

Helena Dudycz

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

INTERAKTYWNA WIZUALIZACJA WSPOMAGAJĄCA EKSPLOMACJĘ DANYCH. KIERUNKI DAŁSZYCH BADAŃ

Streszczenie: Kadra kierownicza oczekuje od wizualizacji nie tylko realizacji funkcji prezentacyjnej, ale również wspomaganie w przeprowadzaniu różnego rodzaju analiz danych, w tym również w procesie eksploracji danych w celu zbadania alternatywnych wariantów rozwiązania problemu decyzyjnego. Celem niniejszego artykułu jest wskazanie zagadnień wymagających przeprowadzania badań weryfikujących zastosowanie interaktywnej wizualizacji w eksploracji danych. W związku z tym najpierw omówiono proces wizualnej eksploracji danych, następnie scharakteryzowano proces wizualnej analizy danych. Efektywność tych operacji zależy od właściwego doboru metod i technik wizualizacji, dlatego w kolejnym punkcie omówiono typologie metod wizualizacji w kontekście eksploracji danych. Na zakończenie niniejszego artykułu przedstawiono badania prowadzone nad wykorzystaniem mapy pojęć w wizualnej eksploracji danych.

Słowa kluczowe: wizualizacja, wizualna eksploracja danych, wizualna analiza danych.

1. Wstęp

Wraz z rozwojem systemów informatycznych dedykowanych kadrze kierowniczej, w tym klasy *business intelligence*, wzrastają wymagania menedżerów co do ich funkcjonalności. Spodziewają się oni od tych systemów również intuicyjnego interfejsu, który pozwoli na łatwy dostęp do danych, usprawniający przeprowadzanie dowolnych analiz w sposób elastyczny, w zależności od zaistniałego problemu decyzyjnego. Rosnące oczekiwania kadry kierowniczej dotyczą również wizualizacji, która nie tylko ma pełnić funkcję prezentacyjną (przekazywać informację za pomocą tradycyjnego wykresu czy schematu), ale również pozwolić na eksplorację danych i struktur w celu zbadania alternatywnych wariantów rozwiązania problemu. W literaturze wskazuje się, że wizualizacja za pomocą różnych metod graficznych powinna pozwolić na interaktywne przeglądanie, analizowanie, eksplorowanie oraz prezentowanie danych (zob. m.in. [Shneiderman 1996]). Determinuje to prowadzenie badań związanych z wizualną eksploracją danych. Studia te dotyczą

następujących obszarów: identyfikacji interaktywnych metod graficznych i ich właściwości przydatnych w procesie eksploracji danych, predyspozycji percepcyjnych człowieka z jego kreatywnością i ogólną wiedzą oraz możliwości technologii informatycznych z ogromnym potencjałem przetwarzania bardzo dużej liczby danych i ich przechowywania.

W niniejszych artykule skoncentrowano się na wskazaniu wybranych zagadnień wymagających prowadzenia badań weryfikujących zastosowanie interaktywnej wizualizacji w procesie eksploracji danych. W związku z tym omówiono proces wizualnej eksploracji danych i związane z nimi istotne kwestie wymagające rozpatrzenia. Następnie wskazano na wyodrębniony w ostatnim czasie proces wizualnej analizy danych, który determinuje dodatkowe uwarunkowania stawiane metodom graficznym. Dobór właściwej wizualizacji do procesu wyszukiwania informacji jest zdeterminowany z jednej strony jej przeznaczeniem, z drugiej zaś właściwościami zastosowanych obrazów graficznych. Stąd w kolejnym punkcie przedstawiono kryteria klasyfikacji metod istotne w kontekście wizualnej eksploracji danych. Na zakończenie niniejszego artykułu wskazano na badania prowadzone nad wykorzystaniem mapy pojęć w wizualnej eksploracji danych.

