

Beata BARCZAK
Paweł CABAŁA
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Wydział Zarządzania

IDENTYFIKACJA I POMIAR POZYCJI PODMIOTÓW W SIECIACH ORGANIZACYJNYCH¹

Streszczenie. W artykule zaprezentowano sposób określania pozycji podmiotów w sieciach organizacyjnych, z wykorzystaniem metod analizy sieciowej, które w skrócie nazywane są jako metody SNA (*Social Network Analysis*). Rosnąca popularność tego podejścia wynika obecnie nie tylko z potrzeby wykorzystania efektywnych narzędzi badania nowych form organizacyjnych, lecz także z coraz szerszej dostępności programów komputerowych, ułatwiających dokonywanie żmudnych obliczeń.

W pierwszej części artykułu przedstawiono główne założenia analizy sieciowej oraz pojęcie i miary centralności. Druga część przedstawia przykład wykorzystania analizy sieciowej do badania pozycji podmiotów w sieci organizacyjnej (centralności) na przykładzie wybranej sieci.

Słowa kluczowe: sieci organizacyjne, analiza sieciowa, centralność

IDENTIFICATION AND MEASUREMENT OF THE POSITION OF ACTORS IN ORGANIZATIONAL NETWORKS

Summary. The paper presents a method for determining the position of actors in organizational networks using network analysis methods that are called as a method of SNA (*Social Network Analysis*). The growing popularity of this approach does not only result from the need to use effective tools for the study of new forms of organization, but also with the wider availability of computer programs to help make tedious calculations.

¹ Artykuł powstał w ramach projektu *Model oceny efektywności sieci biznesowych*. Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/11/B/HS4/01030

The first part of the article presents the main points of network analysis and the concept and measure of centrality. The second part discusses the problem of using network analysis to examine the position of actors in the selected organizational network.

Keywords: organizational networks, network analysis, centrality

1. Uwagi wstępne

Jednym z podstawowych pytań analizy sieciowej jest pytanie o pozycję jednostki (podmiotu) w ramach sieci. Bardzo często formalna struktura organizacji nie odpowiada strukturze rzeczywistej, a nieformalne relacje i hierarchie mają coraz większe znaczenie w funkcjonowaniu poszczególnych podmiotów i całych organizacji. Kwestia wyznaczenia rzeczywistej pozycji jednostek w sieci jest podstawowym zagadnieniem wielu badań.

W artykule zaprezentowano sposób określania pozycji podmiotów w sieciach organizacyjnych, z wykorzystaniem metod analizy sieciowej, które w skrócie nazywane są jako metody SNA (*Social Network Analysis*). Początki analizy sieciowej są związane z powstaniem socjometrii, w której po raz pierwszy wykorzystano grafy do badania struktury grup społecznych. Rosnąca popularność analizy sieciowej wynika obecnie nie tylko z potrzeby wykorzystania efektywnych narzędzi badania nowych form organizacyjnych, lecz także z coraz szerszej dostępności programów komputerowych, ułatwiających dokonywanie żmudnych obliczeń.

W pierwszej części artykułu przedstawiono główne założenia analizy sieciowej oraz pojęcie i miary centralności. Druga część przedstawia przykład wykorzystania analizy sieciowej do badania pozycji podmiotów w sieci organizacyjnej (centralności) na przykładzie wybranej sieci.

Sieć jest najogólniej rozumiana jako system połączeń pomiędzy ludźmi lub jednostkami organizacyjnymi, tworzony w celu wymiany informacji, pomysłów (idei) oraz zasobów.

2. Analiza sieciowa i paradygmat strukturalny

Przy określaniu pozycji podmiotów w sieci² należy wziąć pod uwagę przesłanki i wskazania wynikające z analizy sieciowej. Analiza sieciowa jest szeroko stosowana w wielu dyscyplinach, przy badaniu bardzo różnych rodzajów zjawisk, takich jak: poznanie kształtowania się postaw, ruchliwości społecznej i ekonomicznej, dyfuzji innowacji i informacji, komunikacji, struktury wspólnot, firm, organizacji, stosunków międzyludzkich czy zachowań politycznych³. Czasem badane są nie tylko faktycznie istniejące sieci i relacje, ale również to, jak relacje są postrzegane przez poszczególnych aktorów (postrzeganie sieci). Metody analizy sieci społecznych pozwalają badać:

- Pozycję jednostek w strukturze.
- Grupy w ramach sieci.
- Globalne własności struktury całej sieci.

Analiza sieciowa wykorzystuje metody SNA (*Social Network Analysis*), czyli analizy sieci społecznych. Jest to obecnie dynamicznie rozwijająca się dziedzina wiedzy, w której wykorzystuje się teorię grafów do badań zjawisk społecznych. Przedmiotem analizy sieciowej są sieci tworzone przez różnego rodzaju „obiekty” społeczne – są nimi najczęściej ludzie, ale także grupy, firmy czy nawet państwa. Stanowią one węzły sieci i są ze sobą połączone relacjami, także o charakterze społecznym. Relacje mogą być symetryczne (np. komuniko-

² Sieć jest najogólniej rozumiana jako system połączeń pomiędzy ludźmi lub jednostkami organizacyjnymi, tworzony w celu wymiany informacji, pomysłów (idei) oraz zasobów. W niniejszym artykule przyjęliśmy następującą definicję: sieć organizacyjna może być rozpatrywana w ujęciu wewnętrznym (relacje między częściami organizacji i jej uczestnikami) i zewnętrznym (jako sieć międzyorganizacyjna). Sieć organizacyjna jest zatem układem relacji (powiązań) o charakterze zewnętrznym i/lub wewnętrznym pomiędzy elementami składowymi sieci, czyli jednostkami organizacyjnymi (np. działy, wydziały) i/lub niezależnymi podmiotami (np. przedsiębiorstwa, organizacje publiczne). W praktyce oznacza to powiązanie elementów rozmaitych organizacji i instytucji w różnorodne kombinacje sieciowe (zależnie od potrzeb), a ich liczba i charakter zdeterminowane są liczbą i rodzajem relacji zachodzących między elementami składowymi sieci. Relacje między elementami składowymi sieci mogą być wielostronne i przyjmować charakter:

- przepływów (informacji, zasobów ludzkich, rzeczowych, finansowych),
- interakcji (kooperacja, koordynacja, kontrola, konflikt, konkurencja, kooperacja).

