

**Anna Sankowska**

Politechnika Warszawska

**Dariusz Siudak**

Politechnika Łódzka

e-mail: [dariusz.siudak@p.lodz.pl](mailto:dariusz.siudak@p.lodz.pl)

---

## MIARY ANALIZY SIECIOWEJ W OCENIE STRATEGII INTERLOCKINGU – POWIĄZANIA RAD DYREKTORÓW\*

---

### SOCIAL NETWORK ANALYSIS MEASURES IN THE INTERLOCKING DIRECTORATES' STRATEGY ASSESSMENT

---

DOI: 10.15611/nof.2015.1.08

JEL Classification: G3, C5, C6.

**Streszczenie:** W artykule omówiono miary analizy sieciowej pod kątem ich adekwatności w opisie realizacji strategii interlockingu ze wskazaniem na bliskość i wartość własną jako najlepiej ją opisujących. Przeprowadzono ich analizy statystyczne. Analiza ich właściwości statystycznych oraz związków z wielkością rady i stopniem relacji (*degree*) wskazuje, że trudno jest je optymalizować, jednocześnie zwiększając liczbę relacji. O ile bliskość jest relatywnie liniowo związana z liczbą relacji, o tyle zwiększanie wektora własnego wiąże się z większą trudnością i musi obejmować analizę struktury sieci dla optymalizacji stosunku korzyści do nakładów.

**Słowa kluczowe:** analiza sieci społecznych, strategia powiązań rady dyrektorów, bliskość, wektor własny.

**Summary:** In the paper the measures of the social network analysis were discussed in terms of their relevance to describe an interlocking directorates' strategy with the suggestion of closeness and eigenvalue as best suited. The statistical analyses were presented. The analysis of the aforementioned measures' statistical properties and their links with board size and degree revealed that it is hard to optimize them simultaneously by simply increasing a value of degree. As closeness is rather linearly linked to degree, insomuch as increasing eigenvalue, as latter requires the analysis of the network structure in order to optimize benefits to costs ratio.

**Keywords:** social network analysis, interlocking directorates' strategy, closeness.

---

\* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/11/B/HS4/00466.

## 1. Wstęp

*Interlocking directorates* – połączenia dyrektorów – nazwany w skrócie w pracy interlocking, określa sytuację, w której jedna osoba z rady dyrektorów<sup>1</sup> zasiada jednocześnie w radzie dyrektorów innych przedsiębiorstw [Mizruchi 1996]. Interlocking przekłada się na powstanie kooperacyjnej sieci rad odzwierciedlającej połączenia pomiędzy radami różnych przedsiębiorstw. Celem niniejszego artykułu jest ocena dostępnych miar analizy sieciowej (*social network analysis*) w zakresie opisu strategii interlockingu i wskazanie miar centralności, najlepiej ujmujących potencjał strategiczny interlockingu. Przyjmujemy założenie, że każda miara oferuje inne predykcje co do możliwości realizacji strategii interlockingu. Dodatkowym celem jest wskazanie, jak wybrane miary centralności jako oceny strategii interlockingu są zależne od wielkości rady dyrektorów i stopnia relacji danego przedsiębiorstwa. Tym samym jest to próba odpowiedzi na pytanie, czy wielkość rady i stopień relacji jest warunkiem koniecznym sprawnej realizacji strategii interlockingu poprzez uzyskanie centralnej pozycji w sieci.

## 2. Kryteria optymalizacji w strategii interlockingu

W pracy przyjmujemy, że podstawową funkcją interlockingu jest redukcja niepewności w otoczeniu [Pfeffer 1972; Pfeffer, Salancik 2003/1978; Schoorman, Bazerman, Atkin 1981]. Funkcja ta jest realizowana poprzez dostęp do informacji dzięki połączeniom z radami dyrektorów innych spółek. Te połączenia stanowią swoistego rodzaju sieć komunikacyjną, poprzez którą przesyłane są różne informacje. Poprzez dostęp do rad dyrektorów innych spółek przedsiębiorstwo może dokonywać tak zwany *scanning* otoczenia, strategii innych firm, innymi słowy, pozyskiwać informacje na temat praktyk nadzorczych, planowanych inwestycji, ocen dotyczących sytuacji ekonomicznej, prognoz innych przedsiębiorstw [Bouwman 2011; Yang, Cai 2011]. Dostęp do informacji innych firm jest uznawany jako główna korzyść interlockingu, która prowadzi do wyższej efektywności rady dyrektorów [Payne, Benson, Finegold 2009]. Informacje te następnie rada dyrektorów może wykorzystać do oceny własnej sytuacji oraz planowanych działań. Ważny jest więc dostęp do jak największej adekwatnej dla firmy ilości informacji w jak najszybszym czasie [Payne, Benson, Finegold 2009]. Informacja jest bowiem cenna nie tylko wtedy, gdy opisuje adekwatnie sytuację, ale ważny jest również dostęp do niej w odpowiednim czasie, teoretycznie najkrótszym. Charakterystyki te opisują jednak tylko stronę jakości informacji. W praktyce ekonomicznej istotny jest także koszt pozyskania określonego zasobu [Blomqvist, Kyläheiko, Virolainen 2002]. Najlepsza strategia dostępu do informacji powinna uwzględniać również koszt dostępu do informacji.

---

<sup>1</sup> Przez radę dyrektorów (*board of directors*) rozumiemy w pracy łącznie członków zarządu oraz rady nadzorczej.

Zatrudnianie kolejnego członka rady dyrektorów wiąże się zwykle z rosnącym kosztem krańcowym. Koszt ten związany jest z faktem, iż dla członka rady dyrektorów, który zatrudniony jest już w innej radzie dyrektorów, każde dodatkowe stanowisko konkuruje z czasem wolnym w warunkach ograniczonych zasobów czasowych. Strategia zwiększania przez przedsiębiorstwo liczby osób w radzie dyrektorów połączonych z innymi radami w warunkach ograniczonej liczby takich członków może więc nie być optymalną strategią w sensie rachunku kosztów i korzyści. Kolejny członek może przynosić redundantne informacje, z których marginalne korzyści są malejące przy rosnącym nakładzie kosztów. Optymalizacja wyboru nowych połączonych członków rady nadzorczej powinna więc być ukierunkowana na wybór osób, które zajmują najlepsze pozycje w sieci przy najmniejszym nakładzie zasobów.

W dalszej części artykułu przeanalizujemy miary analizy sieciowej w zakresie centralnej pozycji w sieci pod kątem przyjętych kryteriów optymalizacji i stwierdzenia, jaka miara opisująca pozycję indywidualnego przedsiębiorstwa wskazuje na jego optymalny dobór członków rady dyrektorów połączonych z innymi radami.