2. Proces wizualnej eksploracji danych

Podstawowym założeniem wizualnej eksploracji danych jest zastosowanie wielu graficznych form, pozwalających na bezpośrednie oddziaływanie użytkownika na analizowane dane w trakcie tego procesu [Keim 2002, s. 100]. Zdaniem M. Atzmuellera i F. Puppe'a wizualną eksplorację danych określają trzy podstawowe paradygmaty: wyszukiwanie, wizualizacja oraz interaktywna nawigacja [Atzmueller, Puppe 2005, s. 1753]. Najkrócej można stwierdzić, że wizualna eksploracja danych polega na użyciu metod graficznych umożliwiających interaktywne przeglądanie, analizowanie i pozyskiwanie potrzebnych w określonym momencie danych przez użytkownika, przy aktywnym jego współuczestniczeniu w tym procesie.

W literaturze przedmiotu najczęściej wskazuje się, że z wizualną eksploracją danych mamy do czynienia wówczas, jeśli w czasie tego procesu można realizować trzy etapy zdefiniowane przez B. Shneidermanna¹, tj. (zob. m.in. [Keim 2002, s. 100]):

- interaktywną identyfikację (*interactively by overview*), gdzie użytkownik wybiera interesujące go struktury, koncentrując się na jednej albo na wielu z nich,
- interaktywne przekształcanie (*zoom and filter zoom*), gdzie użytkownik może dokonać dynamicznych zmian widoku obrazu (włączając takie techniki, jak np. filtrowanie, zmiana rozmiarów obrazu i łączenie, wybór innej formy graficznej) stosownie do celów prowadzonej analizy danych,

¹ Te trzy etapy są określone jako *visual information seeking mantra* (zob. m.in. [Keim 2002]).

- zapytanie o szczegóły (*details-on-demand*), gdzie użytkownik ma możliwość wykonywania operacji typu *drill-down* w celu uzyskania dostępu do szczegółowych (źródłowych) danych.

W procesie eksploracji danych metody wizualizacji są użyteczne w pierwszej kolejności do pokazania ogólnego widoku danych, aby pozwolić użytkownikowi zidentyfikować interesujące go podzbiory lub struktury. Trzeba zastosować takie formy wizualizacji, które unikną przeładowania nieistotnymi w tym momencie danymi oraz zaprezentują najważniejsze informacje z punktu widzenia ich odbiorcy. Stanowi to podstawę do rozpoczęcia interaktywnego procesu wizualnej eksploracji. Po identyfikacji przez użytkownika interesujących go struktur, koncentruje się on na jednej lub wielu z nich. W tym momencie metody graficzne służą do przeprowadzania różnych operacji, np. filtrowania danych, gdzie istotną cechą jest możliwość ich modyfikacji ze względu na wymaganą szczegółowość prezentowanych danych. Na końcu zastosowane rozwiązanie graficzne powinno pozwolić na wykonywanie operacji typu *drill-down* w celu realizacji otrzymania szczegółowych danych na żądanie menedżera (zob. również [Dudycz 2009, s. 32-33]).

Przedstawiony opis eksploracji danych z wykorzystaniem metod graficznych wskazuje, że jest to proces kompleksowy, w którym użytkownik bierze aktywny udział. Metody wizualizacji danych zarówno wspierają każdy jego etap, jak i stanowią swoistego rodzaju interfejs, usprawniający interakcję człowieka z systemem informatycznym. Zdaniem V. Osińskiej mamy do czynienia z efektywnym interfejsem użytkownika wtedy, gdy pozwala realizować następujące zadania: obserwowanie, wyszukiwanie, nawigowanie, rozpoznawanie, filtrowanie, odkrywanie, zrozumienie oraz interakcję z coraz większymi zbiorami danych (zob. [Osińska 2006]). Weryfikując zastosowanie metod graficznych w eksploracji danych, należy prowadzić badania również pod kątem możliwości wykonywania wymienionych operacji w ramach zastosowanej wizualizacji.

