

Do czego potrzebne są nam ontologie? Charakterystyka funkcjonalna ontologii jako narzędzi reprezentacji wiedzy.

Analizując kierunki ewolucji metod i narzędzi reprezentacji oraz wyszukiwania informacji w środowisku sieciowym, można dojść do konkluzji, że obecnie kluczową rolę w tych procesach odgrywa szeroko rozumiane pojęcie kontekstualizacji. Uwzględnienie kontekstu znaczeniowego terminu wyszukiwawczego oraz kategoryzacja elementów reprezentowanego uniwersum dają większe możliwości, zarówno w optymalizacji procesów wyszukiwania informacji, jak i w próbach uporządkowania pojęć w ramach danej dziedziny za pomocą systemu organizacji wiedzy. Im bardziej formalny charakter będzie miała taka kontekstualizacja, tym bardziej będzie precyzyjna i „zrozumiała” również dla aplikacji ją przetwarzających. W typologii sieciowych systemów organizacji wiedzy, opracowanej według kryterium strukturyzacji systemów pojęciowych wyróżnia się : (Hodge, 2000)

- listy terminów,
- klasyfikacje, kategoryzacje, taksonomie,
- listy relacyjne.

Listy terminów reprezentują najprostszy model organizacji wiedzy stosowany w środowisku sieciowym. Mają one najczęściej postać zbiorów słownictwa kontrolowanego (m.in. kartotek wzorcowych) służącego do odwzorowywania cech opisywanego fragmentu rzeczywistości za pomocą równoważnościowych struktur monorelacyjnych. Cechą drugiej grupy jest „bezpośrednie oznaczanie związków hierarchicznych pomiędzy pojęciami reprezentowanymi przez terminy lub symbole klasyfikacyjne.” (Sosińska-Kalata, 2005) Listy relacyjne to grupa charakteryzująca się dużym zróżnicowaniem strukturalnym. Obejmują one zarówno tezaury, sieci semantyczne jak i wysoce sformalizowane ontologie internetowe. To właśnie w ostatnim typie systemów organizacji wiedzy upatruje się szans na poprawę efektywności zarówno reprezentacji jak i wyszukiwania informacji. Celem artykułu jest funkcjonalna charakterystyka ontologii jako narzędzia reprezentacji wiedzy na przykładzie BIBO - the Bibliographic Ontology, jednej z bardziej rozpowszechnionych w środowisku sieciowym ontologii bibliograficznej.

1. Czym jest ontologia?

Ontologia internetowa jest modelem konceptualnym pewnego obszaru wiedzy, który jest wyrażony w sposób zapewniający jego automatyczne przetwarzanie i wnioskowanie na jego podstawie nowych informacji. Jest jednocześnie przetwarzalnym maszynowo artefaktem rejestrującym wiedzę dziedzinową, w formie czytelnej dla aplikacji funkcjonujących w ramach określonych systemów informacyjnych. (Domingue, Fensel, & Hendler, 2011, s . 510) Najczęściej przywoływana w piśmiennictwie definicja ontologii jest autorstwa T. Grubera, który poprzez ontologie rozumie „formalną, jawną i współdzieloną konceptualizację”. (Gruber, 1993, s. 199) Tę definicję można poddać dalszej analizie, wyodrębniając podstawowe cechy ontologii : (Domingue et al., 2011, s. 510-511) .

- *Konceptualizacja* : ontologia jest emanacją określonej struktury pojęciowej reprezentującej mentalne modele fragmentu rzeczywistości. Tego typu konceptualizacja dąży raczej do generalizowania „obrazu opisywanego świata” niż do koncentracji na pojedynczych przypadkach i wyjątkach.
- *Konsensus* : ontologia odwzorowuje konceptualizację domeny wypracowaną przez członków danej społeczności, co do której panuje zgoda i przekonanie o jej prawdziwości. Im szerszy zakres ontologii, tym trudniej uzyskać taką zgodę. Tym samym, ontologia jest reprezentacją społecznego konsensusu, co do obrazu danego fragmentu rzeczywistości.
- *Ograniczony zakres* ontologii jest wyznaczony najczęściej przez zakres opisywanej domeny, dziedziny wiedzy, obszaru działalności ludzkiej itp. Im węższy zakres ontologii, tym większa możliwość jego szczegółowej reprezentacji.
- *Formalny charakter* : ontologia jest wyrażona za pomocą języka reprezentacji wiedzy wykorzystującego formalną semantykę i język logiki. Zapewnia to poprawną interpretację i możliwość przetwarzania przez aplikacje.
- *Jawność* : formalny charakter reprezentacji wiedzy zapewnia możliwość definiowania pojęć explicite oraz wykorzystania mechanizmów wnioskowania do generowania nowych faktów. Pojęcia niezdefiniowane w sposób jawny w ontologii, nie są częścią jej formalnej konceptualizacji.

