PRACE NAUKOWE
Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS
of Wrocław University of Economics

Nr 328

Taksonomia 23
Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania

Redaktorzy naukowi
Krzysztof Jajuga, Marek Walesiak

Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2014

Redaktor Wydawnictwa: Barbara Majewska
Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz
Korektor: Barbara Cibis
Łamanie: Beata Mazur
Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:
www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,
w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej www.dbc.wroc.pl,
The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,
a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon
http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się
na stronie internetowej Wydawnictwa
www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Tytuł dofinansowany ze środków Narodowego Banku Polskiego
oraz ze środków Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS

ISSN 1899-3192 (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)
ISSN 1505-9332 (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Summaries

PRACE NAUKOWE UNIWERSYTETU EKONOMICZNEGO WE WROCŁAWIU
RESEARCH PAPERS OF WROCŁAW UNIVERSITY OF ECONOMICS nr 328 • 2014
Taksonomia 23 ISSN 1899-3192
Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania

Janusz Tuchowski, Katarzyna Wójcik
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

KLASYFIKACJA OBIEKTÓW W SYSTEMIE KRAJOWYCH RAM KWALIFIKACJI OPISANYCH ZA POMOCĄ ONTOLOGII

Streszczenie: W artykule podjęto próbę wykorzystania wiedzy dziedzinowej do klasyfikacji obiektów występujących w Krajowych Ramach Kwalifikacji. Pierwszym etapem było zdefiniowanie ontologii pozwalającej na opis efektów kształcenia oraz programów kształcenia na poziomie szkolnictwa wyższego. W oparciu o tę ontologię przeprowadzono analizę programów kształcenia, proponując miarę podobieństwa programów kształcenia (na poziomie przedmiotów). Model został zbudowany z wykorzystaniem języka RDF/OWL, a do jego analizy użyto algorytmów zapisanych w języku Java. Jako dane posłużyły rzeczywiste informacje pochodzące z systemu Krajowych Ram Kwalifikacji wdrożonego na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie.

Słowa kluczowe: ontologia, data-mining, podobieństwo, taksonomia, sieć semantyczna.

1. Wstęp

Krajowe Ramy Kwalifikacji (KRK) to podstawowy element reformy szkolnictwa w Polsce [Rozporządzenie 2011]. Pozwalają one na definiowanie efektów kształcenia, które powinny zostać zrealizowane na poszczególnych poziomach kształcenia. Efekty kształcenia tworzą strukturę hierarchiczną reprezentującą wiedzę, umiejętności oraz kompetencje społeczne. Definiują one cele procesu kształcenia, a do ich realizacji służą programy kształcenia. Głównym celem KRK jest zwiększenie przejrzystości systemów szkolnictwa, w tym szkolnictwa wyższego, a co za tym idzie – mobilności osób uczących się, sposobów wydawania dyplomów oraz ułatwień w uznawaniu kwalifikacji absolwentów. System zapewnia również jednolity sposób opisania kwalifikacji zdobytych na każdym etapie uczenia się. W szkolnictwie wyższym opisy kształcenia, oferowanego studentom przez uczelnię, sformułowane zostały za pomocą wymagań, jakim powinien sprostać student po ukończeniu nauki w ramach danego cyklu kształcenia. Istotnym elementem w poprawie jakości procesu dydaktycznego staje się opracowanie systemu modelującego szeroko rozumiane programy kształcenia (plany studiów, przedmioty itp.).

Głównym celem artykułu jest klasyfikacja obiektów występujących w KRK (w tym przypadku przedmiotów). Zastosowane podejście wykorzystuje wiedzę dziedzinową reprezentowaną przez ontologię.

2. Metodologia badań

Zasoby informacyjne przygotowywane z myślą o bezpośrednim wykorzystaniu przez człowieka występują najczęściej w postaci tekstowej, liczbowej oraz graficznej. Są one prezentowane w bardzo przystępnej formie dla człowieka, ale taka postać nie jest dogodna do zautomatyzowania procesów przetwarzania.

Problem pogodzenia tych, w dużym stopniu sprzecznych, wymogów dotyczących postaci zasobów informacyjnych preferowanych przez człowieka oraz przez systemy komputerowe jest częściowo rozwiązywany przez stopniowe wzbogacanie tekstowej reprezentacji danych metainformacjami ułatwiającymi automatyczne przetwarzanie.

