

Aleksander Billewicz

Akademia Ekonomiczna w Katowicach
Katedra Inżynierii Wiedzy

Modelowanie architektury informacyjnej portali korporacyjnych z wykorzystaniem ontologii

***Streszczenie.** W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania ontologii w modelowaniu architektury informacyjnej portali korporacyjnych. W części pierwszej przedstawiono warstwowy model portalu korporacyjnego. Szczególną uwagę poświęcono warstwie taksonomii i wyszukiwania, która w sposób bezpośredni wpływa na łatwość i szybkość dotarcia użytkowników do poszukiwanej informacji i wiedzy. W dalszej części zaproponowano wykorzystanie ontologii jako uniwersalnego sposobu kształtowania architektury informacyjnej portali korporacyjnych. Artykuł zamykają rozważania na temat zalet zaprezentowanego rozwiązania oraz kierunków dalszych badań.*

1. Charakterystyka portali korporacyjnych

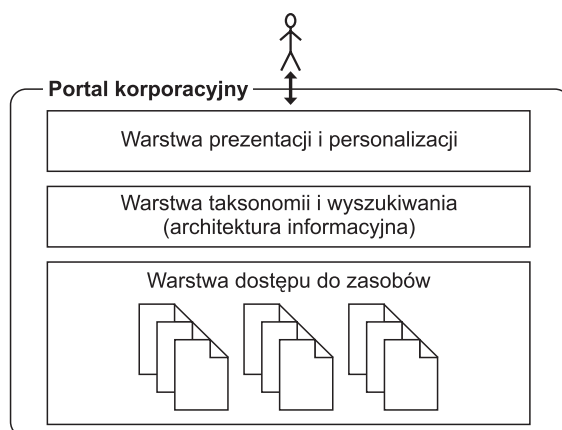
Portale korporacyjne stanowią jedną z dynamicznie rozwijających się technologii informatycznych wspomagających zarządzanie zasobami wiedzy oraz wszystkimi procesami, składającymi się na cykl życia wiedzy w organizacji¹.

¹ J. Gołuchowski, *Technologie informatyczne w zarządzaniu wiedzą w organizacji*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2005.

Systemy tej klasy, umożliwiają organizacjom dostęp do wewnętrznych i zewnętrznych źródeł informacji oraz dostarczają użytkownikom spersonalizowaną, stosownie do ich potrzeb, informację niezbędną do podejmowania decyzji. Portale korporacyjne łączą systemy, które konsolidują, zarządzają, analizują i dystrybuują informacje pochodzące z pozostałych systemów informatycznych w organizacji, takich jak: systemy CMS, systemy BI, hurtownie danych, procesy ETL, systemy eksploracji danych, czy też zintegrowane systemy zarządzania². Należy zauważyć, że nie ma na obecną chwilę konsensusu co do jednoznacznego definiowania portalu korporacyjnego, a definicja przytoczona jest jedną z wielu, występujących w literaturze.

Niezależnie od przyjętej definicji terminu portal korporacyjny, można wskazać szereg podstawowych funkcji, jakie powinien spełniać system tej klasy. Są to³:

- personalizacja prezentacji wiedzy zarówno treści, jak i formy,
- zarządzanie elementami wiedzy, w tym przede wszystkim treścią oraz metadanymi,
- współpraca elektroniczna w wymiarze synchronicznym oraz asynchronicznym,
- wspomaganie procesów biznesowych,
- funkcje administracyjne, w skład których wchodzi m.in. zarządzanie użytkownikami i uprawnieniami.



Rys. 1. Warstwowy model portalu korporacyjnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J.C. Terra, C. Gordon, *Realizing the Promise of Corporate Portals: Leveraging Knowledge for Business Success*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington 2003.

² E. Ziemia, *Projektowanie portali korporacyjnych dla organizacji opartych na wiedzy*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2009.

³ Przegląd definicji portalu korporacyjnego oraz analizę jego funkcji można znaleźć w pracy J. Gołuchowski, dz. cyt.

Architektura portalu korporacyjnego ma zazwyczaj charakter warstwowy, z wyróżnionymi trzema poziomami:

- prezentacji i personalizacji,
- taksonomii i wyszukiwania,
- integracji z pozostałymi systemami.