Biorąc pod uwagę wewnętrzne postrzeganie sieci, należy podkreślić wzrost znaczenia wiedzy jako kluczowego zasobu pozwalającego budować wartość organizacji. Struktura sieciowa w tym rozumieniu stanowi wewnętrzną budowę organizacji (organizacja jako dynamiczna struktura o charakterze sieciowym), w której kluczową rolę odgrywają wewnętrzne relacje społeczne między pracownikami (np. tworzenie, przepływ i wykorzystywanie wiedzy) oraz relacje pomiędzy jednostkami organizacyjnymi jako elementami struktury organizacyjnej (sieci).

W ujęciu zewnętrznym struktura sieciowa występuje jako sieć międzyorganizacyjna (zwana także siecią strategicznego współdziałania), którą najczęściej definiuje się jako układ relacji międzyorganizacyjnych umożliwiający powiązanym ze sobą organizacjom realizację pewnego wspólnego zamysłu strategicznego, co podnosi ich łączną efektywność [Ebers M., 1997, s. 3; Van de Ven A., Poole M., 1995, s. 297]. Z definicji tej wynika, że jako sieci międzyorganizacyjne możemy kwalifikować wiele różnych form, jak np: aliance strategiczne, klastry, konsorcja, wspólne przedsięwzięcia badawczo-rozwojowe czy sieci biznesowe.

W artykule rozpatrujemy przypadek klastra, czyli sieci międzyorganizacyjnej.

³ Wasserman S., Faust K.: *Social Networks Analysis: Methods and applications. Structural analysis in the social sciences*. Cambridge University Press, Cambridge 2007, p. 14.

wanie się, współpraca – z definicji zawsze odwzajemniona) albo skierowane (np. pytanie o radę – które są jednostronne).

Metody analizy sieci społecznych są elementem szerszej tradycji określanej jako analiza strukturalna. Przedstawiciele tego nurtu stosują specyficzne metody badawcze, tworząc odrębne środowisko naukowe zorganizowane w międzynarodowym stowarzyszeniu INSNA – *International Network for Social Network Analysis*. Barry Wellman charakteryzuje tradycję badań sieci następująco: „analiza strukturalna to całościowy paradygmat, w ramach którego bada się, w jaki sposób wzorce powiązań wpływają na alokację zasobów w ramach struktury społecznej. Siła paradygmatu tkwi w zintegrowanym stosowaniu koncepcji teoretycznych, sposobie gromadzenia i analizy danych i rosnącym, znaczącym dorobku badawczym”⁴. Zwraca on uwagę na następujące charakterystyki paradygmatu strukturalnego⁵:

- Zachowania interpretuje się ze względu na ograniczenia strukturalne dla podejmowanych działań, a nie wewnętrzne siły występujące w analizowanych jednostkach, które zakładają dobrowolność zachowań.
- Przedmiotem analizy są relacje między jednostkami, a nie próba ich uporządkowania w kategorii ze względu na ich indywidualne cechy i atrybuty.
- Centralnym zagadnieniem jest wpływ wzorców relacji między uczestnikami sieci na jej działanie. Wynika z tego, iż nie przyjmuje się perspektywy ograniczającej zainteresowania do relacji między parami uczestników sieci.
- Strukturę traktuje się jako sieć sieci, które mogą być, ale nie muszą, podzielone na niezależne grupy. Nie przyjmuje się *a priori*, że gęsto powiązane grupy są jednostką budowy większych struktur.
- Metody analityczne są zorientowane bezpośrednio na badanie wzorców relacji w celu uzupełnienia, a czasem zastąpienia tradycyjnych metod analiz statystycznych, dla których konieczne jest wyodrębnienie jednostek analizy.

3. Pomiar centralności w sieci organizacyjnej

Centralność może być definiowana na podstawie lokalnego występowania we fragmencie analizowanej sieci – jako liczba bezpośrednich relacji bądź relacji o określonym stopniu oddalenia. Takie miary centralności pozwalają dobrze analizować efekty rozprzestrzeniania zjawisk w krótkim okresie czasu i w bezpośrednim sąsiedztwie węzłów. Można też wyprowadzić miarę centralności z charakterystyki całej sieci⁶.

⁴ Wellman B.: *Structural analysis: from method and metaphor to theory and substance*, [in:] Berkowitz S.W. (ed.): *Social structures: A Network Approach*. Cambridge University Press, Cambridge 1988, p. 31.

⁵ Ibidem.

⁶ Zdziarski M.: *Elita wewnętrznego kręgu i centralne firmy. Wyniki badań relacji przez rady nadzorcze w polskich spółkach giełdowych*. „Organizacja i Kierowanie”, nr 1(150), 2012, s. 28.

Podmioty z wysokimi wskaźnikami centralności najczęściej występują w roli liderów, kluczowych kanałów informacji i jest bardziej prawdopodobne, że są zdolne na najwcześniejsze wprowadzenie czegokolwiek, co rozprzestrzenia się w sieci (informacje, nowe produkty). Podmioty z niskimi wskaźnikami centralności można nazwać peryferyjnymi. Czasami niska centralność wskazuje na mniejszą aktywność podmiotów w sieci.

W praktyce, miar centralności może być wiele, a wybór właściwej zależy od charakterystyki badanych zjawisk i sposobu przepływu zasobów lub informacji w sieci⁷. Centralność jest określeniem ważności wierzchołka w ramach sieci, zatem wykorzystywana jest do wykrywania strukturalnie ważnych wierzchołków dla sieci, a wysoka wartość tego współczynnika oznacza duże znaczenie wierzchołka w sieci. W artykule opisane zostaną następujące rodzaje centralności sieci⁸:

- Centralność stopniowa (*degreecentrality*).
- Centralność bliskości (*closenesscentrality*).
- Centralność przechodniości (*betweennesscentrality*),
- Centralność wektora własnego (*eigenvectorcentrality*).

