

Katarzyna HAREŹLAK, Michał KOZIELSKI
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

METODY ANALIZY SIECI KRYMINALNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wybrane metody analizy i wizualizacji sieci kryminalnych wywodzące się z analizy sieci społecznych. Omówione metody mogą stanowić podstawę dla systemu wspomagającego pracę służb kryminalnych i antyterrorystycznych.

Słowa kluczowe: analiza kryminalna, analiza sieci społecznych, wizualizacja sieci

THE METHODS OF CRIMINAL NETWORK ANALYSIS

Summary. The paper presents chosen social network based methods of analysis and visualization of criminal networks. The methods presented may become the basis of the system supporting police and intelligence analysis.

Keywords: criminal analysis, social network analysis, network visualization

1. Wstęp

W ostatnich latach można zauważyć bardzo intensywny rozwój metod związanych z analizą sieci społecznych (ang. *social network analysis* – SNA). Siecią społeczną jest struktura utworzona przez ludzi powiązanych ze sobą (bezpośrednio lub pośrednio) poprzez wspólne relacje lub zainteresowania. SNA ma swoje początki w latach sześćdziesiątych, natomiast intensywny rozwój metod tego rodzaju jest związany z rozwojem sieci Internet i aktywnością społeczną w tej sieci (np. blogi, fora, aukcje elektroniczne).

Jednym z przykładów sieci społecznych może być sieć kryminalna, którą można zdefiniować jako trwały związek przestępców z luźną strukturą hierarchiczną, obejmującą swoim zakresem zarówno sieci funkcjonujące jako kartele, takie, które przypominają związki

handlowe oraz te, które zapewniają utrzymanie prostych kontaktów pomiędzy jej członkami. Sieci takie mogą być analizowane, gdzie zgodnie z definicją obowiązującą w polskiej policji od 1994 r.:

Analiza kryminalna polega na identyfikacji (lub możliwie dokładnym określeniu) wewnętrznych powiązań pomiędzy informacjami dotyczącymi przestępstwa oraz wszelkimi innymi informacjami uzyskanymi z różnych źródeł i wykorzystaniu ich do celów operacyjnych i dochodzeniowo - śledczych.

Analiza sieci kryminalnych może dostarczyć odpowiedzi na następujące pytania:

- jakie role odgrywają osoby tworzące sieć,
- usunięcie którego z członków spowoduje zaburzenia w jej działaniu,
- czy i jakie istnieją w niej podgrupy,
- jakie wzorce zachowań można zidentyfikować pomiędzy podgrupami,
- jaka jest całkowita struktura sieci?

Analiza sieci kryminalnej w kontekście postawionych pytań może dostarczyć cennych informacji o strukturze sieci, rolach jej członków oraz może pomóc w odkryciu słabych stron sieci kryminalnej i mieć istotne znaczenie dla śledztwa.

Problemy, które można napotkać podczas analizy sieci kryminalnych to m.in.:

- niekompletność, niepoprawność, niespójność konieczność transformacji danych,
- nieostre granice przynależności do organizacji przestępczych,
- dynamika struktury organizacji przestępczych.

Analiza sieci kryminalnych może być przeprowadzona stosując liczne metody SNA, które można podzielić na:

- metody analizy sieci – pozwalają na analizę sieci z pomocą wyznaczonych parametrów jej struktury,
- metody wizualizacji sieci – pozwalają na wizualną analizę sieci.

Narzędzia wykorzystywane do analizy sieci również kryminalnych można podzielić na trzy generacje cechujące się różną funkcjonalnością [11].

Pierwsza generacja obejmuje właściwie nie narzędzia, lecz metody, takie jak ANACAPA, z pomocą których śledczy manualnie konstruuje macierz poprzez analizę plików danych w celu identyfikacji związków pomiędzy kryminalistami. Na jej podstawie może zostać wygenerowany graf wizualizujący istniejące powiązania. Pozwala on na wskazanie aktorów odgrywających ważną rolę w sieci, jeśli charakteryzują się oni dużą liczbą połączeń. Jednak to podejście przy dużej liczbie danych jest nieefektywne.

Druga generacja narzędzi wspomaga głównie wizualizację sieci kryminalnych, jednakże ich funkcjonalność w zakresie analizy struktury sieci pozostaje nadal skromna. Jej ciężar nadal pozostaje na barkach analityka.