Interaktywna wizualizacja w eksploracji danych pozwala na aktywne włączenie użytkownika do procesu wyszukiwania informacji, umożliwiając mu m.in. budowanie bardziej trafnych szczegółowych zapytań do konkretnego zbioru (zob. m.in. [Lopes i in. 2007, s. 316]) oraz ułatwiając dostrzeżenie powiązań między analizowanymi danymi. Prezentowanie danych za pomocą interaktywnej metody graficznej sprzyja odkrywczemu spojrzeniu na nie przez menedżera, pozwalając mu na formułowanie nowych hipotez oraz ich walidację. Takie podejście do wizualizacji procesu eksploracji danych jest obiecującym rozwiązaniem, ponieważ metody i techniki wizualne mogą zwiększyć skuteczność zastosowanych automatycznych metod eksploracji danych przez wykorzystanie percepcji i ogólnej wiedzy użytkownika (zob. m.in. [Keim, Schneidewind 2005, s. 1767]). Jest to bardzo ważne, zwłaszcza w sytuacji, gdy ta wiedza jest trudna lub wręcz niemożliwa do zakodowania w programie (zob. [Zhu, Chen 2005, s. 170]). Podsumowując, można wskazać na następujące korzyści zastosowania interaktywnej wizualizacji w procesie

eksploracji danych w porównaniu z automatycznymi technikami drążenia danych (zob. m.in. [Atzmueller, Puppe 2005, s. 1753; Dudycz 2002, s. 197; Keim 2002, s. 100]):

- łatwiejszy sposób postępowania z danymi występującymi w różnorodnych strukturach,
- bardziej intuicyjny sposób wyszukiwania informacji, nie wymagający od użytkownika rozumienia złożonych matematycznych i statystycznych algorytmów oraz parametrów,
- często szybsze przeprowadzanie procesu eksploracji danych, przez co uzyskuje się lepsze wyniki, zwłaszcza w sytuacjach, gdy zawodzą automatyczne algorytmy,
- pokonanie głównych problemów związanych z metodami automatycznej eksploracji danych, takich jak: brak akceptacji przez użytkownika odkrytych informacji lub jego ograniczone zaufanie do nich.

Opracowania pojawiające się w literaturze przedmiotu wskazują na potencjalne korzyści z zastosowania wizualizacji w eksploracji danych. Należy jednak prowadzić również badania dotyczące identyfikacji ograniczeń i barier użycia metod graficznych w tym procesie.

3. Proces wizualnej analizy danych

W literaturze coraz częściej w ramach wizualnej eksploracji danych wyróżnia się wizualną analizę danych (*visual data analysis*)² (zob. m.in. [Kruse i in. 2007]). Zwraca się tutaj uwagę na to, że kadra kierownicza coraz częściej ma do czynienia z ogromnymi zbiorami danych, zawierającymi często miliony rekordów, które pochodzą z różnorodnych źródeł. Zastosowanie interaktywnych metod wizualizacji w tym obszarze wynika z tego, że użycie graficznych obrazów w połączeniu z ludzką wiedzą i zdolnością do interakcyjnego wnioskowania umożliwia rozpoznawanie znanych już prawidłowości oraz odkrywanie jeszcze nieznanymi w obrębie analizowanych danych. W literaturze wskazuje się na następujące etapy w procesie wizualnej analizy danych³ [Keim i in. 2006]:

- analiza początkowa (*analyze first*),
- pokazanie istotnych danych (*show the important*),
- przekształcanie, filtrowanie i ponowna analiza (*zoom, filter, and analyze further*),
- zapytanie o szczegóły (*details-on-demand*).

Analogicznie jak przy wizualnej eksploracji danych, prezentacja graficzna stanowi tutaj pomost między możliwościami percepcyjnymi człowieka a technologiami informatycznymi. Zastosowanie interaktywnych wizualnych metod i technik pozwala na analizę zróżnicowanych danych co do ich treści i formatu. Wizualna

² Określaną także jako wizualną analizę (*visual analysis*) czy wizualną analitykę (*visual analytics*).

