ANDRZEJ SOBCZAK
Katedra Informatyki Gospodarczej,
Szkoła Główna Handlowa

ANALIZA WYBRANYCH JĘZYKÓW STOSOWANYCH DO BUDOWY ONTOLOGII[1]

Streszczenie

Artykuł zawiera analizę języków wykorzystywanych do budowy ontologii. Wskazano tutaj na znaczenie i zakres formalizmów przy implementacji ontologii. Zaprezentowano poziomy formalizacji podczas budowy ontologii. W analizie uwzględniono zarówno języki od dawna używane w inżynierii wiedzy, jak i te, które mają zastosowanie obecnie, przy powstawaniu rozwiązań z obszaru określanego mianem „semantycznego Internetu" (ang. Semantic Web).

Słowa kluczowe: ontologia, reprezentacja, formalizm, OWL.

1. Wprowadzenie

Stopień formalności wymagany od języka wykorzystywanego do budowy ontologii zmienia się od nieformalnych definicji wyrażonych w języku naturalnym, aż po definicje z rygorystycznie zdefiniowaną składnią i semantyką. Jest on w dużej mierze zależny od stopnia automatyzacji zadań, które ma wspierać ontologia.

„Stopień formalności, przez którą słownictwo ontologii jest wyszczególnione, zmienia się od nieformalnych definicji wyrażonych w języku naturalnym do definicji podanych w języku formalnym takim jak logika pierwszego rzędu ze ściśle zdefiniowaną składnią i semantyką. Podobnie, (...) zastosowania ontologii sięgają od nieformalnych wymagań taki jak glosariusz dla wspólnego rozumienia wśród użytkowników do bardziej formalnych wymagań, takich jak współpraca z różnymi narzędziami programowymi.

Formalność wymagana od języka dla ontologii jest w znacznej mierze zależna od stopnia automatyzacji w różnych zadaniach, które ontologia wspiera. Jeżeli ontologia jest ramą dla komunikacji między ludźmi, wtedy reprezentacja ontologii może być nieformalna, tak długo jak będzie dokładna i uchwyci intuicje każdej osoby. Jednak, jeżeli ontologia ma być używana przez narzędzia programowe albo inteligentnych agentów, wtedy semantyka ontologii musi być dużo dokładniejsza" (za: Uschold M., Gruninger M. (1996)).

W pracy Uschold M., Gruninger M. (1996) zaproponowano cztery poziomy tej formalizacji, stanowiące continuum:

- wysoce nieformalna: ontologia jest wyrażona luźno w języku naturalnym;
- semi-nieformalna (ang. semi-informal): ontologia jest wyrażona w ograniczonej i strukturyzowanej formie języka naturalnego, niezwykle powiększając jasność przez zmniejszanie dwuznaczności;
- semi-formalna (ang. semi-formal): ontologia jest wyrażona w sztucznym formalnie zdefiniowanym języku;
- rygorystycznie formalna: ontologia jest drobiazgowo zdefiniowana z formalną semantyką, teorematami i dowodami.

---

[1] *Praca wykonana w ramach projektu badawczego KBN numer 1 H02D 016 27.*

Nieformalna postać ontologii nie jest tylko pośrednim etapem, który zniknie po jej formalizacji. Formalna postać ontologii musi zawierać definicje przygotowane w języku naturalnym, komentarze i uwagi, które będą wykorzystane przez ludzi próbujących przyswoić sobie ontologię. Nieformalna wersja jest ważna, ponieważ jak jest podkreślane zostało w pracy Mizoguchi R., Ikeda M. (1997) ontologie muszą być zrozumiałe zarówno dla komputerów jak i dla ludzi. Jest to ważne w dokumentowaniu ontologii oraz ułatwia powtórne użytkowanie ontologii, reinżynierię i odwrotną inżynierię (ang. reverse engineering). Postać formalna może być ważna dla działania np. systemów agenckich, jednak język naturalny pozostaje naturalnym środkiem dostępu do ontologii dla ludzi.