### 3. Miary analizy sieciowej w ocenie strategii interlockingu

Do analizy pozycji przedsiębiorstwa w zakresie połączeń z innymi przedsiębiorstwami wykorzystano osiem miar centralności, których syntetyczny opis zawarto w tab. 1. Miara stopnia relacji (*degree*)<sup>2</sup>, która używana jest najczęściej w analizie sieciowej ze względu na jej intuicyjny charakter, wskazuje liczbę przedsiębiorstw, z którymi bezpośrednio połączone jest analizowane przedsiębiorstwo<sup>3</sup>. Jest miarą wpływu, czyli możliwości firmy wpływania na inne przedsiębiorstwa w celu osiągnięcia własnych celów [Mizruchi, Bunting 1981]. Należy ją raczej interpretować jako miarę wpływu, gdyż informuje o bezpośrednich relacjach [Klimas 2014]. Ma ograniczone zastosowanie do oceny strategii interlockingu wykorzystywanej przez przedsiębiorstwo. Nie informuje bowiem, jaką wartość niesie ze sobą dane połączenie w sieci przepływu informacji. Należy też zauważyć, że nie uwzględnia ona, w jakim stopniu połączenia te przenoszą podobną informację (problem redundancji informacji).

Miara centralność bliskości (*closeness centrality*) oparta na analizie ścieżek pomiędzy parami przedsiębiorstw w sieci bierze pod uwagę odwróconą średnią najkrótszych odległości do innych węzłów. Im większa jej wartość dla danego węzła (przedsiębiorstwa), tym bliżej mu do informacji z innych przedsiębiorstw w analizowanej sieci przedsiębiorstw. Wyraża nie tyle kontrolę nad przepływem informacji, ile czas dostępu do informacji, która pojawia się w węzłach. W tym sensie miara ta opisuje adekwatnie jedno z kryteriów optymalizacji strategii radzenia sobie z nie-

<sup>2</sup> Niektórzy autorzy tłumaczą tę miarę jako stopień [Klimas 2014].

<sup>3</sup> Określeń „stopień relacji” i „liczba połączeń” będziemy używać zamiennie.

pewnością otoczenia, jaką jest szybkość dostępu do pojawiającej się informacji. W adekwatny sposób spełnia zadanie opisu strategii interlockingu.

Miara centralności przechodniości (*betweenness centrality*) opisuje raczej kontrolę pojedynczego przedsiębiorstwa nad dyfuzją informacji w sieci przedsiębiorstw. Miara ta jest odpowiednia do oceny możliwości dyfuzji informacji przez dane przedsiębiorstwo, ale biorąc pod uwagę założenie o optymalizacji dostępności do informacji w sieci, można stwierdzić, że ma ograniczone zastosowanie w ocenie strategii interlockingu. Przymuszczenie dyfuzja informacji na temat strategii przedsiębiorstwa, prowadząca do imitacji tejże strategii przez inne firmy, może zmniejszać ekonomiczne korzyści dla przedsiębiorstwa o wysokiej centralności przechodniości. W tym sensie następuje wyciek informacji z firmy, co nie stanowi optymalizacji strategii interlockingu.

Na szczególną uwagę zasługuje miara centralności wektora własnego (*eigenvector centrality*). Wektor własny rośnie, gdy przedsiębiorstwo jest połączone bezpośrednio z przedsiębiorstwami, które są wysoce centralne. Oznacza to, że przedsiębiorstwo, poprzez wykorzystanie członków rad dyrektorów, utrzymuje najwięcej relacji z najbardziej usieciowanymi przedsiębiorstwami, które dysponują największym poziomem zasobów relacyjnych, a przez to dostępem do zasobów [Klimas 2014] informacji w sieci. Te ostatnie przedsiębiorstwa niekoniecznie mają dostęp do zasobów informacji zapewniony przy małym nakładzie kosztów. Wartość własna wiąże się więc ze zmniejszeniem asymetrii informacji dla przedsiębiorstwa, niekoniecznie wykorzystując dużą liczbę osób w radzie. Można więc osiągnąć wysoką względną centralizację, angażując niewielką liczbę członków rady, co może mieć znaczenie dla przedsiębiorstw mających małą liczbę osób w radzie dyrektorów lub optymalizujących wykorzystanie członków rady dyrektorów. Interpretacja wektora własnego nie jest już tak intuicyjna, stąd też poświęcimy jej większą uwagę.

Centralność wektora własnego analizowanego węzła (przedsiębiorstwa) może mieć dwojakie źródło. Ponieważ brana jest pod uwagę centralność węzłów, z którymi jest się połączonym, oznacza to, że węzeł  $i$  czerpie korzyści z centralności  $j$ -tych węzłów połączonych, które to jednocześnie zwiększają swą pozycję pod względem centralności dzięki centralnej pozycji węzła  $i$ . Innymi słowy, węzeł  $i$ , połączony z węzłami  $j$ , wysyła do nich pewną część swojej centralności  $i$  jednocześnie odzyskuje jej część z powrotem, dzięki połączeniu z węzłami  $j$ . Tego rodzaju część centralności określana jest mianem odbitej centralności (*reflected centrality*). Drugim źródłem centralności węzła  $i$  wynikającej z połączenia z węzłami  $j$  jest wyłącznie część centralności węzłów  $j$ , jaka występuje w sytuacji niewystępowania połączenia z węzłem  $i$ . Tę część centralności określa się mianem otrzymywanej centralności (*derived centrality*).