³ Określonych przez takich autorów, jak D. A. Keim, F. Mansmann, J. Schneidewind i H. Ziegler jako *visual analytics mantra* [Keim i in. 2006].

analiza jest przydatna w sytuacji, gdzie mamy w wielu przedsiębiorstwach do czynienia z mnogością danych. Umożliwia znalezienie istotnych wzorców w bazach danych, co sprzyja odkrywaniu nowych informacji oraz wiedzy dotyczącej zarówno przedsiębiorstwa, jak i jego otoczenia. Jest to możliwe poprzez połączenie metod obliczeniowych i wizualnych w jeden proces analizy danych (zob. [Schulz, Schumann 2006]). Wizualizacja, pozwalając użytkownikom łatwiej identyfikować wzory, gdzie automatyczne algorytmy mogą mieć trudności w ich zlokalizowaniu, odgrywa dwojaką rolę, tj. [Zhu, Chen 2005, s. 170]:

- wspomaga interakcję między użytkownikiem a danymi w eksploracji zbioru nieznanymi danymi poprzez zastosowanie technik wyświetlania (np. zmiana wielkości obrazu, „rybie oko”) oraz metod odwzorowania (np. mapy rozproszenia),
- wspomaga interakcję w procesie analitycznym eksploracji danych, gdzie występuje integracja algorytmów drażenia danych i różnorodnych technik wizualizacji w celu osiągnięcia efektywnego procesu analitycznego, zwłaszcza w sytuacjach, gdy dane są mało znane, a cel badania jest niedokładnie sprecyzowany.

Aby uzyskać korzyści z procesu wyszukiwania potrzebnych informacji w wizualnej analizie danych, trzeba dobrać właściwe metody graficzne umożliwiające operacje pozwalające na prezentację istotnych danych oraz na przekształcanie obrazu graficznego stanowiącego odpowiedni filtr w tych badaniach.

4. Wybrane typologie metod wizualizacji

W pracy pod redakcją S. Carda, J. Mackinlaya i B. Shneidermana wizualizację określa się jako interaktywną, graficzną reprezentację danych realizowaną z wykorzystaniem narzędzi informatycznych w celu rozszerzenia i wzmocnienia procesu poznania [*Readings in Information...* 1999, s. 6]. Z tej definicji wynika, że zastosowane metody graficzne powinny się cechować interaktywnością. Badania, które należy prowadzić w kontekście wizualnej eksploracji danych, związane są również z identyfikacją właściwości i możliwości metod graficznych umożliwiających interaktywny proces wyszukiwania oraz analizowania danych w celu pozyskania potrzebnych informacji. Rozpatrując wizualizację jako interaktywne narzędzie, należy zwrócić uwagę na typologie opracowane przez D. Keima oraz R. Lenglera i M. Epplera.

D. Keim, rozpatrując wizualizację jako istotne rozwiązanie wspomagające proces eksploracji danych, wyróżnia trzy kryteria podziału technik i metod wizualizacji, tj. [Keim 2002]:

- ze względu na rodzaj danych, który ma być zwizualizowany, gdzie wyróżnia rozwiązania pozwalające na wizualizację danych jednowymiarowych, dwuwymiarowych, wielowymiarowych, danych tekstowych (wraz z hipertekstem), hierarchii i diagramów oraz algorytmów i oprogramowania;

- ze względu na zastosowane techniki wizualizacji, gdzie wyróżnia dwu-, trzy-wymiarowe obrazy, przekształcone geometrycznie obrazy, odwzorowania w postaci ikon, obrazy z dużą gęstością punktów oraz obrazy wypełnione elementami;
- ze względu na zastosowanie technik interaktywnych i przekształceń, gdzie wyróżnia metody pozwalające na interaktywne odwzorowania (*interactive projection*), interaktywne filtrowanie (*interactive filtering*), interaktywną zmianę widoku (*interactive zooming*), interaktywne przekształcanie (*interactive distortion*) oraz interaktywne łączenie i odświeżanie (*interactive linking and brushing*).

Badając metody graficzne w kontekście interaktywnej wizualnej eksploracji danych, warto zwrócić uwagę na ostatnie wymienione kryterium. Można je potraktować jako wskazanie cech pożądanych wizualizacji zastosowanej w eksploracji danych. Stąd należy prowadzić badania dotyczące metod graficznych w celu wytypowania tych, które pozwolą na przeprowadzanie interaktywnie różnorodnych operacji przekształcania obrazu przez użytkownika w celu uzyskania pożądanego widoku danych.