2. Rola języków formalnych w budowie ontologii

Formalizm dostarcza symbolicznego systemu (składnia, aksjomaty, operatory) i związanej z nim semantyki (reguły interpretacji nadające znaczenie symbolicznym wyrażeniom). W pracy Gomez-Perez A., Corcho O., Fernandez-Lopez M. (2004) przedstawiono korzyści wynikające z zastosowania deklaratywnej specyfikacji ontologii:

- Wszystkie założenia w ramach analizowanego zagadnienia są wyrażone jawnie. Jest to też próba rozwiązania problemu wspólnego rozumienia – to, co jest oczywistym założenie dla jednej osoby, nie jest oczywista dla innej; tak długo jak te założenia pozostaną ukryte, istnieje obawa, że mogą wystąpić konflikty na tle rozumienia poszczególnych pojęć.
- Może być kilka sposobów reprezentowania problemu i często należy przeszukać te możliwości. Deklaratywna specyfikacja ontologii zapewnia dokładną charakteryzację przestrzeni rozwiązań. Jeżeli specyfikacja jest spójna z aksjomatami ontologii, wtedy jest to alternatywny model.
- Ontologia jest specyfikacją wykorzystywaną do określania ontologicznych zobowiązań. Zobowiązanie ontologiczne jest porozumieniem, by używać słownictwa (tj. stawiać pytania i przedstawiać twierdzenia) w sposób, który jest zgodny z teorią, która specyfikuje daną ontologię. Dzięki deklaratywnej specyfikacji, można rozumować o różnych ontologicznych zobowiązaniach.
- Łatwość dokonywania zmian. Dzięki deklaratywnej specyfikacji, dysponuje się dokładną charakteryzację relacji między różnymi zestawami ograniczeń użytych do prezentacji problemu. Bez takiej specyfikacji, relacje te mogą nie być wyraźnie przedstawione.
- Możliwość powtórnego użycia. Przez charakteryzowanie klas dziedzin i zadań w granicach tych dziedzin, ontologie dostarczają ram dla określania, które aspekty ontologii nadają do wielokrotnego użycia w różnych zadaniach.

3. Przegląd języków wykorzystywanych do budowy ontologii

3.1. Logika deskrypcyjna

Logika deskrypcyjna (ang. description logics) przedstawiona w Gandon F. (2002) s. 102 bazuje na założeniach logiki predykatów (ang. predicate logic), semantycznych sieci i języków ramowych. Występują tutaj dwa poziomy: terminologiczny poziom, na którym następuje reprezentacja i manipulacja pojęciami i rolami i faktyczny poziom, gdzie mają miejsce manipulacje i twierdzenia o osobnikach. Twierdzenia tworzą komponent A-Box (komponent aseracyjny – ang.

assertional box) podczas gdy ontologiczne prymitywy, na których zbudowane są twierdzenia A-Box są reprezentowane przez komponent T-Box (komponent terminologiczny – ang. terminological box). T-Box składa się z zespołu pojęć, które są albo pierwotne, albo zdefiniowane przez określenie, zestaw ról i zestaw osobników. Pojęcie jest rodzajową (ogólną) encją dziedziny zastosowań reprezentującej zestaw osobników. Osobnik jest szczególną encją, przykładem pojęcia. Rola jest relacją dwuargumentową między osobnikami. Opis roli może być pierwotny albo zdefiniowany. Definicja używa konstruktorów języka by dać role przyłączone do pojęcia i ograniczenia ról (wspólna dziedzina).

Pojęcia są zorganizowane w hierarchii subsumpcji, która jest obliczona stosownie do pojęcia definicji (ta definicja jest zredukowana do łącza subsumpcji w wypadku elementarnych pojęć). Zasadnicze zadania są obliczeniem relacji subsumpcji między pojęciami by zbudować taksonomie i klasyfikację.

3.2 Formalizmy obiektowe

Formalizmy obiektowe przedstawione w Gandon F. (2002) s. 101-102 pozwalają na reprezentowanie, pozyskiwanie, organizowanie i manipulowanie wiedzy przy użyciu wirtualnych obiektów reprezentujących rzeczywiste obiekty. W formalizmach tych istnieją dwa podstawowe pojęcia: klasy obiektu i przykłady (instancje) obiektu.

Klasy są kategoriami obiektów. Klasa definiuje charakterystykę posiadaną wspólnie przez wszystkie obiekty tej kategorii. Klasy są strukturalizowane za pomocą hierarchii dziedziczenia przez łącze typu „rodzaj czegoś". Klasa może być konkretna, tj. można tworzyć obiekt należący do tej klasy.

