

УДК 004.056.5:32.019.51

Є.В. Мелешко, В.С. Гермак, С.М. Охотний

Кіровоградський національний технічний університет, Кропивницький

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОСТІ АКТОРІВ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ДЛЯ ЗАДАЧ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

В роботі розглянуті основні характеристики структурних позицій акторів у віртуальних соціальних мережах, а також проведено дослідження існуючих методів визначення центральності акторів. Розглянуто вплив величини центральності актора на ступінь його влади у соціальній мережі та здатність контролювати інформаційні потоки, а також здійснювати інформаційні впливи або захищатися від них.

Ключові слова: соціальні мережі, аналіз соціальних мереж, центральність, влада, інформаційні впливи

Вступ

Аналіз соціальних мереж отримує все більшу увагу у сфері інформаційної безпеки, зокрема таких її аспектів як інформаційно-психологічні впливи, інформаційне управління та протидія, а також поширення інформаційних вірусів. Вивчення соціальних мереж є новою науковою областю, яка швидко розвивається і включає в себе соціологічні, математичні, статистичні та комп'ютерні науки [1-5].

В соціальній мережі актори часто не мають достатньої для прийняття рішення інформації, або не можуть самостійно обробити її, тому їх рішення можуть бути засновані на рішеннях інших акторів – соціальний вплив. Вплив на акторів у соціальній мережі буває *цілеспрямованим* (переконання, навіювання, реклама, пропаганда тощо) та *нецілеспрямованим* (актор не має чіткої мети, може не здогадуватися про свій вплив на інших акторів) [1].

Важливим напрямком в аналізі соціальних мереж є дослідження властивостей структурної позиції актора. Найважливішою характеристикою структурної позиції актора є центральність [3-5], вона визначає важливість актора у мережі. Існують різні методи визначення центральності, що дозволяють визначити важливість акторів з різних точок зору.

Метою даної статті є дослідження основних методів визначення центральності акторів соціальної мережі для оцінки властивостей їх структурної позиції з точки зору інформаційної безпеки.

1. Структурні позиції акторів соціальних мереж

Одними з найважливіших характеристик структурної позиції актора соціальної мережі є такі:

Влада (впливовість, могутність) – характеристика місця розташування актора в соціальній мережі, що дає йому здатність впливати або напямую контролювати поведінку інших акторів, а також вказує на володіння ним певними соціальними ресурсами, які дозволяють йому контролювати потоки інформа-

ції в мережі, та (або) уникати такого контролю з боку інших акторів.

Помітність – наявність у актора прямих та опосередкованих зв'язків, що роблять його особливо видимим для інших акторів у мережі. Дана характеристика дозволяє виявити "зірок" та "ізолюваних" акторів в структурі мережі. Характеристика помітності є визначальною в побудові мережевих моделей влади та контролю за інформаційними ресурсами.

Основним показником влади та помітності є *центральність*. Центральним є актор, який залучений до великої кількості зв'язків і як їх ініціатор, і як реципієнт. Прикладами загальних методів вимірювання "центральності" є визначення центральності за посередництвом, центральності за близькістю, центральності за ступенем тощо. Перед тим як перейти до способів визначення центральностей акторів, розглянемо приклади графів трьох соціальних мереж "Зірка", "Лінія", "Кільце" [3].

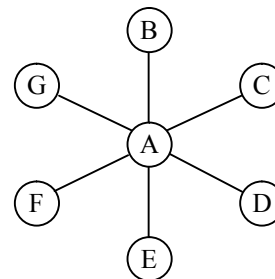


Рис. 1. Граф "Зірка"

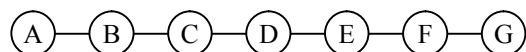


Рис. 2. Граф "Лінія"

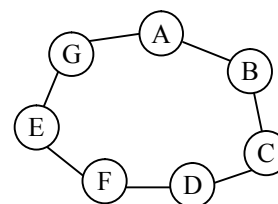


Рис. 3. Граф "Кільце"

Структурна позиція актора може відігравати важливу роль. На графі "Зірка" (рис. 1) актор А має найкращу структурну позицію, якщо дана мережа описує відносини, такі як обмін ресурсами (повідомленнями). Розглянемо переваги розміщення актора А в графі "Зірка" відносно інших випадків на основі трьох основних аспектів влади: степеня, близькості та посередництва.

Степень. Чим більше актор має зв'язків, тим вищу могутність в соціальній мережі він може мати.

У мережі "Зірка" актор А має шосту ступінь, а всі інші лише першу. Тому він має найбільшу владу. Актор А має більше можливостей у порівнянні з іншими. Якщо, з деяких причин актор С не забезпечить актора А певними інформаційними ресурсами, останній може отримати їх і від інших акторів, з якими він зв'язаний. При цьому всі інші актори мають зв'язок в даній мережі лише з актором А, який є для них єдиним прямим джерелом ресурсів.

