

Kryteria oceny edytorów ontologii

Nadesłany 28.10.14 | Zaakceptowany do druku 01.12.14

Helena Dudycz*

Można zauważyć rosnące zainteresowanie zastosowaniem w systemach informatycznych ontologii, która ma za zadanie zobrazować model określonej dziedziny. W tym celu korzysta się z edytorów pozwalających na jej zapisanie. Pojawia się coraz więcej programów open source, jak również komercyjnych, mających wspomóc proces tworzenia ontologii. W artykule omówiono propozycję jedenastu kryteriów służących ocenie edytorów ontologii. Dla każdego przedstawiono skalę ocen. Zaproponowany wykaz kryteriów może posłużyć do przeprowadzenia badania i oceny edytorów ontologii z użyciem metod punktowych (scoringowych).

Słowa kluczowe: ontologia, edytor ontologii, ocena wielokryterialna.

Criteria of Ontology Editors Evaluation

Submitted 28.10.14 | Accepted 01.12.14

An increasing interest in using ontology, which is to illustrate a model of a specific field, in information systems may be noticed. In order to do that, editors that allow for creating an ontology are used. There is an increasing amount of both open source and commercial software to support the process of creating an ontology. In this article we discussed the suggestion of eleven criteria to evaluate ontology editors. For each of them, we presented a marking scale. The proposed list of criteria may be used to conduct research and evaluation of ontology editors with the use of scoring methods.

Keywords: ontology, ontology editor, multi-criteria evaluation.

JEL: O300

* **Helena Dudycz** – prof. UE, dr hab., Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Technologii Informatycznych.

Adres do korespondencji: Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Technologii Informatycznych, ul. Komandorska 118/120, 53-345 Wrocław; e-mail: helena.dudycz@ue.wroc.pl.

1. Wprowadzenie

Ontologia w informatyce stanowi swoisty model opisujący w sposób sformalizowany określony obszar dziedziny. Jednym z głównych celów tworzenia ontologii jest dzielenie się zgromadzoną wiedzą. Początkowo ontologię w informatyce rozwijano z myślą o danych w Internecie. Obecnie jej zastosowania są szersze, oparte również na możliwościach ontologii do reprezentacji określonej wiedzy (m.in. w celu jej wymiany) oraz do stanowienia elastycznej platformy integrowania informacji oraz elementów z różnorodnych systemów informatycznych. Wzrasta zainteresowanie oprogramowaniem, które wspiera tworzenie modelu ontologii dla określonych obszarów. Istotne jest, aby ich funkcjonalność w znaczący sposób ułatwiała ten proces oraz wspomagała pracę zespołów (obejmujących również ekspertów) specjalizujących się w różnych dziedzinach wiedzy, np. w sferze ekonomii.

Na rynku informatycznym pojawia się coraz więcej programów do ontologii, zarówno open source, jak i komercyjnych o różnorodnej funkcjonalności¹. Problemem staje się wybór najlepszego programu do tworzenia ontologii przy realizacji konkretnego rozwiązania informatycznego. W niniejszym artykule skoncentrowano się na przedstawieniu propozycji kryteriów oceny edytorów, które mogą posłużyć do przeprowadzenia analizy tych programów, m.in. przy zastosowaniu metod punktowych (scoringowych). W związku z tym w następnym punkcie krótko scharakteryzowano ontologię jako metodę reprezentacji wiedzy, w kolejnym zaś przedstawiono kryteria oceny edytorów ontologii.

2. Ontologia jako metoda reprezentacji wiedzy

Jednym ze sposobów reprezentowania wiedzy w systemach informatycznych jest podejście ontologiczne. W kontekście informatycznym termin ontologia² pojawił się już w 1967 r. w pracach S.H. Mealy'ego, które dotyczą modelowania danych (Mealy, 1967). W literaturze można znaleźć wiele definicji ontologii³, mimo to nie ma jednej powszechnie uznawanej w informatyce. Najczęściej podawane jest ogólne wyjaśnienie ontologii sformułowane przez T. Grubera, który opisuje ją jako formalną specyfikację warstwy pojęciowej (Gruber, 1993). A zatem jest to formalna konceptualizacja określonej dziedziny (m.in. Godard, Andres i Ono, 2004), dotycząca modelu opisanego przez pojęcia oraz relacje istniejące między tymi pojęciami. Ontologię można określić również jako graf uporządkowanych pojęć semantycznych, gdzie węzły stanowią wyróżnione pojęcia, natomiast istniejące między nimi relacje to łuki. Oprócz zdefiniowania pojęć oraz relacji między nimi, dodatkowo można również określić: instancje pojęć, zastosowane funkcje oraz wyrażenia logiczne. Zdaniem B. Smitha ontologia powinna zapewnić ostateczną i wyczerpującą klasyfikację podmiotów⁴ we wszystkich sferach bytu (Smith, 2003, s. 155). Oznacza to, że ontologia

