



Helena Dudycz

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Zarządzania, Informatyki i Finansów
Katedra Technologii Informatycznych
helena.dudycz@ue.wroc.pl

ZASTOSOWANIE SIECI SEMANTYCZNEJ DO WIZUALIZACJI WIEDZY W SYSTEMACH INFORMATYCZNYCH W CELU WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI

Streszczenie: Obecnie wiele systemów informatycznych przeznaczonych dla kadry kierowniczej wykorzystuje wizualizację jako jedno z podstawowych rozwiązań do prezentacji informacji. Kluczowe staje się nie tylko pozyskanie informacji, ale również wiedzy z systemu informatycznego. Prowadzone są badania nad znalezieniem użytecznych metod graficznych pozwalających na wizualizację również wiedzy. W tym kontekście warte zauważenia są prace związane z ontologicznym podejściem do reprezentacji wiedzy w systemie informatycznym oraz jej prezentacją z użyciem wizualizacji sieci semantycznej. Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania wizualizacji sieci semantycznej do wizualizacji wiedzy z obszaru analizy wskaźników finansowych, aby wspomagać kadrę kierowniczą w procesie podejmowania decyzji.

Słowa kluczowe: wizualizacja, wizualizacja wiedzy, wizualizacja sieci semantycznej, podejmowanie decyzji.

JEL Classification: M15, O300.

Wprowadzenie

Kadra kierownicza podejmuje decyzje w warunkach: pewności, ryzyka lub niepewności. Jest to związane ze stopniem posiadanej przez menedżera wiedzy o przeszłych i przyszłych zdarzeniach oraz czynnikach wpływających na skutki rozpatrywanych przez niego kierunków działania. Menedżer podejmuje decyzję, opierając się na posiadanej przez siebie wiedzy oraz dostępnej wiedzy na temat

sytuacji decyzyjnej w przedsiębiorstwie i jego otoczeniu. W ostatnich latach, obok racjonalnego podejścia do podejmowania decyzji, coraz więcej w literaturze pisze się o podejściu behawioralnym [Borowski, 2014; Jaśko i in., 2015; Luoma, 2016; Newell i Shanks, 2014; Takemura, 2014].

Od kilkunastu lat trwają badania mające na celu efektywne wykorzystanie wizualizacji w procesie wyszukiwania w różnorodnych bazach danych istniejących w przedsiębiorstwach informacji, która może stać się nową wiedzą [Dudycz, 2013]. Jest to spowodowane m.in. uwarunkowaniami percepcyjnymi człowieka, gdyż prezentacja danych za pomocą metod graficznych ułatwia, a niekiedy wręcz umożliwia pozyskanie potrzebnych informacji. Dzięki wizualizacji danych kadra kierownicza jest w stanie wychwycić problemy, które przy wykorzystaniu standardowych metod analizy mogły pozostać niewykryte [Turban i in., 2007].

Prowadzone dotychczas badania dotyczące zastosowania wizualizacji sieci semantycznej w procesie podejmowania decyzji dotyczyły następujących obszarów: (1) zastosowania ontologii do reprezentacji wiedzy biznesowej w systemie informatycznym [Dudycz, 2013; Dudycz i Korczak, 2016]; (2) wizualizacji sieci semantycznej jako przyjaznego interfejsu [Dudycz, 2015]; (3) zastosowania ontologicznego podejścia do tworzenia modeli wiedzy dziedzinowej zapisanej w systemie informatycznym Business Intelligence [Korczak, Dudycz i Dyczkowski, 2013]; (4) koncepcji inteligentnego interfejsu wykorzystującego m.in. ontologiczną reprezentację wiedzy w systemie informatycznym [Dudycz i in., 2016]. Dwa ostatnie obszary koncentrują się na zastosowaniu ontologicznego podejścia do zapisania wiedzy, w tym ekspertów, w systemie wspomagającym podejmowanie decyzji. Jest to rozwiązanie, które wpisuje się w nurt racjonalnego podejścia do podejmowania decyzji. Podczas prowadzenia prac nad zastosowaniem interaktywnych metod wizualizacji, w tym w szczególności wizualizacji sieci semantycznej, w procesie podejmowania decyzji, pojawia się pytanie, jaka może być ich przydatność przy uwzględnieniu podejścia behawioralnego do podejmowania decyzji. Badania te koncentrują się na procesie podejmowania decyzji na podstawie prowadzonej analizy wskaźników ekonomicznych i finansowych. Kadra kierownicza, aby podejmować decyzje, musi analizować różnorodne wskaźniki ekonomiczne oceniające funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Studiując te miary, korzysta często z różnych programów analitycznych. Rozwój technologii informatycznych sprawił, iż kadra kierownicza ma wieloprzekrojowy dostęp do coraz liczniejszych danych przechowywanych w różnorodnych bazach danych oraz możliwość ich wielokryterialnego przetwarzania. Jednak dostępne rozwiązania dotyczące analizy wskaźników ekonomicznych skupiają