W kontekście zastosowania wizualizacji w procesie eksploracji danych interesująca jest również typologia opracowana przez R. Lenglera i M. Epplera (zob. [Lengler, Eppler]). W swoim podejściu wyróżnili cztery kryteria klasyfikacji⁴, z których w kontekście niniejszego artykułu na uwagę zasługują dwa: ze względu na przeznaczenie metod graficznych oraz ze względu na wymaganą szczegółowość prezentowanych danych w zależności od zadania⁵.

Przyjmując za kryterium przeznaczenie wizualizacji, R. Lengler i M. Eppler wyróżnili sześć grup (zob. [Lengler, Eppler]):

1. Wizualizacja danych (*data visualization*) – są to metody pozwalające na prezentację danych ilościowych przede wszystkim za pomocą tabel oraz wykresów. Są używane głównie do uzyskania zestawienia danych. Przykładowe metody graficzne to wykres kołowy, słupkowy oraz liniowy.

2. Wizualizacja informacji (*information visualization*) – są to metody wykorzystywane do wizualnej reprezentacji danych w celu wzmocnienia procesu poznania, tzn. że dane są przekształcone w obraz, który może być modyfikowany przez użytkownika w celu dalszego procesu wyszukiwania potrzebnych informacji. Przykładowymi metodami interaktywnymi zaliczanymi do tej grupy są sieci semantyczne oraz mapy drzewa (*treemaps*).

⁴ Autorzy opracowali typologię metod wizualizacji, bazując na logice oraz wyglądzie tablicy Mendelejewa (układu okresowego pierwiastków chemicznych).

⁵ Pozostałe dwa kryteria dotyczą podziału metod graficznych ze względu na proces poznawczy (metody wizualizacji pomocne w wyrażaniu ukrytej wiedzy lub pozwalające na stymulowanie nowych opinii) oraz ze względu na reprezentowane informacje dotyczące albo struktury, albo procesu (zob. [Lengler, Eppler]).

3. Wizualizacja koncepcji (*concept visualization*) – są to metody pozwalające na graficzną prezentację pomysłów, planów, projektów itp. dzięki zastosowaniu reguł oraz procedur umożliwiających ich odwzorowanie. Przykładowe metody graficzne to mapy koncepcji, wykres Gantta oraz Pert.

4. Wizualizacja metafor (*metaphor visualization*) – są to metody graficzne, które za pomocą stosunkowo prostych szablonów pozwalają skutecznie przekazać często złożone spostrzeżenia. Metody te, poprzez organizację położenia elementów graficznych wskazują strukturę, poprzez zaś najważniejsze cechy metafory przedstawiają daną wiedzę lub informacje. Przykładowe metody graficzne należące do tej grupy to koncepcja lejka oraz góry lodowej.

5. Wizualizacja strategii (*strategy visualization*) – są to metody, które stosowane systematycznie usprawniają opracowanie, analizę oraz realizację strategii w organizacji gospodarczej. Metody te mają ogromne znaczenie w zarządzaniu. Znanymi rozwiązaniami należącymi do tej grupy są schematy organizacyjne oraz macierz BGC.

6. Wizualizacja złożona (*compound visualization*) – są to metody, które są połączeniem różnych form graficznych należących do wymienionych wcześniej grup, z których każda reprezentuje różne dane. Elementy te mogą wystąpić na obrazie graficznym albo jako niezależne obiekty, albo zastosowane w celu skorelowania informacji w jednej prezentacji. Przykładem takiej metody jest rozbudowana mapa wiedzy, zawierająca schematyczne i metaforyczne elementy historyjki wzbogacone o wykresy ilustrujące dane ilościowe.

W przedstawionej typologii wizualizacji niektóre z metod graficznych można zaliczyć do więcej niż jednej grupy. Na przykład wiele metod należących do wizualizacji strategii wskazanych przez autorów tej typologii można zaliczyć również do grupy metod wizualizacji koncepcji. Granica między tymi dwiema kategoriami metod zależy od rozstrzygnięcia, czy dana metoda pozwala bardziej zwizualizować zagadnienia związane z zarządzaniem organizacją gospodarczą, czy też lepiej prezentuje specyficzną, określoną wiedzę.

