiki deskrypcyjnej.

Wyodrębnienie pojęć podstawowych Pojęcia występujące w deskrypcji zostają wyjaśnione z kontekstem w tworzonej teorii ontologicznej.

3. Utworzenie opisu

Prace nad nowym fragmentem teorii rozpoczyna utworzenie opisu przez eksperta. Rozumiemy to następująco: jakkolwiek w projekt może być zaangażowanych wiele osób, jedna i tylko jedna dostarcza dokument, aby współpracować nad utworzeniem z niego

fragmentu teorii. Osoba ta musi być specjalistą w danej dziedzinie a dostarczony dokument musi odzwierciedlać jej zdanie w danej kwestii.

Tworzony dokument może być zaczerpnięty z literatury, opracowaniem lub streszczeniem lub tekstem napisanym specjalnie do danego celu przez eksperta.

Sformułowania, które zawiera powinny być zdaniami prostymi lub równoważnikami zdań. Część z nich powinna mieć formę wyliczeń grupujących i klasyfikujących rzeczy podobne. Należy przy tym unikać wszelkich powtórzeń treści, znaczeń oraz synonimów.

W idealnym przypadku dokument powinien składać się z nie więcej niż 20 zdań. Przy czym wielkość 10–12 zdań wydaje się być rozsądna. W wypadku gdyby dokument był większy lub nie był jednorodny pod względem treści, najlepiej podzielić go na mniejsze spełniające powyższe wymagania. Przy normalnym tempie prac analiza dokumentu powinna zająć około 2–4 godzin.

Takie podejście związane jest z zasadą niewielkich zmian. Daje możliwość częstej korekty sposobu rozumienia dokumentów przez obie strony. Pracując nad dokumentem ekspert uczy się ich tworzenia, jedno-

Naruszenie kształtu odlewu mające postać wyszczerbienia, odłamania części wystającej, zbitcia krawędzi, usunięcia części odlewu. Nieostrożne transportowanie lub składowanie odlewów. Uszkodzenie odlewu przy wybijaniu. Niewłaściwe lub niestaranne usunięcie wlewów, nadlewów zalewek i innych naddatków technologicznych. Niewłaściwa konstrukcja układu wlewowego.

Rysunek 1. Opis wady „uszkodzenie mechaniczne” dostarczony przez eksperta.

Zaobserwowano różnicę w kształcie odlewu będącą:

- brakiem części odlewu na skutek:
 - odłamania części wystającej
 - lub usunięcia części odlewu
- lub uszkodzeniem krawędzi na skutek
 - wyszczerbienia
 - lub zbitcia

Zachodzi jedna z przyczyn:

- proces:
 - odlewania zakończył się pomyślnie
 - i niewłaściwie zrealizowano przynajmniej jeden z procesów:
 - wybijanie odlewu
 - lub usunięcie naddatków technologicznych takich jak:
 - wlewy
 - lub nadlewy zalewek
 - lub transport odlewu
 - lub składowanie odlewu
- lub niewłaściwie zrealizowano konstrukcje układu wlewowego.

Rysunek 2. Sformalizowany opis dokumentu z rysunku 1 (opis w tekście).

częściej osoba tworząca ontologię poznaje terminologię związaną z daną dziedziną.

Rysunek 1 przedstawia wzorcowy przykład dokumentu dostarczonego przez eksperta. Został on utworzony na podstawie normy [4] poprzez zebranie istotnych informacji dotyczących wady „uszkodzenie mechaniczne”.

4. FORMALIZACJA OPISU

Kolejnym etapem opracowywania dokumentu jest *formalizacja opisu*. Zadanie to nie polega na bezpośrednim przejściu od języka dokumen-

Zaobserwowano różnicę w kształcie wyrobu będącą:

- brakiem części odlewu
- lub wyszczerbieniem krawędzi
- lub zbiciem krawędzi

na skutek:

- nieprawidłowości w trakcie:
 - procesu:
 - wybijania
 - lub transportu
 - lub składowania
 - i proces odlewania przebiegał prawidłowo
- lub nieprawidłowości w trakcie:
 - procesu usunięcia:
 - wlewów
 - lub nadlewów zalewek
 - lub naddatków technologicznych
- lub wadliwej konstrukcji układu wlewowego.