Powyższa charakterystyka, oprócz funkcji objaśniającej, pokazuje również wyraźne zapożyczenie samego terminu *ontologia* z filozofii, gdzie tym mianem określa się dziedzinę zajmującą się bytem i analizą form istnienia. Podstawowy cel tego obszaru zagadnień jest spójny zarówno w filozofii jak i w dyscyplinach naukowych związanych z przetwarzaniem informacji (informatyka, nauka o informacji) – opis fragmentu rzeczywistości z punktu widzenia kategorii i form istnienia. Zmienia się jednak perspektywa. W przypadku ontologii sieciowych, istotną rolę odgrywa formalizacja takiego opisu i dostosowanie go do automatycznego przetwarzania.

Istnieje wiele metodologii tworzenia ontologii (zob. m.in. Gliński, 2006; Gómez-Pérez, Fernández-López, & Corcho, 2004), które ewoluowały wraz pojawianiem się nowych obszarów zastosowań tych narzędzi. Jedną z nich jest tzw. *101 Ontology Development*. (McGuinness & Noy, 2001). Metoda ta zakłada siedmioetapowy proces tworzenia ontologii :

1. Określenie zakresu ontologii i celów, do jakich będzie wykorzystywana oraz grupy użytkowników, do których skierowane będą systemy ją przetwarzające.
2. Analiza istniejących ontologii mieszczących się w zakresie zainteresowań oraz możliwość ich wykorzystania.
3. Opracowanie zestawu najważniejszych terminów reprezentujących kluczowe pojęcia dla opisywanej dziedziny.
4. Zdefiniowanie hierarchii klas odwzorowującej strukturę pojęciową domeny.
5. Określenie zbioru własności klas.
6. Ustalenie cech logicznych i zakresu stosowania atrybutów i relacji.
7. Utworzenie instancji klas, czyli opis poszczególnych elementów uniwersum z wykorzystaniem aparatu ontologii.

Obowiązkowym elementem w niemal każdej metodologii tworzenia ontologii jest przeprowadzenie procesu analizy ontologicznej opisywanego fragmentu rzeczywistości. Ma to kluczowe znaczenie dla dalszych etapów ponieważ niewłaściwe zidentyfikowanie kategorii pojęć, typów relacji, itd. charakterystycznych dla danej domeny będzie skutkowało nieadekwatnym narzędziem reprezentacji wiedzy. Równie charakterystycznym etapem w wielu metodologiach projektowania ontologii jest

poszukiwanie istniejących ontologii i oraz możliwości ich częściowej lub całkowitej adaptacji. Polega na zaimportowaniu do schematu opracowywanej ontologii struktur pojęciowych z wybranych ontologii. Warunkiem koniecznym jest stosowanie tego samego języka reprezentacji w obydwu przypadkach. Taki zabieg pozwala uniknąć każdorazowego definiowania pojęć na potrzeby własnej ontologii i wykorzystać istniejące formalizmy, dążąc tym samym do pewnego poziomu spójności w sposobach odwzorowywania.

2. Rodzaje ontologii

W literaturze przedmiotu istnieje wiele prób typologii ontologii, które przyjmują za punkt wyjścia zakres, sposób odwzorowania czy charakter zastosowanej formalizacji. Należy do nich m.in. podział ontologii na terminologiczne oraz formalne (Sowa, 2000). Celem ontologii terminologicznych jest odwzorowanie struktury pojęciowej danej dziedziny poprzez formalizację jej systemu terminologicznego. "W ontologiach terminologicznych kategorie pojęciowe reprezentowane przez terminy nie muszą być w pełni wyspecyfikowane za pomocą aksjomatów i definicji. Ich specyfikacja oparta jest na identyfikacji relacji takich jak gatunek-rodzaj czy część-całość, które determinują względne miejsce kategorii w odniesieniu do innych pojęć." (Sosińska-Kalata, 2005) W przypadku ontologii formalnych, na strukturę terminologiczną nakłada się dodatkową warstwę znaczeniową, na którą składają się formalne wykładniki typów relacji oraz definicje pojęć wyrażone za pomocą wybranego języka reprezentacji wiedzy i języka logiki. Ontologie formalne mają zazwyczaj węższy zakres niż terminologiczne, ale zastosowana aksjomatyzacja pozwala na większą precyzję w odwzorowaniu oraz na wykorzystanie reguł wnioskowania. (Lacasta, Nogueras-Iso, & Javier, 2010, s. 2) Według zakresu, wyróżnia się ontologie najwyższego poziomu, dziedzinowe lub zadaniowe oraz aplikacyjne. Pierwszy typ ontologii przewidziany jest do reprezentacji ogólnych struktur pojęciowych, które są niezależne od specyfiki danej dziedziny, np. miejsce, czas, materia, wydarzenia, procesy. Tego typu formalizacja na ogólnym poziomie jest możliwa do wykorzystania w ontologiach niższego rzędu. Ontologie dziedzinowe służą do odwzorowania struktur pojęciowych i systemu terminologicznego specyficznych dla danej dziedziny, często poprzez specyfikację ontologii najwyższego poziomu. Ontologie aplikacyjne są projektowane z myślą o zastosowaniu w konkretnym systemie informacyjnym i są podporządkowane jego celom i potrzebom jego użytkowników. (Lacasta et al., 2010, s. 3)