Warstwa prezentacji i personalizacji stanowi interfejs między poszczególnymi systemami informatycznymi, zasobami informacyjnymi tworzącymi portal korporacyjny oraz jego użytkownikami. Powinna zostać zaprojektowana w taki sposób, aby dostęp do poszczególnych danych, treści czy też aplikacji, odbywał się przez zunifikowany interfejs graficzny (multimedialny), przy czym poszczególne zasoby powinny zostać udostępnione poszczególnym użytkownikom w zależności od ich indywidualnych potrzeb oraz uprawnień.

Warstwa taksonomii i wyszukiwania wpływa bezpośrednio na łatwość i szybkość, z jaką użytkownicy mogą dotrzeć do poszukiwanej wiedzy. Jej zadaniem jest ustrukturalizowanie zawartości informacyjnej portalu w taki sposób, aby użytkownik mógł dotrzeć do konkretnej informacji, korzystając z przeglądania lub przeszukiwania tej struktury. Warstwa ta została szerzej omówiona w dalszej części artykułu.

Warstwa integracji może obejmować swoim zasięgiem dane, funkcje, procesy realizowane przez poszczególne systemy informatyczne w przedsiębiorstwie oraz procesy workflow. W takim ujęciu, portal korporacyjny stanowi fasadę⁴ dla pozostałych systemów informatycznych przedsiębiorstwa. Należy podkreślić, że portal korporacyjny sam w sobie nie gromadzi żadnych zasobów, a jedynie udostępnia zasoby pochodzące z rozproszonych systemów, takich jak hurtownie danych, CRM, ERP, CMS itp. Dostęp ten jest zróżnicowany w zależności od uprawnień jakie posiada użytkownik. Zintegrowane zarządzanie użytkownikami jest istotną funkcją portali korporacyjnych, a jej poprawna implementacja pozwala na zrealizowanie koncepcji pojedynczego logowania (*Single sign-on*), dzięki której użytkownik może uzyskać dostęp do poszczególnych aplikacji przedsiębiorstwa, korzystając z tylko jednego konta.

Przedstawiona charakterystyka portali korporacyjnych upoważnia do stwierdzenia, że ich budowa wymaga metodycznego podejścia obejmującego swoim zakresem nie tylko cały cykl życia systemu, lecz także wszystkie jego warstwy. Specyfika portali korporacyjnych, będących w rzeczywistości pewną klasą apli-

⁴ Fasada rozumiana jest w tym kontekście jako wzorzec projektowy, stosowany powszechnie w budowie systemów informatycznych. Jego idea polega na zastosowaniu specjalistycznego komponentu – fasady, zapewniającego jednolity interfejs dla podsystemu zawierającego wiele interfejsów. Fasada definiuje interfejs wyższego poziomu, co zapewnia wygodniejsze korzystanie z funkcji udostępnianych przez podsystem. Więcej na ten temat można znaleźć w pracy: E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, *Wzorce projektowe. Elementy oprogramowania obiektowego wielokrotnego użytku*, Wyd. WNT, Warszawa 2000.

kacji internetowych, powoduje, że zastosowanie klasycznych metod obiektowych może nie być wystarczające, aplikacje internetowe bowiem znacząco różnią się od tradycyjnych aplikacji zarówno z punktu widzenia przeznaczenia aplikacji, jak również z punktu widzenia ich twórców oraz osób zajmujących się ich pielęgnacją. Różnice obejmują takie aspekty, jak⁵:

- a) nawigację – aplikacje internetowe mają zazwyczaj znacznie bogatszy i bardziej elastyczny model nawigacji i dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na poprawne jego zaprojektowanie,
- b) doświadczenie użytkowników – trudno jest poczynić jakiegokolwiek założenia co do umiejętności użytkowników aplikacji internetowych,
- c) skalowalność – oszacowanie obciążenia systemów internetowych jest praktycznie niemożliwe, odnosząca sukces aplikacja internetowa może drastycznie zwiększyć liczbę użytkowników z niej korzystających w bardzo krótkim czasie,
- d) zmienność – funkcjonalność realizowana przez aplikacje internetowe, jak również dane udostępniane przez te systemy, podlegają zazwyczaj zdecydowanie częstszym zmianom, niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnych systemów,
- e) interfejs użytkownika – stosowane obecnie narzędzia wspomagające wytwarzanie aplikacji internetowych mają mniejsze możliwości w zakresie budowania interfejs użytkownika, niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnych aplikacji (choć różnica ta stopniowo zaciera się).