Centralność stopniowa (*degreecentrality*) jest najprostszą z miar centralności. Określa ona zróżnicowanie liczby połączeń posiadanych przez poszczególne węzły. Definicja centralności stopniowej opiera się na założeniu, że wierzchołek jest ważny dla sieci, kiedy włączony jest w wiele interakcji, a więc najprościej – ma wysoki stopień. Formalna definicja dla grafu nieskierowanego jest następująca:

$$C_d(v) = \text{deg}(v), \quad (1)$$

gdzie:

$C_d(v)$ – centralność stopniowa,

$\text{deg}(v)$ – stopień wierzchołka v .

Wartość C_d zawiera się w przedziale $[0,1]$. Centralizacja jest największa (równa 1), gdy zróżnicowanie jest duże (np. jeden węzeł skupia wiele połączeń, a pozostałe mają po jednym), a zerowa, gdy każdy węzeł ma tyle samo połączeń. Miara ta może być interpretowana jako zdolność węzłów do wywierania bezpośredniego wpływu na swych sąsiadów⁹ lub pozostawania pod wpływem sąsiadów.

Definicja centralności bliskości (*closenesscentrality*) opiera się na założeniu, że wierzchołek jest ważny, kiedy jest „blisko” innych wierzchołków i szybko może skomunikować się ze wszystkimi wierzchołkami w sieci. Formalna definicja jest następująca:

⁷ Borgatti S.: Centrality and network flow. „Social Networks”, No. 27, 2005, p. 55-71.

⁸ Freeman L.C.: Centrality in social networks: I. conceptual clarification. „Social Networks”, No. 1, 1979.

⁹ Ibidem.

$$C_c(u) = \sum_{v \in V} \delta(u, v), \quad (2)$$

gdzie:

$\delta(u, v)$ ¹⁰ – długość najkrótszej ścieżki między dwoma wierzchołkami grafu u i v .

Centralność bliskości danego wierzchołka to suma najkrótszych ścieżek między tym wierzchołkiem a wszystkimi pozostałymi wierzchołkami w grafie. Centralność bliskości mierzymy zatem jako przeciętną odległość jednostki od pozostałych węzłów sieci. Według L.C. Freemana miara centralności bliskości pozwala na badanie odporności jednostek na wpływ i ich zdolności na wywieranie wpływu. Pozwala ona też badać dłuższą perspektywę dotarcia informacji do znaczącej proporcji węzłów sieci¹¹.



Rys. 1. Podmioty, które mają dużą liczbę połączeń w ramach sieci – wysoka centralność bliskości

Fig. 1. Individuals who are highly connected to others within their own cluster – high closeness centrality

Źródło: Análisis de redessociales, Who is central to a social network? It depends on your centrality measure, <http://arsuns.blogspot.com/2013/10/centralidad-en-redes-sociales-depnde.html> [2014].

Wysoka centralność bliskości danego podmiotu sieci wskazuje, iż wywiera on wpływ na „społeczność lokalną” (podmioty znajdujące się najbliżej). Podmioty te mogą często nie odgrywać istotnej roli w całej sieci, ale często są one postrzegane lokalnie i mają znaczenie

¹⁰ Wartość $\delta(u, v)$ definiowana jest jako długość najkrótszej ścieżki między dwoma wierzchołkami grafu u i v . Dla grafów nieobciążonych długość ścieżki jest rozumiana jako ilość krawędzi na ścieżce, dla grafów obciążonych – jako suma wag krawędzi na ścieżce. Średnicę i ścieżkę charakterystyczną grafu definiujemy jako odpowiednio najdłuższą i średnią z wartości $\delta(u, v)$ po wszystkich parach u i v wierzchołków. Na podstawie badań stwierdzono, że w sieciach technologicznych i społecznych średnica i ścieżka charakterystyczna są relatywnie małe względem rozmiaru sieci. W literaturze określa się tę własność jako własność małego świata [7].

¹¹ Freeman L.C.: Centrality in social networks: I. conceptual clarification. „Social Networks”, No. 1, 1979, p. 215-239.

przy rozpowszechnianiu informacji w ich „społeczności lokalnej”. Wysoki stopień centralności bliskości wskazuje na podmioty, które mogą mieć dobre własności propagacji informacji i innych zjawisk.

Centralność przechodniości (*betweenness centrality*) została zdefiniowana na podstawie założenia, że ważny wierzchołek leży na relatywnie wielu ścieżkach pomiędzy pozostałymi wierzchołkami w sieci. Formalnie:

$$C_b(w) = \sum_{(u,v) \in V(w)} \frac{\sigma_{uv}(w)}{\sigma_{uv}}, \quad (3)$$

gdzie:

σ_{uv} – ilość ścieżek pomiędzy wierzchołkami u i v ,

$\sigma_{uv}(w)$ – ilość ścieżek pomiędzy wierzchołkami u i v , przechodzących przez w .

Ten rodzaj centralności jest związany z możliwością kontroli przepływu zasobów i transmisji informacji między węzłami sieci. Miara centralności przechodniości mówi o tym, jak często analizowana jednostka będzie występować na najkrótszej ścieżce relacji pomiędzy dwoma dowolnymi węzłami sieci¹².

Wysoka wartość wskaźnika wskazuje, że dane podmioty są często na przecięciach gęściej połączonych podmiotów w sieci (rys. 2). Podmioty te są dobrze przygotowane do pełnienia ról pośrednictwa, np. w wymianie informacji czy innych zasobów.



Rys. 2. Podmioty o wysokiej centralności przechodniości

Fig. 2. Those who act as bridges between clusters in the network – high betweenness centrality

Źródło: Análisis de redessociales, Who is central to a social network? It depends on your centrality measure, <http://arsuns.blogspot.com/2013/10/centralidad-en-redes-sociales-depende.html> [2014].

¹² Wasserman S., Faust K.: Social Networks Analysis: Methods and applications. Structural analysis in the social sciences. Cambridge University Press, Cambridge 2007.