У мережі виду "Кільце" кожен актор має однакову кількість зв'язків, тому, з точки зору рівня влади, всі актори між собою рівні.

У мережі "Лінія" актори А та G, які розташовані на кінцях мережі, мають найгірше структурне положення, тому й мають найменший рівень влади. На перший погляд може здатися, що всі інші актори знаходяться в рівних позиціях, проте це не зовсім так. Ті актори, які знаходяться ближче до центру мережі матимуть більшу владу, ніж ті, що розташовані далі, бо до них веде більше коротких шляхів.

Близькість. Другою причиною, через яку актор А володіє більшою владою у мережі "Зірка", ніж інші, є його близькість до більшої кількості акторів в порівнянні з іншими. Влада може поширюватися як через односторонній обмін інформацією між акторами (один впливає на всіх), так і через двосторонній (актори можуть впливати один на одного). Але також влада може проявлятися як орієнтир, використовуючи який актори оцінюють самі себе. В такому випадку центром уваги буде той актор, погляди якого є найбільш поширеними серед інших. Суб'єкти мережі, які здатні досягти інших за коротшими шляхами, мають більш вигідну позицію. Така структурна перевага може бути переведена у владу. На графі "Зірка" актор А має одиничну відстань до всіх інших акторів, при цьому останні знаходяться на подвійній відстані між собою. Також актор А виступає для всіх вузловим центром, через який виконується обмін інформацією.

У мережі "Кільце" кожен актор знаходиться на рівній відстані один від одного, проте всі вони мають однакову поширеність фактору близькості між собою, тому в даному аспекті вони рівні між собою.

У мережі "Лінія" центральний актор D є найближчим до всіх інших і тому має найвигіднішу позицію, при цьому суб'єкти, які знаходяться на кінцях (А та G) найгірше.

Посередництво. Третьою важливою особливістю розташування актора А у мережі "Зірка" є його розташування між парами інших акторів, при цьому ніякі інші суб'єкти між ними не знаходяться. Актор А може напряму зв'язатися з будь-яким іншим актором, при цьому усім іншим для досягнення того ж необхідне його посередництво. Це дає владу актору А контролювати потоки інформації та впливати на взаємодію інших акторів між собою.

У мережі "Кільце" кожен актор лежить між парою інших акторів. Існує два шляхи, які з'єднують кожну пару вершин і кожен третій актор лежить на одному із них. Всі учасники знаходяться в однаково вигідному положенні.

В мережі "Лінія" кінцеві точки (А та G) не лежать між іншими вершинами тому мають найгірше становище. Актори, які розташовані ближче до середини ланцюга, розташовані на більшій кількості шляхів між парами і мають вигідніше положення.

В залежності від того, який аспект влади актора використовувати для визначення центральності, бувають різні типи центральності: центральність за посередництвом, центральність за близькістю, центральність за ступенем.

Кожен з трьох аспектів влади описується з точки зору того, наскільки близько вони розташовані до центру "дії" в мережі. Тому рівень влади визначають через центральність.

2. Центральність за ступенем

Центральність за ступенем дозволяє виділити акторів, які пов'язані з максимальною кількістю інших учасників мережі (якщо актор володіє великою кількістю вихідних зв'язків, це часто вказує на його владні функції, якщо ж актор має велику кількість вхідних зв'язків це вказує на його популярність в даній мережі) [3 – 5].

Актор, який має більше зв'язків з іншими, знаходиться в більш вигідному становищі. Велика кількість зв'язків дає йому більше альтернатив для знаходження ресурсів і розповсюдження свого інформаційного впливу і, водночас, меншу залежність від кожного суб'єкта мережі.

В ненаправлених зв'язках ступінь залежить лише від кількості з'єднань з іншими акторами. Для направлених зв'язків слід розрізняти, які зв'язки актора є вхідними, а які вихідними. Суб'єкти, які мають багато вхідних зв'язків мають високий авторитет, тобто багато інших акторів прагнуть мати з ними прямий контакт. Актори, які мають багато вихідних зв'язків мають високу впливовість, бо можуть поширювати свою думку серед великої кількості суб'єктів мережі. Індекс центральності за ступенем для мереж ненаправлених відношень обчислюють як

$$C_D(n_i) = d(n_i),$$

де $d(n_i)$ - ступінь вузла n_i .

На практиці частіше використовують стандартизовану міру центральності актора за степенем:

$$C_D'(n_i) = d(n_i)/N,$$

де N – загальна кількість акторів у мережі.