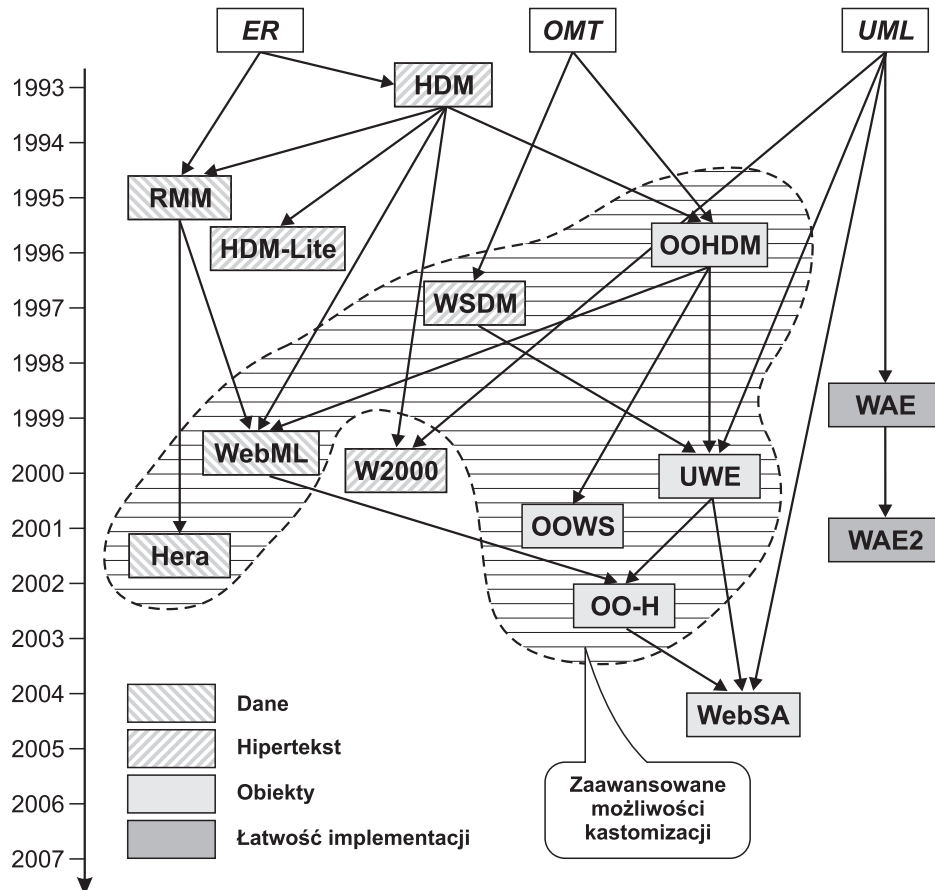
Omówiona specyfika aplikacji internetowych, w tym portali korporacyjnych spowodowała, że na początku lat 90. ubiegłego wieku, podjęto pierwsze próby opracowania metod wspomagających ich modelowanie. Opracowane podejścia stanowią zazwyczaj połączeni i rozszerzenie takich podstawowych technik, wykorzystywanych w projektowaniu tradycyjnych systemów informatycznych, jak: diagramy związków encji (ER), *Object Modelling Technique* (OMT), czy też *Unified Modelling Language* (UML). Przeglądu różnorodnych rezultatów badawczych w tym zakresie dokonano w pracy A. Schauerhuberna⁶. Autorzy podzielili wszystkie techniki na cztery kategorie: zorientowane na dane, hipertekst, obiektowość oraz łatwość jej wykorzystania w programowaniu systemów informatycznych. W dalszej części poddano szczegółowej analizie siedem wybranych technik⁷, wybierając do oceny takie kryteria, jak: dojrzałość rozwiązania, wspomaganie modelowania hipertekstu, zawartości oraz interfejsu użytkownika, mo-

⁵ W. Dąbrowski, R. Hryniów, T. Pieciukiewicz, *Metody projektowania aplikacji internetowych*, w: *Inżynieria oprogramowania. Nowe wyzwania*, red. J. Górski, A. Wadziński, Wyd. WNT, Warszawa 2004.