Rysunek 3. Korekta opisu uwzględniająca wiedzę eksperta. Poprzez cionkę pochylą i pogrubioną zaznaczono kandydatury na odpowiednio: pojęcia i role (Objaśnienia w kolejnym paragrafie).

tu do języka logiki, co mogło by być sugerowane przez nazwę. Chodzi tu raczej o rozszerzenie tekstu pisanego o dodatkową strukturę porządkującą kontekst semantyczny. Dzięki temu, możliwe jest zachowanie czytelności tekstu pisanego, gwarantujące utrzymanie komunikacji z ekspertem.

Przed przystąpieniem do formalizacji opisu osoba tworząca ontologię powinna poprawić jego treść. Dotyczy to przede wszystkim wszystkich form przymiotnikowych i odczasownikowych występujących w zdaniach, które należy przetransponować w zdania proste. Następnie poprzez grupowanie (semantycznej) części wspólnej zdań, pozostałe ich części zmienia się w wyliczenia. Podstawą do wykonania tej czynności jest sposób w jaki osoba tworząca ontologię literalnie rozumie treść dokumentu. Takie podejście jest bardzo istotne, gdyż wskazuje miejsca, które nie są należycie zrozumiane na podstawie opisu.

Strukturalizację tekstu osiąga się poprzez jego zamianę na formę złożoną z zagnieżdżonych wyliczeń zaznaczonych dodatkowo symbolami logicznymi „**lub**” oraz „**i**”. Każde wyliczenie łączone jest tylko jednym z wymienionych symboli logicznych. Dla zachowania czytelności tekstu pierwszy element wyliczenia nie musi być opisany odpowiednim symbolem. Zagnieżdżenia wskazywane są przez poziom wcięcia dla danego wyliczenia. Wyliczenie rozpoczyna się od postawienia znaku dwukropka i przejścia na nowy, większy poziom wcięcia. Trwa ono aż do elementu, po którym poziom wcięcia osiąga równą bądź mniejszą wartość. Jest to naturalnie zrozumiała forma przedstawiania wyliczeń. Kluczem do formalizacji jest jed-

nak przedstawienie całego tekstu właśnie w ten sposób.

Rysunek 2 przedstawia formalizację opisu przykładowego dokumentu. Dla polepszenia czytelności symbole logiczne oznaczono ccionką pogrubioną. Składa się ona wzorem oryginału dwóch rozdzielnych części: pierwszej mówiącej o formie uszkodzenia i drugiej określającej jego przyczynę. Część pierwsza składa się z trzech wyliczeń, na dwóch poziomach, połączonych spójnikami „**lub**”. Część druga jest bardziej skomplikowana i zawiera aż trzy poziomy wcięć oraz wyliczenia powiązane spójnikiem „**i**”.

5. KOREKTA EKSPERTA

Formalizacja opisu jest transformacją wynikającą bezpośrednio z sformułowań w nim zawartych. Literalne traktowanie tekstu doprowadza do wskazania przez eksperta szeregu mankamentów formalizacji. W szczególności dotyczy to:

- braków terminologicznych: gdy w opisie występują sformułowania typu: „i inne”, „i tym podobne”, „itd.”,
- braku powiązań pomiędzy pojęciami szczególnie gdy pewne rzeczy z natury się wykluczają, lub gdy są powodowane np. zależnością przyczynowo skutkową,
- braku dokładności: gdy w opisie pominięto pewną istotną wiedzę,
- pomylenia kontekstu: szczególnie gdy jeden termin występuje w wielu znaczeniach,
- braku zrozumienia: gdy proponowane pogrupowanie pojęć nie odpowiada wiedzy eksperta.

Celem *korekty eksperta* jest naniesienie poprawek na sformalizowany opis, tak by pozostał on sformalizowany w sensie poprzedniego paragrafu, oraz poprawione zostały w nim wszystkie dostrzeżone mankamenty.