Podmioty o wysokiej centralności przechodniości są często krytyczne dla współpracy wszystkich podmiotów i do utrzymania rozprzestrzeniania się zjawisk (np. nowego produktu) poprzez całą sieć. Z powodu ich lokalizacji między społecznościami sieciowymi są naturalnymi brokerami informacji i współpracy.

Wektor własny węzła (*eigenvector*) określa względną ważność węzła w sieci. Miara wektora własnego informuje, które węzły są powiązane z najbardziej powiązanymi węzłami. Wartość wektora własnego węzła jest proporcjonalna do wartości wektorów własnych węzłów, z którymi dany węzeł jest bezpośrednio połączony (rys. 3).



Rys. 3. Podmioty, mające dużą liczbę połączeń z innymi podmiotami, które zajmują ważną pozycję w sieci – wysoka centralność wektora własnego centralnego

Fig. 3. Highly connected individuals within highly interconnected clusters – high eigenvector centrality

Źródło: Análisis de redessociales, Who is central to a social network? It depends on your centrality measure, <http://arsuns.blogspot.com/2013/10/centralidad-en-redes-sociales-depnde.html> [2014].

Wysoka wartość wektora własnego centralnego wskazuje, że dane podmioty są liderami w sieci. Są to często podmioty, mające wiele połączeń z innymi podmiotami zajmującymi ważną pozycję w sieci.

4. Analiza centralności na przykładzie Wielkopolskiego Klastra Teleinformatycznego

4.1. Cel i przedmiot badań

Badanie ma na celu identyfikację podmiotów, zajmujących centralne pozycje w sieci relacji w ramach klastra. Zajmowanie centralnych pozycji daje potencjalnie większy dostęp

do informacji i zasobów udostępnianych w sieci¹³. W szczególności poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

- Które podmioty (jednostki) są bardziej centralne, a które położone na peryferiach?
- Które podmioty mają większe, a które mniejsze znaczenie?
- Jak jest znaczenie położenia w sieci dla dostępu do informacji i kontroli przepływów informacji (pozycja brokera)?
- Jak jest znaczenie pozycji w sieci dla dostępności szans i możliwości, którym podmiotom ich położenie w strukturze daje przewagę konkurencyjną, a wobec których jest ograniczające?
- Które jednostki dysponują większą władzą niż inne?

Podmiotem badania jest Wielkopolski Klaster Teleinformatyczny, który jest wspólną inicjatywą miasta Poznania, Politechniki Poznańskiej, Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego oraz poznańskich firm IT. Głównym powodem wyboru tego klastra do badania był fakt, iż posiada on cechy typowe dla tego typu układów sieciowych w Polsce. Klaster kieruje swoją działalność głównie do następujących podmiotów¹⁴:

- Jednostek naukowo-badawczych – partnerstwo technologiczne ICT, pomoc w zakresie komercjalizacji opracowań naukowych; wsparcie w pisaniu i koordynacja dużych projektów UE.
- Przedsiębiorstw ICT – ułatwienie wyboru partnerów technologicznych, kontakt z kluczowymi graczami w branży, wsparcie w zakresie analiz rynkowych, marketingu i promocji, reprezentowanie na forum ogólnopolskim i europejskim.
- Jednostek administracji – weryfikacja techniczna koncepcji ICT, opracowywanie projektów wykonalności, doradztwo w zakresie doboru technologii i specjalizowanej wiedzy teleinformatycznej.
- Użytkowników ICT – współpraca przy testowaniu rozwiązań pilotażowych, pomoc w wyborze technologii i partnerów technologicznych.

Misją klastra jest tworzenie podwalin współpracy środowisk naukowego, biznesowego i samorządowego w obszarze ICT oraz dynamiczny wzrost przedsiębiorstw ICT z regionu Wielkopolski na podstawie solidnej wiedzy jednostek badawczo-rozwojowych. W tym celu klaster wspiera budowę i realizację wdrożeniowych projektów teleinformatycznych, a także dba o internacjonalizację wypracowanych w konsorcjach, innowacyjnych produktów i usług. Członkowie Klastra, w tym Politechnika Poznańska i Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, dysponują potężnym zapleczem kompetencyjnym i sprzętowym.

¹³ Freeman L.C.: op.cit., s. 2020-240; Burt R.: Structural holes: The social structure of competition. Harvard University Press, Cambridge 1992.

¹⁴ <http://wklastar.pl>.

Każdy z podmiotów może korzystać z tych zasobów do realizacji własnych projektów rozwojowych lub unijnych.

4.2. Identyfikacja relacji w sieci

W celu analizy powiązań w wybranym klastrze przeprowadzono badania ankietowe skierowane do koordynatora klastra, jak i przedstawicieli podmiotów wykazywanych jako współpracujących w ramach klastra. Listę organizacji uczestniczących w działaniach klastra utworzono wstępnie na podstawie strony internetowej klastra.

Zbiór relacji wewnątrz badanego klastra tworzy sieć, której węzłami są podmioty klastra. Do określenia relacji między podmiotami tej sieci przyjęto następujące funkcje: A. Produkcja sprzętu informatycznego, B. Produkcja sprzętu telekomunikacyjnego, C. Produkcja oprogramowania, w tym na zamówienie, D. Instalacje sprzętu, E. Integracja systemów informatycznych, F. Wdrożenia oprogramowania, G. Projektowanie, budowa i instalacje sieci informatycznych, H. Szkolenia informatyczne, I. Doradztwo informatyczne, J. Outsourcing informatyczny, wyłączając przetwarzanie danych, K. Outsourcing przetwarzania danych, L. Usługi serwisowe, M. Inne usługi informatyczne, N. Instalacje i uruchamianie central telekomunikacyjnych, O. Projektowanie, budowa, uruchamianie i utrzymanie sieci telekom, P. Usługi operatorskie TV kablowych, Q. Usługi operatorskie transmisji danych, R. Usługi internetowe (dostępowe ISP), S. Outsourcing telekomunikacyjny, T. Usługi serwisowe telekomunikacyjne, U. Inne usługi telekomunikacyjne, V. Dystrybucja IT (sprzedaż do dalszej odsprzedaży), W. Dystrybucja telekomunikacyjna (sprzedaż do dalszej odsprzedaży) oraz X. Sprzedaż IT i telekomunikacyjna (do klienta końcowego).