3. Cele ontologii

Podstawowe cele ontologii wynikają z jej warunków definicyjnych. Jest to więc przedstawienie struktury pojęciowej domeny, dziedziny wiedzy czy fragmentu rzeczywistości z wykorzystaniem formalnego aparatu reprezentacji wiedzy, który umożliwia automatyczne przetwarzanie. Konsekwencją takiego podejścia jest szereg dodatkowych funkcji, które obejmują m.in. (McGuinness & Noy, 2001):

1. Jawne wyrażanie założeń ontologicznych określonej domeny.
2. Operowanie spójnymi ramami interpretacyjnymi, które umożliwiają transfer wiedzy dziedzinowej zarówno między aplikacjami, jak i ludźmi.
3. Rozdzielenie wiedzy deklaratywnej od operacyjnej.
4. Funkcja poznawcza.

Istotą ontologii jest wykorzystanie formalizmów do precyzyjnej identyfikacji “tego, co i jak istnieje” w określonej dziedzinie. Taki obraz jest możliwy do uzyskania dzięki kategoryzacji i definiowaniu *explicite* klas obiektów, relacji zachodzących między nimi oraz immanentnych cech przysługujących ich instancjom (wystąpieniom). Jawność reprezentacji jest warunkiem definicyjnym ontologii a jej przeprowadzenie wiąże się z dokładnym poznaniem opisywanego fragmentu rzeczywistości. Konsekwencją jawności opisu w ontologiach jest wyznaczenie granic odwzorowywanego uniwersum. Oznacza to wykorzystanie języka logiki do precyzyjnego określania ram interpretacyjnych dla wyodrębnionych klas. To również ustalenie relacji między zakresami tych klas oraz ustalenie np. warunków ich rozłączności. Takie podejście wyklucza błędy w rozumowaniu oraz pozwala na wykorzystanie mechanizmów wnioskujących w zakresie określania spójności informacji wyrażonych za pomocą ontologii. Tym samym, przy ontologicznie i formalnie spójnym modelu domeny istnieje możliwość transferu tej wiedzy i wielokrotnego jej wykorzystania w systemach informacyjnych, których zakres może być szerszy. Rozdzielenie w ontologiach wiedzy deklaratywnej od operacyjnej polega m.in. na uniezależnieniu formalnej ekspresji struktury pojęciowej dziedziny od sposobu jej przetwarzania oraz wyróżnianiu komponentów ontologii odpowiedzialnych za ekspresję modelu konceptualnego (tzw. TBox) oraz systemu faktów na temat danej dziedziny (tzw. ABox). TBox zawiera formalnie specyfikowaną wiedzę deklaratywną, natomiast ABox to zbiór pojedynczych deklaracji na temat elementów opisywanego fragmentu rzeczywistości. Oznacza to możliwość wykorzystania np. danej ontologii dziedzinowej w wielu środowiskach programistycznych odpowiedzialnych za przetwarzanie jej struktury pojęciowej oraz bazy wiedzy, a także agregację istniejących zbiorów faktów. W przypadku ontologii sieciowych, dla których standardem reprezentacji wiedzy jest m.in. język Web Ontology Language, polega również to na możliwości zastosowania wielu, niezależnych technik i narzędzi wnioskowania i analizy spójności ontologii. Są to m.in. mechanizmy wnioskowania Pellet, Fact++ czy Hermit. Poznawcza funkcja ontologii jest zapewniona przez wymienione wyżej funkcje. Dzięki jawności oraz wykorzystaniu formalizmów w opisie dziedziny otrzymujemy precyzyjny obraz struktury pojęciowej, który łatwiej poddaje się poznaniu podmiotom spoza kontekstu danej dziedziny. Jawność i formalizacja w ontologiach pozwalają łatwiej dostrzec i przeanalizować stanowiska epistemologiczne i ontologiczne, przyjęte przez twórców w opisie danej dziedziny.

4. Ontologie bibliograficzne

Wraz z coraz większym zainteresowaniem realizacją wizji Sieci Semantycznej (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001) w środowisku sieciowym, również bibliotekarze zaczęli dostrzegać szansę na swój udział w rozwoju sieci trzeciej generacji. Przełożyło się to na coraz częstsze próby formalnego opisu stosowanych w bibliotekarstwie standardów i narzędzi, szczególnie związanych z reprezentacją informacji. Obejmuje to zarówno konwersję kartotek wzorcowych, słowników języków informacyjnych oraz schematów metadanych do standardów sieciowych oraz próby projektowania lub modyfikacji istniejących ontologii na potrzeby reprezentacji obszaru jednostek bibliograficznych i kontekstu ich funkcjonowania. Tego typu aktywność środowiska bibliotekarskiego nasiliła się szczególnie w kontekście intensyfikacji prac nad publikowaniem tzw. surowych danych (ang. raw data) w modelu Linked Data. Zakłada on stosowanie sieciowych standardów reprezentacji informacji oraz ustanawianie jak największej liczby powiązań między elementami istniejących kolekcji, które razem tworzą chmurę danych powiązanych (ang. Linked Data Cloud). Według ostatnich analiz statystycznych (stan na 19-09-2011)¹ chmurę tworzy 295 kolekcji, z czego 87 to tzw. publikacje, czyli

¹ <http://lod-cloud.net/state/>

zbiory zawierające dokumenty i/lub ich metadane. Do opisu wielu z nich stosuje się formalnie specyfikowane schematy metadanych, często z dodatkową warstwą znaczeniową, które czynią z nich ontologie.

