

# ONTOLOGIA JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE STOSOWANIE STANDARDÓW ZARZĄDZANIA TECHNOLOGIAMI INFORMATYCZNYMI

Adam CZARNECKI, Cezary ORŁOWSKI

**Streszczenie:** W tekście omówiono wstępną koncepcję wykorzystania ontologii do modelowania wymagań standardów wykorzystywanych w zarządzaniu IT na przykładzie ram TOGAF dla architektury korporacyjnej. Wskazuje się na konieczność przejścia od modelu generycznego do dedykowanego konkretnej organizacji. W oparciu o opisany przypadek rozważana jest przydatność stosowania ontologii w szerszej gamie przedsięwzięć z zakresu inżynierii produkcji.

**Słowa kluczowe:** inżynieria ontologii, TOGAF, architektura korporacyjna, zarządzanie przedsięwzięciami informatycznymi.

## 1. Wstęp

Istotnym składnikiem mogącym zwiększyć prawdopodobieństwo sukcesu realizacji przedsięwzięcia informatycznego jest oparcie na uznanym standardzie. Oczywiście takie, w którym wytyczne standardu będą wspierać, a nie uwierać zespół. Rozważmy przykład organizacji, której potrzeby obejmują konieczność odzwierciedlenia całości jej działalności w postaci kompleksowego systemu informatycznego.

Komputerowo zintegrowane zarządzanie przedsiębiorstwem nie jest możliwe bez zidentyfikowania danych, informacji czy wiedzy w firmie. To pociąga za sobą określenie przepływów informacyjnych, czego opisać się nie da bez modelu struktury organizacji. A ponieważ w działalności gospodarczej żaden podmiot nie jest „samotną wyspą”, niezbędne jest ustalenie, jakie dane wymieniane są z otoczeniem.

Zbudowanie takiego modelu informacyjnego przedsiębiorstwa jest zadaniem złożonym, a stopień skomplikowania przedsięwzięcia rośnie wraz z rozmiarem samej organizacji. Twierdzącą odpowiedź na pytanie, czy taki model jest w przedsiębiorstwie jest potrzebny można uzasadnić wychodząc z dwóch raczej przeciwstawnych podejść do zagadnień informatyzacji firm — monolitycznych systemów wspomagania zarządzania (jak np. ERP) oraz modelu SOA (ang. *Service-Oriented Architecture*). W pierwszym przypadku sukces wdrożenia systemu zależy od poprawnie wykonanego audytu procesów przepływu pracy (i informacji), by wdrażany system mógł od razu przejąć zarządzanie tymi przepływami. Mniej istotne jest tu szczegółowe wyspecyfikowanie typów i formatów danych, gdyż zapewnia to w znacznym zakresie zastosowanie jednolitego systemu. W przypadku rozwiązań SOA ważne, poza samymi „punktami zatrzymań” informacji jest wyspecyfikowanie danych, by poszczególne usługi za pomocą zdefiniowanych interfejsów mogły zapewnić spójną ich wymianę.

Metodą zintegrowanego zarządzania informacją w firmie w oparciu o przetwarzanie komputerowe jest stosowanie modelu architektury korporacyjnej. Jest to przedsięwzięcie złożone i iteracyjnie nieustające. Znaczna część tej złożoności wynika z wielu obiektów

(artefaktów), jakie są tworzone i jakie pozostają ze sobą w ścisłej zależności. Dlatego wskazane jest, by wdrożenie architektury korporacyjnej oprzeć na uznanym standardzie.