się na dostarczaniu informacji odzwierciedlającej zależności hierarchiczne (tj. *klasa – podklasa* lub *należy do*) między rozpatrywanymi miarami. Kadra kierownicza oczekuje również możliwości badania wskaźników ze względu na istniejące między nimi powiązania semantyczne (tj. relacje typu *zależy od*, *ma wpływ na*, *zwiększa wartość*, *zmniejsza wartość* itp.). Na poprawność wnioskowania w analizie wskaźników ekonomicznych i finansowych ma wpływ wiedza, stanowiąca często wiedzę ukrytą ekspertów, o różnorodnych relacjach istniejących między pojęciami ekonomiczno-finansowymi. Znajomość tych zależności przy analizie wartości wskaźników ekonomicznych i finansowych może skutkować pozyskaniem unikatowej informacji mogącej stanowić słabe sygnały świadczące o sytuacji zagrożenia firmy lub możliwości rozwoju.

Prowadzone badania opierają się na podejściu indukcyjnym, czyli wnioskowanie odbywa się na podstawie zebranych danych i faktów podczas prowadzonych eksperymentów, obserwacji oraz analizy przypadków opisywanych w literaturze.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania wizualizacji sieci semantycznej do wizualizacji wiedzy z obszaru analizy wskaźników finansowych, aby wspomagać kadre kierowniczą w procesie podejmowania decyzji. Struktura artykułu jest następująca: Krótko scharakteryzowano podejście racjonalne oraz behawioralne do podejmowania decyzji, wyjaśniono wizualizację informacji i wiedzy. Zastosowanie wizualizacji sieci semantycznej w procesie podejmowania decyzji przedstawiono na przykładzie analizy finansowej wskaźników. Artykuł zakończono podsumowaniem.

1. Podejście racjonalne i behawioralne do podejmowania decyzji

W rzeczywistości gospodarczej każdego przedsiębiorstwa występują przeważnie sytuacje decyzyjne, w których posiadane informacje są niepełne, a decydowanie przebiega w warunkach niepewności, która oznacza w praktyce możliwość wystąpienia odchylenia od przewidywanego wyniku danych działań. Mamy z nią do czynienia wtedy, gdy menedżer nie zna wszystkich elementów sytuacji problemowej i/lub zależności przyczynowo-skutkowych pomiędzy jej elementami, co nie pozwala mu na całkowite określenie rezultatów podejmowanych decyzji. Ogólnie można powiedzieć, że im pełniejszą informacją dysponuje menedżer, tym większa jest szansa wyboru najlepszego wariantu realizacyjnego. W literaturze są opisywane dwa podejścia do podejmowania decyzji, tj. racjonalne oraz behawioralne. Każde z nich opiera się na określonych przesłankach oraz założeniach.

W swojej klasycznej formie nauka ekonomii opiera się na założeniu racjonalności w podejmowaniu decyzji [Peterson, 2009]. Według tej teorii, aby działać rozsądnie, należy przede wszystkim ustalić, czy wybór zostanie podjęty w warunkach niepewności, czy ryzyka. Od momentu, w którym zdefiniowano racjonalność oraz elementy wyznaczające ją, tj. prawdopodobieństwo oraz użyteczność, to tzw. człowiek ekonomiczny (*economic man – homo oeconomicus*), określane również jako człowiek racjonalny, powinien oceniać oba parametry przy każdej podejmowanej decyzji [Fox, 2015], stosując zasadę maksymalizacji użyteczności. W racjonalnym postępowaniu założono, że menedżer doskonale potrafi zdefiniować problem, rozpoznać wszystkie kryteria decyzyjne, którym jest w stanie przypisać wagi, uwzględniając swoje cele i wartości. Następnie sporządza wykaz wszystkich istotnych możliwości, żeby wybrać najlepsze rozwiązanie [Meyer i Hutchinson, 2001]. Takie podejście jest określane jako racjonalność analityczna (określana również jako ilościowa, rachunkowa). W przypadku, gdy nie można zastosować zasady maksymalizacji użyteczności, stosowanej przy rozważaniu różnych typów racjonalności analitycznej, w teorii decyzji wprowadzono zasadę satysfakcji, zgodnie z którą podejmujący decyzję formułuje przed przystąpieniem do wyboru przedziały zadowalających go ocen, a następnie poprzestaje na pierwszym rozważanym wariantcie, którego oceny spełniają te ograniczenia [Szapiro, 1993, s. 39-40]. W ten sposób powstał nurt określane jako teoria ograniczonej racjonalności (*bounded rationality*) w podejmowaniu decyzji [Szapiro, 1993]. Podsumowując, w podejściu racjonalnym uważa się, że wszystkie decyzje podejmowane w przedsiębiorstwie oparte są na wnikliwej kalkulacji i analizie różnych opcji.