W literaturze sieci społecznych wyróżnia się: 1) węzły peryferyjne (*peripheral nodes*), słabo połączone z innymi węzłami, pozostające na obrzeżach sieci; 2) centra (*hubs*) posiadające liczne połączenia z węzłami peryferyjnymi oraz 3) łączniki (*bridges*), czyli węzły łączące centra z wykorzystaniem niewielkiej liczby połączeń [Tam

**Tabela 1.** Opis wybranych miar centralności zastosowanych w badaniu

Miara	Wzór	Opis
Stopień relacji (degree)	$d_i = \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (i \neq j)$ $d_i$ – stopień relacji wężła $i$ , $a_{ij}$ – element nieukierunkowanej (undirected) macierzy połączeń pomiędzy wężłami $i$ a $j$ , $N$ – liczba wężłów w sieci.	Stopień relacji określa aktywność i zaangażowanie jednostki w zakresie jej bezpośrednich relacji w sieci, które przedsiębiorstwo może do pewnego stopnia kontrolować.
Centralność stopnia relacji (degree centrality)	$CD_i = \frac{d_i}{N-1}$ $CD_j$ – centralność stopnia relacji wężła $i$ , pozostałe oznaczenia j.w.	Przyjmuje wartości w zakresie $<0 \div 1>$ , gdzie wartość 1 oznacza, że wężel jest połączony ze wszystkimi pozostałymi elementami w sieci, zaś wartość 0 informuje, że jednostka jest izolowana. Miara ta jest unormowaną kategorią stopnia relacji.
Centralność bliskości (closeness centrality)	$CC_i = \frac{N-1}{\sum_{j=1}^N l_{ij}} \quad (j \neq i)$ $CC_i$ – centralność bliskości, $l_{ij}$ – długość najkrótszej ścieżki pomiędzy wężłem $i$ a $j$ (geodesic distance), pozostałe oznaczenia j.w.	Przyjmuje wartości w zakresie $<0 \div 1>$ , gdzie wartości bliskie zeru oznaczają niską pozycję bliskości wężła w sieci, zaś wartość 1 oznacza, że wężel znajduje się w najbliższej odległości do wszystkich wężłów w sieci. Miara centralności bliskości jest miarą niezależności i odporności na wpływy [Freeman 1979]. Dla sieci przedsiębiorstw powiązanych członkami rad dyrektorów centralność bliskości wskazuje na możliwość napływu do przedsiębiorstwa informacji, która uprzednio pojawiła się w sieci. Im większa pozycja centralności bliskości, tym przedsiębiorstwo ma możliwość wymiany informacji w krótszym czasie i poleganiu na mniejszej liczbie pośredników. Centralnie bliskie przedsiębiorstwo w sieci ma możliwość szybkiego dojścia do większej liczby przedsiębiorstw.
Zanikająca centralność (Decay centrality)	$DC = \sum_{j=1}^N \frac{\delta^{(i,j)}}{N-1} \quad (i \neq j)$ $DC_i$ – zanikająca centralność, $\delta$ – parametr zawierający się w zakresie $0 < \delta < 1$ , pozostałe oznaczenia j.w.	Miara ta analizuje centralność wężła w sieci na podstawie długości najkrótszej ścieżki w sieci pomiędzy analizowanym wężłem $i$ a pozostałymi wężłami $j$ , w zależności od przyjętego parametru. Wartości parametru bliskie 1 sprawiają, że zanikająca centralność zależy bardziej od odległości najkrótszej ścieżki z pozostałymi wężłami oraz liczby pośrednich połączeń, zaś wartość parametru bliska 0 nadaje większą wagę liczbie bezpośrednich połączeń. Przyjmuje wartości w zakresie $<0 \div 1>$ , gdzie większe wartości oznaczają wyższą pozycję centralną w sieci.
Centralność przechodności (betweenness centrality)	$BC_k = \frac{\left( \sum_{i < j} \frac{g_{ij}}{g_{ij}} \right)}{(N-1)(N-2)/2} \quad (i \neq j \neq k)$ $BC_k$ – centralność przechodności wężła $k$ , $g_{ij}$ – liczba najkrótszych ścieżek pomiędzy wężłami $i$ a $j$ przechodzące przez wężel $k$ $g_{ij}$ – liczba najkrótszych ścieżek pomiędzy wężłami $i$ a $j$ , pozostałe oznaczenia j.w.	Przyjmuje wartości w zakresie $<0 \div 1>$ , gdzie wartość 1 oznacza, że wężel $k$ występuje na wszystkich najkrótszych ścieżkach pomiędzy wężłami $i$ oraz $j$ (centralność wężła w sieci), zaś wartość 0 oznacza, że wężel nigdy nie występuje na najkrótszych ścieżkach w analizowanej sieci. Centralność przechodności interpretowana jest jako możliwość kontroli przepływu informacji w sieci oraz odgrywania roli pośrednika wymiany pomiędzy pozostałymi wężłami (por. [Borgatti, Everett, Johnson 2013, s. 175]). Miara ta wyraża proporcję występowania przedsiębiorstwa na najkrótszych ścieżkach relacji łączących istniejące wężły w sieci [Zdziarski 2012, s. 4].

<p>Centralność przechodności losowego przejścia (random walk betweenness centrality)*</p>	$b_i = \frac{\sum_{s < i} I_i^{(st)}}{\frac{1}{2}N(N-1)}$ $I_i^{(st)} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N a_{ij}  V_i^{(st)} - V_j^{(st)}  \quad (i \neq s, t)$ $I_i^{(st)} = 1 \quad I_i^{(st)} = 1$ <p><math>B_i</math> – centralność przechodności przejścia losowego węzła <math>i</math>,  <math>I_i^{(st)}</math> – bieżący przepływ przez węzeł <math>i</math>,  <math>V_i^{(st)}</math> – napięcie przepływu przez węzeł <math>i</math> (<math>j</math>) z węzła źródłowego <math>s</math> do węzła celu <math>t</math>,          pozostałe oznaczenia j.w.</p>	<p>Centralność przechodności przejścia losowego dla węzła <math>i</math> oparta jest na liczbie losowych przejść przechodzących drogą pomiędzy dwoma węzłami <math>s</math> i <math>t</math>, na których leży węzeł <math>i</math> (por. [Newman 2005, s. 1, 13]). W odniesieniu do centralności przechodności założeniem jest, że informacja między dwoma węzłami w sieci nie musi koniecznie przechodzić w sposób zoptymalizowany przez najkrótszą drogę (<i>geodesic distance</i>), ponieważ droga ta może nie być znana. W tym sensie brane są pod uwagę wszystkie możliwe drogi łączące dwa węzły.          Przyjmuje wartości w zakresie <math>&lt;0 \div 1&gt;</math>, gdzie większe wartości oznaczają wyższą pozycję centralną w sieci.</p>
<p>Centralność wektora własnego (eigenvector centrality)</p>	$e_i = \lambda \sum_{j=1}^N a_{ij} \cdot e_j \quad (i \neq j)$ <p><math>e_i</math> – centralność wektora własnego analizowanego węzła <math>i</math>,  <math>\lambda</math> – stała proporcjonalności (wartość własna),  <math>e_j</math> – centralność wektora własnego węzła <math>j</math>,          pozostałe oznaczenia j.w.</p>	<p>Centralność wektora własnego węzła <math>i</math> jest rekurencyjnie proporcjonalna do sumy centralności wektora własnego węzłów <math>j</math>, z którymi węzeł <math>i</math> jest połączony. Stanowi to miarę popularności oraz zdolności transmisji informacji, poprzez połączenie z węzłami również wysoce połączonymi. W porównaniu ze stopniem relacji istotna jest nie tylko liczba połączeń, ale także stopień centralności połączonych węzłów.          Przyjmuje wartości w zakresie <math>&lt;0 \div 1&gt;</math>, gdzie większe wartości oznaczają wyższą pozycję centralną w sieci.</p>
<p>Centralność siły (power centrality)</p>	$PC_i = (I - \beta A)^{-1} A 1$ <p><math>PC_i</math> – centralność siły węzła <math>i</math>,  <math>I</math> – macierz jednostkowa,  <math>A</math> – macierz połączeń składająca się z elementów <math>a_{ij}</math>,  <math>\beta</math> – parametr z zakresu <math>-1 &lt; \beta &lt; 1</math>,  <math>E</math> – wektor kolumnowy składający się z jedynek.</p>	<p>Jest to miara generalizująca dwie miary centralności: stopień relacji oraz centralność wektora własnego. Centralność siły stanowi miarę całkowitej wielkości potencjału wpływu, jaki ma węzeł na pozostałe węzły w sieci poprzez bezpośrednie i pośrednie połączenia, gdzie pośrednie połączenia są ważne odwrotnie proporcjonalnie do odległości oraz proporcjonalnie do parametru beta [Borgatti, Everett, Johanson 2013, s. 170-171]. Parametr ten przyjmuje wartości z zakresu <math>-1 &lt; \beta &lt; 1</math>.          Przyjmuje wartości w zakresie <math>&lt;0 \div 1&gt;</math>, gdzie większe wartości oznaczają wyższą pozycję centralną w sieci.</p>