Rysunek 3 przedstawia sformalizowany opis z poprzedniego przykładu, po korekcie dokonanej przez eksperta. Jak widać poprawiony opis składa się tylko z jednej części i jest znacznie bardziej zwięzły. Stało się to możliwe dzięki pogrupowaniu elementów opisu zgodnie z przyczynowo-skutkowymi zależnościami nieobecnymi w poprzednich opisach.

6. TRANSFORMACJI DO JĘZYKA LOGIKI

Celem następnego etapu *transformacji do języka logiki* jest zapisanie skorygowanych opisów w spo-

Tablica 1. Syntaktyka i semantyka języka KRSS. Kolumna określająca interpretację zadaje rekurencyjną definicję funkcji (1). Poprzez C , D i E oznaczamy pojęcia. P i R oznaczają role. Natomiast X , Y i Z wszystkie są albo pojęciami albo rolami. Wyrażenie $R(x)$ oznacza obraz względem roli.

Definicja	Oznaczenie	Interpretacja
Subsumpcja pojęć	(defprimconcept C D)	$C' \subset D'$
Subsumpcja ról	(defprimrole P R)	$P' \subset R'$
Synonim pojęcia	(defconcept C D)	$C' = D'$
Synonim roli	(defrole P R)	$P' = R'$
Koniunkcja pojęć lub ról	(and X Y ... Z)	$X' \cap Y' \cap \dots \cap Z'$
Alternatywa pojęć	(or C D ... E)	$C' \cup D' \cup \dots \cup E'$
Ograniczenie egzystencjalne	(some R C)	$\{x \in X' \mid R'(x) \cap C' \neq \emptyset\}$
Ograniczenie na wartość	(all R C)	$\{x \in X' \mid R'(x) \subseteq C'\}$
Negacja pojęcia	(not C)	$\Omega' - C'$
Inwersja roli	(inverse R)	$(R')^{-1}$

sób czytelny dla standardowych narzędzi dowodzących w logikach deskryptywnych. W rozważanym przypadku zastosowano program FaCT [3] i język opisu KRSS wykorzystujący składnię LISP'a. Jest to obok notacji XML'owej standard de facto dla notacji teorii ontologicznych [1]. Tablica 1 przedstawia syntaktykę i semantykę fragmentu języka, w tym części użytej w artykule.

Semantycznie opis polega na wskazaniu pojęć, ich logicznych związków i relacji pomiędzy nim zachodzących. Związki logiczne pojęć rozumieć tutaj moż-

na jako koniunkcje lub alternatywy cech obiektów je reprezentujących. Trywialnym przykładem jest koniunkcja cech koloru żółtego i kształtu prostokątnego. Nieco trudniejszy do wytłumaczenia jest sposób reprezentacji relacji pomiędzy obiektami, polegający na swoistej reifikacji takiego związku. Dla przykładu wyrażenie:

(some ma – dziecko chłopiec)

oznacza wszystkie istoty, które mają dziecko będące chłopcem. Jest to istotnie różne od tradycyjnego wy-

```
(defconcept uszkodzenie-mechaniczne
  (some zaobserwowano
    (and
      (or
        (some brakuje czesc-odlewu)
        (some wyszczerbiono krawedz)
        (some zbito krawedz)
      )
      (some na-skutek
        (or
          (and
            (some nieprawidlowosc-w-trakcie
              (or wybijanie transport skladowanie)
            )
            (some przebiega-prawidlowo odlewanie)
          )
          (some nieprawidlowosc-w-trakcie
            (and
              usuniecia
              (some dotyczy
                (or
                  wlewu
                  nadlewu-zalewki
                  naddatku-technologicznego
                )
              )
            )
          )
        )
      )
      (some nieprawidlowy-wynik
        konstrukcja-ukladu-wlewowego
      )
    )
  )
)
```

Rysunek 4. Deskrypcja testowa otrzymana na podstawie sformalizowanego opisu skorygowanego przez eksperta.

rażenia relacji, które wymaga podania elementów bądź, zakresów obu jej stron. Aby nie wprowadzać nieporozumień tak użyte relacje nazywamy rolami.