Uniwersum bibliograficzne jako metafora domeny, w której skład wchodzi dokumenty i ich kolekcje, ich własności oraz typy relacji bibliograficznych (Svenonius, 2000, s. 32) posiada wiele modeli konceptualnych, które różnią się zależnie od przyjętych założeń początkowych i perspektyw poznawczych. Najbardziej abstrakcyjny i jednocześnie dążący do obiektywizmu jest model FRBR - *Funkcjonalne wymagania dla rekordów bibliograficznych* (IFLA Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records, 1997). FRBR posiada swoją specyfikację w RDF oraz OWL (Davis & Newman, 2005), lecz pomyślany jako model konceptualny jest przeznaczony do implementacji w ramach ontologii, nie zaś do bezpośredniego pełnego wykorzystania. FRBR został wdrożony np. w ontologii FaBio – the FRBR-aligned Bibliographic Ontology (Shotton & Peroni, 2012), która wykorzystując ten model teoretyczny, jest jednocześnie dostosowana do opisu różnego typu dokumentów oraz odwzorowania szerokiej gamy relacji bibliograficznych. FRBR stanowi również podstawę teoretyczną nowych angloamerykańskich zasad katalogowania – RDA : Resource Description and Access. RDA to jednej strony pragmatyka katalogowania, czyli zbiór reguł związanych z konstrukcją opisów bibliograficznych a z drugiej przykład całej czas rozwijanej ontologii terminologicznej. Celem projektu RDA była aktualizacja dotychczas obowiązującego drugiego wydania zasad katalogowania *Anglo-American Cataloguing Rules* (AACR2), włączenie modelu FRBR i rozszerzenie zakresu stosowania również na sieciowe zasoby informacyjne, ale również prezentacja struktury pojęciowej RDA za pomocą formalnego języka reprezentacji wiedzy, którym w tym przypadku jest RDF. W chwili obecnej (lipiec 2013) RDA jest tylko częściowo opisane za pomocą RDF i trwają prace nad ich pełną prezentacją. Z punktu widzenia użytych formalizmów, RDA jest ontologią terminologiczną. Podobne prace są prowadzone równoległe w ramach IFLA nad ISBD.

Na potrzeby artykułu dokonano analizy ontologii The Bibliographic Ontology (BIBO). Jest to stosunkowo prosta ontologia, która jest jedną z częściej wykorzystywanych ontologii bibliograficznych do opisu zasobów informacyjnych w środowisku sieciowym. Tak jak w przypadku metodologii konstrukcji ontologii, istnieje wiele sposobów oceny ich jakości i spójności (zob. też Tartir, Arpinar, & Sheth, 2010; Vrandecic, 2013). Na potrzeby artykułu, przyjęto jednak założenie o podstawowej charakterystyce ontologii bazując na przykładach kategoryzacji i reprezentacji systemu pojęciowego BIBO oraz na sposobach definiowania relacji bibliograficznych w tej ontologii.

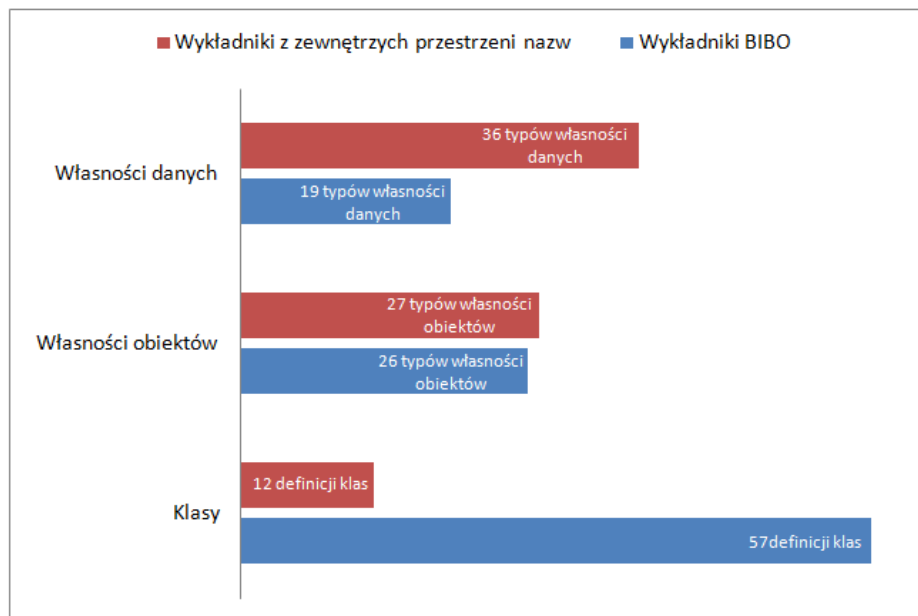
5. The Bibliographic Ontology (BIBO)