w informatyce stanowi swoisty model opisujący w sposób sformalizowany określony obszar dziedziny.

Opracowano kilkanaście metod wskazujących procedurę budowania ontologii (szerzej scharakteryzowane m.in. w: Dudycz, 2013, s. 65–71; 135–142; Gliński, 2011; Gomez-Perez, Corcho i Fernandez-Lopez 2004; Gołuchowski, 2012, s. 56–59; Noy i McGuinness, 2005; Sobczak, 2006). Sam proces tworzenia jej nie jest łatwym zadaniem i wymaga zaangażowania często kilkusobowych zespołów, jak też jest procesem czasochłonnym, głównie ze względu na jego wieloetapowość, niezależnie od zastosowanej metody. Zbudowanie ontologii oznacza zawsze analizę i uporządkowanie wiedzy dotyczącej określonej dziedziny zapisanej w sformalizowanej strukturze. Ontologie mogą być zapisane w sposób nieformalny (wyrażone w języku naturalnym), półformalny (wyrażone w języku sformalizowanym) oraz formalny (opisane także z użyciem twierdzeń i dowodów)⁵. Ontologie posiadające postać bardziej formalną wymagają użycia odpowiedniego języka do ich tworzenia. Do standardów uznawanych przez W3C⁶ należą (szerzej m.in.: Goczyła, 2011):

- RDF (Resource Description Framework) – stanowi rozszerzenie XML; powstał jako standard kodowania metadanych;
- RDFS (RDF Schema) – stanowi rozszerzenie RDF; umożliwia dokonanie kategoryzacji oraz hierarchizacji, opisując klasy poszczególnych zasobów;
- OWL (Web Ontology Language) – stanowi rozszerzenie RDF z semantyką opartą na logice opisowej; umożliwia definiowanie złożonych relacji między klasami oraz ich właściwości, instancji klas, właściwości typów danych oraz atrybutów.

Języki uznawane przez W3C jako standard umożliwiają zapis wiedzy oraz weryfikację. Aby wykorzystać ich możliwości, niezbędne jest użycie narzędzi do tworzenia i edycji ontologii. Powstaje wiele rozwiązań wspomagających budowanie ontologii oraz zarządzanie nią, które można ogólnie podzielić na (m.in.: Goczyła, 2011, s. 160–161):

- edytory ontologii (*ontology editors*) – wspomagające tworzenie ontologii, umożliwiające sprawdzanie ich syntaktycznej poprawności, a także pomagające w ich rozwoju; przykładowe narzędzia to: Protégé, SWOOP, Neon Toolkit;
- silniki wnioskujące (*inference engines*) – wspomagające rozwiązywanie problemów wnioskowania o różnym stopniu komplikacji, będące też podstawą konstrukcji baz wiedzy, rozumianych jako systemy przeznaczone do przechowywania i przetwarzania ontologii; przykładowe narzędzia to: Fact++, Pellet, RacerPro, Hermit, KAON2.

Rozwój narzędzi wspomagających tworzenie ontologii jest potrzebny ze względu na rosnące zainteresowanie zastosowaniem ontologii w różnych systemach informatycznych. Są prowadzone m.in. zaawansowane prace związane z użyciem ontologii w celu opracowania modelu reprezentacji wiedzy ekonomicznej w systemach informacyjno-analitycznych dedykowanych kadrcze

kierowniczej (m.in. Dudycz, 2013; Korczak, Dudycz i Dyczkowski, 2013). Wynika to z zalet ontologii, którymi są: łatwiejsze zrozumienie zapisanego modelu, co daje możliwość dyskusowania z innymi ekspertami lub specjalistami dziedzinowymi przy jego konceptualizacji, lepsza efektywność przygotowania i użycia wiedzy wyrażonej w ten sposób, łatwość współdzielenia tak zapisanej wiedzy przez różne aplikacje oraz reużywalność stworzonych w ten sposób komponentów wiedzy w innych systemach.