Drugim kryterium podziału metod graficznych przedstawionym przez Lenglera oraz Epplera w kontekście interaktywności jest sposób prezentacji danych. Autorzy wyodrębnili trzy grupy metod (zob. [Lengler, Eppler]):

- dające ogólny widok na dane – np. wykres słupkowy,
- pokazujące szczegółowe dane – np. diagram związków encji,
- dostarczające zarówno ogólny widok, jak i szczegóły – np. diagram przepływu.

Do tej ostatniej grupy zaliczane są metody, które pozwalają na wizualną eksplorację danych zgodnie z opisaną przez B. Shneidermanna wymaganą funkcjonalnością w tym procesie.

Analizując systemy informatyczne dedykowane kadrze kierowniczej, pozwalające na interaktywną wizualizację danych, można zauważyć tendencję do równoczesnego stosowania wielu metod graficznych. Wiele z tych rozwiązań powstało

na bazie programu Polaris (szerzej opisanego m.in. w [Stolte, Tang, Hanrahan 2002]). Dotyczą one m.in. wykorzystania wizualizacji w interaktywnych technikach filtrowania dużych wielowymiarowych baz danych. Funkcjonalność ta pozwala na przeprowadzanie analizy danych za pomocą interakcyjnych wykresów umożliwiających przechodzenie od informacji ogólnych do szczegółowych. Podstawę tych operacji często stanowi funkcja tabeli przestawnej wraz z aktywnymi wykresami. W tym obszarze prowadzone są nadal badania dotyczące wizualnej analizy coraz liczniejszych zbiorów. Wśród tych studiów na uwagę zasługują rozwiązanie DataMeadow (szerzej opisane w [Elmqvist, Stasko, Tsigas 2008]), zawierające połączenie wielu metod graficznych, którego celem jest umożliwienie użytkownikom tworzenie zaawansowanych zapytań poprzez iteracyjną wizualizację filtrowania wielowymiarowych baz danych. Trochę inne podejście zastosowano w tworzonym systemie Prefuse (szerzej opisanym w [Heer, Card, Landay]), gdzie zastosowane metody graficzne pozwalają na interaktywną wizualizację danych strukturalnych i niestructuralnych. Zastosowano w nim m.in. technikę drzewa hiperbolicznego oraz mapy drzewa, które umożliwiają wizualizację tysięcy elementów danych. Program ten, poprzez integrację wielu metod graficznych, pozwala na zaawansowane operacje na danych, w tym na wizualne filtrowanie, interaktywną zmianę widoku obrazu oraz jego przekształcanie. Innym rozwiązaniem wymagającym również badań dotyczących interaktywnej wizualizacji jest standard mapy pojęć (*topic map*). Są już prowadzone studia weryfikujące (szerzej opisane m.in. w [Dudycz, Korczak 2009; Korczak, Dudycz 2009]) jej możliwości podczas eksploracji danych w trakcie prowadzenia analizy wskaźników ekonomicznych.

Wymienione metody graficzne w ramach omawianych typologii wymagają dalszych badań nad ich praktycznym wykorzystaniem w wizualnej eksploracji danych.

5. Zastosowanie mapy pojęć w wizualnej eksploracji danych

Koncepcja mapy pojęć jest rozwiązaniem, które może efektywnie wspomóc eksplorację danych, ułatwiając pozyskiwanie istotnych informacji z różnorodnych baz danych. Geneza jej powstania wiąże się z potrzebą stworzenia technologii pozwalającej na uporządkowanie dużej liczby zasobów informacyjnych w ramach ich semantycznego indeksu. Ze względu na możliwości mapy pojęć (szerzej opisanych m.in. w [Dudycz 2009, s. 34-36]) można zaadaptować tę koncepcję jako narzędzie wizualnej eksploracji danych z systemu informatycznego zaimplementowanego w przedsiębiorstwie. Z prowadzonych badań wynika, że wyszukiwanie potrzebnych danych może być realizowane w następujący sposób [Dudycz, Korczak 2009, s. 258]:

- poprzez podanie nazwy pojęcia,
- poprzez wskazanie pojęcia w wyświetlonej strukturze ich hierarchii,
- poprzez interaktywną zmianę obszaru wyświetlanego obrazu mapy pojęć i wykonywania operacji typu *drill-down* w zasobach podłączonych do wybranych pojęć.