Ontologia BIBO została opracowana w 2008 roku przez Bruce'a D'Arcus'a oraz Frédéric'a Giasson'a jako proste i elastyczne narzędzie opisu kolekcji dokumentów i cytowań bibliograficznych. Ontologia została udostępniona na licencji Creative Commons. ("Bibliographic Ontology Specification," 2012) BIBO jest formalną ontologią dziedziczną. W aktualnej wersji (1.3 z 2009 roku), do specyfikacji struktury terminologicznej oraz reprezentacji wykładników relacji semantycznych wykorzystano języki RDF w serializacji RDF/XML oraz wybrane wykładniki języka OWL. Z punktu widzenia spójności na płaszczyźnie systemu terminologicznego, w BIBO oprócz własnej reprezentacji struktury pojęciowej, wykorzystano dodatkowo dziewięć zewnętrznych przestrzeni nazw (ang. namespace). Są to m.in.:

- Simple Knowledge Organization System (SKOS) : specyfikacja RDF przeznaczona do opisu zbiorów słownictwa, w tym słowników języków informacyjno-wyszukiwawczych.

- <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#>
- The Event Ontology : ontologia w OWL przeznaczona do modelowania i opisu wydarzeń (np. konferencja naukowa, warsztaty), która wykorzystuje bardzo ogólne wykładniki metadanych.
 - <http://purl.org/NET/c4dm/event.owl>
- Dublin Core Terms : szczegółowa specyfikacja jednego z najbardziej rozpowszechnionych schematów metadanych Dublin Core Metadata Element Set.
 - <http://purl.org/dc/terms>
- Friend of a Friend Ontology (FOAF) : prosta ontologia przeznaczona do tworzenia tzw. wizytówek sieciowych - zestawu metadanych opisujących osoby (m.in. imię, nazwisko, adres e-mail, miejsce pracy, zainteresowania).
 - <http://xmlns.com/foaf/0.1/>

Kategoryzacja zakresu ontologii została przeprowadzona zgodnie ze specyfikacją OWL i RDF. Wykorzystano tutaj szereg wykładników kategoryalnych tych standardów. Są to: klasy (`owl:Class`), własności obiektów (`owl:ObjectProperty`), własności danych (`owl:DataProperty`) oraz deklaracje typów danych (`rdf:datatype`). Tak jak wspomniano, w BIBO stosuje się zewnętrzne przestrzenie nazw jako źródła formalnych wykładników dla elementów z trzech kategorii pojęciowych. Jest to często praktykowany zabieg ponieważ pozwala na wykorzystanie istniejących ontologii czy schematów metadanych z zachowaniem spójności i precyzji znaczeniowej oraz nie prowadzi do nadmiernego mnożenia wykładników dla pojęć, które zostały wcześniej opracowane. Analiza ilościowa przeprowadzona na słownictwie BIBO z punktu widzenia zastosowanych przestrzeni nazw pokazuje, że w BIBO opracowano własne wykładniki przede wszystkim dla pojęć reprezentujących klasy. Rys. 2 przedstawia porównanie użycia własnych i zewnętrznych przestrzeni nazw w BIBO.



Rysunek 1. Przestrzenie nazw w BIBO

W przypadku klas, w BIBO opracowano szczegółową specyfikację własnych wykładników, która została użyta przede wszystkim do odwzorowania typologii dokumentów. Zewnętrzne przestrzenie nazw wykorzystano do formalnej reprezentacji m.in. klas *Osoba*, *Organizacja*, *Zasób informacyjny*. W przypadku własności obiektów i danych, w BIBO opracowano ich wykładniki, które odwzorowują

charakterystyczne typy relacji bibliograficznych i własności dokumentów (np. wydanie, liczba stron, rozdział, wydawca, cytata, tłumaczenie).

Podstawowy zręb systemu terminologicznego BIBO tworzy 69 klas zorganizowanych w siedmiu kategoriach:

1. Agent (Agent)
2. Dokument (Document)
3. Kolekcja (Collection)
4. Wydarzenie (Event)
5. Osoba (Person)
6. Zasób informacyjny (Resource)
7. Organizacja (Organization).

Wyodrębniono tutaj również kilka dodatkowych klas, lecz było to podyktowane raczej względami funkcjonalnymi niż wynikającymi z analizy ontologicznej uniwersum jednostek bibliograficznych. Są to: lista (list), sekwencja (seq), stopień naukowy (thesis degree), status dokumentu (document status).