Trzecia generacja narzędzi oferuje większą funkcjonalność w zakresie analizy, umożliwiając poznanie strukturalnych charakterystyk sieci kryminalnej, takich jak np. role członków sieci, występowanie w niej podgrup, wzorce interakcji pomiędzy grupami.

W kolejnych punktach omówione zostaną podstawowe metody analizy sieci kryminalnych (punkt 2) oraz metody wizualizacji sieci (punkt 3). Przedstawione metody mogą stanowić podstawę do zdefiniowania wymagań, które powinny zostać uwzględnione podczas tworzenia narzędzi analizy sieci kryminalnych.

2. Analiza sieci kryminalnych

Sieci kryminalne reprezentowane są jako graf z funkcją wagową $G=(V,E:w)$ [14], gdzie:

- V odpowiada zbiorowi węzłów grafu reprezentujących aktorów sieci,
- E jest zbiorem powiązań,
- w jest funkcją mapującą każde powiązanie $(u,v) \in E$, do wagi w_{uv} , która wskazuje siłę związku pomiędzy węzłami u i v .

Każdy węzeł v odpowiada osobie, a powiązanie pomiędzy węzłami reprezentuje związek pomiędzy nimi. Waga w jest określana przez liczbę r różnych typów związków.

Jednym z głównych parametrów wykorzystywanych do analizy sieci społecznych, czyli również kryminalnych, jest centralność. Centralność (ang. *centrality*) jest miarą, która może być wyznaczona dla każdego aktora sieci i może ona nieść informację na temat znaczenia danego aktora oraz jego wpływu na innych aktorów. Można wyróżnić wiele rodzajów centralności, z których najczęściej wykorzystywane to *degree centrality*, *betweenness centrality*, *closeness centrality*.

Degree centrality jest miarą określającą, jak bardzo aktywny jest dany aktor i wskazuje liczbę powiązań danego aktora z innymi aktorami w sieci. Usunięcie aktora o wysokiej *degree centrality* może prowadzić do rozpadu analizowanej sieci.

Betweenness centrality określana jest przez liczbę najkrótszych ścieżek (ang. *geodesics*) między każdą parą węzłów sieci przechodzących przez dany węzeł. Węzeł o wysokiej centralności typu *betweenness* w wysokim stopniu pośredniczy w przekazywaniu informacji w sieci. Również w tym przypadku usunięcie aktora o wysokiej *betweenness centrality* może doprowadzić do rozpadu analizowanej sieci.

Closeness centrality jest miarą określającą odległość (wyznaczaną przez najkrótsze ścieżki) danego aktora od pozostałych aktorów w sieci. Miara ta określa więc, jak łatwo skontaktować się danemu aktorowi z pozostałymi aktorami sieci.

Analiza centralności stanowi podstawę do określenia ról aktorów tworzących sieć społeczną, również kryminalną. Role, jakie można wyróżnić w sieci kryminalnej, to m.in. [10]:

organizatorzy, izolatorzy, komunikatorzy, strażnicy, rozszerzający, monitorujący, łącznicy, żołnierze, rekruci, postronni, przypadkowi. Osoby pełniące najbardziej istotne role z punktu widzenia śledczego (np. organizatorzy) bardzo często nie cechują się wysoką centralnością w strukturze sieci. Wynika to z konspiracyjnego charakteru działalności kryminalnej i konieczności izolowania w strukturze sieci kierownictwa organizacji.

Innymi interesującymi metodami, które mogą być wykorzystane do analizy sieci kryminalnych są grupowanie oraz związane z nią analiza gęstości powiązań, analiza spójności i stabilności grupy [13].

Grupowanie jest zadaniem, które ogólnie definiując polega na wyznaczeniu grup danych, będących bardziej podobnymi w ramach grupy niż pomiędzy grupami. W przypadku sieci społecznych (kryminalnych) grupowani są aktorzy sieci (węzły grafu), którzy posiadają więcej powiązań w ramach grupy niż pomiędzy grupami, a celem grupowania jest wyznaczenie tzw. społeczności (ang. *communities*).