\* Miara centralności przejścia losowego została opracowana na zasadzie działania sieci elektrycznej, podlegającej prawu Kirchhoffa, stwierdzającemu, że suma natężeń jest zachowana [Newman 2010]. Napięcie przepływu przez dany węzeł w sieci można odnieść od przepływu dowolnej innej cechy, np. informacji.  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [Bonacich 1987; Borgatti, Everett, Johnson 2013; Jackson, 2008; Knoke, Yang 2008; Newman 2005, Prell 2012, Zdziański 2012].



1989, Mizruchi i in. 1986]<sup>4</sup>. Koncepcje odbitej centralności i otrzymywanej centralności wykorzystuje się do ustalenia, czy siła danego przedsiębiorstwa (węzła) w sieci wynika z charakteru pełnienia funkcji centrum (*hubs*), czy z charakteru pełnienia funkcji łącznika (*bridges*). Ta pierwsza jest wynikiem znacznej proporcji odbitej centralności (*reflected centrality*), druga zaś kształtuje się w wyniku wysokiej proporcji otrzymywanej centralności (*derived centrality*) – por. rys. 1.

Rodzaj centralności		Odbita centralność	
		wysoka	niska
Otrzymywana centralność	wysoka	kosmopolici	łączniki
	niska	centra	peryferyjne

**Rys. 1.** Koncepcja rodzajów centralności w zależności od rodzaju węzłów

Źródło: opracowanie na podstawie [Mizruchi i in. 1986].

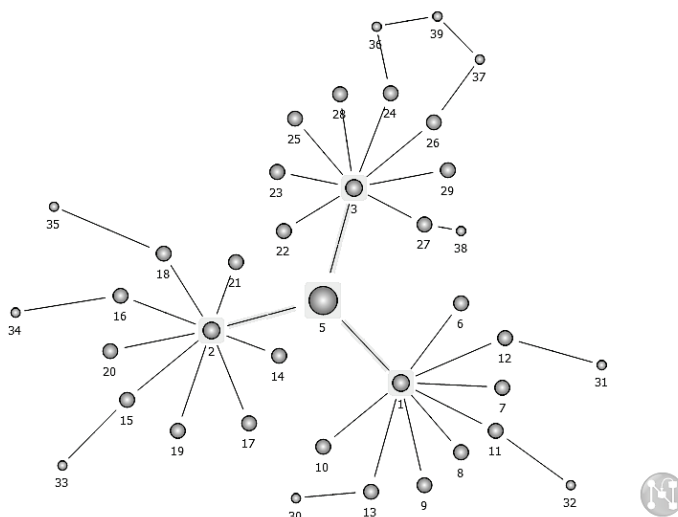
Na rysunku 2 zamieszczono hipotetyczną sieć składającą się z 39 węzłów, w której centralną rolę pełni łącznik (węzeł nr 5), wykorzystujący połączenia do trzech centrów (węzły 1, 2, 3); wielkość powierzchni węzłów na rysunku w sieci jest proporcjonalna do centralności wektora własnego.

Węzeł łącznikowy (nr 5), poprzez połączenie zaledwie do trzech węzłów-centrów, wykorzystując ich centralność, które są połączone z dużą liczbą węzłów peryferyjnych, uzyskuje największą wartość centralności wektora własnego. Ponadto węzeł nr 5 odgrywa rolę pośrednika przepływu informacji, kontrolując jej przepływ pomiędzy trzema podgrupami węzłów. Węzeł łącznikowy ma możliwość odcięcia przepływu informacji pomiędzy poszczególnymi podgrupami.

Z drugiej strony, ponieważ rozpatrujemy sieć nieukierunkowaną (*undirected*) powiązań przedsiębiorstw wspólną dyrekcją, zakładamy możliwość dwukierunkowego przepływu informacji<sup>5</sup>: z otoczenia do przedsiębiorstwa (korzyść) i z przedsiębiorstwa do otoczenia (niekorzyść jako wypływ wewnętrznych, istotnych dla spółki informacji). Dodając do tego argument ponoszenia większych kosztów związanych z utworzeniem i utrzymywaniem większej liczby połączeń (stopni relacji), można stwierdzić, że wyższy stopień centralności powinien uzyskać węzeł łącznikowy, którego źródło stanowi otrzymywana centralność (*derived centrality*). Centralność wektora własnego uwzględnia ten aspekt, gdzie dla hipotetycznej sieci węzeł łącznikowy (nr 5) jest zdecydowanie bardziej centralnie umiejscowiony w odniesieniu do centrów podgrup (węzły nr 1, 2, 3), co graficznie zaprezentowano w postaci wykresu