Prezentowana w tabeli 1 semantyka nosi nazwę semantyki deskryptywnej i odnosi się bezpośrednio do metody intensji i ekstensji. Dla danej teorii rozważamy parę (Ω', \cdot') składającą się z niepustego uniwersum Ω' oraz funkcji \cdot' z określonej następująco:

$$\cdot' : \Lambda \rightarrow \Omega' \quad (1)$$

gdzie:

Λ – zbiór formuł logiki deskryptywnej,

Ω' – uniwersum danej interpretacji.

Funkcja (1) zdefiniowana jest rekurencyjnie tak aby spełnione zostały następujące warunki:

- obrazem pojęcia C względem funkcji (1) jest podzbiór uniwersum $C' \subset \Omega'$,
- obrazem roli R jest relacja $R' \subset \Omega' \times \Omega'$,
- obrazami formuł z drugiej kolumny tabeli 1 są zbior

ry wskazane w trzeciej kolumnie.

Obrazy elementów języka, dla uproszczenia nazywać będziemy interpretacjami. Dodatkowo wyprowadzamy następującą konwencję: funkcje definiujące `defprimconcept`, `defconcept`, `defprimrola`, `defrole` (tablica 1) użyte z jednym argumentem, interpretujemy jako użyte z specjalnym pojęciem T jako drugim argumentem. Z definicji jego obrazem względem funkcji (1) jest całe uniwersum:

$$T' = \Omega' \quad (2)$$

Przeniesienie sformalizowanego opisu na deskrypcje jest zadaniem łatwym. Na samym początku, należy znaleźć kandydata do nazw pojęć i ról. Aby to uczynić wystarczy zaznaczyć w sformalizowanym opisie odpowiednio grupy podmiotu i orzeczenia. Na rysunku 3 odpowiednie fragmenty oznaczono czcionką pochylą i pogrubioną. Wraz z wskazówkami semantycznymi zawartymi w poziomach wcięć stanowią one bazę

```
(defconcept uszkodzenie-mechaniczne
  (some zaobserwowano
    (and
      roznica-ksztaltu-w-uszkodzeniu-mechanicznym
      (some na-skutek
        przyczyna-uszkodzenia-mechanicznego
      ) ) ) )

(defconcept roznica-ksztaltu-w-uszkodzeniu-mechanicznym
  (or
    (some brakuje czesc-odlewu)
    (some wyszczerbiono krawedz)
    (some zbito krawedz)
  ) )

(defconcept przyczyna-uszkodzenia-mechanicznego
  (or
    przyczyna-mechaniczna-uszkodzenia-mechanicznego
    przyczyna-techniczna-uszkodzenia-mechanicznego
    przyczyna-konstrukcyjna-uszkodzenia-mechanicznego
  ) )

(defconcept przyczyna-mechaniczna-uszkodzenia-mechanicznego
  (and
    (some nieprawidlowosc-w-trakcie proces-wrazliwy-mechanicznie)
    (some przebiegl-prawidlowo odlewanie)
  ) )

(defconcept przyczyna-techniczna-uszkodzenia-mechanicznego
  (some nieprawidlowosc-w-trakcie
    usuniecie-zbednych-elementow-odlewu
  ) )

(defconcept przyczyna-konstrukcyjna-uszkodzenia-mechanicznego
  (some nieprawidlowy-wynik konstrukcja-ukladu-wlewowego)
)
```

Rysunek 5. Deskrypcje odpowiadające pojęciu testowemu po wskazaniu głównych synonimów.



do omawianej transformacji. Grupy orzeczenia wykorzystujemy do określenia ograniczeń egzystencjalnych lub ograniczeń na wartość. Rozróżnienie rodzaju ograniczeń ułatwia fakt, iż dla tych ostatnich zachodzi tożsamość:

$$(all R (and C D)) = (and (all RC) (all RD))$$

W praktyce większość ograniczeń nie spełnia tego warunku i jest egzystencjalna. Zakresy ograniczeń mogą być odczytane dzięki poziom wcięć. Transformacje uzupełniamy konwertując spójniki logiczne występujące przy wyliczeniach na odpowiadające im funkcje.