W celu wyznaczenia grupy węzłów podobnych do siebie konieczne jest zastosowanie miar podobieństwa (odległości), które będą pozwalały na analizę węzłów w sieci. Przykładem takiej miary jest tzw. miara Euklidesowa dla grafu nie skierowanego lub współczynnik korelacji Pearsona [9]. Przedstawione metody można zastosować do wyznaczenia macierzy podobieństwa węzłów sieci, a następnie stosując jeden z typowych algorytmów grupowania takich jak np. grupowanie hierarchiczne typu *single link* lub *complete link* można wyznaczyć grupy węzłów na bazie tej macierzy.

W celu wyznaczenia społeczności w sieci społecznej można zastosować również jeden z algorytmów dedykowanych do analizy struktury grafu. Przykładem takiego podejścia jest metoda analizy centralności typu *betweenness* dla krawędzi grafu [5]. Krawędzie grafu o wysokiej centralności typu *betweenness* mogą być określone jako pomosty pomiędzy dwoma społecznościami, przez które przebiegają wszystkie szlaki komunikacyjne między tymi grupami. Usuwając tego typu krawędzie separujemy grupy węzłów tworzące społeczności w analizowanej sieci.

Dla wyznaczonych grup (społeczności) aktorów sieci możliwa jest analiza gęstości powiązań (ang. *link density*) będąca stosunkiem istniejących powiązań między węzłami do maksymalnej możliwej liczby powiązań. Dla grupy o wysokiej wartości gęstości powiązań (bliskiej 1) komunikacja i efektywność działania są lepsze, jednakże sieć taka jest bardziej narażona na aresztowania i rozbitcie, gdyż złapanie jednego członka grozi rozpracowaniem całej struktury grupy.

Spójność grupy (ang. *group cohesion*) mierzona jest stosunkiem średniej wagi powiązań w ramach grupy do średniej wagi powiązań poza grupą. Członkowie spójnej grupy są bardziej lojalni i jest mniej prawdopodobne, by dołączyli do innej grupy.

Stabilność grupy (ang. *group stability*) wyznaczana jest jako stosunek liczby węzłów, które nie zmieniły przynależności w dwóch chwilach czasu do liczby wszystkich węzłów, które do grupy należały lub należą.

3. Wizualizacja sieci kryminalnych

Wizualizacja sieci kryminalnych stanowi istotną część analizy wspomagającą śledczych. Metody wizualizacji przedstawione w dalszej części pracy pozwalają na całościową ocenę struktury sieci jak również umożliwiają analizę na poziomie bezpośredniego otoczenia wybranego węzła.

3.1. Rozkład węzłów sieci na płaszczyźnie

Obliczenie współrzędnych węzła początkowego i jego rozmiaru są ważnym krokiem w wizualizacji obiektów i ich związków, opisanych jako graf, na dwuwymiarowej płaszczyźnie. Niezbędne jest mapowanie każdego węzła $v \in V$ do punktu $p_v = (x_v, y_v) \in R^2$.

Taka prezentacja grafu powinna cechować się następującymi właściwościami:

- 1) węzły powinny być oddzielone optymalną odległością, aby w pełni wykorzystać dwuwymiarową przestrzeń, bez tworzenia skupisk węzłów,
- 2) długość powiązania powinna odzwierciedlać siłę związku, tzn. dwa węzły powinny znajdować się bliżej, jeśli odpowiadające im osoby są ściślej powiązane,
- 3) przecięcia powiązań powinny być zminimalizowane,
- 4) rozmiar węzła powinien być proporcjonalny do ważności odpowiadającej mu osoby.

Istnieje wiele metod wizualizacji sieci modelowanej w postaci grafu. Wyróżnić można tu m.in. metody rozmieszczające węzły sieci na okręgu, dające układ radialny, hierarchiczny oraz metody pozwalające wyróżnić grupy w analizowanej sieci. Najwyżej oceniane są przez użytkowników [6] metody ułatwiające wyróżnienie grup w sieci, do których między innymi należą algorytmy z grupy *force-directed* oraz *multidimensional scaling*.

3.1.1. Algorytmy *Force-directed*

Rozwiązania *Force-based* lub *Force-directed* należą do klasy algorytmów wizualizacji grafów, w których zapewnione jest takie ułożenie węzłów w dwu- lub trójwymiarowej przestrzeni, że krawędzie grafu mają zbliżoną długość, a liczba przecięć krawędzi jest zminimalizowana.