⁶ A. Schauerhuber et al., *A survey on web modeling approaches for ubiquitous web applications*, „International Journal of Web Information Systems” 2008, nr 4.

⁷ E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, dz. cyt.

delowanie statyki, jak i dynamiki systemu, fazy cyklu życia systemu wspomagane przez określone podejście, modelowanie personalizacji, zgodność z podejściem do wytwarzania oprogramowania opartego na modelach (*model driver engineering*), wsparcie za pomocą narzędzi CASE.



Rys. 2. Techniki modelowania wykorzystywane w projektowaniu portali korporacyjnych

Źródło: A. Schauerhuber et al., *A survey on web modeling approaches for ubiquitous web applications*, „International Journal of Web Information Systems” 2008, nr 4.

Niezależnie od przyjętego podejścia do projektowania portali korporacyjnych, tworząc taki system należy zwrócić uwagę na dynamiczny przyrost zasobów informacyjnych, jaki może w nim wystąpić⁸. Zignorowanie tego aspektu

⁸ Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku, gdy użytkownicy mają swobodną możliwość publikowania nowych treści (tekst, dźwięk, grafika, sekwencje wideo itp.).

może doprowadzić do przeładowania informacją (*information glut*), uniemożliwiając użytkownikom łatwe dotarcie do poszukiwanych zasobów. Zjawisko to skłoniło przedstawicieli różnych profesji do opracowywania procedur i narzędzi pozwalających uporządkować oraz zarządzać zarówno samą informacją, jak i procesami jej tworzenia. Metody i techniki zaczerpnięte między innymi z nauki o informacji, bibliotekarstwa, edytorstwa i technologii informacyjnej, ujęto w jedną dyscyplinę, której nadano nazwę — architektura informacji AI (*information architecture*)⁹.

2. Architektura informacyjna portali korporacyjnych

Powstanie AI związane jest ze wzrostem zasobów informacyjnych, które w nieograniczonej ilości pojawiają się od końca lat 90. XX w. w sieci globalnej. Należy jednak zauważyć, że zakres AI znacznie wykracza poza zagadnienia związane z tworzeniem informacji w postaci wirtualnej. Podstawową jej cechą jest projektowanie zorientowane na użytkownika, mające zapewnić wygodne korzystanie z informacji w każdej formie. W ogólnym znaczeniu AI rozumiana jest jako strukturalne projektowanie przestrzeni informacyjnej, służące ułatwieniu kompletowania informacji i udostępnianiu jej użytkownikom. W węższym ujęciu, AI może być ograniczona do informacji w postaci elektronicznej i rozumiana jako sztuka oraz nauka nadawania struktur i klasyfikowania serwisów internetowych i intranetowych, mające na celu ułatwienie ludziom znajdowanie informacji i ich wykorzystanie¹⁰. Ujęcie to jest wystarczające na potrzeby niniejszego artykułu.

P. Morville i L. Rosenfeld wyróżnili cztery podstawowe składniki AI dla systemów hipertekstowych. Należą do nich systemy organizacji, oznaczeń, nawigacji oraz system wyszukiwania. System organizacji jest sposobem grupowania treści, system oznaczeń ustala nazwy dla wydzielonych grup treści, nawigacja jest systemem pomagającym poruszać się po serwisie i przeglądać jego zawartości, zaś system wyszukiwania pozwala na formułowanie zapytań, które porównywane są z dokumentami relewantnymi¹¹. Mając na uwadze warstwowy model portalu korporacyjnego, przedstawiony na początku artykułu, AI można utożsamiać z warstwą taksonomii i wyszukiwania.

⁹ S. Skórka, *Architektura informacji, czyli stare wino w nowej butelce*, „Konspekt” 2004, nr 19.

¹⁰ Tamże.

¹¹ P. Morville, L. Rosenfeld, *Architektura informacji w serwisach internetowych*, Helion, Gliwice 2003.

Powszechnie stosowane podejście do projektowania AI w portalach korporacyjnych bazuje na statycznej organizacji treści, wykorzystując do nawigacji jedną ze struktur, takich jak¹²:

- hierarchiczna,
- liniowa,
- liniowa z alternatywą,
- sieciowa,
- mieszana.