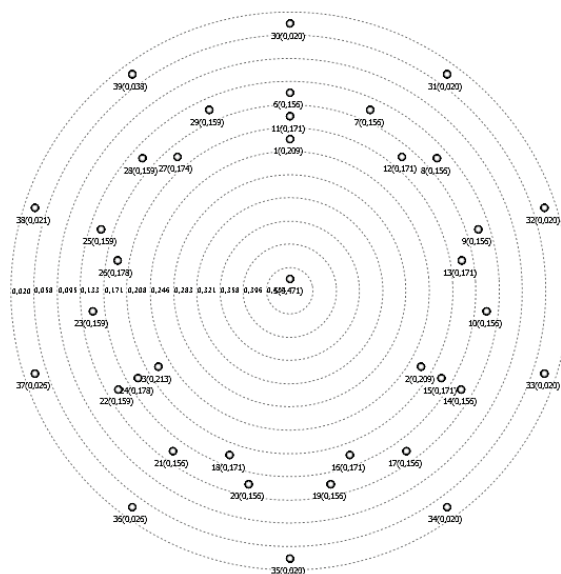
<sup>4</sup> Możliwe jest również istnienie centralnego węzła w sieci mającego wiele połączeń do węzłów peryferyjnych oraz do większości lub do wszystkich pozostałych węzłów centralnych.

<sup>5</sup> Wynika to z przesłanki, że członek rady dyrektorów zasiadający w radzie innych spółek poprzez wymianę informacji może działać na korzyść analizowanej spółki, jak również na korzyść pozostałych spółek, co spowoduje się do działania na niekorzyść rozpatrywanej spółki.



**Rys. 2.** Hipotetyczna sieć z trzema centrami (węzły 1, 2, 3) i jednym łącznikiem (węzeł 5) – wielkość powierzchni poszczególnych węzłów jest proporcjonalna do centralności wektora własnego

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu NetMiner 4 [Cyrarn 2014].



**Rys. 3.** Wykres koncentryczny hipotetycznej sieci (w nawiasie wynik centralności wektora własnego)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu NetMiner 4 [Cyrarn 2014].



koncentrycznego na rys. 3 (przy numerze każdego węzła w nawiasie okrągłym podano wartość centralności wektora własnego). Innymi słowy, centralność wektora własnego uwzględnia strukturę analizowanej sieci.

Możliwość kształtowania centralnej pozycji przedsiębiorstwa w sieci zależy też w znacznym stopniu od struktury sieci. Przykładowo węzły peryferyjne, osadzone we własnej klicie, mogą zmniejszyć siłę węzła centralnego, jak również pełnić funkcję pośrednika (*tie-broker*) w postaci łącznika pomiędzy podgrupami wzmacnia siłę pośredniczącego węzła – por. [Prell 2012, s. 113-114].

Reasumując, można stwierdzić, że do analizy sieci połączeń przedsiębiorstw poprzez wspólną dyrekcję najlepszą miarą centralności przedsiębiorstw, oprócz miary centralności bliskości jako miary szybkości dostępu do informacji, wydaje się centralność wektora własnego (*eigenvector centrality*). Strategia zatrudnienia członka rady dyrektorów powinna uwzględniać nie tylko liczbę możliwych do utworzenia połączeń z innymi przedsiębiorstwami, ale także stopień centralności w sieci tych spółek, z którymi przedsiębiorstwo tworzy więzi poprzez interlocking.

#### 4. Miary analizy sieciowej w ocenie strategii interlockingu oraz współzależności między nimi

Badania empiryczne w zakresie miar analiz sieciowej, odniesione do interlockingu, przeprowadzono w celu identyfikacji ich wielkości oraz współzależności. Badaniem objęto 903 spółki notowane na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie oraz na rynku New Connect w dniu 31.10.2014, gdzie dane o członkach zarządów i rad nadzorczych pozyskano z bazy Notoria. Sieć powiązań przedsiębiorstw konstruowana jest na podstawie wspólnej rady dyrektorów (*interlocking directorates*). Ogólna charakterystyka sieci została przedstawiona w tab. 2, zaś charakterystyki opisowe wybranych 8 miar centralności – w tab. 3.

**Tabela 2.** Ogólne charakterystyki sieci przedsiębiorstw

Charakterystyka	Liczba
Liczba spółek	903
Liczba osób	5 984
Przeciętna liczba osób w radzie	7,85
Odchylenie standardowe liczby osób w radzie	2,575
Moda liczby osób w radzie	7
Liczba relacji w sieci	2570
Średnia liczba relacji	2,85
Największa liczba relacji	19
Liczba spółek w największym komponencie	521

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 3.** Charakterystyki opisowe wybranych miar centralności

Sieć	Cała sieć ( $N = 903$ )				Największy komponent ( $N = 521$ )			
	Charakterystyka	średnia	odchyl. stand.	min	maks.	średnia	odchyl. stand.	min
Stopień relacji ( <i>degree</i> )	2,846	3,317	0	19	4,576	3,388	1	19
Centralność stopnia relacji ( <i>degree centrality</i> )	0,003	0,004	0	0,021	0,009	0,007	0,002	0,037
Centralność bliskości* ( <i>closeness centrality</i> )	0,059	0,052	0	0,154	0,177	0,03	0,095	0,267
<i>Decay centrality</i> ( $Base = 0,5$ )	0,013	0,014	0	0,061	0,039	0,019	0,005	0,107
Centralność przechodniości ( <i>betweenness centrality</i> )	0,002	0,005	0	0,062	0,009	0,017	0	0,186
Centralność przechodniości przejścia losowego ( <i>random walk betweenness centrality</i> )	-	-	-	-	0,023	0,021	0,004	0,126
Centralność wektora własnego ( <i>eigenvector centrality</i> )	0,005	0,033	0	0,333	0,009	0,043	0	0,333
Centralność siły ( <i>power centrality</i> ) ( $\beta = 0,3$ )	0,626	0,780	0	4,887	0,778	0,628	0,146	3,739

\*Centralność bliskości obliczono z pominięciem węzłów niepołączonych.

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 4.** Korelacje miar centralności z liczbą osób oraz liczbą relacji

Miara centralności	Cała sieć ( $N = 903$ )		Największy komponent ( $N = 521$ )	
	liczba osób	stopień relacji	liczba osób	stopień relacji
Centralność stopnia relacji ( <i>degree centrality</i> )	0,124**	1**	0,016	1**
Centralność bliskości ( <i>closeness centrality</i> )	0,228**	0,696**	0,281**	0,533**
<i>Decay centrality</i> ( $Base = 0,5$ )	0,259**	0,805**	0,251**	0,672**
Centralność przechodniości ( <i>betweenness centrality</i> )	0,176**	0,644**	0,163**	0,605**
Centralność przechodniości przejścia losowego ( <i>random walk betweenness centrality</i> )	-	-	0,175**	0,768**
Centralność wektora własnego ( <i>eigenvector centrality</i> )	-0,105*	0,434**	-0,172**	0,455**
Centralność siły ( <i>power centrality</i> ) ( $\beta = 0,3$ )	0,105*	0,995**	-0,007	0,993**
Centralność siły ( <i>power centrality</i> ) ( $\beta = 0,6$ )	0,069*	0,964**	-0,045	0,957**
Centralność siły ( <i>power centrality</i> ) ( $\beta = 0,9$ )	-0,031	0,751**	-0,13*	0,737**

\*  $p < 0,05$ .