Podejścia behawioralne do podejmowania decyzji powstało na podstawie krytyki hipotezy o racjonalności menedżerów, ponieważ odkryto szereg anomalii podważających tę teorię [Craig i Tversky, 1995]. Dzięki analizie zachowań menedżerów zaczęto badania nad stworzeniem modelu człowieka emocjonalnego (*real man – homo sapiens oeconomicus*), a nie człowieka racjonalnego [Fox, 2015]. Klasyczna ekonomia zakłada, że jednostka zawsze działa racjonalnie. Natomiast zgodnie z behawioralnym podejściem na zachowanie menedżera ma wpływ presja emocji, chciwości, porywczosci, zachłanności, niecierpliwości, a także stres, zmęczenie, strach [Kahneman, 2011; Thaler i Sunstein, 2008]. Dyskusja wokół podejścia behawioralnego do podejmowania decyzji widoczna jest w nadaniu nowych znaczeń poszczególnym aspektom ekonomicznym, na które – według zwolenników tego nurtu – mają wpływ nauki psychologiczne oraz socjologiczne w zakresie dokonywania wyborów [Barberis i Thaler, 2003; Shiller, 2005]. Opisywane w literaturze liczne badania eksperymentalne po-

twierdzącą tezę, że racjonalny model podejmowania decyzji nie odzwierciedla rzeczywistego sposobu dokonywania wyborów [Camerer, 2003; Kahneman, 2006]. Obecnie obserwowany jest duży wzrost zainteresowania behawioralnym aspektem podejmowania decyzji [Ackert i Deaves, 2010]. Spowodowało to szersze zainteresowanie się problemem oceny racjonalności danego zachowania czy podjętej decyzji [Li, Ashkanasy i Ahlstrom, 2014].

Podsumowując, w podejściu racjonalnym menedżer wybiera wariant z najwyższą wartością zgodnie z zasadą maksymalizacji oczekiwanej wartości. W podejściu behawioralnym natomiast wskazuje się, że na podejmowane decyzje mają wpływ również emocje menedżera. Istotne jest podjęcie badań dotyczących sytuacji decyzyjnych, na które mają wpływ z jednej strony racjonalny umysł, z drugiej zaś – mniej racjonalne emocje, a zatem dotyczących ograniczonej racjonalności z uwzględnieniem podejścia behawioralnego.

2. Wizualizacja informacji i wiedzy

Wizualizacja jest definiowana jako interaktywna, graficzna reprezentacja danych realizowana z wykorzystaniem narzędzi informatycznych w celu rozszerzenia i wzmocnienia procesu poznania [Card, Mackinlay i Shneiderman, 1999]. Wraz z rozwojem takich dziedzin jak zarządzanie wiedzą, eksploracja danych czy odkrywanie wiedzy nastąpiło przejście od wizualizacji informacji (*information visualisation*) do wizualizacji wiedzy (*knowledge visualization*) [Zhu i Chen, 2005, s. 171; Reeve, 2010, s. 27-28]). Analiza prezentowanych w postaci graficznej danych ekonomicznych w połączeniu z wiedzą człowieka lub jego percepcyjnymi możliwościami pozwala wygenerować nowe, unikatowe informacje stanowiące nową wiedzę, np. odkryć zaskakujące, występujące korelacje pomiędzy danymi [Chen, 2006]. Wizualizację zaczęto interpretować również nie tylko jako metodę przekazywania informacji za pomocą elementów graficznych, lecz także jako metodę eksploracji zbiorów danych, wspomagającą użytkownika w identyfikowaniu wzorców, korelacji itp. [Zhu i Chen, 2005], czy też jako metodę reprezentacji wiedzy w celu usprawnienia transferu wiedzy [Eppler, 2004]. Na wizualizację wiedzy można również spojrzeć w kontekście następujących zastosowań [Eppler i Burkhard, 2004]:

- 1) w zarządzaniu wiedzą, ponieważ wizualizacja oferuje duży potencjał tworzenia nowej wiedzy, umożliwiając w ten sposób innowacje,
- 2) jako interfejs pozwalający na odwołanie się do wiedzy lub stanowiący jej strukturę,

3) jako efektywne podejście do nadmiaru informacji, gdzie wizualizacja przyczynia się do kompresji dużych ilości danych za pomocą m.in. różnych struktur analitycznych.

Najogólniejszy opis wizualizacji wiedzy wskazuje, że jest to użycie wizualnej prezentacji do poprawienia procesu tworzenia i przekazania wiedzy między co najmniej dwiema osobami, oznacza również wszystkie środki graficzne, które można wykorzystać do stworzenia i przekazania złożonych spostrzeżeń [Eppler i Burkhard, 2004]. Zastosowane formy graficzne dotyczące sposobów przedstawienia, ich treści, formatów itp. różnią się od tradycyjnych prezentacji, gdzie pod względem treści prezentują dane nie tylko opisowe oraz wartości numeryczne, ale także prognostyczne i perspektywiczne spostrzeżenia, zasady i relacje.