Zaproponowano języki modelowania graficznego do opisu formalizmów obiektowych (np. UML – Unified Modeling Language). Należy jednak zauważyć, że ważnym kryterium oceny jakości projektu ontologii są minimalne zobowiązania ontologiczne (ang. ontology commitments). Opierając się na tej zasadzie, język graficzny musi obejmować tylko te notacje, które są konieczne by wyrazić ontologie. Nie dzieje się tak w przypadku UML. Po drugie, ponieważ ontologia ma stanowić formalny model dziedziny, ważne jest, żeby język użyty do jej opisu miał formalną semantykę. Warunek ten nie jest spełniony w przypadku języka UML.

3.3 Knowledge Interchange Format

Język KIF (Knowledge Interchange Format) zapewnia składnię języka Lisp do wyrażania zdań logiki predykatywnej pierwszego rzędu (Brachman R., Levesque H. (2004)). Dostarcza on również rozszerzeń do wyrażania definicji i meta-wiedzy. Z punktu widzenia semantyki KIF jest wysoce ekspresyjnym językiem. Jednak nie dostarcza on bezpośrednio prymitywów do reprezentowania ontologii. „Ontologia ram" (ang. Frame Ontology) zawarta w narzędziu Otolingua, które zostało opracowane przez Stanford University Knowledge Sharing Laboratory umożliwia budowanie ontologii z zastosowaniem języka KIF przy zastosowaniu prymitywów, takich jak zależność, klasy (i podklasy), funkcje i zestawy.

3.4 F-Logic

Język F-Logic (ang. Frame-Logic) jest rozszerzeniem logiki pierwszego rzędu (ang. First-Order Logics) o prymitywy do opisu klas, przedmiotów, podmiotów i metod (Brachman R., Leve-

sque H. (2004)). Te rozszerzenia modyfikują składnię a także semantykę, ale większość rozszerzeń może być odwzorowywane z powrotem do tradycyjnej semantyki pierwszego rzędu. Ponadto, w przeciwieństwie do większości języków logiki deskrypcyjnej, wyrażenie ontologii w F-Logic umożliwia formułowanie pytań, które bezpośrednio używają części ontologii w taki sposób, aby zmienne mogły sięgać poza klasy, przykłady i atrybuty a nazwy pojęć atrybutów mogą być dostarczane jako odpowiedzi na zapytania poprzez zmienne podstawienie.

Chociaż F-Logic jest szeroko stosowany na polu badawczym, to jednak tylko w bardzo ograniczonym stopniu zaistniał on w obszarze implementacji praktycznych (można wskazać tutaj np. produkt Ontobroker firm Ontoprise, w którym wykorzystano podzbiór języka F-Logic).

3.5 Grafy konceptualne

Grafy konceptualne (ang. Conceptual Graphs) zostały opracowane przez J. F. Sowa (2002) i pochodzą one z połączenia wykresów Peirce'a (ang. Peirce Existential Graphs) z sieciami semantycznymi. Ten formalizm był motywowany koniecznością przetwarzania języka naturalnego i potrzebą przyjaznej prezentacji logiki człowiekowi.

Wykresy mają kilka reprezentacji:

- DF (Description Format) – forma wyświetlana, graficzna reprezentacja;
- LF (Liner Format) – forma linearna, tekstowy linearny ekwiwalent DF;
- CGIF (Conceptual Graph Exchange Format) – pojęciowy format wymiany wykresów, służący do transmisji między systemami.

Graf konceptualny jest dwudzielnym ukierunkowanym wykresem, tj. występują dwa typy węzłów w grafie (węzły pojęcia i węzły relacji), a łuki są ukierunkowane i zawsze łączą węzeł pojęcia z węzłem relacji (albo vice versa). Grafy konceptualne są egzystencjalnymi i koniunktywnymi zdaniami. Liczba operandów relacji jest liczbą całkowitą, wyrażającą liczbę pojęć, do których mogą one być dołączone. Pojęcia i relacje mają typ. Typy są pierwotne (prymitywne) albo zdefiniowane. Typy relacji też mają ustaloną wartościowość (podającą liczbę pojęć połączonych przez relację) i podpis (podający typ pojęć połączonych przez relację).

Wiedza ontologiczna, na której są zbudowane pojęciowe wykresy jest reprezentowana przez wsparcie, złożone z dwu hierarchii subsumpcji strukturalizujących typy pojęć i typy relacji, zestawu indywidualnych znaczników dla pojęć, a także podpisów definiujących dziedzinę i ograniczenia zakresu dla relacji.