\*\*  $p < 0,01$

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 4 przedstawiono współczynniki korelacji Pearsona liczby osób oraz stopnia relacji (*degree*) z ośmioma miarami centralności w układzie całej sieci oraz największego komponentu<sup>6</sup>.

#### 4.1. Właściwości centralności bliskości i centralności wektora własnego a liczba osób w radzie i stopień relacji

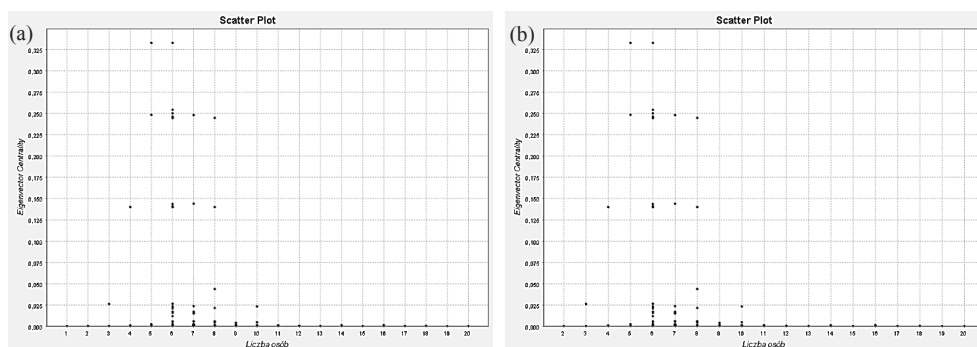
Liczba osób zasiadających w radzie dyrektorów jest w mniejszym stopniu skorelowana z miarami centralności w porównaniu do stopnia relacji. Z analizy korelacji (tab. 4) pomiędzy bliskością i liczbą osób w radzie dyrektorów oraz stopniem relacji wynika, że zmienne te pozytywnie są skorelowane (istotne statystycznie  $p < 0,01$ ). Oznacza to, że aby osiągnąć efekt szybkiego dostępu do informacji o innych przedsiębiorstwach i otoczeniu należy zwiększać stopień relacji, co wiąże się z dodatkowymi kosztami z tytułu zatrudnienia usieciowionego już członka. Oczywiście, wniosek ten jest ograniczony w zakresie ukrytego założenia, że informacja jest przesyłana najkrótszymi ścieżkami w sieci, co nie zawsze jest spełnione, gdyż informacja może się pojawiać w różnych węzłach sieci i przepływać różnymi ścieżkami, niekonieczne zawsze najkrótszymi.

Natomiast relacja liczby osób w radzie jest ujemnie skorelowana z centralnością wektora własnego ( $r = -0,105$  istotnie statystycznie na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  dla całej sieci oraz  $r = -0,172$  na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$  dla największego komponentu), co jest wynikiem dość zaskakującym, ale jednocześnie potwierdzającym tezę, iż realizacja strategii interlockingu w zakresie uzyskania dostępu do informacji przy jednoczesnym ponoszeniu mniejszych kosztów (liczby zaangażowanych członków rady) jest możliwa, a co więcej – jest wykorzystywana przez przedsiębiorstwa. Negatywna korelacja liczby członków rady z wielkością wektora własnego wynika prawdopodobnie z większego reżimu w odniesieniu do zasady gospodarności, optymalizacji wykorzystania mniejszej liczby członków rady w dostępie do informacji. Ograniczenie zasobów (liczby członków rady) wydaje się implikować bardziej sprawne podejście w realizacji strategii interlockingu, rozumiane jako wynik relacji korzyści do nakładów [Stoner, Freeman, Gilbert 1999].

Oznacza to, że chcąc stosować strategię interlockingu, należy przywiązywać uwagę do zatrudnienia w radzie dyrektorów spółki osób, które są członkami rady przedsiębiorstw będącymi centrami w sieci interlockingu często połączonych

<sup>6</sup> Analiza współczynników korelacji w konfiguracji całej sieci i największego komponentu związana jest z wykluczeniem wpływu przedsiębiorstw izolowanych (264 spółek) oraz przedsiębiorstw połączonych w ramach 43 bardzo małych komponentów zawierających od 2 do 6 firm. Ponieważ centralność stopnia jest wynikiem unormowania stopnia relacji, zależność tych zmiennych należy wyłączyć z analizy (korelacja równa 1). Centralność przechodniości przejścia losowego obliczono tylko dla największego komponentu (w sieci rozbitej na kilka niepołączonych ze sobą komponentów nie istnieją drogi pomiędzy wszystkimi węzłami). Ponadto dla centralności siły obliczono korelacje dla trzech wartości parametrów beta (który przyjmuje wartości z zakresu  $0 < \beta < 1$ ): 0,3; 0,6 i 0,9.

z przedsiębiorstwami peryferyjnymi. Natomiast połączenie spółki wspólną dyrekcją ze spółkami peryferyjnymi, co wiąże się ze zwiększeniem osób w radzie dyrektorów, może w większym stopniu zwiększyć centralność firm połączonych z daną spółką i jednocześnie łączących pozostałe podgrupy w sieci. Włączenie osób do rady dyrektorów osób izolowanych od innych spółek powoduje wzrost liczby osób, a wraz z tym kosztów utrzymywania powiększonej rady dyrektorów, nie wpływając na zwiększenie centralności przedsiębiorstwa, mierzonej centralnością wektora własnego w sieci spółek połączonych wspólną dyrekcją. Centralną pozycję w sieci (wysoką wartość centralności wektora własnego) można uzyskać z wykorzystaniem niewielkiej liczby osób zasiadających w radzie dyrektorów (por. rys. 4).