Trwają badania dotyczące możliwości zastosowania wizualizacji jako medium do przekazywania wiedzy, gdzie akcentuje się wykorzystanie wrodzonych zdolności człowieka do efektywnego przetwarzania wizualnych reprezentacji [Kudryavtsev i Gavrilova, 2017]. Wizualizacja wiedzy ma przede wszystkim na celu pogłębianie wiedzy, usprawnianie jej przekazu (również tej będącej w posiadaniu ludzi) pod względem szybkości i jakości [Eppler i Burkhard, 2004]. Istotne są również badania dotyczące wizualizacji informacji jako przydatnego narzędzia do działań integrujących wiedzę [Burley, 2010]), która: (1) umożliwia dostęp do dużych zbiorów danych i ich prezentację, często w sposób zagregowany oraz (2) usprawnia wyszukiwanie informacji (również w celu uzyskania nowych, dotychczas nieznanach).

Jednym z istotnych zagadnień do rozwiązania jest prezentacja kadrze kierowniczej różnorodnych zależności hierarchicznych oraz semantycznych między różnymi wskaźnikami ekonomicznymi i finansowymi. Wymaga to znalezienia intuicyjnych form reprezentacji danych, jak i wiedzy, pozwalających na interakcję użytkownika z systemem informatycznym. W tym obszarze są prowadzone prace nad wykorzystaniem sieci semantycznej stanowiącej zarówno sposób prezentacji określonego obszaru wiedzy, jak i interaktywny, wizualny interfejs [Dudycz, 2013]. Badania te wymagają podejścia kompleksowego, tzn. obejmującego następujące obszary: uwarunkowania zastosowania sieci semantycznej do prezentacji wiedzy finansów; wizualizację wiedzy oraz ontologiczne podejście do reprezentacji wiedzy w systemie informatycznym, wizualny interaktywny interfejs pozwalający na analizę różnorodnych zależności między wskaźnikami finansowymi oraz możliwości percepcyjne odbiorcy (bardzo duża liczba wyświetlanych pojęć i zależności między nimi). Badania te powinny objąć również problem niepewności w procesie podejmowania decyzji, ponieważ wizualizacja sieci semantycznej uwzględnia zarówno podejście racjonalne do podejmowania

decyzji (prezentując fakty oraz wiedzę zapisaną w systemie), jak i behawioralne (uwzględniając możliwości percepcyjne człowieka, ponieważ można uruchomić procesy dedukcyjne w jego umyśle, jak i wiedzę oraz doświadczenie zdobyte wcześniej, czyli jego intuicję).

3. Wizualizacja sieci semantycznej

Sieć semantyczna należy do szeroko stosowanych form reprezentacji wiedzy, gdzie istotne jest zwrócenie uwagi na wzajemne zależności występujące pomiędzy pojęciami (obiektami). Jest to struktura, w której węzły mogą prezentować pojęcia (obiekty) zarówno abstrakcyjne, jak i konkretne, natomiast łuki stanowią powiązania (relacje) między węzłami [Goczyła, 2011, s. 50], stanowiąc graficzną reprezentację pewnego rodzaju logiki [Gołuchowski, 2011, s. 62]. A zatem sieć semantyczna jest grafem (często grafem skierowanym) służącym do opisu wiedzy, gdzie wnioskowanie, czyli zdobywanie wiedzy, następuje w wyniku poruszania się po nim. Wyszukiwanie informacji przez użytkownika z użyciem sieci semantycznej wymaga jego aktywnego udziału, ale daje też możliwość zarówno indywidualnego zadawania pytań, jak i przeszukiwania, gdzie w wyniku dedukcji jest generowana wiedza.

Podstawę sieci semantycznej stanowi zbudowana ontologia. W literaturze można znaleźć wiele definicji ontologii, szeroki ich przegląd przedstawiono w [Arp, Smith i Spear, 2015]. 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 dotycząca modelu opisanego przez pojęcia oraz relacje istniejące między tymi pojęciami. Oznacza to, że gdy identyfikuje się pojęcia oraz powiązania występujące między nimi (włączając w to wzajemne relacje, związki przyczynowo-skutkowe oraz właściwości) z określonego obszaru dziedziny, następuje jej formalny opis w postaci modelu, który jest zrozumiały dla człowieka oraz możliwy do przetwarzania przez komputer. Ontologię można określić również jako graf uporządkowanych pojęć semantycznych, gdzie węzły stanowią wyróżnione pojęcia, natomiast istniejące między nimi relacje to łuki.

Problematyka wyszukiwania informacji z zastosowaniem sieci semantycznych jest przedmiotem wielu opracowań i dotyczy różnych obszarów [Dudycz, 2013; Ertek i in., 2015; Fu, Noy i Storey, 2013; Hirsch, Hosking i Grundy, 2009; Khalili i Auer, 2014; Korczak, Dudycz i Dyczkowski, 2013; Stab i in., 2012]. W badaniach tych szczególną uwagę zwraca się na rolę wizualizacji, która jest wieloaspektowa oraz umożliwia interaktywne wizualne wyszukiwanie informacji.