Algorytmy te uzyskują pożądane efekty przez określenie sił pomiędzy zbiorami krawędzi i zbiorami wierzchołków. Jednym z algorytmów, który opracowano do wizualizacji sieci

społecznych jest algorytm *spring embedder* [7], będący heurystycznym podejściem do rysowania grafów, symulującym system mechaniczny, w którym krawędzie grafu są zastępowane przez sprężynę, a węzły są reprezentowane przez koła (pierścienie). Jeśli takiemu grafowi, na drodze iteracji, pozwoli się poruszać bez żadnych ograniczeń, to będzie on zmieniał ułożenie do uzyskania konfiguracji, w której potencjalna energia sprężyny zostanie zminimalizowana. Siły są stosowane do węzłów, ciągnąc je bliżej siebie lub wzajemnie je odpychając. Siła odpychania jest wprowadzona w celu uniknięcia gromadzenia się węzłów, podczas gdy siła sprężyny próbuje utrzymać pożądaną odległość pomiędzy węzłami. Gdy system znajdzie się w stanie równowagi, to znaczy, że relatywne pozycje węzłów nie zmieniają się już z iteracji na iterację, rysowany jest graf.

Na podstawie opisanej metody rozwinięto wiele algorytmów wprowadzających zmiany mające na celu poprawienie jakości jej działania, np: Kamada i Kawai, Fruchterman i Reingold [4], Kumar i Fowler [8].

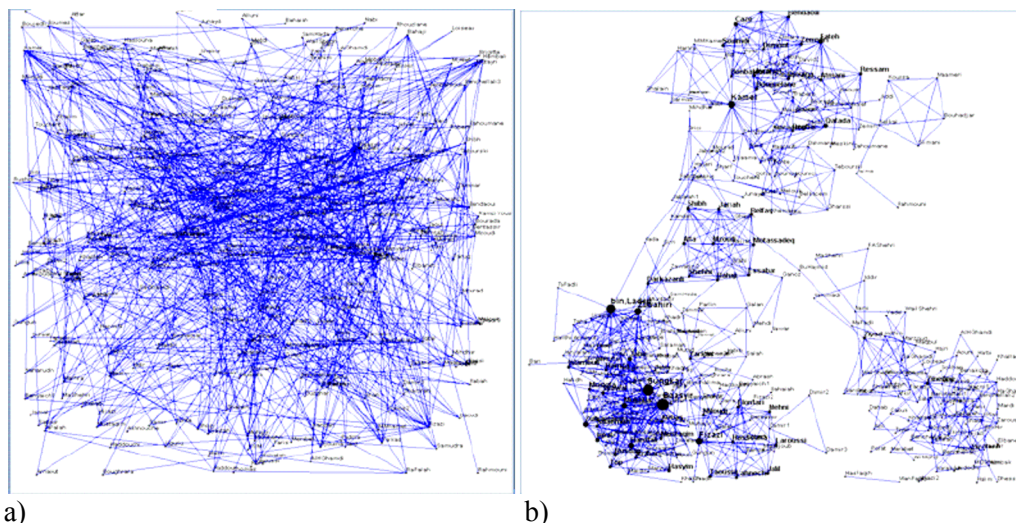
Przykład wizualizacji sieci terrorystycznej przy rozkładzie węzłów zapewniającym wypełnienie dostępnej przestrzeni oraz przy zastosowaniu metody *spring embedder* został przedstawiony na rys. 1 odpowiednio a) i b).

3.1.2. Skalowanie wielowymiarowe

Skalowanie wielowymiarowe (ang. *Multidimensional Scaling MDS*) [1, 2] jest zbiorem związanych ze sobą technik statystycznych często używanych w wizualizacji informacji dla zbadania sąsiedztwa (podobieństw bądź różnic) danych i jest specjalnym rodzajem porządkowania *obiektów*. Dane wejściowe do skalowania wielowymiarowego może stanowić dowolny rodzaj relacji pomiędzy parami obiektów reprezentowany przez *macierz wejściową*, którą da się przekształcić na miarę sąsiedztwa. Macierz wejściowa może być kwadratowa lub prostokątna. W macierzy kwadratowej wiersze i kolumny zawierają obiekty. Komórki reprezentują różnicę $\delta_{i,j}$ pomiędzy obiektami i oraz j . W macierzy prostokątnej wiersze są najczęściej obiektami, a kolumny atrybutami. Każda komórka reprezentuje wtedy miarę v_{ij} uzyskaną dla obiektu i dla atrybutu j . Atrybuty mogą być skalami wskaźników, co daje podstawę do obliczenia różnic pomiędzy obiektami.