Charakterystyczny jest sposób kategoryzacji dokumentów/zasobów informacyjnych, gdzie wyodrębnia się dwa poziomy : dokument, jako samodzielna jednostka bibliograficzna oraz kolekcja dokumentów. Tab. 1 przedstawia typologię klas *Dokument* oraz *Kolekcja*.

| Klasa | Podklasa 1 | Podklasa 2 |
|-----------------|-------------------------|--|
| Dokument | | |
| | Artykuł | Artykuł naukowy |
| | Dokument dźwiękowy | |
| | Dokument audiowizualny | Film |
| | Książka | Materiały konferencyjne |
| | Dokumenty współwydane | Praca zbiorowa Zeszyt |
| | Część dokumentu | Część książki Rozdział Fragment Cytat Slajd |
| | Dokument graficzny | Mapa |
| | Dokument prawny | Dokumentacja sprawy Akta sprawy (Brief) Wyrok Ustawodawstwo Projekty Ustawy |
| | Instrukcja | |
| | Rękopis | |
| | Notatka / uwaga | |
| | Patent | |
| | Korespondencja prywatna | e-mail List |
| | Informator | |
| | Raport | |
| | Prezentacja | |
| | Standard | |

| | |
|---------------------|--|
| Rozprawa naukowa | |
| Strona internetowa | |
| Kolekcja | |
| Książka wielotomowa | |
| Wydawnictwo ciągłe | Kodeks Zestawienia aktów prawnych Czasopismo Czasopismo popularno-naukowe Gazeta |
| Seria wydawnicza | |
| Serwis internetowy | |

Tabela 1. Typologia klas *Dokument* i *Kolekcja* w ontologii BIBO

Analiza typologii w Tab. 1 pokazuje pewne niekonsekwencje i stosowanie wielu kryteriów podziału. Obok formy dokumentu, która determinuje cały układ, widoczne są również inne kryteria. Wątpliwość może budzić wyodrębnienie klasy *Dokumenty współwydane* (ang. Collected Documents), w zakresie której zidentyfikowano klasy *Praca zbiorowa* oraz *Zeszyt*. Logiczną konsekwencją widocznego w BIBO opisu na poziomie jednostki i kolekcji byłoby wyodrębnienie tych klas w zakresie klasy *Kolekcja*. Wątpliwość może budzić również adekwatność podziału klasy *Dokument*. W klasie *Kolekcja* wyodrębniono podklasy: czasopismo, seria wydawnicza, książka wielotomowa oraz serwis internetowy. Dla wszystkich podklas z wyjątkiem ostatniej opracowano wykładniki relacji mereologicznej (`terms:hasPart`) z elementami klasy *Dokument*. Jednocześnie w tej klasie wyodrębniono podklasę *Strona internetowa*, która nie jest formalnie powiązana z klasą *Serwis internetowy*, którą wyodrębniono w zakresie klasy *Dokument*.

Z formalnego punktu widzenia, w BIBO „oszczędnie” stosuje się wykładniki relacji między klasami. Jest to przede wszystkim wskazanie na podrzędność zakresową danej klasy za pomocą wykładnika relacji z języka RDF Schema (`rdfs:subClassOf`). W BIBO nie wykorzystuje się wykładnika rozłączności klas ze specyfikacji języka OWL (`owl:DisjointWith`), który jest szeroko stosowany w ontologiach jako pomocne narzędzie definiowania zakresów klas. Tym samym, za pomocą BIBO istnieje możliwość opisanie tego samego obiektu poprzez wskazanie, że jest on jednocześnie np. książką oraz wydarzeniem, co jest pozbawione sensu, lecz formalnie dopuszczone.

W języku OWL wyróżnia się dwa rodzaje własności, tzw. własności obiektów (object properties) oraz własności danych (datatype properties) (Bechhofer et al., 2004). Pierwszy typ służy do ustanawiania relacji między dwoma indywiduami, czyli wystąpieniami (instancjami) klas zdefiniowanych w ontologiach. W przypadku ontologii BIBO jest to np. wykładnik *redaktor* (`bibo:editor`), który odwzorowuje rolę jaką pełni dana osoba (indywiduum) wobec instancji z dowolnej klasy *Dokument*. Własność obiektu jest więc relacją dwuargumentową ustanowioną na zbiorze instancji klas zdefiniowanych w ontologii. W przypadku BIBO, zidentyfikowano 53 wykładniki własności obiektów, dla których określono formalne warunki ich stosowania. Dla przytoczonej wcześniej własności obiektu *redaktor* (`bibo:editor`) zdefiniowano za pomocą wykładników języka RDF Schema następujące aksjomaty:

- zakres stosowania (`rdfs:domain`), czyli wskazanie klas, dla której dana własność ma zastosowanie : dowolne instancje klasy *Agent* (osoby, organizacje, grupy),
- zakres wartości (`rdfs:range`), czyli wskazanie klas, których instancje mogą reprezentować wartości atrybutu : dowolne instancje klas *Kolekcja* oraz *Dokument*,

- zależność hierarchiczną (`rdfs:SubPropertyOf`), czyli wskazanie własności obiektu, w którego zakresie wyodrębniono daną własność : *redaktor* jest typem własności obiektu *współtwórca*.²

Drugi typ atrybucji w OWL - własność danych, reprezentuje typowe podejście *atrybut - wartość*, gdzie wartość jest odwzorowywana w postaci literalów (kwalifikowanego lub niekwalifikowanego ciągu znaków). W ontologii BIBO własnością danych jest np. *data wydania* (`terms:issued`). Element ten został zaimportowany ze schematu Dublin Core Terms i w przypadku BIBO nie specyfikuje się sposobu kodowania danych. Jego wartość może więc przyjąć formę ciągu znaków w dowolnej sekwencji, które reprezentują datę wydania dokumentu. Z formalnego punktu widzenia, w BIBO własność danych *data wydania* jest typem własności *data*, w zakresie której wyodrębniono również dodatkowo cechę - *data utworzenia*. W BIBO stosuje się 55 wykładników reprezentujących własności danych.