Rysunek 4 przedstawia deskrypcję otrzymaną na podstawie sformalizowanego opisu z rysunku 3. Jak widać podobieństwo jest bardzo duże. Jedyną późniejszą różnicą, jest zamiana słowa „wadliwa” na „nieprawidłowy wynik” ułatwiająca odczytanie „konstrukcji układu wlewowego” jako pewnego podprocesu.

7. WYODRĘBNIENIE POJĘĆ PODSTAWOWYCH

Na podstawie deskrypcji opisanych w języku logiki można wyodrębnić pojęcia podstawowe. Zasadniczą rolę odgrywa tutaj zasada maksymalnej prostoty. Aby ją zachować wykonuje się dwie operacje:

- Wybieranie spójnych znaczeniowo podwyrażeń deskrypcji i tworzenie pojęć objaśniających będących ich synonimami. Nazwy sugerowane są w dużej mierze przez opis skorygowany przez eksperta.

- Definiowanie pojęć i ról wraz z kontekstem w jakim są użyte w odpowiednich pojęciach.

Rysunek 5 przedstawia pierwszy etap omawianego procesu. Korzystając z wskazówek jakimi są sformalizowane opisy, wydzielane są pojęcia opisujące zasadnicze bloki logiczne w pojęciu testowym. Nie istnieje dobre kryterium pozwalające w sposób czysto obiektywny wydzielić odpowiednie pojęcia. Pewną wskazówką może tu być uzyskanie maksymalnej czytelności artefaktu, przy zachowaniu ich niewielkiego rozmiaru. Dzięki tym cechom, późniejsza integracja uzyskanych artefaktów, polegająca na łączeniu i dzieleniu pojęć, jest znacznie ułatwiona.

Rysunek 6 zawiera fragment teorii objaśniającej pojęcie „różnica kształtu w uszkodzeniu mechanicznym”. Pojęcie to odnosi się do defektów „części odlewu” i jego „krawędzi”. Pojęcia te zostały zdefiniowane w kontekście odlewu i roli bycia częścią. Założono, iż rola ta nie jest przechodnia, stąd podwójna definicja w wypadku pojęcia „krawędzi”. Zaistnienie defektu oddano jako brak pewnego fragmentu odlewu, stąd role „wyszczerbiono” i „wybito” są pewnym uszczegółowieniem roli „brakuje”. Powyższy fragment stanowi początek teorii opisującej wyrób odlewniczy.

Drugą część otrzymanej teorii stanowi opis zachodzących procesów. Przedstawiono ją na rysunku 7. Opis rozpoczyna określenie ról wskazujących na stan osiągnięty w wyniku procesu. Następnie zdefiniowano szereg procesów niezbędnych do określenia przyczyn omawianej wady. Zgodnie z zasadą prostoty kodu, wymieniono tylko te procesy, które są istotne z punktu widzenia określanej wady. Podobnie przedmiot, nad którym wykonywany jest proces zaznaczo-

```
(defconcept roznica-ksztaltu-w-uszkodzeniu-mechanicznym
(or
  (some brakuje czesc-odlewu)
  (some wyszczerbiono krawedz)
  (some zbito krawedz)
) )

(defprimconcept odlew)
(defprimrole jest-czescia)
(defprimconcept czesc-odlewu
(some jest-czescia odlew)
)
(defprimconcept krawedz
(and
  (some jest-czescia odlew)
  (some jest-czescia czesc-odlewu)
) )
(defprimrole brakuje)
(defprimrole wyszczerbiono brakuje)
(defprimrole zbito brakuje)
```

Rysunek 6. Fragment teorii objaśniającej pojęcie „różnica kształtu w uszkodzeniu mechanicznym”.


```

(defprimrole nieprawidlowosc-w-trakcie)
(defprimrole przebiegal-prawidlowo)
(defprimrole nieprawidlowy-wynik)

(defprimconcept proces)
(defprimrole dotyczy)

(defprimconcept konstrukcja-ukladu-wlewowego proces)
(defprimconcept odlewanie proces)
(defprimconcept wybijanie proces)
(defprimconcept usuniecie-zbednych-elementow-odlewu
 (and
  proces
  (some dotyczy zbedne-elementy-odlewu)
) )
(defprimconcept transport proces)
(defprimconcept skladowanie proces)
(defconcept proces-wrazliwy-mechanicznie
 (or wybijanie transport skladowanie)
)

(defprimconcept wlew)
(defprimconcept nadlewka-zalewki)
(defprimconcept naddatek-technologiczny)

(defconcept zbedny-element-odlewu
 (or wlew nadlewka-zalewki naddatek-technologiczny)
)