Sąsiedztwo danych składa się z informacji o różnicach dotyczących par zbioru obiektów, nad którymi zdefiniowano funkcję odległości (*distance function*). Funkcja ta przekształca *macierz sąsiedztwa* w *macierz odległości*, mapując zbiór obiektów w zbiór punktów wielowymiarowej przestrzeni. Punkty są aranżowane w niej tak, aby odległości pomiędzy parami punktów miały najsilniejsze możliwe relacje do podobieństw pomiędzy parami obiektów. Wynika z tego, że dwa podobne obiekty są reprezentowane przez dwa punkty, które znajdują się blisko siebie, a dwa różne obiekty odpowiadają punktom oddalonym od siebie. Przestrzeń jest zwykle dwu- lub trójwymiarową przestrzenią Euklidesową, ale nie

wyklucza się użycia wielowymiarowej i nieeuklidesowej. Sposób przestrzennej reprezentacji relacji między obiektami stanowi najważniejszą część modelowania działającego na zbiorze podobieństw.



Rys. 1. Wizualizacja sieci terrorystycznej przy rozkładzie węzłów zapewniającym wypełnienie dostępnej przestrzeni (a) oraz przy zastosowaniu metody spring embedder (b) [14]

Fig. 1. Visualization of terrorist network – initial layout (a), layout after applying the spring embedder algorithm (b) [14]

3.2. Metody wspomagające analizę powiązań dla wybranych fragmentów sieci

W przypadku analizy sieci kryminalnych lub terrorystycznych istotna może być dodatkowa wiedza śledczych lub ich intuicja. Wiedza taka pozwala na skoncentrowanie analizy również wizualnej na wybranych osobach spośród wielu aktorów analizowanej sieci. Z tego względu do analizy sieci terrorystycznych [14] (co można rozszerzyć na sieci kryminalne) zaproponowano zastosowanie specjalnych metod pozwalających na bardziej przejrzystą wizualizację otoczenia wybranego węzła oraz ograniczenie jego sąsiedztwa. Zastosowanie metod tego typu pozwala wg autorów pracy na szybszą analizę wybranych fragmentów sieci oraz zdefiniowanie właściwych wniosków.

Metody opisane w [14] należą do grupy metod wizualizacji typu *focus-plus-context*, które pozwalają na interaktywną modyfikację sposobu prezentacji sieci społecznej.

Metoda *Fisheye view* pozwala na przekształcenie sieci w taki sposób, by wyolbrzymione zostało sąsiedztwo wybranego węzła lub węzłów. Pozostałe rejony sieci zostają wtedy skupione na obrzeżach przestrzeni, w której jest prezentowana sieć. Aby uzyskać odpowiednie odkształcenie sieci stosowana jest transformacja polarna, która pozwala wyznaczyć nowe współrzędne węzłów sieci.

Metoda *Fractal view* pozwala użytkownikowi na wskazanie wybranego węzła sieci oraz zredukowanie jego sąsiedztwa. Wizualizacja jedynie sąsiedztwa o zadanym zasięgu dla wybranego węzła pozwala na uzyskanie przejrzystego obrazu powiązań dla tego węzła, ułatwia-

jąc ich analizę. Metoda *Fractal view* wykorzystuje drzewiastą interpretację struktury analizowanej sieci, gdzie korzeniem jest węzeł sieci wskazany przez użytkownika. Gałęzie drzewa odpowiadają najkrótszym ścieżkom prowadzącym od korzenia do pozostałych węzłów w sieci. Dla tak zdefiniowanej struktury analizowana jest propagacja tzw. wartości fraktala, poczynając od korzenia do wszystkich węzłów w sieci.