3.6 Mapy tematyczne

Biezunski M., Newcomb S. (2001) prezentują mapy tematyczne (ang. topic maps), które są sposobem reprezentacji informacji zaproponowanym przez społeczność bibliotekarzy by indeksować dokumenty elektroniczne, zarządzić glosariuszami, tezaurusem i katalogami, umożliwić łączenie indeksów. Mapy tematyczne mogą być również stosowane jako format do reprezentacji wiedzy pomiędzy różnymi platformami (ang. interoperable knowledge representation). Mapy tematyczne zostały podane procesowi normalizacji w 1999 roku przez International Organization for Standardization (ISO). Mapa tematyczna definiowana jest w tej normie jako zbiór dokumentów zbudowanych z zastosowaniem odpowiedniej składni języka Standard Generalized Markup Language (SGML). Składnia SGML dla dokumentów map tematycznych jest opisana we wspomnianej wcześniej normie, razem z normatywnym konceptualnym modelem reprezentacji map tematycznych (zdefiniowana jako graf z kilkoma różnym rodzajami węzłów i łuków). Pier-

wotna norma ISO określała składnię SGML jako standard wymiany map tematycznych. Aby mapy tematyczne mogły być stosowane w Internecie, została zdefiniowana nowa norma XML Topic Maps (XTM), która definiuje składnię XML dla map tematycznych i podaje specyficzny, chociaż nieco uproszczony model danych mapy tematycznej.

Mapy tematów opierają się na trzech podstawowych pojęciach: tematach, łączach (powiązaniach) oraz przedmiotach, przypisujących temat do źródeł informacji (patrz: Jakubowski T., Kowalkiewicz M. (2003)).

Temat (ang. topic) konkretyzuje przedmiot (ang. subject) w formie wieloelementowego (ang. multi-headed) łącza wskazującego miejsca występowania tego przedmiotu w zbiorze dokumentów. „Przedmiotem" tematu jest to, czego ten temat dotyczy. Tematy są konkretyzowane za pomocą zewnętrznych źródeł informacji i kolektywnie budują mapę tematu. Tematem może być abstrakcyjne lub rzeczywiste pojęcie. Tematy mogą być spokrewnione przez połączenia wyrażające daną semantykę, połączenie jest relacją ograniczoną tylko do wiązania tematów razem. Cecha tematu jest zestawem nazw, wystąpień i ról dla tego tematu. Nazwy te, występowania i role są nazwane zakresem tematu i umożliwiają zdefiniowanie punktów widzenia albo profilów tematu. Łącze między tematami jest elementem ukazującym relacje pomiędzy tematami. Powiązania mogą być różnych typów. W każdym powiązaniu występują dwa tematy, każdy z nich może pełnić inną rolę.

Role są podgrupami wystąpień tematu. Tematy są zgrupowane w klasach zwane „typami tematów". Typ tematu jest kategorią, do której należy dany przykład tematu. Typy tematów są zorganizowane w hierarchii subsumpcji. Temat może mieć trzy typy nazw: nazwa bazowa / nazwa opisu; nazwa wyświetlana, która może mieć postać graficzną graficzna; nazwa wykorzystywana podczas sortowania.

Należy zauważyć, że mapy tematyczne nie są językiem ontologii we właściwym sensie – raczej językiem, którego celem jest uproszczenie przeszukiwania zbiorów dokumentów z zastosowaniem tematów.

3.7 Resource Description Framework oraz Resource Description Framework Schema

Język RDF (ang. Resource Description Framework) jest określoną przez konsorcjum W3C specyfikacją modelu metadanych, zazwyczaj implementowaną w postaci XML. Czerpie on inspiracje z wielu źródeł takich jak: bibliotekoznawstwo, strukturalizacja dokumentów w postaci dokumentów SGML i XML, jak również z reprezentacji wiedzy .

W pracy Zadrożny S., Ławcewicz K. (2004) przedstawiono główne założenia RDF. Umożliwia on opis zasobu za pomocą wyrażenia składającego się z trzech elementów (tzw. tryplet): podmiotu, predykatu i obiektu. W RDF podmiot stanowi opisywany zasób, predykat określa, jaka jego własność jest opisywana, zaś obiekt stanowi wartość tej własności. Podstawowym mechanizmem wykorzystywanym przez RDF do identyfikacji podmiotu, predykatu i obiektu jest URI (ang. Uniform Resource Identifier).

