



Paweł Lorek

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Ekonomii
Katedra Informatyki Ekonomicznej
pawel.lorek@ue.katowice.pl

EKSPLORACJA STRUKTUR GRAFOWYCH JAKO KONCEPCJA WSPIERANIA KREATYWNOŚCI*

Streszczenie: W artykule poruszono kwestię konieczności komputerowego wspierania kreatywności. Wspieranie to ma na celu poprawę poziomu innowacyjności przedsiębiorstw, a w końcowym efekcie – podniesienie poziomu konkurencyjności gospodarki w ujęciu ogólnokrajowym. Jako koncepcję wspierania kreatywności i innowacyjności zaproponowano eksplorację struktur grafowych. Wskazano również w jakich kontekstach funkcjonowania organizacji można wykorzystać wyniki przeprowadzonej eksploracji.

Słowa kluczowe: twórczość, kreatywność, teoria grafów, wizualizacja.

Wprowadzenie

Kreatywność oraz innowacyjność są we współczesnej ekonomii określane jako pojęcia kluczowe dla podtrzymania wzrostu gospodarczego i utrzymania oraz zwiększania poziomu konkurencyjności gospodarki. Pogląd ten znajduje swoje podstawy w szacunkowych określeniach granic możliwości gospodarek, opartych na eksploatacji zasobów naturalnych, rolnictwie i przemyśle ciężkim. Ścisłe określenie tych ograniczeń jest utrudnione ze względu na konieczność uwzględnienia wielu czynników, takich jak: położenie geograficzne, zasobność w surowce naturalne czy istniejący poziom industrializacji. Na ogół jednak, nawet bez dokładnego wyznaczenia tych granic, przyjmuje się, że przez samo ich istnienie należy wybrać inną, bardziej perspektywiczną ścieżkę rozwojową. Ścieżką tą ma być rozwój kapitału intelektualnego, a w szczególności czynności kreatywnych i innowacyjnych.

* Niniejsze opracowanie powstało w ramach grantu Narodowego Centrum Nauki nr DEC-2013/09B/HS4/00473 w projekcie pt. *Metodologia komputerowego wspierania twórczości organizacyjnej*.

Wyznaczenie alternatywnego kierunku rozwoju gospodarczego rodzi jednak wiele pytań i kontrowersji. Jedną z podstawowych kwestii do rozważenia jest sposób realizacji przedstawionych założeń. Często w tym kontekście poruszana jest kwestia konieczności reformy systemów oświatowych. Reformy te polegać mają na zachęcaniu uczniów do samodzielnej aktywności w zdobywaniu wiedzy oraz formułowania hipotez i opinii. Jednocześnie zakłada się obniżenie udziału ucznia w roli pasywnego odbiorcy. Podobne trendy można zaobserwować w podejściu do zarządzania przedsiębiorstwem. Zachęcanie pracowników do przedstawiania własnych opinii, koncepcji, metod rozwiązywania problemów, staje się powoli podstawą dla budowy kreatywnej organizacji. W związku z tym, w organizacjach pojawia się zapotrzebowanie na rozwiązania wspierające opracowywanie innowacyjnych rozwiązań.

Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji metody wspierania kreatywności za pomocą grafów pojęć.

1. Zarys wykorzystania teorii grafów w zastosowaniach ekonomicznych

Teoria grafów została sformułowana w XVIII w. przez szwajcarskiego matematyka L. Eulera [Wojciechowski, Pieńkosz, 2013]. Najczęściej graf definiowany jest jako niepusty i skończony zbiór elementów zwanych wierzchołkami) oraz skończony zbiór par węzłów, nazywanych krawędziami [Wilson, 2012, s. 19]. W zależności od tego, czy krawędzie są zbiorem par wierzchołków nieuporządkowanym czy uporządkowanym, mówi się o grafie nieskierowanym bądź skierowanym [Cormen, Leiserson, Rivest, 2000, s. 113]. Teoria grafów, będąca w swojej genezie jedynie teoretyczną koncepcją, znalazła zastosowanie w licznych dziedzinach praktycznych. Do zastosowań tych zalicza się, m.in. sterowanie przepływami w sieciach energetycznych i telekomunikacyjnych, analizowanie kontaktów w serwisach społecznościowych, modelowanie struktur związków chemicznych oraz struktur DNA, analiza układów elektronicznych. Teoria grafów jest również obecna w szeroko rozumianych zastosowaniach ekonomicznych. Szerokim polem dla zastosowań teorii grafów jest m.in. logistyka. W zakresie zastosowań logistycznych wyróżnić można analizowanie przepływów towarowych w łańcuchach dostaw [Scholtz-Reiter i in., 2011]. Często spotykanym zastosowaniem praktycznym w tej dziedzinie jest również poszukiwanie najkrótszej możliwej trasy przejazdu [Gen i in., 2008, s. 164]. Struktury danych oparte na grafach są również wykorzystywane w analizie sieci zależności podmiotów operujących na różnego rodzaju rynkach. W tym podejściu oś