4. Przykład ilustrujący zastosowanie sieci semantycznej w analizie wskaźników finansowych

Analiza wskaźników finansowych polega na poznaniu przyczynowo-skutkowych zależności zachodzących między wskaźnikami finansowymi, stanowiących różne układy strukturalne (tj. *ratio pyramid*), umożliwiającą wewnętrzną, kompleksową ocenę działalności przedsiębiorstwa oraz antycypowanie jego rozwoju w przyszłości [Bednarski i Waśniewski, 1996, s. 532]. Wskaźniki finansowe stanowią relację co najmniej dwóch wielkości ustalonych w celu uzyskania założonych wartości poznawczych oraz o ściśle określonej interpretacji [Wędzki, 2006]. Pod względem stopnia agregacji danych (informacji) mogą to być miary syntetyczne lub cząstkowe, gdzie wskaźniki syntetyczne mogą stanowić sumę, różnicę, iloczyn lub iloraz wskaźników cząstkowych. Na podstawie danych finansowych pochodzących m.in. z rachunku przepływów pieniężnych, bilansu oraz rachunku zysków i strat można obliczyć kilkadziesiąt wskaźników finansowych, ponieważ nie istnieją normy ani akty prawne ograniczające zasady ich konstruowania. Kluczowa w tym względzie jest wiedza zarówno o ich interpretacji, jak i danych pochodzących ze sprawozdań finansowych¹.

Analiza wskaźników finansowych jest tym obszarem, gdzie mamy do czynienia z pozyskaniem unikatowej wiedzy będącej wynikiem połączenia doświadczenia i ukrytej wiedzy eksperta lub menedżera, przetwarzania danych przez system informatyczny oraz uzyskanych *ad hoc* istotnych informacji. Dlatego użyteczność prowadzonej analizy oraz przydatność informacyjna wskaźników zależą m.in. od dokładnego zrozumienia przez kadrę kierowniczą logiki obliczania tych miar oraz istniejących między nimi nie tylko powiązań strukturalnych, ale przede wszystkim semantycznych. Inaczej mówiąc, użyteczność przeprowadzonej analizy wskaźników finansowych zależy m.in. od wiedzy menedżera o istniejących powiązaniach zarówno strukturalnych, jak i semantycznych między analizowanymi wskaźnikami.

W niniejszym punkcie zostanie przedstawiony przykład ilustrujący jedynie fragment analizy finansowej z wykorzystaniem wizualizacji sieci semantycznej do analizy wskaźników oceniających prowadzoną przez przedsiębiorstwo działalność. Menedżer analizuje wartości takich wskaźników jak np.: *Return on Assets (ROA) ratio*, *Return on Equity (ROE) ratio*, *Return on Sales (ROS)*. Są to podstawowe wskaźniki syntetyczne analizowane w prawie każdym przedsiębiorstwie. Dla określonego obszaru wiedzy dotyczącej prowadzonej analizy wskaź-

¹ W pracy [Nita (red.), 2016] szeroko opisano studia przypadków związanych z występowaniem problemów w zakresie interpretacji sprawozdań finansowych oraz różnego rodzaju wskaźników.

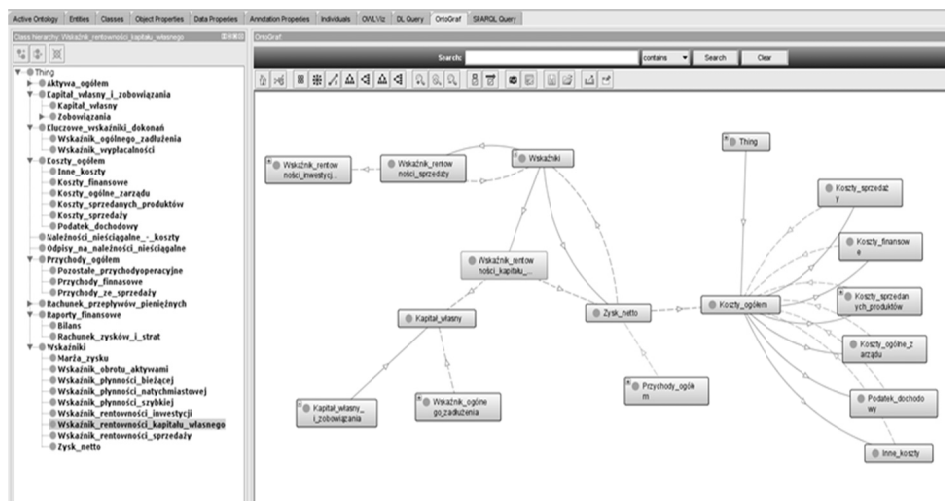
ników finansowych zbudowano ontologię, pozyskując wiedzę również od ekspertów [Dudycz i in., 2016]. W tym celu przeprowadzono m.in.: identyfikację wszystkich pojęć z określonego obszaru, zdefiniowano klasy oraz podklasy istniejące wśród tych pojęć, zamodelowano różnorodne zależności (tj. semantyczne) istniejące między pojęciami oraz zidentyfikowano wystąpienia relacji semantycznych. Ontologię zbudowano według podejścia opisanego w [Dudycz i Korczak, 2016] i zakodowano za pomocą edytora ontologii (Protégé ver. 4.1²).