Architektura korporacyjna jest szczególnym przypadkiem złożonego przedsięwzięcia z zakresu zarządzania technologiami informatycznymi. Innym przykładem są metody wspierające inżynierię oprogramowania, m.in. w obszarze definiowania i doskonalenia procesów wytwórczych. Stosowanie ich ułatwiają liczne standardy, których poznanie jednak i konsekwentne stosowanie bywa problematyczne, głównie z uwagi na szerokość i szczegółowość ujęcia zagadnień, a także dopasowywanie standardu do potrzeb organizacji lub stosowanie mieszanki różnych norm. Dlatego należy zastanowić się nad koniecznością zawarcia wiedzy na temat wykorzystywanej metody, jak i jej użycia w konkretnym przedsiębiorstwie, w postaci formalnego opisu będącego wsparciem dla zespołu realizującego przedsięwzięcia oparte na przyjętym standardzie. Być może przydatnym (czy wręcz niezbędnym) narzędziem jest ontologia.

W dalszej części rozdziału przedstawione zostaną w zarysie: pojęcie architektury korporacyjnej i wspierającego ją standardu TOGAF (ang. *The Open Group Architecture Framework*), pojęcie ontologii oraz omówienie jej wykorzystania dla wcześniej omówionego standardu TOGAF, a następnie dyskusja przydatności ontologii w opisie procesów wytwórczych.

## 2. Pojęcie architektury korporacyjnej

Polski termin „architektura korporacyjna” (zaproponowany przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji [7]) jest tłumaczeniem angielskiego określenia *Enterprise Architecture* (EA). Jak widać, polska „korporacja” to po angielsku *enterprise*, czyli — znów tłumacząc na język polski — „przedsiębiorstwo”. Sugeruje to, że obszar stosowania architektury korporacyjnej jest szerszy niż wynika z przyjętego tłumaczenia. To znaczy, jak szeroki? Według standardu TOGAF w wersji 9 *enterprise* to zbiór organizacji, które mają wspólne cele [8]. Jako przykład podawane są: agenda rządu, cała korporacja (tu użyty jest termin *corporation*), oddział korporacji, pojedynczy dział lub łańcuch geograficznie oddalonych od siebie organizacji, które łączy wspólny właściciel czy sieć kooperujących przedsiębiorstw. W dalszej części rozdziału przywoływane będzie głównie określenie „przedsiębiorstwo” lub „organizacja”, choć ze świadomością, że zastosowanie architektury korporacyjnej jest szersze niżli tylko do pojedynczych bytów ze sfery gospodarczej lub publicznej.

Architekturę korporacyjną można zdefiniować jako logikę organizacyjną kluczowych procesów biznesowych oraz infrastruktury informatycznej, która odzwierciedla wymogi integracji i standaryzacji modelu działalności przedsiębiorstwa (model ten nakierowany jest, rzecz jasna w przypadku firm, na dostarczanie na rynek produktów) [12]. Jest to definicja w ujęciu atrybutowym. W znaczeniu rzeczowym EA to formalny opis tego, co ujęto w definicji atrybutowej. Stosowane jest także spojrzenie czynnościowe, które definiuje EA jako zadania i umiejętności zarządzania tym, co opisane jest w definicji atrybutowej [5].

Jaki cel przyświeca tworzeniu, a następnie utrzymywaniu rozwiązania zwanego architekturą korporacyjną? Pierwszy to otrzymanie obrazu organizacji w postaci formalnego opisu. Już sam proces dochodzenia do tego obrazu powoduje wstępne uporządkowanie struktury i procesów ze względu na konieczność ujęcia ich w formalny opis. Gdy zaś coś zostanie opisane i zmierzone, możliwe jest efektywne zarządzanie. Zatem drugim celem tworzenia architektury korporacyjnej jest zwiększenie stopnia, w jakim

można zarządzać organizacją widzianą jako system procesów informacyjnych. Trzecim celem, wynikającym z podatności organizacji na procesy zarządcze, jest możliwość podjęcia działań optymalizacyjnych, m.in. lepszego dopasowania pomiędzy biznesem a IT, podejmowania decyzji, planowania strategicznego czy zwykłej redukcji kosztów [11].