Im wyższe wartości fraktala zostaną wyznaczone dla danego węzła, tym bliższe jest jego powiązanie z węzłem wybranym do analizy. Dla powyższej metody użytkownik ma możliwość podania wartości t poziomu odcięcia (redukcji) węzłów o wartości fraktala niższej od t . W ten sposób użytkownik ma możliwość pozostawienia w obszarze wizualizacji tylko tych węzłów, które są blisko związane z wybranym węzłem. Pozwala to również na znaczne zwiększenie przejrzystości wizualizacji.

Istnieje również możliwość połączenia obydwu omawianych metod, co powinno prowadzić do poprawy jakości analizy sieci. Przykład zastosowania obydwu metod *Fisheye view* i *Fractal view* dla przykładowej sieci z rys. 1, gdzie wybrane do analizy zostały przez użytkownika dwa węzły, przedstawiono na rys. 2.

3.3. Modelowanie blokowe

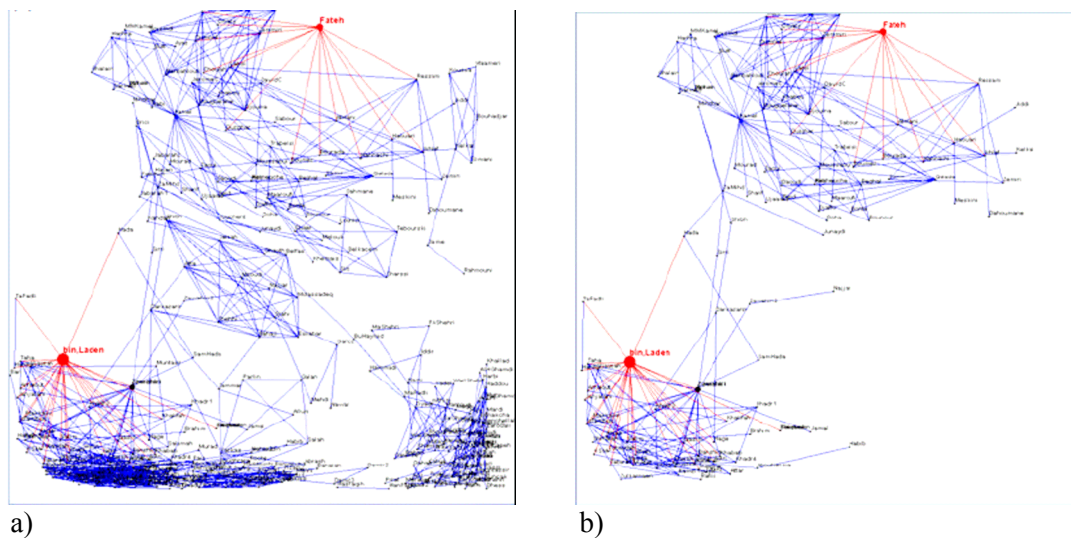
Modelowanie blokowe (ang. *blockmodeling*) [3] jest metodą, która pozwala na zredukowanie złożonej sieci, np. społecznej do bardziej ogólnej i czytelnej postaci sieci, która może być łatwiej analizowana.

Modelowanie blokowe polega na wyznaczeniu grup węzłów sieci o takich samych lub równoważnych powiązaniach, tak by powiązania pomiędzy wyznaczonymi grupami można było zamodelować w postaci bloków relacji. Podstawowe znaczenie dla modelowania blokowego ma wyznaczenie podziału węzłów sieci na grupy. Kryterium podziału powinna być równoważność węzłów tworzących grupę.

Do przedstawianego problemu zastosowana może być jedna z następujących relacji równoważności: równoważność strukturalna, równoważność regularna.