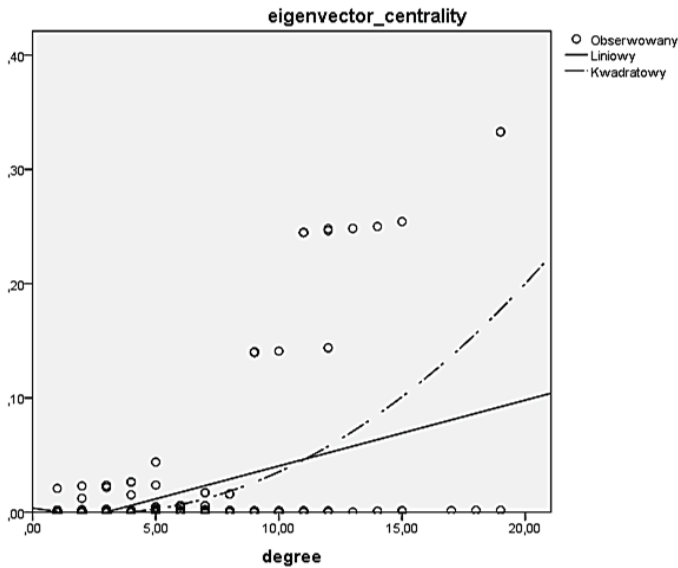


**Rys. 4.** Relacja liczby osób w radzie dyrektorów do centralności wektora własnego w układzie (a) cała sieć; (b) największy komponent (liczba osób na osi odciętych)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu NetMiner 4 [Cyram 2014].

Należy również zwrócić uwagę na relatywnie niewysokie skorelowanie stopnia relacji interlockingu tworzonych z innymi przedsiębiorstwami z pozycją centralności w sieci, mierzoną za pomocą centralności bliskości (odpowiednio w konfiguracji całej sieci i największego komponentu:  $r = 0,696$  i  $r = 0,533$ ); centralności przechodności ( $r = 0,644$  i  $r = 0,605$ ) oraz centralności wektora własnego (0,434 i 0,455)<sup>7</sup>. Analiza dopasowania wektora własnego w funkcji kwadratu wartości stopnia relacji ( $F = 100, 288, p < 0,01$ ) w największym komponentcie wskazuje, że zależność kwadratowa wyjaśnia 28% (regresja liniowa wyjaśnia 21%) wariancji wektora własnego (por. rys. 5). Innymi słowy, przedsiębiorstwo, nie uwzględniając innych czynników, przy podejmowaniu decyzji o wyborze już usieciowionych osób na członków własnej rady dyrektorów, zwiększa swoją wartość wektora własnego proporcjonalnie do 0,777 kwadratu liczby połączeń z innymi przedsiębiorstwami. Przy takim dopasowaniu zarówno regresji prostej, jak i funkcji kwadratowej należy uznać, iż zwiększanie liczby połączeń nie przekłada się znacząco na wzrost wektora własnego.

<sup>7</sup> Wszystkie współczynniki korelacji istotne statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,01$ .

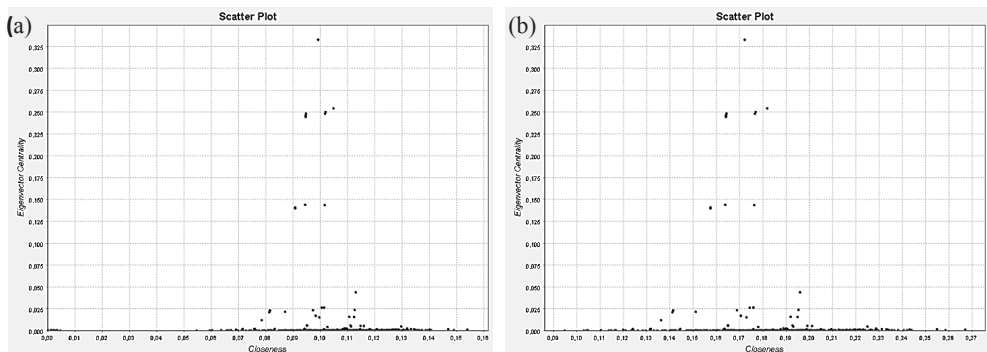


**Rys. 5.** Wykres centralności wektora własnego (*eigenvector centrality*) w funkcji stopnia relacji (*degree*) dla największego komponentu

Źródło: opracowanie własne.

Sam wektor własny w komponencie jest nieistotnie skorelowany z wartością bliskości (współczynnik korelacji na poziomie  $-0,063$ ), co odzwierciedla rys. 6.

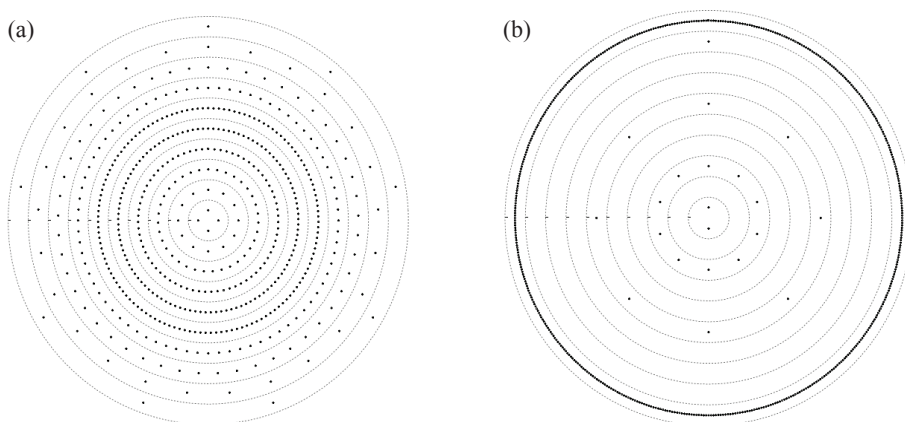
Trudno jest uzyskać szybki dostęp do informacji (centralna pozycja mierzona centralnością bliskości) przy jednoczesnym utrzymywaniu optymalnej relacji nakła-



**Rys. 6.** Relacja centralności bliskości do centralności wektora własnego w układzie: (a) cała sieć; (b) największy komponent (centralność bliskości na osi odciętych)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu NetMiner 4 [Cyram 2014].

du korzyści do kosztów opisane centralnością wektora własnego. Stąd szybkość dostępu do informacji wiąże się ze wzrostem kosztu poprzez wzrost liczby relacji, ale niekoniecznie musi to się przekładać na wzrost wektora własności. W praktyce kompromis między różnymi kryteriami optymalizacji w przypadku rad o małej liczbie członków rady dyrektorów można osiągnąć, zwiększając wektor własny i relację pomiędzy liczbą członków rady usieciowionych z innymi radami do liczby członków danej rady (wskaźnik intensywności relacji). Niemniej jednak należy pamiętać, że wysoce usieciowiony członek rady dysponuje wraz ze wzrostem jego usieciowienia coraz mniejszymi zasobami czasowymi i koncentracji na sprawach danej spółki, co zmniejsza możliwość transmisji informacji z jego udziałem, jak również jego zdolność do właściwego nadzoru kooperacyjnego. Z drugiej strony, jeżeli przedsiębiorstwa, które łączy osoba zasiadająca w obu radach, są bezpośrednimi konkurentami, straty z tytułu wycieku informacji w jednym przedsiębiorstwie mogą powodować dodatkowe korzyści u drugiego przedsiębiorstwa.