zagadnienia stanowi identyfikacja interakcji między poszczególnymi uczestnikami rynku, co ma prowadzić do lepszego zrozumienia specyfiki i sposobu funkcjonowania analizowanego segmentu rynkowego [Jackson, 2010]. W dziedzinie zarządzania interesująca wydaje się analiza interakcji w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa. Przedstawienie przepływu informacji między określonymi jednostkami organizacyjnymi, może pozwolić na ujawnienie istniejącej nieformalnie struktury organizacyjnej, której rola może okazać się istotniejsza w stosunku do struktury oficjalnej [König, Battiston, 2009, s. 26].

W marketingu powszechnie stosowanym rozwiązaniem jest pozycjonowanie materiałów promocyjnych. Zastosowanie to, oparte na eksploracji struktur grafowych, umożliwi dopasowanie prezentacji ofert do użytkowników o określonym zachowaniu. Pod pojęciem „zachowania” rozumiana jest charakterystyka użytkownika, wynikająca z historii przeglądanych stron internetowych oraz fraz wpisywanych w wyszukiwarkach. Uzyskiwaną korzyścią dla oferenta jest lepsze ukierunkowanie prezentowanej oferty, poprzez uwzględnienie w kanale prezentacji osób potencjalnie taką ofertą zainteresowanych. Dzięki takiemu podejściu, efektywność wysiłków marketingowych może zostać znacznie zwiększona [Easley, Kleinberg, 2010, s. 437]. Jednym z bardziej nowatorskich zastosowań teorii grafów jest predykcja rozwoju nastrojów społecznych i politycznych na podstawie informacji pozyskanych z serwisów społecznościowych [Schutt, O'Neil, 2015, s. 228]. Istotą zagadnienia jest w tym przypadku pozyskanie zawartości wpisów umieszczanych przez użytkowników, a następnie przetworzenie ich pod kątem ekstrakcji najczęściej występujących słów kluczowych, opisujących nastroje społeczne. Wizualizacja przetworzonych informacji pod postacią grafu ma umożliwiać wyrobienie opinii na temat sytuacji społeczno-gospodarczej w danym regionie oraz najbardziej prawdopodobnych zmian w sferze politycznej. Wynik tak przeprowadzonej analizy może okazać się bardzo istotną informacją w przypadku planowanych inwestycji zagranicznych, pozwalającą na lepsze oszacowanie ryzyka inwestycyjnego.

Opisane powyżej zastosowania mają niewątpliwie istotne przełożenie na pozycję rynkową przedsiębiorstwa, nie są jednak pomyślane jako narzędzia służące bezpośrednio do wspierania kreatywności na poziomie organizacyjnym. Można więc, w pewnym zakresie, uzasadnić twierdzenie, iż wykorzystanie teorii grafów w kontekście wspierania kreatywności i stymulowania innowacyjności jest słabo rozpoznaną kategorią badawczą.

2. Grafy w analizie pojęć tekstowych dla potrzeb wspierania kreatywności w organizacjach

Wspieranie kreatywności polega w pewnym sensie na usprawnieniu ludzkiego postrzegania. Zdolność do dostrzegania rzeczy nieoczywistych, niedostrzegalnych na pierwszy rzut oka, pozornie ze sobą niepowiązanych jest jedną z podstawowych umiejętności niezbędnych dla procesu twórczego. Ludzka percepcja napotyka jednak na liczne bariery. Jedną z podstawowych barier jest ilość koniecznych do przeanalizowania danych, która przeważnie jest dla ludzkich możliwości przeszkodą trudną do pokonania. Często już sam pobieżny ogląd ilości zgromadzonych danych i świadomość konieczności ich „ręcznej” analizy rodzi poczucie zniechęcenia i rezygnacji. Opisane zjawisko jest zresztą typowe dla wszelkich aktywności wymagających zaangażowania kapitału intelektualnego, a w szczególności dla czynności związanych z kreatywnością. Czynności te nieodłącznie związane są z dużym obciążeniem umysłowym oraz psychicznym [Wojtczuk-Turek, 2012, s. 211]. W tym kontekście wyłania się konieczność opracowania informatycznych narzędzi wspierania kreatywności, a w szczególności narzędzi pozwalających na odpowiednią organizację zgromadzonych danych oraz adekwatny sposób ich wizualizacji [Jakubczyc, Owoc, 2012, s. 112].