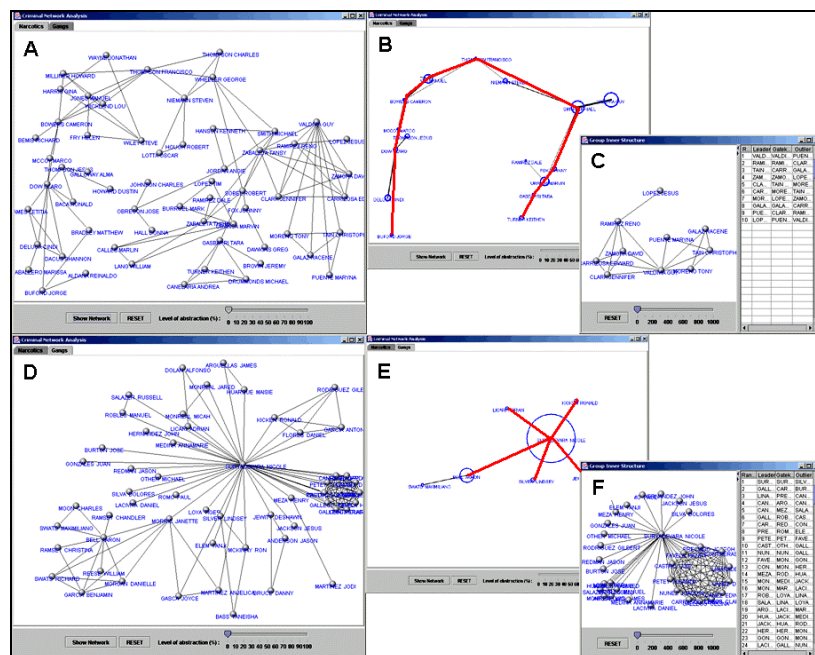
Wyznaczenie grup równoważnych węzłów sieci może zostać wykonane korzystając z dwóch metod: pośredniej i bezpośredniej [3].

W metodzie bezpośredniej funkcja podziału mierzy dopasowanie wyznaczonych w podziale bloków do idealnego rozkładu powiązań, które mogłyby istnieć przy zastosowaniu danej relacji równoważności.



Rys. 2. Zastosowanie metod *Fisheye view*: a) oraz połączenia *Fisheye view* z *Fractal view*, b) dla przykładowej sieci z rys. 1 [14]

Fig. 2. Application of *Fisheye view* method: a) and both *Fisheye view* and *Fractal view* methods, b) to the network presented on fig. 1 [14]



Rys. 3. Przykładowe struktury sieci kryminalnych (A, D) oraz ich uproszczone schemat uzyskany przy zastosowaniu modelowania blokowego (B, E) [12]

Fig. 3. The examples of criminal network structures (A, D) and their simplified structures determined by means of blockmodeling (B, E) [12]

W metodzie pośredniej funkcja podziału wyznaczana jest na bazie miary podobieństwa (odległości) dla par węzłów. Wynika to z faktu, że w rzeczywistych sieciach społecznych równowaga strukturalna jest stosunkowo rzadka. Dlatego nie wyznacza się grup węzłów równoważnych strukturalnie, lecz wyznaczane są grupy węzłów jak najbardziej zbliżonych do równowagi strukturalnej na podstawie wybranej miary podobieństwa (odległości).

Kolejnym krokiem, który powinien być wykonany po wyznaczeniu grup, jest analiza powiązań, które występują pomiędzy grupami. W tym celu należy wyznaczyć gęstość powiązań (ang. *link density*) występujących pomiędzy aktorami tworzącymi grupy.

Użytkownik mając możliwość podawania granicznej wartości gęstości powiązań może decydować, które grupy posiadają wystarczająco gęstą sieć powiązań i powinny być modelowane jako blok, czyli między którymi grupami powinno pojawić się połączenie na wizualizacji zredukowanej postaci sieci.

Przykład uproszczonych struktur sieci kryminalnych uzyskanych w wyniku zastosowania modelowania blokowego przedstawiony został na rys. 3. Analizowane sieci z rys. 3 przedstawiają siatkę dilerów narkotykowych (A) oraz sieć członków gangu (D). Zastosowanie modelowania blokowego pozwala na czytelną wizualizację liniowej struktury sieci dilerów narkotykowych (B) oraz radialnej struktury sieci członków gangu (E) [12].

4. Podsumowanie

W niniejszej pracy przedstawione zostały wybrane metody analizy sieci kryminalnych oraz wizualizacji tych sieci. Metody te pozwalają na analizę parametrów charakteryzujących strukturę sieci, wyznaczenie ról poszczególnych aktorów tworzących organizację przestępczą, oraz wyznaczenie podsieci stanowiących odrębne społeczności w ramach sieci. Analiza sieci kryminalnych może być dodatkowo wspomagana przez wizualizację sieci, pozwalającą na lepsze zrozumienie struktur organizacji i powiązań między tworzącymi je przestępcami.