RDF umożliwia standaryzację pojęć. Mogą być przez siebie dziedziczone (kolejne definicje RDF mogą korzystać z poprzednio utworzonych i dowolnie je rozszerzać), co pozwala na elastyczne rozszerzanie słownika, kiedy tylko zaistnieje taka potrzeba. Pozwala to na dowolne doprecyzowywanie struktury zamieszczanych treści jednocześnie zachowując ich pełną kompatybilność z innymi dokumentami wykorzystującymi wyższe poziomy hierarchii pojęć.

Do definicji słowników dla RDF, opracowana została specyfikacja RDF-Schema (RDFS). RDF-Schema jest aplikacją RDF – jest ona zdefiniowana w samym RDF. Zdefiniowany słownik jest bardzo podobny do prymitywów modelowania dostępnych w językach opartych na ramach (ang. frame-based languages). RDF Schema posiada zestaw prymitywów ograniczony do definiowaniu klas, przykładów i własności. RDF Schema (podobnie jak RDF) został opracowany w ramach prac konsorcjum W3C i jest zalecany przez W3C.

3.8 Ontology Inference Layer oraz DARPA Agent Markup Language

Fensel D., I. Horrocks I., Harmelen F., Decker S., Erdmann M., Klein M. (2000) prezentują wyniki badań współpracy europejskich ośrodków akademickich (w tym: University of Manchester oraz Vrije Universiteit Amsterdam). Ich efektem jest język OIL (ang. Ontology Inference Layer). Jego twórcy starali się połączyć pracę trzech różnych niezależnych grup, zajmujących się:

- System oparty na ramach (ang. Frame-based systems). Systemy te stosowane są przy projektowaniu rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji. Ogólna koncepcja opiera się na tym, że najniższym elementem modelowania jest klasa (zwana ramką), posiadająca właściwości (zwane slotami).
- Logiką opisową (ang. Description Logics). Logika ta została opracowana w trakcie badań nad reprezentacjami wiedzy; opisuje wiedzę w formie koncepcji (które można porównać z klasami bądź też ramkami) i ról (porównywalnych ze slotami). Ważną rzeczą w logice opisowej odgrywa fakt, że posiada ona dobrze udokumentowane i opracowane podstawy teoretyczne i że każde wyrażenie może zostać przedstawione w ścisły matematyczny sposób.
- Języka RDF (omówionego powyżej).

Język DARPA Agent Markup Language (DAML) powstał i był rozwijany równolegle do języka OIL. Został on stworzony przez amerykańską agencję wojskową DARPA. Pierwotna wersja nazywała się DAML, która następnie w toku prac przekształciła się w DAML-ONT. Język ten opiera się na RDF oraz XML-owej semantyce RDF. Używa pojęcia klasy i własności do opisu zależności i tworzenia hierarchii. W roku 2001 połączono prace nad językami DAML oraz OIL. W ich wyniku powstał język DAML+OIL (Dean M. (2002)).

3.9 Ontology Web Language

Lacy L. (2005) prezentuje język OWL (ang. Ontology Web Language) jest przeznaczony do użycia głównie przez aplikacje, które potrzebują przetwarzać zawartość informacji zamiast prezentować ją ludziom.

OWL został opracowany w ramach prac konsorcjum W3C i jest zalecany przez W3C (OWL został uznany za standard przez W3C w lutym 2004 roku) – patrz: World Wide Web Consortium (2004a-c). Wywodzi się on bezpośrednio z wcześniejszych prac nad językami DAML oraz OIL.

Istnieją trzy odmiany języka OWL:

- OWL Lite;
- OWL DL (rozszerzenie OWL Lite);
- OWL Full (rozszerzenie OWL DL).

Dwie pierwsze odmiany OWL są nieco ograniczone pod względem swojej ekspresywności, ale są o wiele łatwiejsze do zastosowania w praktyce.

OWL umożliwia większą interoperacyjność niż ta, która jest wspierana przez XML, RDF i RDF Schema (RDF-S). Jest to możliwe przez dostarczenie dodatkowego słownika razem z formalną semantyką.

Język OWL jest językiem opartym na logice opisowej (ang. Description Logic). OWL jest umieszczony ponad RDF. Dlatego cała infrastruktura RDF jest również wykorzystywana w ramach OWL, w szczególności struktura przechowywania, formułowania pytań (poszukiwania) i odzyskiwania.