Wykorzystanie wiedzy dziedzinowej w procesie analizy danych zwiększa dokładność algorytmów wyszukujących czy też porównujących. Zmiany widoczne w sposobie udostępniania informacji określić można jako zastępowanie tekstowej reprezentacji danych (dokumenty) przez sieci semantyczne.

2.1. Sieć semantyczna i ontologie

Sieć semantyczna (*Semantic Web*) to sieć zawierająca elementy posiadające swoje znaczenie, zrozumiałe nie tylko dla ludzi, ale także dla aplikacji. Sama idea umożliwia automatyzację procesów przetwarzania wiedzy wraz z późniejszym wnioskowaniem pozwalającym dostarczyć odbiorcom inteligentnych usług. Najczęściej wykorzystywanymi definicjami związanymi z koncepcją sieci semantycznej są takie sformułowania, jak „dane czytelne dla maszyn" [Feigenbaum i in. 2007], „inteligentni agenci, „rozproszona baza danych", „automatyczna infrastruktura" [Berners-Lee i in., 2001] czy też „adnotacje".

Architektura sieci semantycznej to wielowarstwowa hierarchia wykorzystująca pokaźną liczbę standardów i technologii informatycznych zarówno już dostępnych (URI, XML, N3, RDF, OWL, SPARQL) jak i dopiero opracowywanych (RIF, inteligentni agenci, certyfikaty).

Sama sieć semantyczna obejmuje kilka zagadnień, między innymi:

a) definicje pojęć i obiektów (w tym również złożonych),
b) opis relacji pomiędzy pojęciami i obiektami,
c) sposób reprezentacji wiedzy dziedzinowej przy wykorzystaniu ontologii,
d) mechanizmy wnioskowania.

Opisana przez sieć semantyczną wiedza opiera się głównie na definicjach różnego rodzaju konceptów wykorzystywanych w danej dziedzinie (np. dane geopolityczne: koncept Kraj). Koncepty, inaczej nazywane pojęciami, mogą tworzyć po-

między sobą taksonomiczną hierarchię, zazwyczaj zbudowaną na zasadzie specjalizacji/generalizacji (np. koncept Region jest specjalizacją konceptu Kraj). Na bazie tak zdefiniowanych pojęć, które stanowią tylko abstrakcyjną specyfikację, możliwe jest tworzenie konkretnych obiektów (np. obiekt Polska zbudowany w oparciu o koncept Kraj).

Pomiędzy pojęciami i obiektami zachodzą relacje określające powiązania pomiędzy konkretnymi elementami. Najczęściej wykorzystywanym typem relacji jest relacja pomiędzy dwoma obiektami. Przykładowo obiekt Polska jest w relacji z obiektem Niemcy (relacja *graniczy*). Inne rodzaje relacji to między innymi relacje pomiędzy różnymi pojęciami (np. relacja między konceptem Kraj i Organizacja – relacja *jest Członkiem*) oraz relacje pomiędzy obiektami i pojęciami.

Wiedza domenowa przedstawiana jest głównie w postaci ontologii. Samo pojęcie ontologii zostało zaczerpnięte z filozofii, gdzie oznacza między innymi analizę pojęć i idei w celu ustalenia, co istnieje oraz jakie związki zachodzą pomiędzy istniejącymi elementami. Na potrzeby informatyki termin ontologii oznacza: „formalną specyfikację konceptualizacji pewnego obszaru wiedzy" [Gruber 1993]. Rozwijając termin podstawowy, ontologię można traktować jako reprezentację pewnej dziedziny wiedzy, na którą składa się zapis zbiorów pojęć i relacji między nimi. Pojęcia mogą mieć właściwości w postaci atrybutów, a instancje są traktowane jako reprezentacja obiektów rzeczywistych [Lula, Paliwoda-Pękosz 2008].

Przy projektowaniu ontologii wykorzystywane są metody kategoryzacji i hierarchizacji. Pewnym pojęciom abstrakcyjnym i grupom obiektów, mającym wspólne cechy, przyporządkowywane są nazwy (w ten sposób tworzone są klasy). Uzyskane klasy umieszczane są w strukturze hierarchicznej.

2.2. Podobieństwo obiektów

Podstawowym zagadnieniem rozpatrywanym w analizie danych, dostępnych w sieciach semantycznych, jest problem obliczenia podobieństwa lub odległości pomiędzy badanymi pojęciami czy też obiektami.