Relacje w badanym klastrze¹⁵ zdefiniowano jako równoczesną realizację podanych wyżej funkcji przez podmioty należące do tej sieci. Do tego celu wykorzystano zestawienie podane w tab. 1, w której krzyżykiem zaznaczono sytuację, w której dany podmiot (wiersze) realizuje daną funkcję (kolumny).

¹⁵ Obraz sieci można zbudować na podstawie wiedzy o relacjach między poszczególnymi podmiotami (tzw. sieć pierwszego rzędu) lub o relacjach między podmiotami a zdarzeniami lub obiektami (tzw. sieć drugiego rzędu). W pierwszym przypadku obraz sieci budowany jest bezpośrednio, analizując relacje między podmiotami, a w drugim przypadku ten obraz uzyskuje się pośrednio, dzięki związkom poszczególnych podmiotów z tymi samymi wydarzeniami (w tym przypadku realizacja funkcji). Charakter relacji można traktować jako daną binarną (relacja jest lub jej nie ma) lub daną o pewnej dziedzinie wartości (zwykle dyskretnych), niekoniecznie dodatnich.

Tabela 1

Funkcje realizowane przez podmioty badanego klastra

Nazwa podmiotu	Funkcje																								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
Politech.	x	x	x			x	x		x		x		x							x	x				
PCS-S	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x				x			
AdvaCom	x						x					x													
Alma					x	x	x	x	x	x		x		x								x			x
Altkom			x	x	x	x	x	x	x																
Comarch			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x				x		x
Activis		x					x	x				x													
ComRaid			x									x	x						x						
ConsData			x	x	x	x	x			x	x	x	x												x
Emtel		x	x	x	x		x	x					x	x	x						x	x	x		
Espero			x		x	x	x													x			x		x
Wxtant					x	x	x													x		x			x
Flashgate			x																						x
INEA								x							x	x	x	x	x		x	x			x
Innowivo			x		x		x				x														
ITTI	x	x	x	x	x	x	x	x	x											x					
PUH				x								x													x
Prime			x		x	x						x	x												x
Polsoft																				x		x	x		
RS			x		x	x		x				x	x												
SI Alma			x	x		x		x	x			x	x												x
Talex			x		x	x		x	x	x															
Trecom						x		x	x			x	x												
Vol					x	x	x	x	x	x		x													x
Vearx					x			x	x				x												x
Webest																					x				
Xnet			x	x	x		x					x	x											x	
ZETO						x	x			x		x	x												
UCLiT			x				x			x															

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie zestawienia funkcji realizowanych przez sieć (tab. 1) sporządzono macierz incydencji (tab. 2), której elementami są wartości oznaczające liczbę funkcji realizowanych jednocześnie przez każdą parę podmiotów. Macierz incydencji jest symetryczna, a każdy jej element jest liczbą tych samych funkcji realizowanych przez dwa dowolne podmioty, należące do sieci. Na przykład, podmioty oznaczone jako Politech. oraz AdvaCom realizują jednocześnie trzy funkcje, tj. A, G oraz M (por. tab. 1), stąd liczba 3 na przecięciu pierwszego wiersza i trzeciej kolumny w macierzy incydencji (tab. 2).

Tabela 2

Macierz incydencji

	Politech.	PCS-S	AdvaCom	Alma	Altkom	Comarch	Activis	ComRaid	ConsData	Emtel	Espero	Wxtant	Flashgate	INEA	Innowivo	ITTI	PUH	Prime	Polsoft	RS	SI Alma	Talex	Trecom	Vol	Vearx	Webest	Xnet	ZETO	UCliT
Politech.	0	7	3	4	4	6	2	2	5	6	3	3	1	2	2	6	0	3	2	3	4	3	3	3	2	0	3	3	2
PCS-S	7	0	2	7	7	12	4	3	8	8	6	4	1	5	4	10	2	4	1	5	6	6	4	7	3	1	6	4	3
AdvaCom	3	2	0	1	1	2	1	1	2	2	1	1	0	0	1	2	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	2	2	1
Alma	4	7	1	0	5	8	3	1	6	5	4	4	0	4	3	5	2	4	1	4	5	5	4	8	4	0	3	4	2
Altkom	4	7	1	5	0	7	2	1	5	5	4	3	1	1	3	7	1	3	0	4	5	5	3	5	3	0	4	2	2
Comarch	6	12	2	8	7	0	3	4	10	7	7	5	1	3	4	8	3	6	1	6	8	6	5	8	5	1	7	5	3
Activis	2	4	1	3	2	3	0	1	2	3	1	1	0	1	1	3	1	1	0	2	2	1	2	3	1	0	2	2	1
ComRaid	2	3	1	1	1	4	1	0	3	2	2	1	1	1	1	2	1	3	1	3	3	1	2	1	1	1	3	2	1
ConsData	5	8	2	6	5	10	2	3	0	5	5	4	1	1	4	5	3	6	0	5	6	4	3	6	3	0	6	5	3
Emtel	6	8	2	5	5	7	3	2	5	0	4	3	1	5	3	6	1	3	2	4	4	3	2	3	3	0	6	2	2
Espero	3	6	1	4	4	7	1	2	5	4	0	5	1	2	3	5	1	4	1	3	3	3	1	4	2	1	4	2	2
Wxtant	3	4	1	4	3	5	1	1	4	3	5	0	0	3	2	4	1	3	2	2	2	2	1	4	2	1	2	2	1
Flashgate	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
INEA	2	5	0	4	1	3	1	1	1	5	2	3	0	0	0	2	1	1	3	1	2	1	1	2	2	1	0	0	0
Innowivo	2	4	1	3	3	4	1	1	4	3	3	2	1	0	0	3	0	2	0	2	1	3	0	3	1	0	3	2	3
ITTI	6	10	2	5	7	8	3	2	5	6	5	4	1	2	3	0	1	3	1	4	5	5	3	5	3	1	4	2	2
PUH	0	2	0	2	1	3	1	1	3	1	1	1	0	1	0	1	0	2	0	1	3	0	1	2	1	0	2	1	0
Prime	3	4	1	4	3	6	1	3	6	3	4	3	1	1	2	3	2	0	0	5	5	3	3	4	3	0	4	3	1
Polsoft	2	1	0	1	0	1	0	1	0	2	1	2	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
RS	3	5	1	4	4	6	2	3	5	4	3	2	1	1	2	4	1	5	0	0	5	4	4	4	3	0	4	3	1
SI Alma	4	6	1	5	5	8	2	3	6	4	3	2	1	2	1	5	3	5	0	5	0	4	5	5	4	0	4	3	1
Talex	3	6	0	5	5	6	1	1	4	3	3	2	1	1	3	5	0	3	0	4	4	0	3	5	3	0	2	2	2
Trecom	3	4	1	4	3	5	2	2	3	2	1	1	0	1	0	3	1	3	0	4	5	3	0	4	3	0	2	3	0
Vol	3	7	1	8	5	8	3	1	6	3	4	4	0	2	3	5	2	4	0	4	5	5	4	0	4	0	3	4	2
Vearx	2	3	1	4	3	5	1	1	3	3	2	2	0	2	1	3	1	3	0	3	4	3	3	4	0	0	2	1	0
Webest	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xnet	3	6	2	3	4	7	2	3	6	6	4	2	1	0	3	4	2	4	0	4	4	2	2	3	2	0	0	3	2
ZETO	3	4	2	4	2	5	2	2	5	2	2	2	0	0	2	2	1	3	0	3	3	2	3	4	1	0	3	0	2
UCliT	2	3	1	2	2	3	1	1	3	2	2	1	1	0	3	2	0	1	0	1	1	2	0	2	0	0	2	2	0