Jak zaznaczono we wstępie niniejszego rozdziału, budowa takiego modelu organizacji, jak architektura korporacyjna, jest zadaniem złożonym. Wymaga ono przyjęcia określonej metody opisu, który nie tylko obejmie organizację wystarczająco szeroko i dogłębnie, ale także pozwoli na aktualizowanie z uwagi na nieuchronne zmiany. Bez uwzględnienia tego ostatniego czynnika — czasu — efektem pracy byłaby „fotografia” przedsiębiorstwa o wartości głównie historycznej. Organizacja pragnąca zastosować formalną architekturę korporacyjną (według definicji atrybutowej zawsze jakiś rodzaj architektury istnieje, może on być jednak nieobecny w świadomości zarządzających) może próbować wypracować własną metodę osiągnięcia tego celu. Można też skorzystać z jednej z gotowych metod wytwarzania architektury korporacyjnej w postaci ram projektowych (ang. *enterprise architecture framework*). W kolejnym punkcie omówiona zostanie metoda ramowa TOGAF.

### 3. TOGAF

Stan wiedzy w zakresie możliwości zastosowania technologii informatycznych dla potrzeb przedsiębiorstw wskazuje na potrzebę wykorzystania zarówno metod wytwarzania systemów i zarządzania projektami, jak też modeli wytwarzania i oceny organizacji i jej procesów. Metody kompleksowo wspomagają zarówno zarządzanie procesami wytwarzania, organizacją wytwórczą, jak i procesami pozyskiwania wymagań od klienta. Dotychczasowe modele zarządzania organizacją i jej procesami są wykorzystywane do wąskiej oceny zarówno dostawcy i klienta, jak również ich procesów wytwarzania i zarządzania. Istnieje potrzeba budowy całościowych modeli procesów przedsiębiorstwa, odpowiadających tym procesom systemów informatycznych oraz wykorzystywanych dla potrzeb tych systemów technologii informatycznych (por. [4]).

Szansę na generowanie takich całościowych modeli są możliwe dzięki wykorzystaniu ram dla wytwarzania architektur oraz systemów informatycznych jakim są TOGAF, CMMI (ang. *Capability Maturity Model Integration*), ITIL (ang. *Information Technology Infrastructure Library*) oraz COBIT (ang. *Control Objectives for Information*).

#### 3.1. Dlaczego TOGAF?

Zagadnienie tworzenia architektury korporacyjnej doczekało się wielu standardów. Są w wśród nich rozwiązania wspierane przez szerokie konsorcja lub środowiska Open Source (m.in. GAME, GERAM, TOGAF), ramy komercyjne (IAF, Siatka Zachmana, OBASHI) czy rządowe, głównie północnoamerykańskie (FEAF, DoDAF).

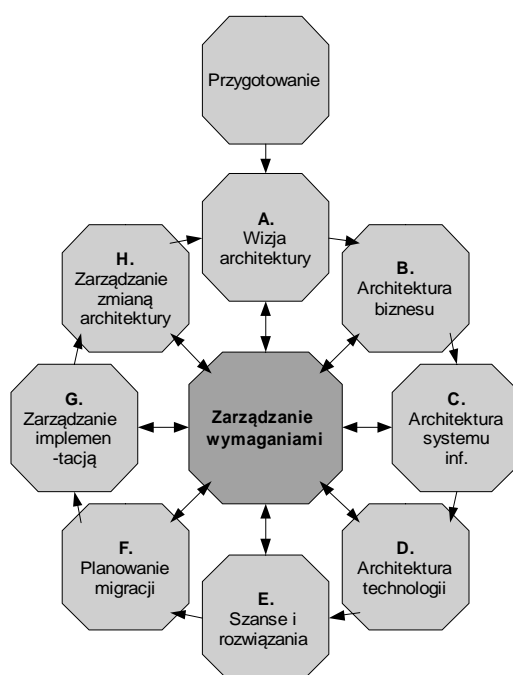
W tym rozdziale omówione zostaną ramy TOGAF (ang. *The Open Group Architecture Framework*) na przykładzie wersji 9. Ten wybór ma trojaki uzasadnienie. Po pierwsze, jest to standard rozpowszechniony — według ogólnościowych badań [11] przeprowadzonych na 173 organizacjach stosujących EA, 51% z nich stosowało TOGAF (w wersji 8 lub 9), a 52% zamierzało którąś z tych wersji TOGAF zastosować. Następna w kolejności wskazania Siatka Zachmana była stosowana przez 24% respondentów, przy czym należy zaznaczyć, że TOGAF zaleca pomocnicze użycie Siatki Zachmana. Drugi powód takiego wyboru, to fakt, że oprócz samej struktury TOGAF daje też metodę wytwarzania architektury, oferując