Porównywanie obiektów opisanych przez sieci semantyczne można rozpatrywać w aspekcie porównywania obiektów reprezentowanych przez wektory cech, porównywania hierarchicznej struktury pojęć uwzględnianych w ontologiach oraz porównywania relacji pomiędzy obiektami. Na potrzeby obliczenia podobieństwa całkowitego zostały zdefiniowane trzy rodzaje podobieństwa [Maedche, Zacharias 2001]:

- podobieństwo strukturalne (taksonomiczne) (*TS*) – podobieństwo obiektów opierające się na ich przynależności do hierarchii konceptów,
- podobieństwo relacyjne (*RS*) – podobieństwo obiektów na bazie ich relacji z innymi obiektami,
- podobieństwo atrybutów (*AS*) – podobieństwo obiektów związane z rodzajem i wartościami tych atrybutów.

Do obliczenia podobieństwa strukturalnego oraz relacyjnego zostały wykorzystane głównie miary podobieństwa przeznaczone dla grafów oraz drzew. Miary te bazują głównie na odległości edycyjnej, maksymalnym wspólnym podgrafie, minimalnym wspólnym nadgrafie oraz modelu przestrzeni wektorowej.

Dodatkowo do obliczenia podobieństwa atrybutów wykorzystane zostały miary związane z wartościami liczbowymi, łańcuchami znaków, tekstami, zbiorami oraz sekwencjami.

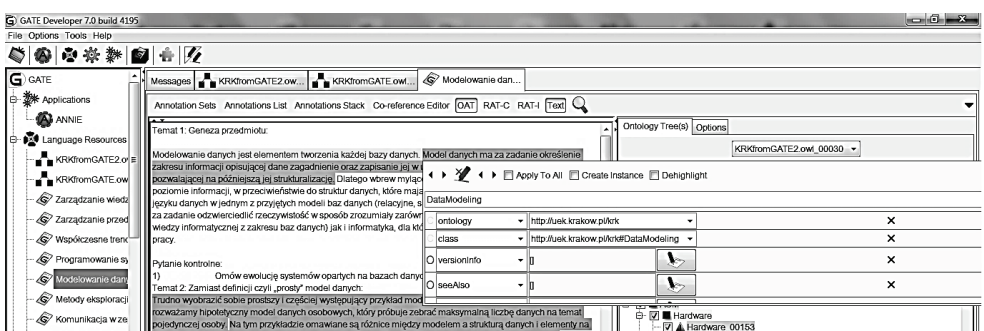
Podobieństwo całkowite $sim(I_1, I_2)$ pomiędzy dwoma obiektami zostało obliczone na podstawie zagregowania podobieństw cząstkowych [Lula, Paliwoda-Pękosz 2008].

$$sim(I_1, I_2) = f_{agr}\left(TS(I_1, I_2), RS(I_1, I_2), AS(I_1, I_2)\right), \quad (1)$$

gdzie I_1, I_2 to obiekty (instancje) brane pod uwagę przy obliczaniu podobieństwa, a f_{agr} to funkcja agregująca.

3. Badania empiryczne

Jako materiał badawczy wykorzystano rzeczywiste dane z kart przedmiotów, pozyskane z systemu Krajowych Ram Kwalifikacji wdrożonego na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie. Wybrano dziesięć przedmiotów prowadzonych na kierunku informatyka stosowana. Ekstrakcja danych polegała na wyciągnięciu opisów



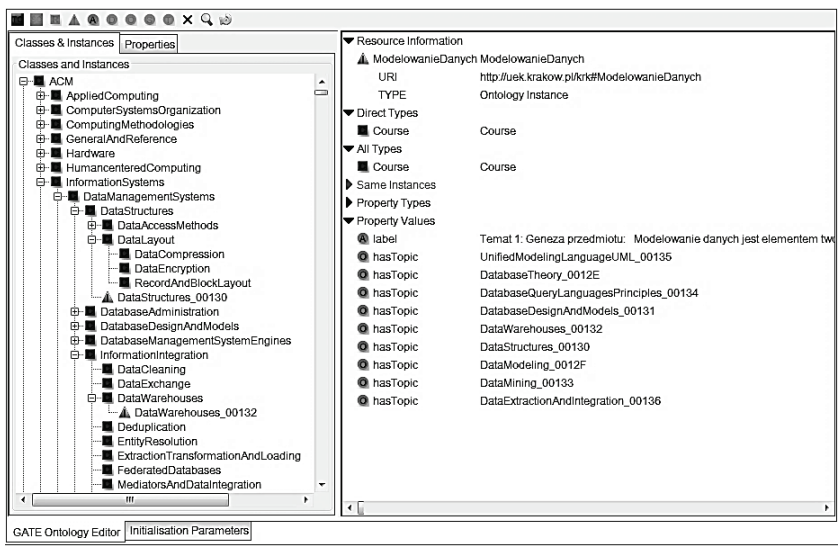
Rys. 1. Proces otagowania danych

Źródło: opracowanie własne – aplikacja GATE.