Metody takie mogą być wykorzystane przez odpowiednie służby do identyfikacji i zrozumienia struktury organizacji przestępczych, określenia, które osoby powinny stanowić cel działań operacyjnych oraz analizę, jaki wpływ na siatkę przestępczą będą miały np. aresztowania wybranych osób.

Narzędzia udostępniające przedstawione metody analizy sieci kryminalnych mogą być bardzo pomocne dla służb zajmujących się przestępczością zorganizowaną i terroryzmem. Funkcjonalność systemu tego typu powinna, najogólniej, odpowiadać narzędziom trzeciej generacji, czyli umożliwiać zarówno analizę parametrów struktury sieci, jak i jej wizualizację. Omówione w pracy metody analizy i wizualizacji mogą stanowić podstawę takiego systemu, choć na pewno nie wyczerpują listy możliwych i przydatnych funkcji.

BIBLIOGRAFIA

1. Buja A., Swayne D.F., Littman M., Dean N., Hofmann H, Chen, L.: Interactive Data Visualization with Multidimensional Scaling, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 2008, Vol. 17(2), s. 444÷472.
2. Deun K. Van, Delbeke L.: Multidimensional Scaling, University of Leuven, Belgium, <http://www.uni-bonn.de/mathpsyc/doc/delbeke/delbeke.htm>
3. Doreian P., Batagelj V., Ferligoj A.: *Generalized Blockmodeling*. Cambridge University Press, Cambridge 2005.
4. Fruchterman T. Reingold E.: Graph drawing by force-directed placement. *Software-Practice Exper.* Vol. 21(11) 1991, s. 1129÷1164.
5. Girvan M., and Newman M. E. J.: Community structure in social and biological networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, 7821, 2002.
6. Huang W., Hong S.E., Eades P.: *How People Read Sociograms: A Questionnaire Study*. APVIS 2006, Tokyo 2006.
7. Kobourov S., Wampler G.K.: Non-Euclidean Spring Embedders. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* Vol. 11, No. 6, 2005, s. 757÷767.
8. Kumar A., Fowler R.H.: A spring modeling algorithm to position nodes of an undirected graph in three dimensions. Technical Report CS-94-7.
9. Newman M.E.J.: Detecting community structure in networks. *Eur. Phys. J. B* 38, 2004, s. 321÷330.
10. Piekaj W., Skorek G., Zygmunt A., Koźlak J.: Środowisko do identyfikowania wzorców zachowań w oparciu o podejście sieci społecznych. *Technologie Przetwarzania Danych TPD 2007*, Poznań 2007, 24-26.
11. Xu J., Chen H.: CrimeNet Explorer: A Framework for Criminal Network Knowledge Discovery. *ACM Transactions on Information Systems TOIS* Vol. 23(2), 2005, s. 201÷226.
12. Xu J., Chen H.: Criminal network analysis and visualization. *Commun, ACM* Vol. 48(6), 2005, s. 100÷107.
13. Xu J., Marshall B., Kaza S., Chen H.: Analyzing and Visualizing Criminal Network Dynamics: A Case Study. *ISI 2004*, s. 359÷377.
14. Yang C., Liu N., Sageman M.: Analyzing the Terrorist Social Networks with Visualization Tools. *ISI 2006, LNCS*, s. 331÷342.

Recenzenci: Dr inż. Dariusz Mrozek,
Dr hab. inż. Robert Wrembel

Wpłynęło do Redakcji 21 stycznia 2010 r.

Abstract

The paper presents the approach to criminal analysis as a type of social network analysis (SNA). Several methods of SNA are described as being useful in such analysis. The methods are divided into analytic and visualization approaches. The analytic methods may be applied e.g. in order to calculate the parameters describing network structure, determine the roles of the actors in a criminal network, reveal communities in a network. Visualization of a network enables a better understanding of a criminal organization structure and the relationships between the actors of the underworld.

A system combining both analysis and visualization methods may be a useful tool for police and intelligence service. The methods presented may be treated as the basic functionality of such tool.

Adresy

Katarzyna HAREŹLAK: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,
44-100 Gliwice, Polska, katarzyna.hareźlak@polsl.pl .

Michał KOZIELSKI: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,
44-100 Gliwice, Polska, michał.kozielski@polsl.pl .