Opisane uwarunkowania były punktem wyjścia dla opracowania narzędzia wspierającego kreatywność. Idea funkcjonowania oparta została na organizacji zgromadzonych danych w postaci nieskierowanego grafu. Jego węzły stanowią analizowane dane w postaci łańcuchów tekstowych, natomiast krawędziami grafu będą istniejące odniesienia (relacje) między poszczególnymi pojęciami. Przedstawione podejście nawiązuje do paradygmatu tzw. analityki wizualnej, zakładającej dążenie do uzupełnienia ludzkiej spostrzegawczości, komputerowym przetwarzaniem danych i wizualizacją [Simoff, Böhlen, Mazeika, 2008, s. 3]. Dzięki zastosowaniu opisanego podejścia możliwe będzie dokonanie:

- identyfikacji najczęściej występujących węzłów,
- określenia stopnia pokrewieństwa pomiędzy poszczególnymi węzłami, dzięki wizualnemu przedstawieniu ich sąsiedztwa,
- wyznaczenia węzłów charakteryzujących się osobliwymi cechami (np. brakiem powiązań z pozostałymi węzłami lub zaskakująco dużą ich ilością).

Wizualna ocena, oparta na przedstawionych powyżej zasadach, powinna pozwolić na łatwiejsze dostrzeganie związków między określonymi pojęciami, pozornie niewykazującymi powiązania.

Wynik przykładowej analizy widoczny jest na rys 1. Analiza została wykonana na podstawie danych tekstowych, zawierających opinie konsumenckie na temat wybranych produktów z segmentu elektroniki użytkowej. Do analizy zo-

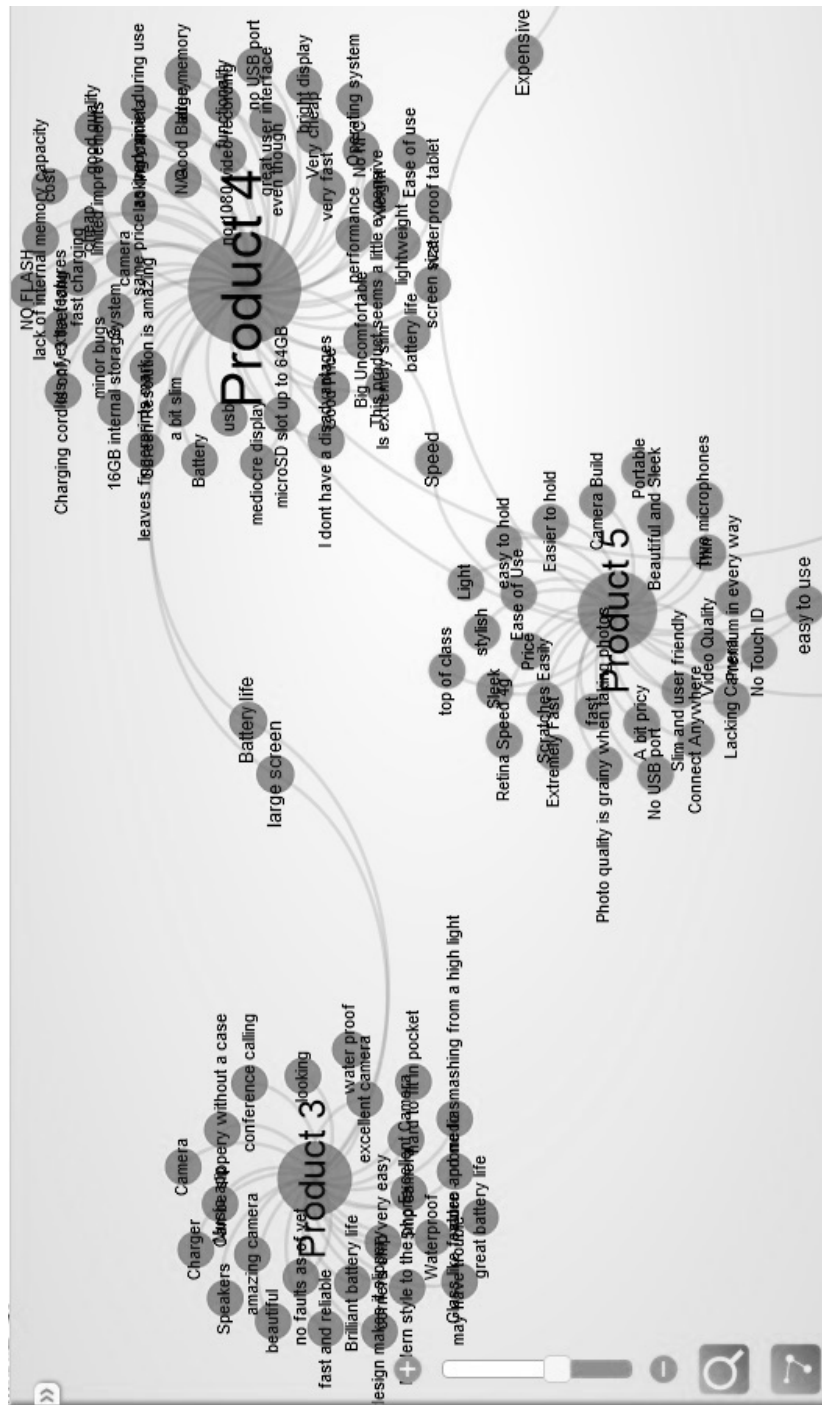
stał wykorzystany skrypt przygotowany w języku Python z wykorzystaniem biblioteki NetworkX 1.8.1 [www 1]. Warstwa wizualizacyjna została przygotowana z wykorzystaniem biblioteki Gephi 0.9.1.