3. Propozycja wykazu kryteriów oceny edytorów ontologii

Ontologia jest tworzona w ściśle określonym celu, a zatem powinna być zapisana w najbardziej adekwatny sposób, aby móc zrealizować swoje zadania. Zaletami wielu narzędzi do budowania ontologii powinna być ich zrozumiałość i przyjazność. Aby z nich korzystać, nie powinna być wymagana biegła znajomość rozwiązań informatycznych, co umożliwi ich bezpośrednie wykorzystanie przez osoby będące ekspertami w danej dziedzinie.

Powstaje coraz więcej edytorów usprawniających tworzenie ontologii, zarówno rozwiązań open source, jak i komercyjnych. W literaturze przedmiotu można spotkać opracowania, w których autorzy przeprowadzają szeroką analizę dostępnych narzędzi do budowania ontologii. Wśród nich są prace, które podają ogólną charakterystykę wybranych rozwiązań (m.in. Denny, 2002), szerzej opisują kilkanaście produktów (m.in. Górka, 2014) oraz prace, które przeprowadzają ich analizę według zaproponowanej syntetycznej miary (m.in. Płażuk, 2014). Liczba dostępnych edytorów ontologii świadczy o znaczącym rozwoju prac związanych z ontologią w ramach technologii informatycznych. Wśród tych rozwiązań występuje jednak wiele takich, które są w trakcie powstawania, stanowią rozwiązania testowe lub istnieją na rynku stosunkowo krótko (np. oprogramowanie TM4L).

Różnorodność narzędzi do tworzenia ontologii i ich charakterystyki w różnych publikacjach oraz prowadzone badania związane z budowaniem ontologii wiedzy ekonomicznej w celu użycia w systemach dedykowanych kadrze kierowniczej (m.in. Dudycz, 2013) skłoniły do podjęcia próby określenia kryteriów ich oceny. Ma to ułatwić analizę i wybór najbardziej adekwatne rozwiązanie do opracowywanej ontologii. Wyróżniono następujące kryteria (na podstawie: Denny, 2002; Górka, 2014; Płażuk, 2014; Stal, 2009), dla których skalę ocen przedstawiono w tabeli 1:

1. Język kodowania ontologii – decyduje o możliwości wykorzystania zapisanej ontologii w różnych systemach funkcjonujących na różnych platformach. Preferowanym edytorem jest rozwiązanie pozwalające na zapisanie tworzonej ontologii w językach zgodnych ze standardem W3C (m.in. OWL, RDF, EDRS).
2. Wielomodułowość – wskazuje na możliwość rozszerzania funkcjonalności edytora poprzez dołączanie wszelkiego rodzaju dodatkowych modułów (np. mechanizmy wnioskowania) choćby w postaci plug-inu. Preferowany