nie tylko opis, co należy osiągnąć, ale też wskazówki, jak to zrobić. Trzecią przesłanką jest forma licencjonowania — wykorzystanie TOGAF jest bezpłatne.

### 3.2. Zawartość TOGAF

Ramy TOGAF wyznaczone są przez cztery domeny architektury: biznesu, aplikacji, danych i techniczną. W tych ramach zagadnienia, które porusza dokumentacja standardu [8], dzielą się na 6 głównych części:

- opis metody wytwarzania architektury korporacyjnej (ADM, ang. *Architecture Development Method*) — opisane są tu fazy biegnące w iteracyjnym cyklu (rys. 1),
- wytyczne i techniki stosowania ADM — tu omawiane są zasady stosowania podejścia iteracyjnego, stosowania modelu na różnych poziomach w organizacji, zagadnienia bezpieczeństwa i odniesienie do architektury SOA,
- ramy zawartości architektury — mówią m.in. o artefaktach takich jak widoki i punkty widzenia, dokumentach wynikowych oraz elementach wykorzystywanych do budowy EA,
- Continuum i narzędzia — opis swoistego repozytorium składników EA,
- modele referencyjne — opisy modeli: technicznego oraz informacyjnego,
- ramy konieczne to zapewnienia działania EA — wskazanie na konieczność ustanowienia funkcji w ramach struktur, procesów, ról i ich kompetencji w celu utrzymania EA.



Rys. 1. TOGAF — cykl wytwarzania architektury korporacyjnej [8]

Dokumentacja TOGAF jest obszerna (blisko 800 stron nie licząc odwołań do innych dokumentów). Rozdział poświęcony definicjom wprowadza 90 podstawowych pojęć niezbędnych do poruszania się w dziedzinie opisanej w TOGAF, a 93 terminów uzupełniających pomieszczono w załączniku. W metamodelu znajduje się 35 typów obiektów, z których większość posiada po kilka atrybutów i pomiędzy którymi może zachodzić parędziesiąt typów relacji. Efektem jest wysoka złożoność wiedzy, jaką musi dysponować architekt oraz zespół zajmujący się wdrażaniem i utrzymaniem EA.

Sposoby zapewnienia skuteczności posługiwania się standardem mogą obejmować m.in. opracowanie systemu szkoleń, monitorowanie zmian oraz nadanie powstającym dokumentom cech umożliwiających śledzenie oraz aktualizowanie ich powiązań z innymi elementami obecnymi w przedsiębiorstwie. Wydaje się to jednak trudne w klasycznym hierarchicznym repozytorium, nawet wzbogaconym o metaznaczniki. Pożądana jest możliwość zawarcia bogatszej semantyki. Propozycją rozwiniętą w punkcie 4. jest wykorzystanie ontologii.

### **3.3. Metody uzupełniające TOGAF**

TOGAF zapewnia jedynie szkieletowe rozwiązanie dla architektury korporacyjnej. Jego efektywność zwiększa się, gdy uzupełnione zostanie o metodę zarządzania organizacją czy przedsięwzięciami, zwłaszcza w obszarze IT. Z przywoływanych badań [11] wynika, że TOGAF bywa wzbogacany przez metody (czy może uzupełnia te metody) takie jak ITIL (31% wskazań), RUP (19%), COBIT (18%), PRINCE2 (14%) czy PMBOK (9%), by wymienić najczęściej wskazywane.