```

Rysunek 7. Fragment teorii dotyczący zachodzących procesów.

no tylko w kontekście procesu, który tego wymagał. Jakkolwiek, jest to rzeczą oczywistą, celowym wydaje się wskazanie takich przedmiotów dla pozostałych procesów. Ostatni fragment dotyczy pojęć związanych z wyrobem i powinien zostać dołączony do poprzedniego opisu.

Po wykonaniu powyższych operacji, konieczne jest sprawdzenie poprawności otrzymanej teorii. Największe znaczenie ma tutaj kwestia poprawności subsumpcji. Zgodnie z przyjętą semantyką (tablica 1), subsumpcja jest formalnym wyrazem mnogościowego zawierania się interpretacji pojęć. Jest ona ontologicznie poprawna jeśli zależności w teorii mają realne odzwierciedlenie w rzeczywistości. Bezpośrednie stwierdzenie tego jest zadaniem niewykonalnym, bowiem wyznaczenie np. zbioru przyszłych egzemplarzy pojęcia jest z reguły niemożliwe. Dlatego też, zamiast posługiwać się zbiorami egzemplarzy, potrzeba zastosować kryterium innego rodzaju. Przykładem może być stosowana w projekcie propozycja Gaurino i Welty [8]. Polega on na sprawdzeniu szeregu warunków, przy pomocy których klasyfikuje się pojęcia i podejmuje decyzje o istnieniu subsumpcji. Zarówno wyznaczanie subsumpcji jak i testowanie stosownych warunków może zostać dokonane automatycznie. Sam proces klasyfikacji musi być jednak wykonany ręcznie.

8. PODSUMOWANIE

Grupa Inteligentnych Systemów Informacyjnych Katedry Informatyki AGH we współpracy z Instytutem Odlewnictwa w Krakowie, podjęła szereg działań zmierzających do opracowania rozwiązań wspierających działalność przemysłu odlewniczego. W chwili obecnej trwają prace nad rozbudową systemu informacyjnego INFOCAST o kontrolę semantyczną przesyłanych informacji. Zadanie to wymaga stworzenia teorii ontologicznej opisującej szerokie spektrum wiedzy odlewniczej. Prezentowane w artykule rozważania opisują metodę zaproponowaną w tym celu.

W chwili obecnej jest ona z powodzeniem stosowana przy opracowywaniu teorii ontologicznej opisującej wady odlewów. Pozytywnym wynikiem tych prac jest opisane w artykule podwójne sprzężenie zwrotne. Pozwala ono ekspertowi dostrzegać błędy w rozumieniu pojęć odlewniczych i dzięki temu przygotowywać lepsze dokumenty w trakcie dalszych prac. Jednocześnie osoba tworząca ontologie, ma szansę na zrozumienie niuansów dziedziny, którą modeluje.

Należy zwrócić uwagę, na odwrócenie roli błędu w tym procesie. Zazwyczaj niepożądane, tutaj dzięki

wprowadzeniu mechanizmów kontrolnych, popełnione błędy dają możliwość określenia obszarów, które wymagają intensywniejszego omówienia, bądź uszczegółowienia. Dzięki pracy z nie wielkimi fragmentami wiedzy nie pojawia się tutaj niebezpieczeństwo pojawienia się zbyt wielkiej liczby błędów i niekorzystnego ich oddziaływania. Prezentowana idea wprowadzenia etapów korekcyjnych dla niewielkich fragmentów opracowywanego zagadnienia, wydaje się być uniwersalna i nadaje się do przeniesienia na inne zastosowania, w których konieczna jest współpraca specjalistów z różnych dziedzin. W szczególności przewiduje się budowę nowego modułu wiedzy opisującego wady wyrobów metalowych wytwarzanych przy użyciu różnych technologii.