- jest edytor, który można rozbudowywać o nowe funkcjonalności oraz zawiera wiele modułów.
3. Forma dostępu – określa możliwość korzystania z edytora: lokalnie czy online. W przypadku dostępu online występuje możliwość odczytu oraz edycji tworzonej ontologii w dowolnym miejscu (pod warunkiem, że jest dostęp do Internetu). Taka funkcjonalność jest istotna, kiedy ontologia jest tworzona przez zespół osób znajdujących się w różnych miejscach lub kiedy wymagana jest weryfikacja jej przez dodatkowych ekspertów z danej dziedziny. Preferowane rozwiązanie pozwala pracować w trybie online.
 4. Praca grupowa – pozwala na współpracę kilku osób przy tworzeniu ontologii, często będących specjalistami z różnych dziedzin. Preferowany jest edytor, który posiada funkcjonalność wspomagającą pracę grupową.
 5. Interfejs użytkownika – ułatwia budowanie ontologii, gdzie wskazany jest udział ekspertów (np. z wiedzy ekonomicznej), którzy często nie mają przygotowania programistycznego czy informatycznego. Preferowanym edytorem jest rozwiązanie z interfejsem graficznym, który jest bardziej intuicyjny od znakowego, co może wpłynąć na poprawę efektywności zapisywania tworzonej ontologii w edytorze.
 6. Wizualizacja ontologii – umożliwia wyświetlenie ontologii w postaci grafu. Jest to istotna funkcjonalność zarówno w trakcie tworzenia ontologii, jak i jej użycia, zwłaszcza przez tzw. osoby nietechniczne (np. ekspertów z danej dziedziny wiedzy ekonomicznej). Preferowanym edytorem jest rozwiązanie pozwalające na wizualizację ontologii.
 7. Import/export – wskazuje na możliwość wczytania utworzonej już ontologii w innym narzędziu, jak i zapisania w formacie pozwalającym na skorzystanie z niej w innych rozwiązaniach informatycznych. Preferowany edytor pozwala na zapisanie utworzonej ontologii w standardzie W3C, ale również należy brać pod uwagę te programy, które pozwalają zapisać ontologię w postaci plików z szeroko stosowanymi rozszerzeniami, np. pakietu MS Office czy html.
 8. Eksport postaci graficznej do pliku – pozwala na zapisanie wizualizacji utworzonej ontologii (grafu) w jednym ze standardowych formatów plików graficznych (np. jpg). Preferowanym edytorem jest rozwiązanie posiadające taką funkcjonalność.
 9. Integracja – pozwala na łączenie zbudowanych już ontologii lub ich wybranych fragmentów, co usprawnia tworzenie rozbudowanych ontologii. Preferowanym edytorem jest rozwiązanie pozwalające na integrację istniejących już ontologii.
 10. Aktualizacja oprogramowania – zapewnienia stabilność korzystania z danego edytora oraz budowanych z jego wykorzystaniem systemów informatycznych. Dlatego przy wyborze edytora należy zwrócić uwagę, czy pojawiają się kolejne aktualizacje, jak również na takie aspekty, jak: czy dany program przeszedł fazy testowania oraz jak długo istnieje

na rynku. Preferowany edytor jest ciągle rozwijany i dostosowywany do obowiązujących standardów⁷.

11. Koszt oprogramowania – w tym zakresie można rozpatrywać dwie grupy edytorów, tj. rozwiązania komercyjne lub open source. Przyjmując tylko aspekt finansowy, interpretowany jako koszt pozyskania danego edytora, preferowanym rozwiązaniem jest oprogramowanie open source.

Krótkiego wyjaśnienia wymagają dwa ostatnie kryteria. Pierwsze z nich dotyczy aktualizacji oprogramowania. Kryterium to, mimo że umieszczone prawie na końcu przedstawionego wykazu, jest kluczowym parametrem decydującym o wyborze edytora. Oznacza to, że przeprowadza się analizę i ocenę tylko tego oprogramowania, które jest na bieżąco aktualizowane, czyli według pozostałych pozycji zaproponowanej listy. W przypadku zastosowania metody punktowej złożonej (lub innej metody scoringowej), gdzie kryteriom przypisuje się współczynnik istotności, ta pozycja powinna otrzymać najwyższą wagę (rangę). Przy wyborze edytora ontologii należy się kierować przede wszystkim jego aktualnością oraz tym, czy obsługuje standardowe języki zapisu wspierane przez W3C. Jest to kluczowe, zwłaszcza, gdy tworzona ontologia będzie edytowana i wykorzystywana w wielu środowiskach programistycznych. Kryterium to umieszczono w tym wykazie w celu zaproponowania w miarę kompletnej listy pozwalającej na wielokryterialną ocenę istniejących edytorów ontologii, jak też umożliwiającej wybór najlepszego rozwiązania. Aspekt aktualizacji oprogramowania jest bardzo często pomijany w literaturze w charakterystykach tego typu narzędzi.