Takie wsparcie dla EA ze strony którejkolwiek z wyżej podanych metod oznacza, że do podanych w punkcie 3.2. wartości oznaczających liczbę pojęć, typów obiektów i relacji należy dodać te wynikające z obranej technologii zarządzania. Czyni to wiedzę o wytwarzaniu architektury korporacyjnej bogatszą, a jednocześnie trudniejszą do objęcia i szybkiego opanowania przez uczestników przedsięwzięcia. Tym bardziej uzasadniona jest propozycja, by wiedzę tę sformalizować w formie ontologii.

## **4. Inżynieria ontologii**

Aby przygotować formalny opis założeń standardu oraz funkcjonowania organizacji z perspektywy przetwarzanych informacji, a następnie wykorzystać go dla potrzeb kierujących przedsięwzięciami informatycznymi, stosuje się procesy wytwarzania ujęte w ramy inżynierii ontologii. Szczegóły opisu procesów wytwarzania zaprezentowano poniżej. Jako pierwsze zaprezentowano ontologie, a następnie możliwości wytwarzania opisu ontologicznego dla potrzeb TOGAF. Takie podejście stwarza warunki do rozszerzenia wyników prezentowanej pracy o szczegóły konstrukcji baz wiedzy dla zmiennej mierzącej entropię projektu, jak też ujęcia całego rozwiązania w ramy systemu agentowego (por. [13]).

### **4.1. Czym jest ontologia?**

Jedna z mniej formalnych definicji głosi, że ontologia to zbiór ściśle zdefiniowanych pojęć (słownictwo) na temat określonej dziedziny (domeny) akceptowany przez społeczność związaną z ową dziedziną [1, s 267]. Myśląc o ontologii w kontekście języka OWL (ang. *Web Ontology Language*), będącego standardem *de facto*, gdy chodzi o koncepcję sieci semantycznych, można dodać, że pojęcia te są połączone relacjami, mogą

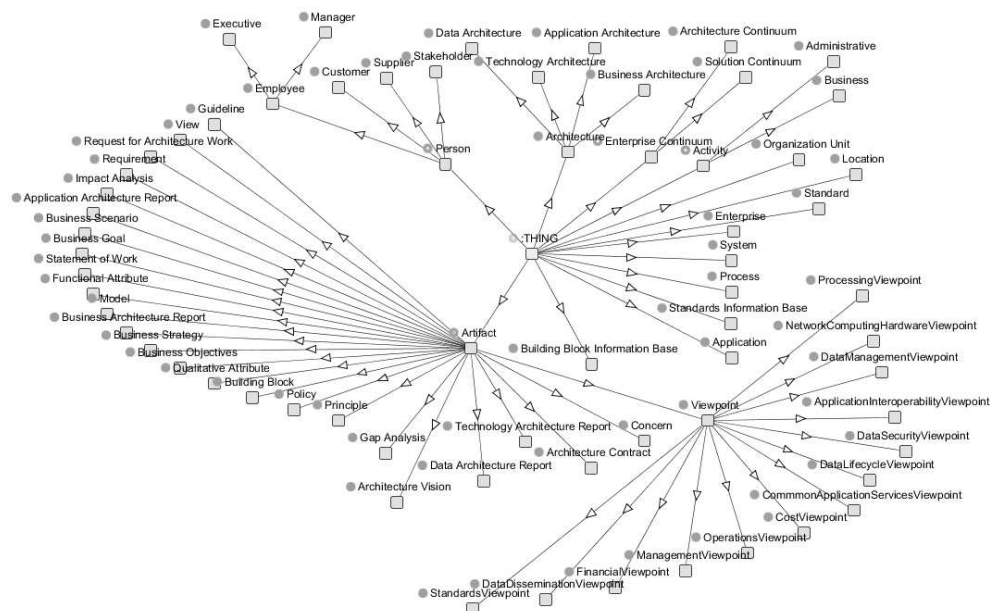
się nawzajem definiować lub tworzyć twierdzenia, w oparciu o które możliwe jest automatyczne wnioskowanie w obrębie modelowanej przez ontologię dziedziny. Przy tym możliwe jest rozgraniczenie pojęć ogólnych (klas) i ich konkretnych wystąpień (instancji).