Zastosowanie wizualizacji sieci semantycznej w analizie wskaźników finansowych zostanie zilustrowane za pomocą następującego przykładu: Menedżera interesuje możliwość starania się o kredyt bankowy. Z systemu informatycznego otrzymuje wartości wskaźników, które składają się na ocenę scoringową zdolności kredytowej. Wynika z nich, że przedsiębiorstwo ma złe parametry oceny rentowności, zwłaszcza wartość wskaźnika rentowności kapitału własnego (*Return on Equity*, ROE). Rozwijając sieć semantyczną ze względu na wskaźnik ROE, menedżer uzyskuje informację, że na jego wartość ma wpływ zysk netto oraz kapitał własny (rys. 1). W oknie wizualizacji w Protégé (moduł OntoGraf) zastosowano dwa rodzaje linii do oznaczenia zależności między pojęciami. Linia ciągła oznacza zależność taksonomiczną, a linie przerywane – zależności semantyczne, przy czym każdy kolor oznacza inny typ relacji. Celem podjętych przez menedżera działań jest identyfikacja przyczyn wystąpienia niekorzystnych dla firmy wartości wskaźnika ROE. Menedżer dalej rozwija sieć semantyczną ze względu na prowadzoną analizę ROE, która pozwala zidentyfikować powiązane z nim różnego rodzaju wskaźniki (analizuje *zysk netto* oraz dane mające wpływ na jego wynik, czyli *przychody ogółem* oraz *koszty ogółem*). Na podstawie tak zdobytej wiedzy analizuje raporty z systemu informatycznego przedstawiające wartości liczbowe. Na podstawie uzyskanych wniosków z przeprowadzonej analizy wskaźników finansowych menedżer może podjąć działania korygujące, które potencjalne mogą skutkować polepszeniem stanu firmy.

Przedstawiony przykład ma zilustrować jedynie sposób postępowania menedżera korzystającego z ontologicznego podejścia do reprezentacji wiedzy w systemie informatycznym oraz wizualizacji sieci semantycznej. W rzeczywistości analiza wskaźników finansowych mających wpływ na ocenę funkcjonowania przedsiębiorstwa jest bardziej wymagająca i szczegółowa. W takiej sytuacji wizualizacja różnorodnych zależności między danymi i wskaźnikami finansowymi może być narzędziem bardzo użytecznym dla menedżera. Wizualizacja

² Protégé jest to program typu *open source*, który zawiera moduł do zapisywania i edycji ontologii oraz moduł pozwalający na jej wizualizację [www 1].

powiązań i zależności istniejących pomiędzy różnymi pojęciami finansowymi sprawia, że interpretacja wskaźników jest łatwiejsza oraz może przyczynić się do znalezienia wyjaśnienia przyczyny wystąpienia ich aktualnych wartości (pozytywnych, jak i negatywnych dla firmy).



Rys. 1. Ilustracja analizy wskaźników ze względu na różnego rodzaju zależności semantyczne

Źródło: Opracowanie własne z wykorzystaniem programu Protégé³.

Jednak przydatność i użyteczność wizualizacji sieci semantycznej w analizie ekonomicznej będzie zależeć od funkcjonalności oraz – przede wszystkim – zastosowanego rozwiązania dotyczącego interfejsu użytkownika utworzonego, dedykowanego oprogramowania. W realizowanych badaniach jest wykorzystywane oprogramowanie *open source* (tj. moduł OntoGraph w programie Protégé), które na etapie studiów eksperymentalnych, również z udziałem użytkowników testujących prezentowane w niniejszym artykule podejście (aby stwierdzić m.in. uwarunkowania percepcyjne [Dudycz, 2015]), jest wystarczające. Konieczne jest natomiast podjęcie badań w celu analizy programów, technik i technologii oraz podejść do wizualizacji sieci semantycznej, aby wskazać zarówno najlepsze rozwiązania, które będą akceptowalne przez kadrę kierowniczą w procesie podejmowania decyzji, jak i opracować wymagania oraz rekomendacje w tym obszarze.

³ Sposób wyświetlania tekstu w prostokątach jest narzucony przez program – nie ma możliwości jego formatowania.

Podsumowanie

W niniejszym artykule skoncentrowano się na przedstawieniu wybranych aspektów zastosowania wizualizacji sieci semantycznej w procesie podejmowania decyzji. Rozwój zarządzania strategicznego i narastanie niepewności otoczenia stworzyły zapotrzebowanie na inny rodzaj informacji stanowiących podstawę podejmowania decyzji kierowniczych. Coraz istotniejsza jest analiza danych i wskaźników ekonomicznych oraz finansowych w celu identyfikacji zagrożeń dotyczących funkcjonowania przedsiębiorstwa lub identyfikacji potencjalnych szans rozwoju. Wczesne odebranie i właściwa interpretacja tych sygnałów sprawiają, że kierownictwo uzyskuje czas niezbędny do podjęcia odpowiednich działań. Z tym się wiąże następujący postulat stawiany systemom informatycznym przez kadre kierowniczą: możliwość pozyskiwania w sposób interaktywny potrzebnych informacji ze względu na powiązania kontekstowe z uwzględnieniem wiedzy z danego obszaru. W tym przypadku ontologia oraz wizualizacja jej w postaci sieci semantycznej wydają się kluczowymi elementami systemów wspomagających kadre kierowniczą w podejmowaniu decyzji.