Źródło: Opracowanie własne.

4.3. Wskaźniki centralności

Dla celów dalszej analizy przyjęto, że relacja między dowolną parą podmiotów w badanej sieci występuje, gdy realizują one co najmniej jedną funkcję jednocześnie, co odpowiada wartościom większym od zera w macierzy incydencji. Wizualizacje powiązań (rys. 4) oraz obliczenia wybranych wskaźników strukturalnych (tab. 3) wykonano przy użyciu programu NodeXL.

W pierwszej kolejności określono gęstość sieci (*network density*), czyli liczbę wszystkich połączeń obecnych w sieci podzieloną przez liczbę wszystkich możliwych połączeń, która wynosi $n(n-1)/2$ dla liczby n wierzchołków w grafie nieskierowanym. Gęstość jest maksymalna i wynosi 1, gdy każdy węzeł jest połączony z każdym.

Pomiar gęstości określa zatem, jaki procent wszystkich potencjalnych powiązań w sieci stanowią relacje faktyczne. W przypadku 33 podmiotów z badanego klastra objętych analizą sieciową potencjalnie występuje 561 relacji ($n*(n-1)/2 = 33*34/2 = 561$), jeśli każdy podmiot jest powiązany z innymi. 100% gęstość jest raczej nierealna. W przypadku badanej sieci gęstość wynosi 0,6, co jest relatywnie wysokim wynikiem.

Firmy mające 23 i więcej powiązań stanowią około 76% analizowanej populacji firm, a łączy je ponad 74% relacji występujących w całej analizowanej sieci. Najwięcej powiązań tworzą PCS-S, Comarch, ComRaid, Espero, ITTI, którzy występują w 27 relacjach. Łącznie 22 firmy mają więcej niż 23 relacje z innymi firmami występującymi w badanej sieci.

W dalszej kolejności obliczono wskaźniki centralności podmiotów w badanej sieci. W prezentowanych badaniach wykorzystano następujące metody pomiaru centralności podmiotów: stopień centralności, centralność bliskości i centralność przechodniości oraz centralność wektora własnego.

Występujące w sieci podmioty (33 podmioty, w tym: 29 firm, 3 jednostki naukowo-badawcze i 1 jednostka administracji publicznej) połączone są 345 relacjami.

Tabela 3 przedstawia wartości poszczególnych wskaźników centralności dla każdego podmiotu sieci.

Tabela 3

Wartości poszczególnych wskaźników centralności dla każdego podmiotu badanej sieci

Podmioty	Stopień centralności	Centralność bliskości	Centralność przechodniości	Centralność wektora własnego
Politech.	25	0,62	0,0009	0,197
PCS-S	27	0,58	0	0,206
AdvaCom	21	1	0,016	0,175
Alma	25	0,82	0,008	0,199
Altkom	25	0,97	0,013	0,200
Comarch	27	1	0,016	0,206
Activis	24	1	0,016	0,195
ComRaid	27	1	0,016	0,206