przedmiotów z plików HTML i zapisu ich w formie czystego tekstu. Wiedza domenowa w postaci ontologii została zbudowana na bazie dostępnego w sieci systemu klasyfikacji pojęć informatycznych ACM[1] (*Association for Computing Machinery*). Zastosowano ręczną konwersję danych ze standardu SKOS (*Simple Knowledge Organization System*) do przyjętego dla ontologii formatu OWL.

Przygotowane dane zostały wprowadzone do programu GATE[2] (*General Architecture for Text Engineering*) i poddane procesowi otagowania (rys. 1).

Każdy przedmiot stanowił instancję klasy **Course** i wchodził w relację *hasTopic* z wybranymi przez użytkownika instancjami klas ontologii **ACM** (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowa instancja klasy Course wraz z drzewem klasyfikacyjnym ACM

Źródło: opracowanie własne – aplikacja GATE.

Zbudowana w ten sposób ontologia końcowa została wprowadzona do autorskiej aplikacji OBCAS (*Ontology Based Clustering Analysis System*) [Tuchowski i in. 2011], wykorzystującej biblioteki SimPack[3] oraz Jena[4]. Zadaniem aplikacji było policzenie podobieństwa taksonomicznego pomiędzy klasami, z którymi badane instancje wchodzą w relacje. Do obliczeń wykorzystano miarę podobieństwa Dekang Lin [Lin 1998]:

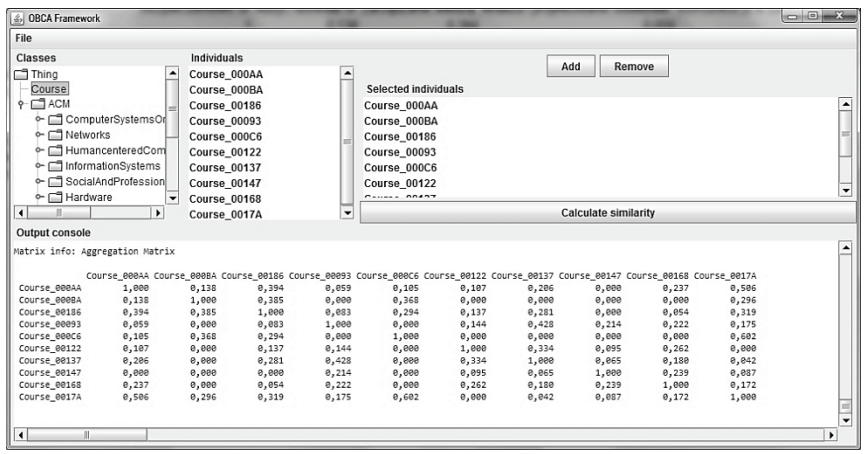
$$sim\left(C_1, C_2\right) = \frac{2\log\left(P\left(C_0\right)\right)}{\log\left(P\left(C_1\right)\right) + \log\left(P\left(C_2\right)\right)}, \tag{2}$$

[1] http://www.acm.org/about/class/2012 (3.07.2013).
[2] http://gate.ac.uk/ (7.07.2013).
[3] https://files.ifi.uzh.ch/ddis/oldweb/ddis/research/simpack/ (12-07-2013).
[4] http://jena.apache.org/ (25-06-2013).

gdzie $P(C_1)$, $P(C_2)$ to prawdopodobieństwa wystąpienia danej klasy, a $P(C_0)$ to prawdopodobieństwo wystąpienia najbliższej wspólnej klasy nadrzędnej. Poszczególne prawdopodobieństwa zostały obliczone na podstawie wzoru:

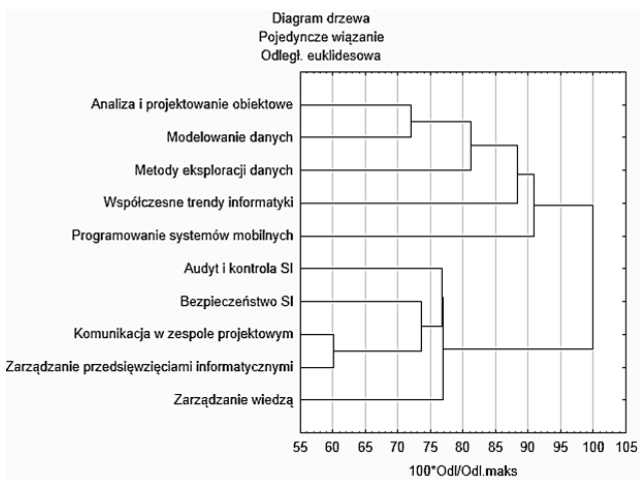
$$P(C) = \frac{1+z}{n}. \tag{3}$$

Gdzie z to liczba dzieci danej klasy, a n liczba wszystkich klas w ontologii. Jako korzeń przyjęto klasę **ACM**. Wyniki zostały zagregowane do jednej macierzy podobieństwa (rys. 3).



Rys. 3. Zagregowana macierz wyników – podobieństwo pomiędzy obiektami

Źródło: opracowanie własne – aplikacja OBCA.



Rys. 4. Otrzymane wyniki badań w formie dendrogramu

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane wyniki pozwoliły określić podobieństwo badanych obiektów (rys. 4).

Na dendrogramie (rys. 4) wyraźnie widać podział pomiędzy przedmiotami miękkimi a bardziej ścisłymi. Podział ten dość dobrze odzwierciedla rzeczywiste podobieństwo pomiędzy porównywanymi przedmiotami.

4. Podsumowanie

Otrzymane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że analiza porównawcza z wykorzystaniem ontologii jako bazy wiedzy przynosi wymierne korzyści. Zaproponowane rozwiązanie wymaga dalszych analiz uwzględniających większe zbiory danych wzbogacone o dodatkowe atrybuty badanych obiektów. Istotnym elementem wydaje się budowa jednolitej bazy wiedzy z wszystkich dziedzin nauki oraz przeniesienie etapu oznaczania poszczególnych przedmiotów z aplikacji na osoby tworzące sylabusy do przedmiotów. Ważną cechą wykorzystanego podejścia jest elastyczność wyboru różnych miar podobieństwa związanych z ontologiami.

Zaproponowane rozwiązanie ma wymiar praktyczny i może być wykorzystywane przez uczelnie w procesie tworzenia planów studiów budowanych zgodnie z wytycznymi KRK. Przykładowo pozwala ono na wyeliminowanie nadmiernego powtarzania się treści kształcenia na różnych przedmiotach w ramach jednego kierunku studiów.

Literatura

Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. (2001), *The Semantic Web*, „Scientific American" 284, s. 34-43.

Feigenbaum L., Herman I., Hongsermeier T., Neumann E., Stephens S. (2007), *The Semantic Web in action*, „Scientific American" 297, s. 64-71.

Gruber T.R. (1993), *A translation approach to portable ontology specifications*, „Knowledge Acquisition" 5, s. 199-220.

Lin D. (1998), *An information-theoretic definition of similarity*, Proceedings of the 15th International, Conference on Machine Learning, vol. 1, s. 296-304.

Lula P., Paliwoda-Pękosz G. (2008), *An ontology-based cluster analysis framework,* Proceedings of the first international workshop on Ontology-supported business intelligence – OBI '08 1-6.

Maedche A., Zacharias V. (2002), *Clustering Ontology-based Metadata in the Semantic Web*, Principles of Data Mining and Knowledge Discovery, Springer, Berlin – Heidelberg, s. 348-360.

Rozporządzenie (2011), Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 2 listopada 2011 r. w sprawie Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego (Dz.U. nr 253, poz.1520).

Tuchowski J., Wójcik K., Paliwoda-Pękosz G., Lula P. (2011), *OBCAS – Ontology Based Cluster Analysis System*, Research in Systems Analysis and Design: Models and Methods, Springer Berlin Heidelberg, s. 106-112.

CLASSIFICATION OF OBJECTS IN THE NATIONAL CLASSIFICATION FRAMEWORK DESCRIBED BY THE ONTOLOGY

Summary: This paper is an attempt to use domain knowledge to classify objects from the National Qualifications Framework. The first step was to define an ontology allowing to define the education effects and education programs at higher level of education. On the basis of this ontology an analysis of the learning programs was conducted offering education programs similarity measure (at the level of courses). The model was built using the RDF/OWL language, and its analysis was conducted using algorithms written in Java. The data that were used are actual ones from the National Qualifications Framework system implemented at the Cracow University of Economics.

Keywords: ontology, data-mining, similarity, taxonomy, semantic web.