Podsumowując, wymienione potrzeby kadry kierowniczej stawiają nowe wymagania wobec systemów informatycznych, przyczyniając się również do prowadzenia badań w celu znalezienia najlepszych i najefektywniejszych rozwiązań z użyciem interaktywnej wizualizacji. Z tym wiążą się trzy istotne zagadnienia. Pierwsze dotyczy znalezienia najlepszych złożonych graficznych form prezentacji stosowanej zarówno w standardowych raportach, jak i w różnorodnych tworzonych *ad hoc*, zwłaszcza do wspomagania podejmowania decyzji w warunkach niepewności. Drugie związane jest z dążeniem do utworzenia jak najbardziej użytecznego, interaktywnego interfejsu. Trzecie zaś dotyczy wykorzystania ontologicznej reprezentacji wiedzy oraz wizualizacji sieci semantycznej, identyfikacji oraz opracowania projektów skutecznych i bezpiecznych sekwencji decyzyjnych wraz z określeniem okoliczności, w których powinny zostać wdrożone.

Literatura

- Ackert L.F., Deaves R. (2010), *Behavioral Finance: Psychology, Decision Making and Markets*, South-Western Cengage Learning.
- Arp R., Smith B., Spear A.D. (2015), *Building Ontologies with Basic Formal Ontology*, MIT Press, Cambridge, Mass.

- Barberis N., Thaler R. (2003), *A Survey of Behavioral Finance* [w:] G.M. Constantinides, M. Harris, R. Shulz (eds.), *Handbook of the Economics of Finance*, Elsevier Science, New York.
- Bednarski L., Waśniowski R. (red.) (1996), *Analiza finansowa w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, t. I, Fundacja Rozwoju Rachunkowości w Polsce, Warszawa.
- Borowski K. (2014), *Finanse behawioralne. Modele*, Wydawnictwo Difin, Warszawa.
- Camerer C.F. (2003), *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*, Princeton University Press.
- Card S.K., Mackinlay J.D., Shneiderman B. (eds.) (1999), *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*, Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies, San Francisco.
- Chen C. (2006), *Information Visualization. Beyond the Horizon*, Springer-Verlag, London.
- Craig R.F., Tversky A. (1995), *Ambiguity Aversion and Comparative Ignorance*, „Quarterly Journal of Economics”, No. 110(3), s. 585-603.
- Dudycz H. (2015), *Usability of Business Information Semantic Network Search Visualization* [w:] M. Sikorski, A. Dittmar, K. Marasek, T. de Greef (eds.), *Proceedings of Multimedia, Interaction, Design and Innovation MIDI'15*, ACM Digital Library, ACM, New York, NY, USA, s. 1-9.
- Dudycz H. (2013), *Mapa pojęć jako wizualna reprezentacja wiedzy ekonomicznej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Dudycz H., Korczak J. (2016), *Process of Ontology Design for Business Intelligence System* [w:] E. Ziemba (ed.), *Information Technology for Management. Federated Conference on Computer Science and Information Systems, ISM 2015 and AITM 2015*, „Lecture Notes in Business Information Processing”, Vol. 243, Springer, s. 17-28.
- Dudycz H., Korczak J., Nita B., Oleksyk P. (2016), *Attempt to Extend Knowledge of Decision Support Systems for Small and Medium-Sized Enterprises* [w:] M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki (red.), *Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems September 11-14, 2016. Gdańsk, Poland*, „Annals of Computer Science and Information Systems”, Vol. 8, s. 1263-1271.
- Eppler M.E. (2004), *Facilitating Knowledge Communication through Joint Interactive Visualization*, „Journal of Universal Computer Science”, No. 10(6), s. 683-690.
- Eppler M.E., Burkhard R.A. (2004), *Knowledge Visualization. Towards a New Discipline and Its Fields of Application* [w:] *ICA Working Paper*, University of Lugano, Lugano.
- Ertek G., Tokdemir G., Sevinç M., Tunç M.M. (2015), *New Knowledge in Strategic Management through Visually Mining Semantic Networks*, „Information Systems Frontiers”, Springer US, s. 1-21.
- Fu B., Noy N.F., Storey M.-A. (2013), *Indented Tree or Graph? A Usability Study of Ontology Visualization Techniques in the Context of Class Mapping Evaluation* [w:] *ISWC '13 Proceedings of the 12th International Semantic Web Conference – Part I*, Springer-Verlag, New York, s. 117-134.