Więcej na temat języków, narzędzi i przykładów ontologii można znaleźć w [3].

#### 4.2. Rola ontologii w wytwarzaniu architektury korporacyjnej

Jak zwracano uwagę w poprzednich punktach tego rozdziału, proponuje się wykorzystać ontologię do stworzenia modelu wiedzy o ramach TOGAF (i ewentualnie o wspierającej ją metodzie zarządzania przedsięwzięciami). Taka ontologia byłaby generyczna (ogólna), a zatem możliwa do wykorzystania w każdej organizacji zdecydowanej wytworzyć formalną architekturę korporacyjną w oparciu o TOGAF. Swoistym wsparciem dla ontologii jest metamodel zawartości ram architektonicznych (por. [6]). Określa on, w postaci opisu słownego, tabel, schematów i diagramów klas, pojęcia oraz ich relacje w obszarze ADM. Korzystanie z tego opisu w celu prześledzenia relacji zachodzących między różnego rodzaju obiektami w przedsięwzięciu jest zadaniem trudnym i czasochłonnym. Jednakże metamodel stanowi dogodny punkt wyjścia do zbudowania formalnej ontologii, która może posłużyć do efektywnego wykorzystania wiedzy o zależnościach zachodzących między elementami tworzonej architektury.

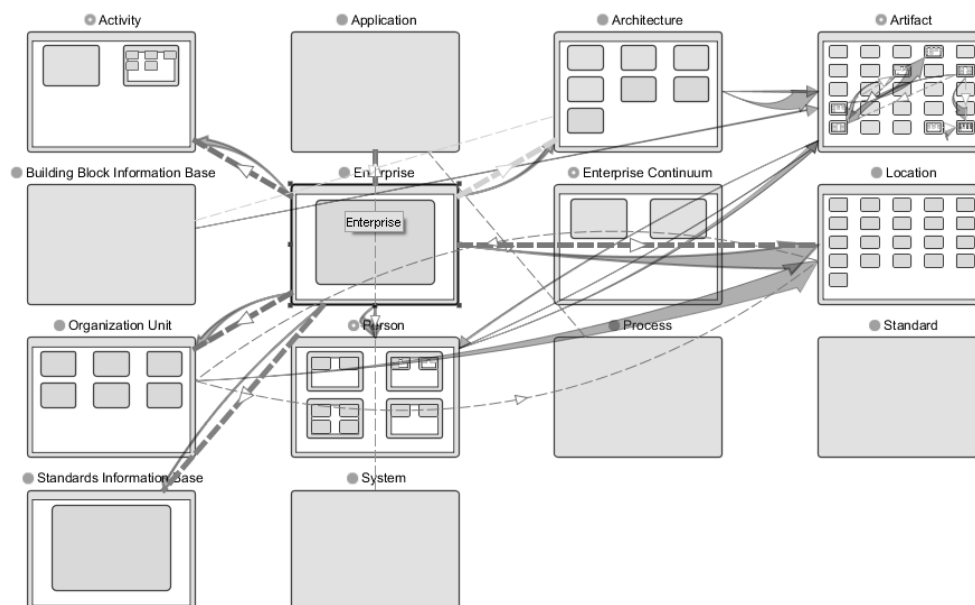
Propozycję ontologii dla ram TOGAF zaproponowano w [9]. Na rys. 2 widoczna jest hierarchia głównych pojęć (klas). Rdzeniem, jak zawsze w języku OWL, jest owl:THING, a główne pojęcia (jest ich tu 14) mogą się jeszcze rozgałęziać, co widoczne jest zwłaszcza dla pojęć: artefaktu (ang. *Artifact*) i punktu widzenia (ang. *Viewpoint*). Jest to najprostsza semantyka pokazująca wyłącznie hierarchię lub holarchię pojęć.