Drugim kryterium, które wymaga komentarza, jest koszt oprogramowania. Gdy analizuje się ten parametr, w którym nie tylko uwzględnia się koszt pozyskania (zakupu licencji) edytora do ontologii, ale również aspekty z utrzymaniem i rozwijaniem systemu informatycznego opartego na tym narzędziu, to skala ocen przedstawiona w tabeli 1 może być inna. Jeśli edytor ontologii ma być wykorzystywany w projektach prowadzonych przez mikro, małe i średnie przedsiębiorstwa do zapisania wiedzy ekonomicznej dotyczącej choćby analizy wskaźników ekonomicznych oceniających ich firmę, to najważniejszym czynnikiem może być koszt pozyskania tego oprogramowania, a zatem preferowanym rozwiązaniem jest open source. W tej sytuacji skala ocen składa się tylko z dwóch opcji (tabela 1). W przypadku prowadzenia prac badawczych istotne są zarówno programy open source, ale również komercyjne, udostępniane bezpłatnie w celach naukowych. A zatem skala ocen może zawierać trzy opcje: 1 punkt – za licencję komercyjną, 2 punkty – za licencję komercyjną oraz open source dla prac badawczych oraz 3 punkty – za licencję open-source. Natomiast dla dużych przedsiębiorstw lub firm informatycznych preferowanym rozwiązaniem mogą się okazać narzędzia komercyjne lub open source, które można samodzielnie rozwijać. W tym przypadku skala ocen może zawierać tylko dwie opcje, ale z odwróconą punktacją dla tego kryterium, niż to jest w tabeli 1.

Lp.	Kryterium oceny	Skala oceny
1.	Język kodowania ontologii	1 punkt – kodowanie w językach zdefiniowanych przez dostawcę (niebędących do standardu W3C) 2 punkty – kodowanie w jednym z języków zgodnych ze standardem W3C 3 punkty – kodowanie w więcej niż jednym języku zgodnym ze standardem W3C
2.	Wielomodułowość	0 punktów – brak możliwości dołączania dodatkowych modułów 1 punkt – można dołączać dodatkowe moduły
3.	Metoda dostępu	1 punkt – dostęp lokalny 2 punkty – dostęp online
4.	Praca grupowa	0 punktów – brak takiej funkcji 1 punkt – występuje taka funkcja
5.	Interfejs użytkownika	1 punkt – interfejs znakowy 2 punkty – interfejs graficzny
6.	Wizualizacja ontologii	0 punktów – brak takiej funkcji 1 punkt – występuje taka funkcja
7.	Import/export	1 punkt – zapisanie w postaci zdefiniowanej dla danego edytora (niebędącej do standardu W3C) 2 punkty – zapisanie również w postaci plików z popularnymi rozszerzeniami (np. MS Office) 3 punkty – zapisanie w postaci zgodnej ze standardem W3C
8.	Eksport postaci graficznej do pliku	0 punktów – brak takiej funkcji 1 punkt – występuje taka funkcja
9.	Integracja	0 punktów – brak takiej funkcji 1 punkt – występuje taka funkcja
10.	Aktualizacja oprogramowania	0 punktów – brak na bieżąco aktualizacji programu 1 punkt – występuje na bieżąco aktualizacja programu
11.	Koszt oprogramowania	1 punkt – za licencję komercyjną 2 punkty – za licencję open source

Tab. 1. Kryteria oceny edytorów do budowania ontologii. Źródło: opracowanie własne na podstawie A. Płażuk (2014). Propozycja użycia ontologii w analizie fundamentalnej na przykładzie wskaźników płynności oraz zadłużenia. Niepublikowana praca dyplomowa, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław.

Przedstawiona propozycja kryteriów nie stanowi listy zamkniętej, natomiast obejmuje najistotniejsze zagadnienia istotne przy wyborze edytora ontologii.

4. Podsumowanie

W literaturze wskazuje się na około 180 różnych narzędzi do ontologii (http://wiki.opensemanticframework.org/index.php/Ontology_Tools, 2010). Wśród nich są m.in. edytory, mechanizmy wnioskujące, do zarządzania ontologiami, jak i ich integracji. Na sprawność opracowania ontologii dla

wybranego obszaru oraz późniejsze jej zastosowanie ma wpływ wybór odpowiedniego do danego projektu edytora ontologii. Przy mnogości propozycji jest to trudne i obciążone ryzykiem wybrania nieadekwatnego rozwiązania. W związku z tym w niniejszym artykule zaproponowano kryteria, które powinny ułatwić analizę dostępnych edytorów ontologii, porównać je ze sobą w celu wybrania właściwego oprogramowania.