Wygenerowana wizualizacja przedstawia strukturę grafu zorganizowaną wskutek działania algorytmu grupowania. W opisywanym przypadku wykorzystano algorytm ForceAtlas, dostępny w bibliotece Gephi [Bastian, Heymann, Jacomy, 2016]. Algorytm ten pozwala na wyodrębnienie węzłów reprezentujących pokrewne pojęcia (w tym przypadku produktów i przypisywanych im przez konsumentów cech), a co za tym idzie identyfikacji relacji istniejących pomiędzy analizowanymi pojęciami.

Pozyskana tą metodą informacja może być spożytkowana w różny sposób, w tym przy wspieraniu procesu innowacyjnego. Przykładowym zastosowaniem może być:

- identyfikacja cech najczęściej przypisywanych danym produktom,
- określenie pozycji rynkowej danego produktu, poprzez obserwację jego położenia na grafie względem pozostałych produktów,
- ustalenie relacji pomiędzy poszczególnymi produktami w drodze identyfikacji występowania węzłów współdzielonych,
- określenie stopnia podobieństwa, w świetle opinii konsumentckich, poszczególnych produktów,
- identyfikacja istnienia tzw. nisz rynkowych poprzez stwierdzenie braku obecności produktu zawierającego określone cechy pozytywne lub pozbawionego określonych wad,
- możliwość identyfikacji znaczenia cech nieokreślonych (np. „wysoka cena”, „irytujący wygląd” itp.).

Wymienione powyżej zastosowania z pewnością nie stanowią zamkniętej listy. Ustalenie kolejnych kontekstów organizacyjnych, w których opisywane podejście mogłoby znaleźć zastosowanie, jest wciąż sprawą otwartą i polem doświadczalnym dla przeprowadzenia dalszych badań w tym zakresie.



Rys. 1. Wizualizacja struktury grafu

Podsumowanie

Wspieranie szeroko pojętej kreatywności i innowacyjności staje się, dla krajów rozwiniętych gospodarczo, zagadnieniem coraz bardziej istotnym. Kapitałochłonne inwestycje w przemyśle ciężkim i wydobywczym stają się nie tylko nieefektywne w stymulowaniu rozwoju gospodarczego. Są także drogą do pułapki rozwojowej, polegającej na utrwaleniu dominacji sektorów pozbawionych perspektyw rozwojowych, podatnych na zachwiania koniunktury gospodarczej i generujących bardzo wysokie koszty zewnętrzne, zwłaszcza w zakresie środowiskowym. Zagadnienie to jest szczególnie aktualne w stosunku do polskiej gospodarki. Coraz częściej podkreśla się konieczność uwzględnienia zwiększania potencjału innowacyjnego przedsiębiorstw w celu m.in. uniknięcia pułapki średniego dochodu.