**Rys. 7.** Wykres koncentryczny (a) centralności bliskości i (b) centralności wektora własnego dla przedsiębiorstw w największym komponencie

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu NetMiner 4 [Cyram 2014].

Co ciekawe, zgodnie z rys. 7, rozkład centralności bliskości jest w miarę równomierny, zaś w przypadku rozkładu wektora własnego sytuacja jest odmienna. niewiele jest przedsiębiorstw mających wysokich poziom wektora własnego, a dominująca część to przedsiębiorstwa o małym wskaźniku wektora własnego. Wynika z tego, że mało jest przedsiębiorstw, które potrafią zwiększyć swój wektor własny, a więc optymalizować korzyści do nakładów w realizacji strategii interlockingu.

## 5. Zakończenie

Przegląd najczęściej używanych miar centralności wykorzystywanych w analizie sieciowej oraz założenia dotyczące strategii interlockingu sugerują, że miarami, które najlepiej opisują jej realizację, są bliskość oraz wektor własny. Niemniej jednak analiza ich właściwości statystycznych oraz związków z wielkością rady i stopniem relacji (*degree*) wskazuje, że trudno je optymalizować, jednocześnie zwiększając liczbę relacji. O ile centralność jest relatywnie liniowo związana z liczbą relacji, o tyle zwiększanie wektora własnego wiąże się z większą trudnością i musi obejmować analizę struktury sieci dla optymalizacji stosunku korzyści do nakładów. W naszych rozważaniach nie braliśmy pod uwagę prawdopodobieństwa oraz schematu pojawiania się wartościowej informacji w sieci, gdyż proces przyjęliśmy za przypadkowy i bezpośrednio niekontrolowany (tak zwany czynnik szansy). Przyjęte miary centralności: bliskość i wektor własny do oceny strategii interlockingu nie mierzą w rzeczywistości udziału węzła w przepływie informacji, ale oczekiwane uczestnictwo w tym przepływie [Borgatti 2005].

Należy podkreślić, że żadna z miar centralności nie uwzględnia redundancji informacji, jaka pojawia się w sieci w wyniku połączeń z przedsiębiorstwami, które również są ze sobą połączone, i ogólnej redundancji informacji w sieci, co wpływa na wartość informacji dla przedsiębiorstwa.

## Literatura

- Blomqvist, K., Kyläheiko K., Virolainen V.-M., 2002, *Filling a gap in traditional transaction cost economics: Towards transaction benefits-based analysis*, "International Journal of Production Economics", vol. 79, s. 1-14.
- Bonacich P., 1987, *Power and centrality: A family of measures*, "American Journal of Sociology", vol. 92, no. 5, s. 1170-1182.
- Borgatti S., Everett M., Johnson J.C., 2013, *Analyzing Social Networks*, Sage, London.
- Borgatti S. P., 2005, *Centrality and network flow*, "Social Networks", 27(1), vol. 27, s. 55-57.
- Bouwman C.H.S., 2011, *Corporate governance propagation through overlapping directors*, "Review of Financial Studies", vol. 24, s. 2358-2394.
- Cyram, 2014, NetMiner 4.2.1., Cyram Inc., Seoul.
- Freeman L.C., 1979, *Centrality in social networks conceptual clarification*, "Social Networks", 1(1978/79), s. 215-239.
- Jackson M O., 2008, *Social and Economic Networks*, Princeton University Press, Princeton.
- Klimas P., 2014, *Zastosowanie analizy sieciowej w badaniach kapitału społecznego*, [w:] A. Sankowska, K. Santarek (red.), *Spoleczne aspekty zarządzania. Wybrane problemy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, s. 22-39, Warszawa.
- Knocke D., Yang S., 2008, *Social Network Analysis*, Sage Publications.
- Mizruchi M.S., 1996, *What do interlocks do? An analysis, critique, and assessment of research on interlocking directorates*, "Annual Review of Sociology", vol. 22, s. 271-298.
- Mizruchi M.S., Bunting D., 1981, *Influence in corporate networks: An examination of four measures*, "Administrative Science Quarterly", vol. 26, s. 475-489.



- Mizruchi M. S., Mariolis P., Schwartz M., Mintz B., 1986, *Techniques for disaggregating centrality scores in social networks*, "Sociological Methodology", vol. 16, s. 26-48.
- Newman M.E.J., 2005, *A measure of betweenness centrality based on random walks*, "Social Networks", vol. 27, no. 1, s. 39-54.
- Newman M.E.J., 2010, *Networks. An Introduction*, Oxford University Press.
- Payne G.T., Benson G.S., Finegold D.L., 2009, *Corporate board attributes, team effectiveness and financial performance*, "Journal of Management Studies", vol. 46, s. 704-731.
- Pfeffer J., 1972, *Size and composition of corporate boards of directors: The organization and its environment*, "Administrative Science Quarterly", vol. 17, s. 218-228.
- Pfeffer J., Salancik G., 2003/1978, *The External Control of organizations: A Resources Dependence Perspective*, Stanford University Press, Stanford.
- Prell C., 2012, *Social Network Analysis. History, Theory & Methodology*, Sage Publications.
- Schoorman F.D., Bazerman M.H., Atkin R.S., 1981, *Interlocking directorates: A strategy for reducing environmental uncertainty*, "Academy of Management Review", vol. 6, s. 243-251.
- Stoner J.A., Freeman R.E., Gilbert Jr D.R., 1999, *Kierowanie*, PWE, Warszawa.
- Tam T., 1989, *Demarcating the boundaries between self and the social: The anatomy of centrality in social networks*, "Social Networks", 11, s. 387-401.
- Yang Y., Cai N., 2011, *Interlocking directorates and firm's diversification strategy: Perspective of strategy learning*, [w:] M. Dali (ed.), *Innovative Computing and Information*, Springer-Verlag, Berlin, s. 87-94.
- Zdziarski M., 2012, *Relacje w radach nadzorczych spółek publicznych*, „Współczesne Zarządzanie”, nr 4, s. 213-223.