Rozpatrując te trzy sposoby wyszukiwania informacji, należy zwrócić szczególną uwagę w kontekście wizualnej eksploracji danych na ostatnie podejście. Na bazie wyświetlonej struktury semantycznej pojęć występuje możliwość interaktywnego wybierania analizowanych zagadnień (pojęć lub relacji), zmieniania obszaru prezentowanych szczegółów oraz zobaczenia danych źródłowych związanych z określonym pojęciem. Operacje te użytkownik realizuje za pomocą graficznego interfejsu, który umożliwi łatwą nawigację po mapie pojęć. Jedną z zalet tego podejścia jest to, że z poziomu pojęciowego, gdzie występują znane kadry kierowniczej nazwy, w łatwy i szybki sposób można przejść do potrzebnych w danym momencie szczegółowych danych znajdujących się w różnorodnych raportach, zestawieniach lub bazach danych. Ten sposób wyszukiwania potrzebnych informacji za pomocą mapy pojęć pozwala na wizualną eksplorację danych zgodnie z zaleceniami zdefiniowanymi przez B. Shneidermanna. Ważnym zagadnieniem wymagającym dalszych badań jest proces interaktywnego przekształcania obrazu poprzez operacje zmiany widoku. Taka modyfikacja obrazu jest rozpatrywana w literaturze przedmiotu jako propozycja podstawowej techniki wizualizacji realizowanej w eksploracji danych (zob. m.in. [Atzmueller, Puppe 2005, s. 1764]).

Zastosowanie mapy pojęć jako narzędzia wizualnej eksploracji danych jest stosunkowo nową koncepcją, ale o potencjalnie dużych możliwościach jej praktycznego wykorzystania w systemach informatycznych funkcjonujących w przedsiębiorstwach. Wymaga to jednak dalszych badań weryfikujących przydatność tego rozwiązania.

6. Podsumowanie

W niniejszym artykule omówiono zagadnienia dotyczące rozwoju wizualizacji w kierunku zastosowania interaktywnych metod graficznych w procesie eksploracji danych. Scharakteryzowano również wizualną analizę danych jako obszar wyodrębniany w ramach eksploracji danych. Przedstawiono typologie metod graficznych ze względu na kryteria istotne przy charakterystyce rozwiązań przydatnych w interaktywnym procesie wizualnej eksploracji danych. Wskazano na konieczność prowadzenia badań weryfikujących przydatność zastosowania mapy pojęć jako narzędzia wizualnej eksploracji danych.

Prowadzenie studiów dotyczących różnorodnych sposobów eksploracji danych pozwoli udostępnić menedżerom narzędzia umożliwiające sprawniejsze poznanie oraz zbadanie alternatywnych wariantów podejmowanych decyzji. Na uwagę zasługuje dążenie do stosowania obrazów graficznych zarówno odpowiednich do celu prezentacji, jak i czytelnych dla kadry kierowniczej, które mogą pełnić funkcję przyjaznego interfejsu ułatwiającego pozyskanie potrzebnych informacji. Dalsze prace związane z wykorzystaniem wizualizacji w procesie eksploracji danych będą realizowane zarówno w kierunku weryfikacji wybranych metod graficznych jako

narzędzia wspomagającego proces pozyskiwania istotnych informacji, jak i analizy ograniczeń związanych z ich użyciem.