Dalsze prace nad metodologią, wobec uzyskanych wyników, koncentrować się będą na dalszym wypracowaniu mechanizmów śledzenia i korekcji błędów. Najważniejszymi z nich w chwili obecnej są mechanizmy kontrolne działające w trakcie wyodrębniania pojęć podstawowych oraz nieopisanego w artykule etapu integracji.

Aspekt użyteczny przedstawionych rozważań, dotyczy tworzenia teorii ontologicznej dla potrzeb diagnostyki, a w szczególności reprezentacji wiedzy z zakresu wad wyrobów metalowych. Przy metodycznym podejściu do problemu konstrukcji systemów diagnostycznych, teoria taka powinna być pierwszym etapem budowy bazy wiedzy. Należy zwrócić uwagę, iż wielu istniejących systemach diagnostycznych wiedza (wyrażana często w postaci regałowej) tworzona jest w sposób czysto intuicyjny, bez definiowania stosownej teorii ontologicznej. Rozwiązanie takie może zaspokajać potrzeby praktyki szczególnie jeśli zawiera wiedzę pochodzącą z jednego źródła (np. z jednej normy, lub współpracujących z sobą ekspertów).

W innych przypadkach, jeśli zachodzi potrzeba korzystania z heterogenicznych źródeł wiedzy (np. normy różnych państw, różnic w technologiach wytwarzania wyrobów tego samego typu), wówczas brak dobrze zdefiniowanych teorii ontologicznych dla poszczególnych obszarów wiedzy może znacznie utrudnić lub całkowicie uniemożliwić integrację zdecentralizowanych zasobów wiedzy dziedzinowej.

Z powyższych względów, biorąc pod uwagę perspektywę poszerzenia współpracy przemysłowej oraz globalizację rynków zbytu wyrobów metalowych, wydaje się, że przedstawiona w pracy problematyka, prócz aspektów poznawczych, posiadać może duże znaczenie praktyczne.

Praca finansowana z grantu KBN nr 4TOSB-028-24.

LITERATURA

- F. Baader, D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, and P. Patel-Schneide. *The Description Logic Handbook: Theory, Implementations and Applications*. Cambridge Press, 2003.
- G. Dobrowolski, S. Ciszewski, R. Marcjan, M. Kisiel-Dorohinicki, and E. Nawarecki. Ontology of decentralised information systems in industrial applications. In T. Burczyński, W. Cholewa, and W. Moczulski, editors, *Methods of Artificial Intelligence*, pages 27–34, Gliwice, Poland, 2002. Silesian University of Technology.
- I. Horrocks, 1998, Using an expressive description logics: FaCT or fiction? *In Proc. of 6th Int. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, pages 636–647.
- Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości. PN-85/H-83105, Odlew: Podział i terminologia wad. *Dz. Norm. i Miar*, 1 pozycja 2, 1986.
- S. Kluska-Nawarecka, G. Dobrowolski, and R. Marcjan, 2001, INFOCAST - a system for quality control procedures and diagnosis of casting defects. *Acta Metallurgica Slovaca*, 7:441–446.
- E. Nawarecki, S. Ciszewski, and G. Dobrowolski, 2004, Problemy integracji heterogenicznych źródeł wiedzy o wadach wyrobów odlewniczych. In M. Pietrzyk, editor, *KomPlasTech 2004: Informatyka w technologii metali: materiały 11 konferencji*, pages 261–268. Wydawnictwo Akapit.
- E. Nawarecki, G. Dobrowolski, S. Ciszewski, and M. Kisiel-Dorohinicki, 2003, Ontology of cooperating agents by means of knowledge components. In Marik Vladimir, Muller Jorg, and Pechoucek Michal, editors, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Springer Verlag.
- C. Welty and N. Guarino, 2001, Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. *Data & Knowledge Engineering*, 39:51–74.
- B. Sniezynski and S. Ciszewski, 2004, System autologic i algorytm A* jako metoda łączenia komponentów wiedzy (w druku).

Artykuł otrzymano 19 kwietnia 2004 r.