Na warstwę zasobów, udostępnianych przez portal, nałożona jest odpowiednia warstwa tworząca architekturę informacyjną, przy czym powiązania między poszczególnymi warstwami są zdefiniowane *explicite*, np. za pomocą hiperłączy. Zaletą takiego rozwiązania jest jego łatwość implementacji, do wad można natomiast zaliczyć:

- a) zmiana AI może być bardzo pracochłonna, gdyż często wymaga ponownego, ręcznego odtworzenia powiązań między kategoriami zdefiniowanymi w AI oraz zasobami portalu korporacyjnego,
- b) dodawanie nowych zasobów wymaga ręcznego ich klasyfikowania, polegającego na utworzeniu odpowiednich relacji z kategoriami zdefiniowanymi w warstwie AI; pożądana wydaje się automatyzacja tego zadania,
- c) warstwa AI jest ściśle związana z warstwą zasobów i nie może być ponownie wykorzystana bez utworzenia jej kopii; wydaje się, że zastosowanie luźniejszego powiązania między tymi warstwami, np. powiązania generowanego dynamicznie w czasie działania aplikacji pozwoliłoby na wykorzystanie wspólnej AI w wielu portalach; rozwiązanie takie mogłoby znaleźć zastosowanie np. w przypadku portali urzędów miast; z uwagi na podobną architekturę informacyjną, poszczególne portale mogą stosować wspólną warstwę AI, zapewniającą jednocześnie dostęp do zasobów specyficznych dla poszczególnych urzędów.

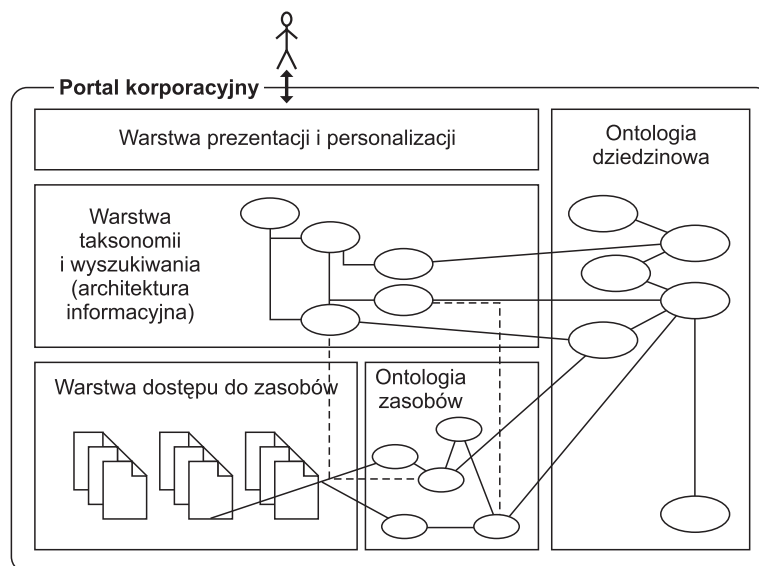
Utworzenie inteligentnego portalu korporacyjnego, zdolnego do automatycznego wnioskowania co do relacji między pojęciami z warstwy AI oraz pojęciami zdefiniowanymi w warstwie zasobów, wymaga formalnej specyfikacji wiedzy, niezbędnej do przeprowadzenia takiego wnioskowania.

3. Zastosowanie ontologii w projektowaniu architektury informacyjnej portali korporacyjnych

W dalszej części artykułu zarysowano koncepcję portalu korporacyjnego, wykorzystującego ontologię w celu zapewnienia semantycznego opisu warstwy

¹² J. Gołuchowski., B. Filipczyk, *Perspektywy wykorzystania ontologii w procesie przetwarzania języka naturalnego w systemach zarządzani wiedzą*, w: *Systemy Wspomagania Organizacji SWO 2006*, red. H. Sroka, T. Porębska-Miąc, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2006.

architektury informacyjnej oraz warstwy zasobów. Model takiego systemu przedstawia rysunek 3.



Liniami przerywanymi zaznaczono wiedzę niejawną dotyczącą relacji między pojęciami, która została wyprowadzona na etapie wnioskowania z ontologii.

Rys. 3. Model portalu korporacyjnego wzbogaconego o ontologie: dziedzinową, zasobów oraz architektury informacyjnej.

Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawiona na rysunku 3 ontologia dziedzinowa (OD) gromadzi wiedzę specyficzną dla danego obszaru biznesowego, wspomaganego przez portal. W przypadku uczelni wyższej, może to być wiedza dotycząca jej struktury organizacyjnej, pracowników i ich kompetencji, przedmiotów, harmonogramu roku szkolnego itp. Do pojęć z tej ontologii odnoszą się pozostałe ontologie opisujące architekturę informacyjną oraz zasoby zgromadzone w portalu. Ontologia AI tworzy taksonomię, porządkującą poszczególne zasoby portalu. Należy podkreślić, że w systemie nie występują trwale relacje w formie hiperłączy, między warstwami AI i zasobów. Wiedza ta jest natomiast zapisana bezpośrednio w ontologii AI¹³. Poszczególne taksony są zdefiniowane za pomocą pojęć, relacji i reguł odwołujących się do ontologii dziedzinowej. Taksonomia może zostać następnie odwzorowana w menu systemu, tworząc w ten sposób podstawową strukturę nawiga-

¹³ Proponuje się wykorzystanie w tym celu języka OWL DL wzbogaconego o reguły semantyczne zapisane w języku SWRL.

¹⁴ Struktura ta może przyjąć np. formę liniową, hierarchiczną lub grafu.

cyjną¹⁴ portalu korporacyjnego, która może być wykorzystana do przeglądania zasobów portalu. W przypadku gdy użytkownik wybierze odpowiednią pozycję w menu (wskazując tym samym pojęcie z ontologii AI), zadaniem systemu jest wyszukanie i udostępnienie zasobów opisywanych przez to pojęcie. Podczas wyszukiwania, system wybiera tylko te pojęcia z ontologii zasobów, które można sklasyfikować jako pojęcia podrzędne względem kategorii z ontologii AI, wybranej przez użytkownika. Rozwiązanie takie jest możliwe, dzięki zastosowaniu spójnej ontologii dziedzinowej, której pojęcia są wykorzystywane zarówno w warstwie informacyjnej, jak i w ontologii zasobów.

Wprowadzenie formalnej specyfikacji wspólnej warstwy pojęciowej, pozwala na jej przetwarzanie i interpretowanie przez maszynę i w efekcie tego, wnioskowanie w zakresie relacji zachodzących między pojęciami zdefiniowanymi w poszczególnych ontologiach¹⁵. W ten sposób, poszczególne zasoby mogą być dynamicznie przypisywane do pojęć z ontologii AI.

Tabela. Przykład definicji poszczególnych ontologii w portalu

TBox	ABox
Ontologia dziedzinowa	
<pre>... Katedra μ owl:Thing Katedra (KATEDRA_INŻYNIERII_WIEDZY) Katedra (KATEDRA_INFORMATYKI) Katedra (KATEDRA_RACHUNKOWOŚCI) ...</pre>	
Ontologia zasobów	
<pre>... ZasóbInformacyjny μ owl:Thing StronaWWW ≡ ZasóbInformacyjny * ∃opublikowanaPrzez.Katedra ...</pre>	<pre>... StronaWWW (http://www.ae.../kiw.html) opublikowanaPrzez (http://www.ae.../kiw.html, KATEDRA_INŻYNIERII_WIEDZY) ...</pre>
Ontologia architektury informacyjnej	
<pre>Menu μ owl:Thing StronyKatedry μ Menu StronaKatedryInzynieriiWiedzy μ StronaKatedry StronaKatedryInzynieriiWiedzy ≡ StronaWWW*∃opublikowanaPrzez. { KATEDRA_INŻYNIERII_WIEDZY}</pre>	

Źródło: Opracowanie własne.

¹⁵ W przypadku ontologii zapisanych w logice deskrypcyjnej możliwe jest wykorzystanie takich systemów wnioskujących, jak: Pellet, FaCT, Racer, KAON.