Literatura

- Atzmueller M., Puppe F., *Semi-Automatic Visual Subgroup Mining using VIKAMINE*, "Journal of Universal Computer Science" 2005, vol. 11, no. 11, s. 1752-1765.
- Dudycz H., *Identyfikacja ograniczeń zastosowania mapy pojęć w wizualnej eksploracji danych*, [w:] *Technologie informatyczne w zarządzaniu organizacjami – wybrane zagadnienia*, red. B. Czarnacka-Chrobot, A. Kobyliński, A. Sobczak, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych, z. 19, SGH, Warszawa 2009, s. 27-47.
- Dudycz H., *Przykładowe kierunki rozwoju wizualizacji w działalności przedsiębiorstw*, [w:] *Komputerowe wspomaganie zarządzania i procesów decyzyjnych w gospodarce*, red. J. Studziński, L. Drelichowski, O. Hryniewicz, Seria: Badania Systemowe, t. 31, PAN, Instytut Badań Systemowych Warszawa 2002, s. 191-200.
- Dudycz H., Korczak J., *Wizualna eksploracja danych finansowych za pomocą mapy pojęć*, [w:] *Systemy wspomaganie organizacji SWO'2009*, t. 2, red. T. Porębska-Miąc, H. Sroka, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009, s. 253-263.
- Elmqvist N., Stasko J., Tsigas P., *DataMeadow: a visual canvas for analysis of large-scale multivariate data*, "Information Visualization" 2008, no. 7, s. 18-33.
- Heer J.J., Card S.K., Landay J.A., *Prefuse: a toolkit for interactive information visualization*, <http://citeseerx.ist.psu.edu>.
- Keim D.A., *Information visualization and visual data mining*, "IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics" 2002, vol. 7, no. 1, s. 100-107.
- Keim D.A., Mansmann F., Schneidewind J., Ziegler H., *Challenges in visual data analysis*, [w:] Proceedings of the 10th International Conference on Information Visualization, 2006, s. 9-16.
- Keim D.A., Schneidewind J., *Scalable visual data exploration of large data sets via MultiResolution*, "Journal of Universal Computer Science" 2005, vol. 11, no. 11, s. 1766-1779.
- Korczak J., Dudycz H., *Approach to Visualisation of Financial Information using Topic Maps*, [w:] *Information Management*, eds. B.F. Kubiak, A. Korowicki, Gdansk University Press, Gdansk 2009, s. 86-97.
- Kruse R., Borgelt C., Nauck D.D., van Eck N.J., Steinbrecher M., *The role of soft computing in intelligent data analysis*, Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, IEEE Press, Piscataway, USA 2007, s. 9-17, http://www.borgelt.net/papers/sc_ida.pdf.
- Lengler R., Eppler M.J., *Towards a Periodic Table of Visualization Methods for Management*, IASTED Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering, Clearwater, Florida, USA 2007, http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.pdf.
- Lopes A.A., Pinho R., Paulovich F.V., Minghim R., *Visual text mining using association rules*, "Computer & Graphics" 2007, 31, s. 316-326.
- Osińska V., *Przybliżenie semantyczne w wizualizacji informacji w Internecie i bibliotekach cyfrowych*, [w:] Biuletyn EBIB, red. B. Bednarek-Michalska, 2006, nr 7, <http://www.ebib.info/2006/77/osinska.php>.
- Readings in Information Visualization, Using Vision to Think*, eds. S.K. Card, J.D. Mackinlay, B. Shneiderman, Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies, San Francisco 1999.
- Schulz H.J., Schumann H., *Visualizing graphs – a generalized view*, [w:] Proceedings of the 10th International Conference on Information Visualization, 2006, s. 166-173.

- Shneiderman B., *The eyes have it: A task by data type taxonomy of information visualizations*, Proceedings of IEEE Visual Languages, 1996, s. 336-343.
- Stolte C., Tang D., Hanrahan P., *Polaris: A system for query, analysis, and visualization of multidimensional relational databases*, "IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics", 2002, no. 8, s. 52-65.
- Zhu B., Chen H., *Information visualization*, "Annual Review of Information Science and Technology", 2005, vol. 39, s. 139-177.

INTERACTIVE VISUALIZATION SUPPORTING DATA EXPLORATION. DIRECTIONS FOR FURTHER RESEARCH

Summary: Decision makers carry out different analyses of data by using information technology system. The data of these analyses are increasingly presented in graphic way. However, decision makers expect visualization not only to present data but also to support data exploration process in order to investigate alternative variants of solving a decision problem. The aim of this article is to indicate issues requiring carrying out research verifying the use of interactive visualization in data exploration. Therefore at first visual data exploration process is elaborated. Then visual data analysis process is characterized. The effectiveness of these operations depends on the appropriate selection of methods and visualization techniques that is why in the next point the classification of visualization methods on account of data exploration is elaborated. In conclusion of this article research conducted on the use of topic map in visual data exploration is presented.