Rys. 2. Ontologia — klasy pojęć ram TOGAF  
źródło: opracowanie własne w aplikacji Protégé na podstawie [9]

Ontologia generyczna TOGAF powinna być tak zaprojektowana, by można ją było dalej rozwijać poprzez dopasowywanie i dodawanie wiedzy o konkretnej organizacji, w której wdrażana jest architektura korporacyjna. Wówczas mówimy o przejściu do ontologii specyficznej (dla danej organizacji). W pewnym sensie jest to proces naturalny, gdy realizuje się kolejne fazy modelu ADM (rys. 1).

Na rys. 3 widać główne pojęcia ontologii TOGAF w postaci swoistych kontenerów. Wyróżniona została klasa *Enterprise*, czyli oznaczająca samą organizację. Wewnątrz widoczna jest instancja wskazująca na konkretną firmę. Pokazuje to, że — jak postulowano w poprzednim akapicie — zapewniono przestrzeń do uzupełniania ontologii o szczegółową wiedzę związaną z danym przedsiębiorstwem, w którym wdraża się EA. Na tym samym rysunku strzałki wskazują kierunki i intensywność relacji semantycznych (innych niż klasa-podklasa) w obrębie ontologii.



Rys. 3. Ontologia — główne klasy pojęć i relacje dla ram TOGAF  
źródło: opracowanie własne w aplikacji Protégé na podstawie [9]

Oczywiście, stworzenie samej ontologii generycznej jest tylko pierwszym krokiem do wykorzystania możliwości, jakie daje sformalizowany opis wiedzy o TOGAF i organizacji, która w oparciu o tę normę wdraża architekturę korporacyjną. Potrzebne jest wykorzystujące ontologię narzędzie do zarządzania całym projektem, najlepiej wpisujące się w koncepcję *Semantic Web*, której ontologie są nieodłączną warstwą [2].

## 5. Wspieranie użycia standardów wytwarzania ontologiami

Zaprezentowany w rozdziale standard TOGAF i próba jego odwzorowania w ontologii ma na celu pokazanie, że właśnie ontologie są możliwą drogą ułatwiającą stosowanie norm poprzez sformalizowanie w czytelnej i dającej się przetwarzać postaci wiedzy o dokumentach, produktach programowych, procesach, rolach i tym podobnych artefaktach w przedsięwzięciach z zakresu zarządzania obszarami przedsiębiorstwa.

Wydaje się uzasadnione stwierdzenie, że przykład ten można uogólnić na klasę zagadnień związanych z ontologiami procesów produkcji. W nich zawarte powinny być — idąc w hierarchii od dołu ku górze — ontologie obiektów, następnie procesów oraz zarządzania zasobami oraz jakością [4]. W tekście skupiono się na obszarze standardów, zaznaczając tylko konieczność dopasowania ostatecznego rozwiązania do organizacji. Osobnym tematem jest możliwość modelowania samego przedsiębiorstwa za pomocą ontologii. Próbą zmierzenia się z tym zagadnieniem był projekt TOVE [10].