В [4] пропонується враховувати центральність акторів, з якими пов'язаний поточний актор. Інколи це називають центральністю за престижністю:

$$C_P(n_i) = \sum_{i=1}^N d(n_i) \cdot C_C(n_i).$$

Центральність за степенем є ефективною для мереж із "зіркоподібним" розташуванням акторів. Але для лінійних структур її використання може призвести до помилкових висновків щодо впливовості акторів. В таких мережах вимірювання центральності доцільно здійснювати на основі близькості.

3. Центральність за близькістю

Дослідження *центральності за близькістю* дозволяє виділити акторів, через яких проходить максимальна кількість найкоротших шляхів, які сполучають між собою інших учасників мережі [3, 5].

Визначення центральності за близькістю базується на понятті *геодезичної* (найменшої) відстані між акторами – $d(n_i, n_j)$. Чим меншими є відстані від даного актора до всіх інших акторів, тим більш центральним є його розташування. Найпростішим показником центральності за близькістю є загальна сума найкоротших відстаней даного актора до інших:

$$C_C(n_i) = \sum_{i=1}^N d(n_i, n_j).$$

Центральність за близькістю дозволяє виявити користувачів мережі, що мають максимальну незалежність від інформаційних впливів інших учасників мережі. Стандартизований індекс центральності за близькістю підраховується за формулою:

$$C_C'(n_i) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{d(n_i, n_j)}.$$

Даний індекс підраховується тільки у зв'язних графах. Для ізольованих акторів $d(n_i, n_j) \rightarrow \infty$, що робить неможливим обчислення даного індексу центральності. С. Вассерман та К. Фауст, як можливий спосіб подолання вказаного недоліку, запропонували підрахування індексу центральності за близькістю з поправкою, що враховує *сферу впливу* кожного актора [5]. Сфера впливу актора включає всіх інших акторів мережі, які досяжні для даного. Індекс підраховується як

$$C_C^*(n_i) = \frac{J_i / (N-1)}{\sum d(n_i, n_j) / J_i}$$

де J_i – кількість акторів у сфері впливу актора i .

Даний індекс може бути корисним для вивчення феномену соціального кола (осіб, що є досяжними для даного актора). При цьому є можливість визначення кіл різного порядку: 1-го – особи, що мають відстань

від даної довжиною 1, 2-го – довжиною 2 і т. д. Індекс центральності за близькістю вказує наскільки актор концентрує на собі прямі та непрямі зв'язки в мережі та може розглядатись як міра незалежності актора від інформаційних впливів з боку інших учасників мережі.

4. Центральність за посередництвом

Найбільший інтерес з точки зору інформаційної безпеки являє дослідження *центральності за посередництвом*. Актори, які мають високий показник центральності за посередництвом слугують єдиною зв'язуючою ланкою між великою кількістю інших учасників мережі. Завдяки цьому вони мають високий потенціал для здійснення впливу на інших учасників мережі та можуть використовувати своє розташування як для розпалювання конфліктів між іншими учасниками мережі шляхом дезінформації так і для врегулювання конфліктних ситуацій.

Найпростішим показником центральності за посередництвом є кількість геодезичних шляхів між акторами j та k , що вміщують актора i : $g_{jk}(n_i)$ [3, 5]. Відповідний індекс центральності підраховується як

$$C_B(n_i) = \sum_{j < k} g_{jk}(n_i) / g_{jk},$$

де $g_{jk}(n_i)$ - шлях між акторами j та k , що вміщує актора i , g_{jk} - шлях між акторами j та k .

Максимальне значення індексу, що дорівнює $(N-1) \cdot (N-2) / 2$, зустрічається коли даний актор розташований на всіх геодезичних.

Стандартизований індекс центральності за розташуванням на найменших відстанях має діапазон значень від 0 до 1 і для мереж ненаправлених відношень підраховується за формулою:

$$C_B'(n_i) = \frac{C_B(n_i)}{[(N-1) \cdot (N-2)] / 2}.$$

Для мереж направлених відношень використовується така формула обрахунку індексу центральності за розташуванням на найменших відстанях:

$$C_B'(n_i) = \frac{C_B(n_i)}{(N-1) \cdot (N-2)}.$$

Центральність за посередництвом є мірою контролю мережевих ресурсів актором.

Але актори використовують не тільки найкоротші, а й усі інші шляхи, що їх з'єднують, пропорційно до довжини цих шляхів. Тому контроль актором інформаційних ресурсів має оцінюватись на основі усіх шляхів у мережі, на яких він розташований, а не тільки найкоротших. Ця загальна кількість шляхів називається *потокми в мережі*.

Індекс центральності за розташуванням на потоках в мережі підраховується за формулою:

$$C_f(n_i) = \sum_{i=1}^N m_{jk}(n_i),$$

де $m_{jk}(n_i)$ – це потоки між вузлами j та k , що проходять через вузол i .