cd. tabeli 3

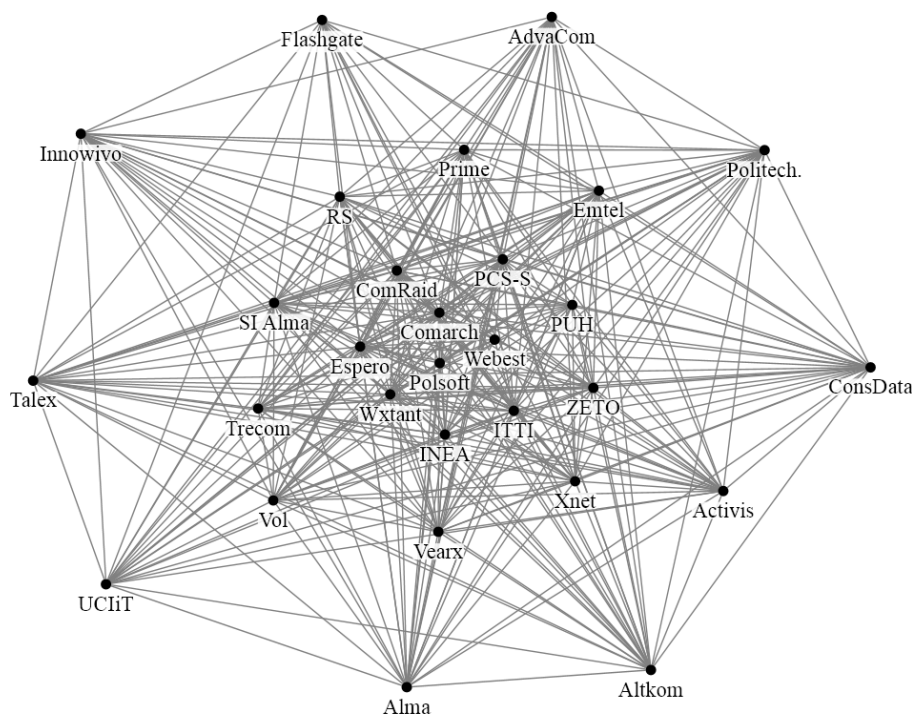
ConsData	25	1	0.016	0,200
Emtel	26	0,77	0.0002	0,204
Espero	27	0,88	0.0012	0,206
Wxtant	26	0,90	0.002	0,201
Flashgate	16	0,88	0.001	0,128
INEA	21	0,90	0.001	0,165
Innowivo	23	0,85	0.0009	0,181
ITTI	27	0,93	0.003	0,206
PUH	19	0,93	0.003	0,160
Prime	25	0,93	0.003	0,200
Polsoft	11	0,97	0.008	0,083
RS	25	0,93	0.003	0,200
SI Alma	25	0,90	0.001	0,200
Talex	23	0,93	0.003	0,187
Trecom	23	0,93	0.006	0,182
Vol	24	0,82	0.001	0,195
Vearx	23	0,88	0.002	0,189
Webest	8	0,85	0.001	0,060
Xnet	24	0,69	0	0,194
ZETO	23	0,82	0.0003	0,189
UCiIT	22	0,93	0.007	0,173

Źródło: Opracowanie własne.

Centralność bliskości pozwala na badanie odporności jednostek na wpływ i ich zdolności na wywieranie wpływu. Wśród podmiotów o najwyższym wskaźniku centralności bliskości znalazły się Comarch, Activis, ComRaid, ConsData i AdvaCom, które osiągnęły wartość tego wskaźnika na poziomie 1. Tak wysoka centralność bliskości wskazanych podmiotów sieci wskazuje, iż wywierają one duży wpływ na pozostałe podmioty, zwłaszcza znajdujące się najbliżej. Podmioty o wysokiej wartości wykazują najwyższe własności propagacji informacji i innych zjawisk w badanej sieci. Podmioty o wysokim wskaźniku centralności bliskości, wykazując zdolność wywierania wpływu, jednocześnie wykazują większą odporność na wpływy innych jednostek. Wysokie wartości wskaźników dla dużej liczby podmiotów sieci wskazują na dobrą perspektywę dotarcia informacji do znaczącej proporcji węzłów sieci.

Podmioty o wysokiej centralności przechodności są krytyczne dla współpracy wszystkich podmiotów i do utrzymania rozprzestrzeniania się zjawisk (np. nowego produktu) poprzez całą sieć. Z powodu ich lokalizacji między społecznościami sieciowymi, są naturalnymi brokerami informacji i współpracy. Najwyższą wartość tego wskaźnika w badanej sieci mają Altkom, Comarch, Activis, ComRaid, ConsData, AdvaCom. Wskazane podmioty pełnią rolę brokerów informacji w sieci, choć nie muszą posiadać formalnego statusu brokera sieci. Wartość wskaźnika dla pozostałych podmiotów sieci kształtuje się na stosunkowo niskim poziomie. Wśród firm o najwyższej wartości indeksu centralności przechodności większość to firmy, które miały także wysokie wskaźniki centralności bliskości. W obu kategoriach centralności na pierwszym miejscu są: AdvaCom, Comarch, Activis, ComRaid, ConsData.

Wysoka wartość wektora własnego centralnego wskazuje, że dane podmioty są liderami w sieci. Są to podmioty, mające wiele połączeń z innymi podmiotami zajmującymi ważną pozycję w sieci. Liderami w badanej sieci są PCS-S, Comarch, ComRaid, Espero, Emtel. Ponadto, wysoką wartość wektora własnego mają WxtantAlcom, Prime, RS, SI Alma.



Rys. 4. Relacje w ramach Wielkopolskiego Klastra Teleinformatycznego – graf nieskierowany
Fig. 4. Relationships within the Wielkopolska ICT Cluster – undirected graph
Źródło: Opracowanie własne.

5. Podsumowanie

Analiza sieciowa jest metodą o szerokim zastosowaniu w zarządzaniu. Możliwości analityczne, jakie dają narzędzia informatyczne wspomagające tę metodę, pozwalają na sprawne badanie bardzo złożonych struktur powiązań (obejmujących nawet do kilku tysięcy podmiotów). Analiza sieci umożliwia scharakteryzowanie pozycji jednostki w strukturze sieci na określenie obszarów, gdzie analiza sieciowa (a szczególnie analiza sieci społecznych) miałaby zastosowanie, jest dopiero w początkowej fazie. Z tego powodu trudno jest więc mówić o „typowych zastosowaniach” takiej metody badawczej. Jednym z przykładów jest aplikacja metod analizy sieci społecznych jako narzędzia pozwalającego efektywnie wspomagać komunikację w dużej organizacji (także sieci organizacyjnej). Wśród innych obszarów zastosowań omawianej metody w badaniach sieci organizacyjnych można wskazać:

- Analizę powiązań w ramach sieci.
- Diagnozę procesów innowacyjnych.
- Analizę przepływów wiedzy w sieci.
- Lokalizację kluczowych źródeł wiedzy, liderów wiedzy i innych ról (łącznicy, wąskie gardła, koordynatorzy) pełniących w sieci.
- Badanie rozpowszechniania wiedzy w sieci przez określone podmioty.