W tabeli przedstawiono fragmenty trzech ontologii, które definiują odpowiednio: pojęcia z dziedziny, zasoby informacyjne wyrażone w kategoriach pojęć z dziedziny oraz fragment architektury informacyjnej. Na szczególną uwagę zasługuje sposób zdefiniowania klasy *StronaKatedryInżynieriiWiedzy*, która może być utożsamiana z odpowiednią pozycją w strukturze nawigacyjnej serwisu. Definicja tej klasy zakłada, że wszystkie zasoby informacyjne będące stronami www, opublikowanymi przez Katedrę Inżynierii Wiedzy są również klasyfikowane jako instancje klasy *StronaKatedryInżynieriiWiedzy* z ontologii architektury informacyjnej. Klasyfikacja rzeczywistych zasobów jest przeprowadzana przez moduł wnioskujący w sposób zautomatyzowany.

4. Zakończenie

Przedstawiona w artykule koncepcja wykorzystania ontologii do modelowania architektury informacyjnej portali korporacyjnych, pozwala wskazać następujące zalety takiego podejścia:

- 1) tworzenie portali korporacyjnych o elastycznej strukturze, w której nie występują trwale powiązania między architekturą informacyjną oraz warstwą jego zasobów;
- 2) formalna specyfikacja AI pozwala zweryfikować jej spójność;
- 3) możliwość wykorzystania zaawansowanych algorytmów wnioskujących w celu automatycznego klasyfikowania zasobów portalu korporacyjnego na podstawie klas zdefiniowanych w ontologii AI, przy wykorzystaniu pojęć z ontologii dziedzinowej;
- 4) możliwość współdzielenia tej samej ontologii AI między wieloma portalami charakteryzującymi się zbliżoną architekturą, np. portale urzędów miast i gmin.

Wydaje się, że największą barierą opisanego rozwiązania są koszty związane z opracowaniem ontologii dziedzinowej dla wybranej organizacji. Można jednak przypuszczać, że coraz większa świadomość menadżerów w zakresie roli, jaką odgrywa wiedza we współczesnej gospodarce, jak i chęć do automatyzacją procesów związanych z zarządzaniem wiedzą, są wystarczającymi przesłankami do stwierdzenia, że formalne metody reprezentacji wiedzy (również te bazujące na ontologiach) będą coraz powszechniej stosowane w organizacjach. Jest to istotny warunek, którego spełnienie pozwoli tworzyć systemy inteligentne potrafiące rozróżnić i odpowiednio interpretować semantykę poszczególnych pojęć¹⁶.

¹⁶ Z. Vetulani pisze wręcz, że: „Dysponowanie zaś systemami ontologicznymi [...] sprzyja, a czasem jest niezbędne technologiom wielod dziedzinowym czy wręcz globalnym, taki jak technologie przetwarzania wiedzy [...]”. Zob. Z. Vetulani, *Komunikacja człowiek z maszyną. Komputerowe modelowanie kompetencji językowej*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004.

Literatura

- Dąbrowski W., R. Hryniów, T. Pieciukiewicz, *Metody projektowania aplikacji internetowych*, w: *Inżynieria oprogramowania. Nowe wyzwania*, red. J. Górski, A. Wadziński, Wyd. WNT, Warszawa 2004.
- Gamma E., R. Helm, R. Johnson., J. Vlissides, *Wzorce projektowe. Elementy oprogramowania obiektowego wielokrotnego użytku*, Wyd. WNT, Warszawa 2000.
- Gołuchowski J., *Technologie informatyczne w zarządzaniu wiedzą w organizacji*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2005.
- Gołuchowski J., B. Filipczyk, *Perspektywy wykorzystania ontologii w procesie przetwarzania języka naturalnego w systemach zarządzani wiedzą*, w: *Systemy Wspomagania Organizacji SWO 2006*, red. H. Sroka, T. Porębska-Miąc, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2006.
- Morville P., L. Rosenfeld, *Architektura informacji w serwisach internetowych*, Helion, Gliwice 2003.
- Schauerhuber A. et al., *A survey on web modeling approaches for ubiquitous web applications*, „International Journal of Web Information Systems” 2008, nr 4.
- Skórka S., *Architektura informacji, czyli stare wino w nowej butelce*, „Konspekt” 2004, nr 19.
- Terra J.C., C. Gordon, *Realizing the Promise of Corporate Portals: Leveraging Knowledge for Business Success*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington 2003.
- Vetulani Z., *Komunikacja człowiek z maszyną. Komputerowe modelowanie kompetencji językowej*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004.
- Ziomba E., *Projektowanie portali korporacyjnych dla organizacji opartych na wiedzy*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice 2009.