Нормалізований індекс центральності за розташуванням на потоках в мережі підраховується як

$$C'_f(n_i) = \frac{\sum_{j=1}^N m_{jk}(n_i)}{\sum m_{jk}},$$

де $\sum m_{jk}$ – це сума всіх потоків між вузлами мережі (попарно), де вузол i не є початковим або кінцевим.

Даний індекс центральності дозволяє врахувати можливості здійснення актором контролю над всіма потоками мережевих ресурсів. Наприклад, в мережі є два актори, які хочуть контактувати між собою, але мають перепону у вигляді посередника, який не хоче їх з'єднувати між собою. Якщо існує, ще один шлях актори використовують його, навіть якщо він не такий ефективний як перший.

Метод потокової центральності передбачає, що в загальному випадку актори можуть використати усі доступні шляхи. В такому випадку посередництво вимірюється як частка того шляху, на якому лежить посередник відносно всього потоку (усіх шляхів, які з'єднують двох акторів). Чим менше альтернатив у двох суб'єктів, які прагнуть обмінюватися інформацією, тим вища влада посередника. Тож центральність за посередництвом дозволяє виявити акторів, що слугують містками між різними кластерами мережі та мають владу через контроль над інформаційними ресурсами. Такі актори можуть здійснювати контроль над потоками інформаційних ресурсів між різними кластерами мережі для здійснення інформаційних впливів.

Висновки

У статті розглянуто методи визначення центральності актора та способи оцінки властивостей його структурної позиції у віртуальній соціальній мережі з точки зору інформаційної безпеки. Головним показником важливості актора є ступінь його влади у мережі. Влада актора може мати різну природу: лідерство думок, незалежність від інформаційних впливів, контроль інформаційних ресурсів. Ці типи влади досягаються відповідно через високі значення показників ступеня, близькості та посеред-

ництва актора. Для оцінки ступеня влади акторів у мережі обчислюються їх центральності. Центральність за ступенем найвища у лідерів думок, центральність за близькістю найвища у користувачів з високим ступенем незалежності від інформаційних впливів, центральність за посередництвом найвища у акторів з високим ступенем контролю над інформаційними ресурсами.

Дослідження структурних позицій акторів є важливими для аналізу та прогнозування інформаційних впливів у соціальних мережах. Автоматичне визначення рівнів влади акторів відносно їх структурних позицій може бути корисним в задачах виявлення та прогнозування шляхів поширення соціальною мережею вірусної інформації та інформаційних впливів, а також для виявлення вразливих місць мережі та ділянок, з яких найбільш ефективно зупинити поширення інформаційних впливів або почати поширення, напр., спростувань дезінформації.

Список літератури

1. Губанов Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: Физматлит, 2010.
2. Davern M. Social Networks and Economic Sociology: A Proposed Research Agenda for a More Complete Social Science / M. Davern // The American Journal of Economics and Sociology. – 1997. – Vol. 56, No. 3. – P. 287-302.
3. Hanneman R. A. Introduction to Social Network Methods (free introductory textbook on social network analysis). / R. A. Hanneman, M.D. Riddle – 2005. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>
4. Bonacich P. Power and Centrality: A Family of Measures / P. Bonacich // American Journal of Sociology. – 1987. – Vol. 92, No. 5. – P. 1170-1182.
5. Жулькевська О.В. Специфіка застосування мережевого аналізу в соціології: дис. канд. соціол. наук: 22.00.02 / Жулькевська Олена Володимирівна. – Київ, 2003. – 240 с.

Надійшла до редколегії 2.10.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяв, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОСТИ АКТОРОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ ДЛЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Е.В. Мелешко, В.С. Гермак, С.Н. Охотный

В работе рассмотрены основные характеристики структурных позиций акторов в виртуальных социальных сетях, а также проведено исследование существующих методов определения центральности акторов. Рассмотрено влияние величины центральности актора на степень его власти в социальной сети и способность контролировать информационные потоки, а также осуществлять информационные влияния или защищаться от них.

Ключевые слова: социальные сети, анализ социальных сетей, центральность, власть, информационные воздействия

RESEARCH METHODS FOR DETERMINING THE CENTRAL ACTORS IN SOCIAL NETWORKS FOR PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY

E.V. Meleshko, V.S. Germak, S.M. Okhotnyi

The paper describes the main characteristics of structural positions of actors in virtual social networks, also existing methods for determining the centrality of actors are researched. The influence of the size of the centrality of an actor on the degree of his power in the social network and the abilities to control the flows of information, to implement informational influences and to defend against them are studied.

Keywords: social networks, social network analysis, centrality, power, informational influence