OWL posiada pewną ilość prymitywów do budowy klas i ich własności. OWL ma również pewną ilość prymitywów do opisywania różnych wersjami ontologii.

4. Podsumowanie

Jak wynika z przeprowadzonej analizy istnieje wiele języków, które można wykorzystać przy budowie ontologii. W chwili obecnej widać jednak bardzo wyraźny trend polegający na ustanowieniu OWL jako standardu de-facto w zakresie implementacji ontologii. Wynika to z poniższych czynników:

- Na znaczeniu zyskują wszelkie rozwiązania bazujące na drugiej generacji technologii internetowych (Maedche A., Staab S. (2001) – np. semantyczne usługi sieciowe; ich działanie jest opisywane za pomocą ontologii tworzonych w języku OWL.
- OWL jest silniejszym (posiadającym rozbudowaną składnię) językiem (w stosunku do swoich prekursorów – tj. RDF, OIL, DAML).
- Istnieje bardzo dobre wsparcie w zakresie narzędzi do budowy ontologii z zastosowaniem języka OWL – są to zarówno narzędzia o otwartym kodzie źródłowym (ang. open source) – na przykład Protege, pOWL, SWOOP, jak i rozwiązania komercyjne (takie jak Altova's SemanticWorks).

5. Literatura

1. Biezunski M., Newcomb S. (2001) XML Topic Maps: Finding Aids for the Web, IEEE Multimedia, April-June 2001.
2. Brachman R., Levesque H. (2004) Knowledge Representation and Reasoning, The Morgan Kaufmann Series in Artificial Intelligence, May 19 2004.
3. Dean M. (2002) DAML+OIL for Application Developers, On-line tutorial, 2002.
4. Fensel D., I. Horrocks I., Harmelen F., Decker S., Erdmann M., Klein M. (2000) OIL in a nutshell, Knowledge Acquisition, Modeling, and Management, Proceedings of the European Knowledge Acquisition Conference (EKAW-2000), Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI, Springer-Verlag, October 2000.
5. Gandon F. (2002) Distributed artificial intelligence and knowledge management: ontologies and multi-agent systems for a corporate semantic web, INRIA and University of Nice, November 2002.
6. Gomez-Perez A., Corcho O., Fernandez-Lopez M. (2004), Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web, Springer, 1 edition, July 22, 2004.
7. Jakubowski T., Kowalkiewicz M. (2003) Sposoby prezentacji wiedzy - Mapy Tematów i Mapy Umiejętności, Gazeta IT nr 6(14), Czerwiec 2003.
8. Lacy L. (2005) Owl: Representing Information Using the Web Ontology Language, Trafford Publishing January 2005

9. Uschold M., Gruninger M. (1996) Ontologies: Principles, methods and applications, Knowledge Engineering Review, Vol. 11:2, 1996, str. 93-136.
10. Maedche A., Staab S. (2001) Ontology Learning for the Semantic Web, IEEE Intelligent Systems, 2001, s. 72-79.
11. Mizoguchi R., Ikeda M. (1997) Towards Ontology Engineering, Proceedings of The Joint 1997 Pacific Asian Conference on Expert systems / Singapore International Conference on Intelligent Systems, 1997, str. 259-266.
12. Sowa J.F. (2002) Conceptual Graphs Standard, Working document: ISO/JTC1/SC 32/WG2 N 000.
13. World Wide Web Consortium (2004a), OWL Web Ontology Language Overview, W3C Recommendation, 10 February 2004.
14. World Wide Web Consortium (2004b), OWL Web Ontology Language Guide, W3C Recommendation, 10 February 2004.
15. World Wide Web Consortium (2004c), OWL Web Ontology Language Reference, W3C Recommendation, 10 February 2004
16. Zadrożny S., Ławcewicz K. (2004) Sieć semantyczna - Nowa generacja globalnej sieci informacji, Zaoczne Studium Doktoranckie IBS PAN, marzec 2004.

Summary

This article gives a summary of languages, which can be used to build ontology. Examples to illustrate informal and formal languages are also provided. Ontology languages for the Semantic Web have been also described.

Keywords: Ontology, Representation, Formalism, OWL.

ANDRZEJ SOBCZAK
Katedra Informatyki Gospodarczej
Kolegium Analiz Ekonomicznych
Szkoła Główna Handlowa
Al. Niepodległości 162
02-554 Warszawa
501 707 525
sobczak@sgh.waw.pl