Aspekt temporalny jest obecny w BIBO również w postaci wykładnika `event:time`, który wyodrębniono we własnościach obiektów. Został on zaimportowany z ontologii The Event Ontology³, która jest przeznaczona do odwzorowywania metadanych o szeroko rozumianych wydarzeniach, dla których określa się m.in. czas, miejsce oraz związane podmioty. Zakres stosowania (`rdfs:Domain`) tego wykładnika został w określony w BIBO jako dowolnej instancji klasy *Wydarzenie* (`bibo:event`). Nie specyfikuje się tutaj jednak zakresu wartości dla tego wykładnika . W The Event Ontology posiada on pełny formalny opis, który zawiera :

- identyfikację typu elementu : własność obiektu (Object Property),
- zakres stosowania (`rdfs:Domain`) : instancje klasy *Wydarzenie* (Event),
- zakres wartości (`rdfs:Range`) : instancje klasy *Jednostki czasu* (TemporalEntity).

W BIBO nie zaimportowano klasy *Jednostki czasu*, ani też nie utworzono innej klasy odpowiedzialnej za reprezentację tego typu informacji. Tym samym w BIBO, nie ma formalnych możliwości adekwatnej reprezentacji aspektu temporalnego w odniesieniu do wydarzeń.

W zamieszczonych na stronie ontologii BIBO przykładach⁴ można dostrzec jednak wykładniki odnoszące się do ram czasowych wydarzenia. Fragment przytoczonego niżej opisu konferencji pt. "19th Francophone Knowledge Engineering Days" zawiera informacje o datach jej rozpoczęcia i zakończenia.

```
@prefix bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/> .
@prefix cc: <http://creativecommons.org/ns#> .
@prefix dc: <http://purl.org/dc/terms/> .
@prefix event: <http://purl.org/NET/c4dm/event.owl#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix tl: <http://purl.org/NET/c4dm/timeline.owl#> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
```

² Użycie wykładnika `rdfs:SubPropertyOf` wobec własności ma określone konsekwencje logiczne w kontekście zastosowania mechanizmów wnioskowania. Aksjomaty i cechy relacji/własności nadrzędnej są dziedziczone i mają zastosowanie do relacji/własności podrzędnych. W kontekście modelowania danych za pomocą OWL i RDF Schema jest to bardzo ekonomiczne rozwiązanie ponieważ nie trzeba każdorazowo specyfikować własności, relacji czy klas podrzędnych.

³ <http://motools.sourceforge.net/event/event.html>

⁴ <http://bibliontology.com/content/conference-presentation>

```
<http://ic2008.loria.fr/> a bibo:Conference ;
  event:place <http://dbpedia.org/resource/Nancy> ;
  event:time
    [ a tl:Interval ;
      tl:beginsAt "2008-06-18"^^xsd:dateTime ;
      tl:endsAt "2008-06-20"^^xsd:dateTime
    ];
  dc:title "19th Francophone Knowledge Engineering Days"@en,
    "19èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances"@fr .
```

Są to odpowiednio zapisy:

- `tl:beginsAt "2008-06-18"^^xsd:dateTime`
- `tl:endsAt "2008-06-20"^^xsd:dateTime`

Z formalnego punktu widzenia, ramy czasowe opisywanej konferencji zostały odwzorowane za pomocą wykładników (`tl:beginsAt` i `tl:endsAt`) pochodzących z The Timeline Ontology⁵, która nie występuje jako element strukturalny BIBO w dokumentacji tej ontologii. Specyfikacja informacji o datach wydarzenia w BIBO kończy się na ustaleniu wykładnika własności obiektu (*event:time*), ale bez dalszej specyfikacji i bez wyodrębnienia tej klasy w strukturze ontologii. Zarówno The Event Ontology jak i The Timeline Ontology można interpretować do pewnego stopnia jako ontologie najwyższego poziomu.

Ontologia BIBO nie oferuje zbyt wielu formalnych środków do opisu rzeczowego. Jedynym wykładnikiem "bycia przedmiotem treści" jest zaimportowany ze schematu Dublin Core Terms element `terms:subject`. Oprócz wskazania, że jest to własność obiektu, nie wykorzystuje się tutaj żadnych dodatkowych formalizmów związanych z zakresem stosowania oraz źródłem przejmowania wartości. Dopuszcza się więc orzekanie o temacie poprzez ustalanie tego typu relacji między dowolnymi klasami z ontologii BIBO.