Tabela 4

Wartości poszczególnych wskaźników centralności dla każdego podmiotu badanej sieci

Podmioty	Stopień centralności	Centralność bliskości	Centralność przechodności	Centralność wektora własnego
Politech.	25	0,62	0,0009	0,197
PCS-S	27	0,58	0	0,206
AdvaCom	21	1	0.016	0,175
Alma	25	0,82	0.008	0,199
Altkom	25	0,97	0.013	0,200
Comarch	27	1	0.016	0,206
Activis	24	1	0.016	0,195
ComRaid	27	1	0.016	0,206
ConsData	25	1	0.016	0,200
Emtel	26	0,77	0.0002	0,204
Espero	27	0,88	0.0012	0,206
Wxtant	26	0,90	0.002	0,201
Flashgate	16	0,88	0.001	0,128
INEA	21	0,90	0.001	0,165
Innowivo	23	0,85	0.0009	0,181
ITTI	27	0,93	0.003	0,206
PUH	19	0,93	0.003	0,160
Prime	25	0,93	0.003	0,200
Polsoft	11	0,97	0.008	0,083
RS	25	0,93	0.003	0,200
SI Alma	25	0,90	0.001	0,200
Talex	23	0,93	0.003	0,187
Trecom	23	0,93	0.006	0,182
Vol	24	0,82	0.001	0,195
Vearx	23	0,88	0.002	0,189
Webest	8	0,85	0.001	0,060
Xnet	24	0,69	0	0,194
ZETO	23	0,82	0.0003	0,189
UCliT	22	0,93	0.007	0,173

Źródło: Opracowanie własne.

Zaprezentowany przykład Wielkopolskiego Klastra Teleinformatycznego pokazuje, że zastosowanie narzędzi SNA do oceny pozycji jednostek w ramach sieci (zarówno w organizacji, jak i w bardziej złożonych strukturach, np. klastrach) wydaje się być w pełni uzasadnione.

Metodę tę od konwencjonalnych narzędzi badań społecznych odróżnia fakt, iż w centrum jej zainteresowania znajdują się tzw. dane relacyjne, a nie atrybuty. W przypadku badania

sieci organizacyjnych najistotniejsze są relacje poszczególnych podmiotów, a nie ich formalne usytuowanie w strukturze sieci. To właśnie relacje (współpraca czy komunikacja w kwestiach merytorycznych) określają faktyczną rolę danego podmiotu w sieci.

Wykorzystanie tej metody pozwala także określić znaczenie położenia w sieci dla dostępu do informacji i kontroli „przepływów informacji oraz dla dostępności szans i możliwości”¹⁶.

Bibliografia

1. Batagelj V., Mrvar A.: Pajek – Program for Large Network Analysis, 1996.
2. Batorski D.: Metody analizy sieci i ich zastosowanie w ewaluacji. Środowisko i warsztat ewaluacji, pod redakcją A. Haber i M. Szałaja. PARP, Warszawa 2008.
3. Borgatti S.: Centrality and network flow. „Social Networks”, No. 27, 2005.
4. Brandeis L.: Other people’s money: And how the bankers use it. Frederick A. Stokes, New York 1914.
5. Burt R.: Structural holes: The social structure of competition. Harvard University Press, Cambridge 1992.
6. Czakon W.: Sieci w zarządzaniu strategicznym. Wolters Kluwer business, Warszawa 2010.
7. Davis G.: Agents without principles? The spread of the poison pill through the intercorporate network. „Administrative Science Quarterly”, No. 36, 1991.
8. Davis G., Greve H.: Corporate elite networks and governance changes in the 1980’s. „American Journal of Sociology”, No. 103, 1997.
9. Ebers M. (ed.): The Formation of Inter-organizational Networks. Oxford University Press, Oxford 1997.
10. Freeman L.C.: Centrality in social networks: I. conceptual clarification. „Social Networks”, No. 1, 1979.
11. Grzebyk M.: Koncepcja klastra a współdziałanie i konkurencyjność przedsiębiorstw. „Przedsiębiorstwo i Region. Konkurencyjność a innowacyjność”, nr 1, 2009.
12. Góra J.: Dynamika klastra – zarys teorii i metodyka badań. Wyd. A.P. Biedrońscy, Wrocław 2008.
13. Niemczyk J., Stańczyk-Hugiet E., Jasiński B.: Sieci międzyorganizacyjne. Współczesne wyzwania dla teorii i praktyki zarządzania. C.H.Back, Warszawa 2012.
14. Scott J.: Social Network Analysis: a handbook. Sage Publications, Londyn 2000.

¹⁶ Batorski D.: Metody analizy sieci i ich zastosowanie w ewaluacji. Środowisko i warsztat ewaluacji, pod redakcją A. Haber i M. Szałaja. PARP, Warszawa 2008, s. 167.

15. Stachowicz-Stanusch A., Sworowska A.: Analiza sieci społecznych jako narzędzie diagnozy przepływów wiedzy w procesach innowacyjnych. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie. Politechnika Opolska, Opole 2011.
16. Wasserman S.: Models and methods in social networks analysis. Cambridge University Press, Cambridge 2005.
17. Wasserman S., Faust K.: Social Networks Analysis: Methods and applications. Structural analysis in the social sciences. Cambridge University Press, Cambridge 2007.
18. Watts D.J.: Networks, dynamics, and the small-world phenomenon. „American Journal of Sociology”, No. 105(2), 1999.
19. Wellman B.: Structural analysis: from method and metaphor to theory and substance, [in:] Berkowitz S.W. (ed.): Social structures: A Network Approach. Cambridge University Press, Cambridge 1988.
20. Van de Ven A., Poole M.: Explaining Development and Change in Organizations. „Academy of Management Review”, Vol. 20, No. 3, 1995.
21. Zdziarski M.: Elita wewnętrznego kręgu i centralne firmy. Wyniki badań relacji przez rady nadzorcze w polskich spółkach giełdowych. „Organizacja i Kierowanie”, nr 1, 2012.
22. Análisis de redessociales, Who is central to a social network? It depends on your centrality measure, <http://arsuns.blogspot.com/2013/10/centralidad-en-redes-sociales-depende.html>, 2014.
23. <http://wklaster.pl>.