Zaproponowany wykaz kryteriów wraz ze skalą ocen może posłużyć do przeprowadzenia oceny porównawczej edytorów, opierając się na metodach punktowych (scoringowych). Można tutaj zastosować procedurę prostą lub złożoną (szerzej opisaną m.in. w: Chmielarz, Szumski, Zborowski, 2011). W przypadku metody prostej edytory ocenia się ze względu na każde kryterium, stosując dla każdego z nich wyznaczoną skalę punktacji. Najlepszym rozwiązaniem do tworzenia ontologii będzie oprogramowanie, które otrzyma największą sumę uzyskanych punktów spośród analizowanych programów. Natomiast w przypadku zastosowania metody złożonej każdemu kryterium, oprócz skali punktów, jest przypisywany współczynnik istotności (tzw. waga/ranga), który wskazuje na jego znaczenie w kontekście przeprowadzanej oceny. Najlepszym rozwiązaniem do tworzenia ontologii będzie oprogramowanie, które otrzyma największą sumę iloczynów uzyskanych punktów w ramach danego kryterium pomnożoną przez jego wagę spośród analizowanych programów. W przypadku metody złożonej otrzymane wyniki można przeanalizować wielopłaszczyznowo, tzn. nie tylko uzyskaną sumę końcową, ale również oceny cząstkowe każdego kryterium, ponieważ opracowane współczynniki istotności określają tzw. wektor preferencji wartościujących cechy wymaganego oprogramowania.

Przeprowadzenie oceny porównawczej edytorów ontologii w celu wybrania najlepszego rozwiązania dla realizacji określonego projektu informatycznego, kiedy jest zdefiniowany zestaw kryteriów, nie wymaga dużego nakładu pracy (bezproblemowość opracowania i stosowania metody punktowej oraz łatwość interpretacji wyników).

Przypisy

- ¹ Obszerny wykaz programów służących do budowy, rozwijania oraz integracji ontologii przedstawiono w: Bergmann, 2010; Górka, 2014; http://wiki.opensemanticframework.org/index.php/Ontology_Tools, 2010.
- ² W literaturze można spotkać wiele interpretacji pojęcia „ontologia”, m.in.: dyscyplina filozoficzna, nieformalna konceptualizacja systemu, formalny opis semantyczny, specyfikacja konceptualizacji, reprezentacja koncepcyjna systemu za pośrednictwem rachunków logicznych, określenie (metapoziom) logicznej teorii. Zagadnienie to szerzej opisano w pracy: Almeida i Barbarosa, 2009.
- ³ Obszerniejszy przegląd przedstawiono m.in. w następujących publikacjach: Abramowicz, 2008, s. 133–135; Dudycz, 2013, s. 58–64; Gliński, 2011, s. 32–38; Grand i Soto, 2010, s. 63; Gofuchowski, 2012, s. 43–48; Gofuchowski i Smolarek, 2014, s. 30–31; Smith, 2010.

- 4 Wyczerpująca klasyfikacja podmiotów jest rozumiana jako uwzględnienie w niej wszystkich rodzajów istnień oraz relacji, za pomocą których jednostki są ze sobą powiązane, tworząc większą całość (Smith, 2003, s. 155).
- 5 W literaturze, ze względu na to kryterium, wyróżnia się następujące rodzaje ontologii: wysoce nieformalne (*highly informal*), nieformalne ustrukturalizowane (*structured informal*), półformalne (*semi-formal*) oraz rygorystycznie formalne (*rigorously formal*) (Gołuchowski, 2012, s. 49).
- 6 The World Wide Web Consortium (W3C) to międzynarodowa społeczność, która rozwija otwarte standardy w celu zapewnienia długoterminowego wzrostu WWW (<http://www.w3.org>).
- 7 W przypadku tego kryterium istotne jest, czy następuje aktualizacja oprogramowania w kontekście choćby ciągle zmieniających się uwarunkowań programowo-sprzętowych (np. kolejnych wersji systemów operacyjnych). Jako przykład może posłużyć TM4L (Topic Maps for e-learning), który składa się z dwóch narzędzi – TM Editor oraz TM Viewer. Jest to oprogramowanie do edycji ontologii w celu wykorzystania jej zgodnie ze standardem mapy pojęć. Dobrze działający program przestał praktycznie istnieć, ponieważ kilka lat temu nie przeprowadzono jego aktualizacji w związku ze zmianą systemu operacyjnego MS Windows.