- Fox J. (2015), *From „Economic Man” to Behavioral Economics*, „Harvard Business Review”, No. 93, s. 79-85.
- Goczyła K. (2011), *Ontologie w systemach informatycznych*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.
- Gołuchowski J. (red.) (2011), *Wprowadzenie do inżynierii wiedzy. Podręcznik dla studentów I stopnia*, Difin, Warszawa.
- Gruber T.R. (1993), *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, „International Journal Human-Computer Studies”, Vol. 43, s. 907-928.
- Hirsch C., Hosking J.G., Grundy J.C. (2009), *Interactive Visualization Tools for Exploring the Semantic Graph of Large Knowledge Spaces* [w:] *In 1st Int'l Workshop on Visual Interfaces to the Social and the Semantic Web (VISSW 2009)*, Sanibel Island, Florida, 8th February.
- Jaśko K., Czernatowicz-Kukuczka A., Kossowska M., Czarna A.Z. (2015), *Individual Differences in Response to Uncertainty and Decision Making: The Role of Behavioral Inhibition System and Need for Closure*, „Motivation and Emotion”, Vol. 39, Iss. 4, s. 541-552.
- Kahneman D. (2011), *Thinking Fast and Slow*, New York, Farrar, Straus, Giroux.
- Kahneman D. (2006), *New Challenges to the Rationality Assumption* [w:] S. Lichtenstein, P. Slovic (eds.), *The Construction of Preference*, Cambridge University Press, New York, s. 487-503.
- Khalili A., Auer S. (2014), *WYSIWYM – Integrated Visualization, Exploration and Authoring of Semantically Enriched Un-Structured Content*, „Semantic Web Journal”, Vol. 6, No. 3, s. 259-275.
- Kudryavtsev D., Gavrilova T. (2017), *From Anarchy to System: A Novel Classification of Visual Knowledge Codification Techniques*, „Knowledge and Process Management”, Vol. 24(1), s. 3-13.
- Korczak J., Dudycz H., Dyczkowski M. (2013), *Design of Financial Knowledge in Dashboard for SME Managers* [w:] M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki (red.), *Proceedings of the 2013 FedCSIS 2013. Annals of Computer Science and Information Systems*, vol. 1, Computer Society Press, Warsaw, Los Alamitos, s. 1111-1118.
- Li Y., Ashkanasy N.M., Ahlstrom D. (2014), *The Rationality of Emotions: A Hybrid Process Model of Decision-Making under Uncertainty*, „Asia Pacific Journal of Management”, No. 31, s. 293-308.
- Luoma J. (2016), *Model-Based Organizational Decision Making: A Behavioral Lens*, „European Journal of Operational Research”, Vol. 249, Iss. 3, s. 816-826.
- Meyer R., Hutchinson J. (2001), *Bumbling Geniuses: The Power of Everyday Reasoning in Multistage Decision Making* [w:] S.J. Hoch, H.C. Kunreuther, R.E. Gunther (eds.), *Wharton on Making Decisions*, Wiley, New York, s. 37-62.
- Nita B. (red.) (2016), *Problemy analizy finansowej w praktyce. Studia przypadków w zakresie interpretacji sprawozdań finansowych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.

- Newell B., Shanks D.R. (2014), *Unconscious Influences on Decision Making: A Critical Review*, „Behavioral and Brain Sciences”, No. 37, s. 161.
- Peterson M. (2009), *An Introduction to Decision Theory*, Cambridge University Press, New York.
- Reeve L., Han H., Chen C. (2010), *Information Visualization and the Semantic Web* [w:] V. Geroimenko, C. Chen (red.), *Visualizing the Semantic Web. XML-Based Internet and Information Visualization*, Springer-Verlag, London, s. 19-44.
- Shiller R.J. (2005), *Irrational Exuberance*, Princeton University Press.
- Stab C., Nazemi K., Breyer M., Burkhardt D., Kohlhammer J. (2012), *Semantics Visualization for Fostering Search Result Comprehension* [w:] *The Semantic Web: Research and Applications. Proceedings: ESWC 2012*, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 7295, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, s. 633-646.
- Szapiro T. (1993), *Co decyduje o decyzji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Takemura K. (2014), *Behavioral Decision Theory: Psychological and Mathematical Descriptions of Human Choice Behaviour*, Springer Verlag.
- Thaler R.H., Sunstein C.R. (2008), *Impuls. Jak podejmować właściwe decyzje dotyczące zdrowia, dobrobytu i szczęścia*, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań.
- Turban E., Aronson J.E., Liang T., Sharda R. (2007), *Decision Support and Business Intelligence Systems*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Wędzki D. (2006), *Analiza wskaźnikowa sprawozdania finansowego*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- Zhu B., Chen H. (2005), *Information Visualization*, „Annual Review of Information Science and Technology”, No. 39, s. 139-177.
- [www 1] <http://protege.stanford.edu/>.

APPLICATION OF SEMANTIC NETWORK FOR KNOWLEDGE VISUALIZATION IN INFORMATION SYSTEMS

Summary: Currently many information systems for decision makers use visualization as one of main solutions for information presentation. It is becoming crucial to not only retrieve information, but also knowledge from information system. A lot of research on finding useful graphical method allowing visualization of knowledge is carried out. In this context studies on ontological approach to knowledge representation in information system and its presentation using semantic network visualization are worth noting. The goal of this paper is to present possibilities of using semantic network visualization for visualizing knowledge from area of financial indicators analysis to support decision making.

Keywords: visualization, knowledge visualization, semantic network visualization, decision making.