Otwartym polem do dyskusji jest jednak sposób osiągnięcia większego udziału innowacji w gospodarce. Jednym z możliwych podejść jest wdrożenie odpowiednich standardów organizacyjnych, ograniczających występowanie bodźców psychospołecznych, ujemnie oddziałujących na kreatywne inicjatywy pracowników. Kolejnym, możliwym do wdrożenia rozwiązaniem, wydaje się użycie komputerowych metod wspierania kreatywności na poziomie organizacji. Kształt tych narzędzi oraz ich końcowa funkcjonalność jest wciąż kwestią otwartą dla rozległych prac badawczych. Przykładowa koncepcja narzędzia wspierania kreatywności zaprezentowana w niniejszym artykule jest prawdopodobnie jednym z wielu możliwych do zastosowania sposobów. Należy podkreślić, iż wykorzystanie komputerowych metod wspierania kreatywności nie wyklucza konieczności stosowania zmian na poziomie zarządzania organizacją. Najbardziej prawdopodobna wydaje się wręcz hipoteza, że zwiększenie potencjału innowacyjnego organizacji będzie możliwe dzięki synergii oddziaływania obydwu tych czynników.

Literatura

- Bastian M., Heymann S., Jacomy M. (2016), *Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks*, gephi.org/publications/gephi-bastian-feb09.pdf (dostęp: 18.03.2016).
- Cormen T., Leiserson Ch., Rivest R. (2000), *Wprowadzenie do algorytmów*, WNT, Warszawa.
- Easley D., Kleinberg J. (2010), *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about Highly Connected World*, www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book/networks-book.pdf (dostęp: 7.03.2016).
- Gen M., Cheng R., Lin L. (2008), *Network Models and Optimization*, Springer Verlag, London.
- Jackson M. (2010), *An Overview of Social Networks and Economic Applications*, web.stanford.edu/~jacksonm/socialnetecon-chapter.pdf (dostęp: 22.02.2016).

- Jakubczyc J., Owoc M. (2012), *Idea wspomagania kreatywności decydenta za pomocą klasyfikacji kontekstowej*, Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, nr 113, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- König M., Battiston S. (2009), *From Graph Theory to Models of Economic Networks. A Tutorial* [w:] A. Naimzada, S. Stefani, A. Torriero (eds.), *Networks, Topology and Dynamics*, Springer, Berlin-Heidelberg.
- Scholz-Reiter B., Wirth F., Dashkovkiy S., Makuschewitz T., Schönlein M., Kosmykov M. (2011), *Structure-Preserving Model Reduction of Large Scale Logistics Networks*, "The European Physical Journal B", nr 84.
- Schutt R., O'Neil C. (2015), *Badanie danych. Raport z pierwszej linii działań*, Helion, Gliwice.
- Simoff S., Böhlen M., Mazeika A. (2008), *Visual Data Mining: An Introduction and Overview* [w:] S. Simoff, S. Böhlen, A. Mazeika (eds.), *Visual Data Mining Theory, Techniques and Tools for Visual Analytics*, Springer, Berlin-Heidelberg.
- Wilson R. (2012), *Wprowadzenie do teorii grafów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wojciechowski J., Pieńkosz K. (2013), *Grafy i sieci*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wojtczuk-Turek A. (2012), „*Ciemna strona*” kreatywności w organizacji – perspektywa podmiotowa i grupowa, Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, nr 114, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice.
- [www 1] strona internetowa biblioteki NetworkX, networkx.github.io (dostęp: 22.02.2016).

GRAPH EXPLORATION AS A CONCEPT FOR CREATIVITY SUPPORT

Summary: The article deals with the need for computer support of creative attitudes and creativity. The aim of supporting organizational creativity is improving the competitiveness of enterprises, which lead to improving the competitiveness of entire national economy. As the concept for supporting of creative attitudes and innovations, the graph exploration approach is proposed. There is also indicated in which context of organizations the results of performed analysis could be used.

Keywords: creativity, innovations, graph theory, visualisation.