Bibliografia

- Abramowicz, W. (2008). *Filtrowanie informacji*. Poznań: Akademia Ekonomiczna w Poznaniu.
- Almeida, M.B. i Barbarosa, R.R. (2009). Ontologies in Knowledge Management Support: A Case Study. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 10 (60), 2032–2047.
- Bergmann, M. (2010). *The Sweet Compendium of Ontology Building Tools*. Pozyskano z: <http://www.mkbergman.com/862/the-sweet-compendium-of-ontology-building-tools/> (20.09.2014).
- Chmielarz, W., Szumski, O. i Zborowski, M. (2011). *Kompleksowe metody ewaluacji jakości serwisów internetowych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego.
- Denny, M. (2002). Ontology Editor Survey Results. Pozyskano z: http://www.xml.com/2002/11/06/Ontology_Editor_Survey.html (24.09.2014).
- Dudycz, H. (2013). *Mapa pojęć jako wizualna reprezentacja wiedzy ekonomicznej*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Gliński, W. (2011). *Ontologie jako systemy reprezentacji wiedzy*. Warszawa: Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich.
- Goczyła, K. (2011). *Ontologie w systemach informatycznych*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
- Godard, J., Andres, F. i Ono, K. (2004). ASPICO: Advanced Scientific Portal for International Cooperation on Digital Cultural Content. *Journal Information Theories & Applications*, 11 (2), 103–112.
- Gołuchowski, J. (red.). (2012). *Inżynieria wiedzy 2*. Warszawa: Difin.
- Gołuchowski, J., i Smolarek, M. (red.). (2014). *Semantyczne modelowanie organizacji*. Warszawa: Difin.
- Gomez-Perez, A., Corcho, O. i Fernandez-Lopez, M. (2004). *Ontological Engineering: With Examples from The Areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. London: Springer-Verlag.

- Górka, W. (2014). *Narzędzia do budowy ontologii i narzędzia wnioskujące*. Pozyskano z: <http://library.lts-portal.org/bitstream/handle/123456789/19/Narz%C4%99dzia%20do%20budowy%20ontologii%20i%20narz%C4%99dzia%20wnioskuj%C4%85ce.pdf?sequence=1> (20.09.2014).
- Grand, B.L. i Soto, M. (2010). Topic Maps, RDF Graphs, and Ontologies Visualization. W: V. Geroimenko i C. Chen (red.), *Visualizing the Semantic Web. XML-Based Internet and Information Visualization* (s. 59–79). London: Springer-Verlag.
- Gruber, T.R. (1993). *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, Technical Report KSL*. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University. Pozyskano z: <http://tomgruber.org/writing/onto-design.pdf>.
- Korczak, J., Dudycz, H. i Dyczkowski, M. (2013). Specification of Financial Knowledge – The Case of Intelligent Dashboard for Managers. *Business Informatics (Informatyka Ekonomiczna)*, 2 (28), 56–76.
- Mealy, G.H. (1967), *Another Look at Data*. Referat wygłoszony na The Fall Joint Computer Conference, Anaheim.
- Noy, F.N. i McGuinness, D.L. (2005). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Pozyskano z: <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology101/ontology101-noy-mcguinness.html>.
- Plażuk, A. (2014). *Propozycja użycia ontologii w analizie fundamentalnej na przykładzie wskaźników płynności oraz zadłużenia*. Niepublikowana praca dyplomowa, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław.
- Smith, B. (2003). *Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*. Oxford: Blackwell.
- Smith, B. (2010). *Ontology and Information Systems*. Pozyskano z: <http://ontology.buffalo.edu/ontology%28PIC%29.pdf>.
- Sobczak, A. (2006). Analiza wybranych metod budowy ontologii. W: T. Porębska-Miąc i H. Sroka (red.), *Systemy Wspomagania Organizacji SWO'2006* (s. 183–191). Katowice: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach.
- Stal, J. (2009). Charakterystyka narzędzi wspierających modelowanie ontologii. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, (798), 233–244.
- Sunitha, A. (2012). A Survey on Ontology Reasoners and Comparison. *International Journal of Computer Applications*, 57 (17), 33–39.