## 6. Podsumowanie

Jak zauważają niektórzy, jedną z najwspanialszych rzeczy, gdy chodzi o standardy, jest to, że można wybierać spośród aż tak wielu. Gdy już decydenci miną etap wyboru, napotkać mogą na kolejny problem, poprowadzenia przedsięwzięciu w zgodzie ze standardem. Wymaga to zrozumienia jego zapisów (i ducha) przez cały zespół. W przypadku tak rozbudowanych norm jak te stosowane w przedsięwzięciach informatycznych warto rozważyć budowę ontologii odzwierciedlającej normę i dopasowanej do konkretnej organizacji. Poprawie przeprowadzone zadanie może ułatwić przejście przez cały proces za pierwszym i za kolejnymi razami, gdyż zgodnie z jedną z ról ontologii powinna być ona podatna na wielokrotne wykorzystanie.

Tekst powstał w ramach projektu *Zastosowanie metod inteligentnych do oceny technologii informatycznych* finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## Literatura

1. Aufaure M.A., LeGrand B., Soto M., Bennacer N.: Metadata- and Ontology-Based Semantic Web Mining. W: Taniar D., Rahayu J.W. (red.). Web Semantics Ontology. Idea Group Publishing, 2006.
2. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O.: The Semantic Web. W: Scientific American Magazine, Maj 2001.
3. Czarnecki A.: Technologie informatyczne wykorzystywane w projektowaniu i implementacji ontologii. W: Zarządzanie technologiami informatycznymi — Stan i perspektywy rozwoju. Orłowski, C. (red.). Pomorskie Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Gdańsk, 2006.
4. Jurkowski G.: Ontologie w procesach produkcji. W: Knosala R. (red.). Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2007.
5. Sobczak A.: Dlaczego architektura korporacyjna? Serwis ArchitekturaKorporacyjna.pl, data publikacji: 1 sierpnia 2007. <http://www.architekturakorporacyjna.pl/index.php/2007/08/01/dlaczego-architektura-korporacyjna/>
6. Sobczak A.: Modele i metamodele w architekturze korporacyjnej. Materiały z konferencji Systemy Wspomagania Organizacji. Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice, 2008. [http://www.swo.ae.katowice.pl/\\_pdf/396.pdf](http://www.swo.ae.katowice.pl/_pdf/396.pdf)
7. Strategia kierunkowa rozwoju informatyzacji Polski do roku 2013 oraz perspektywiczna prognoza transformacji społeczeństwa informacyjnego do roku 2020. Ministerstwo Nauki i Informatyzacji, Warszawa, 24 czerwca 2005.
8. The Open Group Architecture Framework, Version 9. The Open Group, 2009.



9. TOGAF 8 Ontology draft. SOA Working Group.  
<http://www.opengroup.org/projects/soa-ontology/doc.tpl?gdid=11367>
10. TOVE Ontology Project. <http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/tove/index.html>
11. Varnus J., Panaich N.: TOGAF 9 Survey Results Presentation. The Open Group, 27 lipca 2009. [https://www.opengroup.org/conference-live/uploads/40/20081/Mon\\_-\\_am\\_-\\_3\\_-\\_Varnus.pdf](https://www.opengroup.org/conference-live/uploads/40/20081/Mon_-_am_-_3_-_Varnus.pdf)
12. Weill P.: Innovating with Information Systems: What do the most agile firms in the world do? Prezentacja na Sixth e-Business Conference, Barcelona Spain, 27 marca 2007.
13. Orłowski C., Ziółkowski A.: Verification of agent system for IT project management support. W: Information systems architecture and technology — IT technologies in knowledge oriented management process. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2009.

Mgr inż. Adam CZARNECKI  
Dr hab. inż. Cezary ORŁOWSKI, prof. PG  
Wydział Zarządzania i Ekonomii  
Politechnika Gdańska  
80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12  
tel.: (58) 347 24 55  
fax: (58) 348 60 24  
e-mail: [adam.czarnecki@zie.pg.gda.pl](mailto:adam.czarnecki@zie.pg.gda.pl)  
[cezary.orlowski@zie.pg.gda.pl](mailto:cezary.orlowski@zie.pg.gda.pl)