Posumowanie

Przedstawiona charakterystyka wybranych aspektów ontologii BIBO skłania raczej do wniosku, że narzędzie to wymaga większej precyzji w definiowaniu zakresu klas oraz zakresu stosowania relacji. W modelu BIBO podstawowy status ontologiczny uniwersum bibliograficznego reprezentują klasy *Dokument*, *Kolekcja*, *Agent* i *Wydarzenie*. To wokół tych pojęć budowana jest sieć relacji bibliograficznych oraz zbiorów potencjalnych atrybutów. Z punktu widzenia wykorzystanych formalizmów, BIBO nie oferuje spójnych ram interpretacyjnych. Formalne definiowanie zakresu klas sprowadza się tutaj do wskazania klas podrzędnych zakresowo a w przypadku własności obiektów, bardzo rzadko określa się typ relacji (np. przechodnia, zwrotna, antysymetryczna, itd.). BIBO, jako ontologia dziedzinowa, reprezentuje bardzo uproszczony obraz uniwersum bibliograficznego. Ontologia ta oferuje jednak wystarczające narzędzia ekspresji dla stosunkowo prostych opisów i podstawowych relacji bibliograficznych.

BIBO reprezentuje jedno ze stanowisk w dyskusji nad modelowaniem danych za pomocą ontologii. Mamy do czynienia ze dwoma głównymi nurtami. Z jednej strony, to opracowanie prostych struktur

⁵ <http://motools.sourceforge.net/timeline/timeline.html>

reprezentacji wiedzy opartych na adekwatnej analizie ontologicznej i reprezentacji przede wszystkim struktury pojęciowej dziedziny za pomocą jej systemu terminologicznego. Z drugiej strony, to dążenie do maksymalnej formalizacji zarówno na płaszczyźnie terminologicznej, jak i aksjomatów. Takie podejście ma zapewnić wykorzystanie potencjału wynikającego z zastosowania mechanizmów wnioskowania i możliwość generowania nowych faktów i automatycznej eksploracji informacji. Przyjęcie określonej perspektywy musi być konsekwencją wieloaspektowej analizy m.in. celów ontologii i systemu, w którym będzie funkcjonowała, kontekstu i otoczenia systemu czy też wsparcia technicznego i merytorycznego (m.in. specjalistów dziedzinowych) (McGuinness, 2002).

Literatura

1. Bechhofer, S., van Harmelen, F., Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D., Patel-Schneider, P. F., Stein, L. A. (2004). OWL Web Ontology Language Reference. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>
2. Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, (May 17).
3. Bibliographic Ontology Specification. (2012). [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: <http://bibliontology.com/specification>
4. Davis, I., & Newman, R. (2005). Expression of Core FRBR Concepts in RDF. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: <http://vocab.org/frbr/core.html>
5. Domingue, J., Fensel, D., & Hendler, J. A. (Red.). (2011). *Handbook of Semantic Web Technologies*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
6. Gliński, W. (2006). Wybrane metodologie i metody budowania ontologii. In B. Sosińska-Kalata, E. Chuchro, W. Daszewski (Red.), *Informacja w sieci. Problemy. Metody. Technologie*. (s. 157–207). Warszawa: Wydaw. SBP.
7. Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2004). *Ontological Engineering : with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. Springer.
8. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition*, 5(2), s. 199–220.
9. Hodge, G. (2000). *Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries: Beyond Traditional Authority Files*. Digital Library Federation. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: <http://www.sims.monash.edu/subjects/ims2603/resources/Assignment2Papers/SKOforDigLib.pdf>
10. IFLA Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records. (2009). Functional Requirements for Bibliographic Records. IFLA. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: http://www.ifla.org/files/cataloguing/frbr/frbr_2008.pdf
11. Lacasta, J., Noguera-Iso, J., & Javier, Z. S. F. (2010). *Terminological Ontologies: Design, Management and Practical Applications. Media*. Springer.
12. McGuinness, D. L. (2002). Ontologies Come of Age. In D. Fensel (Red.), *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential* (s. 171–196). Cambridge: MIT Press.
13. McGuinness, D. L., & Noy, N. F. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness-abstract.html>
14. Shotton, D., & Peroni, S. (2012). FaBiO, the FRBR-aligned Bibliographic Ontology. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: <http://speroni.web.cs.unibo.it/cgi-bin/lode/req.py?req=http://purl.org/spar/fabio>
15. Sosińska-Kalata, B. (2005). Systemy organizacji wiedzy w środowisku sieciowym. In B. Sosińska-Kalata & M. Przystek-Samokowa (Red.), *Od informacji naukowej do technologii społeczeństwa informacyjnego* (s. 141–162). Warszawa: Wydaw. SBP.
16. Sowa, J. F. (2000). *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundation*. Brooks Cole Publishing Co.
17. Svenonius, E. (2000). *The Intellectual Foundation of Information Organization (Digital Libraries and Electronic Publishing)*. Cambridge: The MIT Press.
18. Tartir, S., Arpinar, I. B., & Sheth, A. P. (2010). Ontological Evaluation and Validation. In *Theory and Applications of Ontology: Computer Applications* (s. 115–130). Springer Netherlands.
19. Vrandečić, D. (2013). Ontology Evaluation [rozprawa doktorska]. [Dostęp 15-06-2013]. Dostępne w World Wide Web: www.aifb.kit.edu/images/b/b5/OntologyEvaluation.pdf