

А. О. Снарський, О. О. Дмитренко, Д. В. Ланде

Показник релаксації — нова характеристика вузлів складної мережі

1. Постановка проблеми

На даний час поряд з традиційною теорією графів активно розвивається область дискретної математики, що має назву теорія складних мереж (від англ. Complex Networks) [1], яка вивчає характеристики мереж, враховуючи не тільки їхню топологію, але й статистичні явища, розподіл вагових значень окремих вузлів і ребер, ефекти протікання та провідності в таких мережах струму, рідини, інформації і т.д. Основною причиною виникнення розвитку цієї області є властивості реальних сучасних мереж, практично кожна з яких може вважатися складною.

Дослідження статистичних властивостей, які характеризують поведінку мереж, створення моделі мереж, прогнозування поведінки мереж при зміні структурних властивостей — актуальні завдання теорії складних мереж.

2. Мета роботи

Увести нову характеристику вузлів складної мережі — показник релаксації мережі та визначити її «фізичний зміст».

3. Обґрунтування отриманих результатів

У прикладних дослідженнях зазвичай застосовують типові для мережевого аналізу характеристики вузлів мережі, найважливішими серед яких на цей час вважають степінь вузла та показники, що відповідають двом алгоритмам HITS [2] та PageRank [3].

У даній роботі представлено дослідження ще однієї характеристики вузлів мережі — показника мережової релаксації. Зміст запропонованої характеристики полягає в наступному. Після досягнення стійких значень вузлів, унаслідок застосування ітераційного алгоритму HITS або PageRank, певному вузлу надається збурення. Виникає питання: скільки алгоритмічних ітерацій потрібно здійснити, щоб система урівноважилася — тобто значення всіх вузлів мережі стали стійкими.

У даному дослідженні як збурення було взято величину, що рівна середньому значенню відповідного показника для всіх вузлів.

Для ітераційного алгоритму HITS формально це можна представити як

$$h(d_j) = h_{init}(d_j) + \sum_{i=1}^N h(d_i),$$

де N — кількість вузлів у мережі; $h(d_j)$ — загальна кількість вихідних посилань вузла d_j ; $h_{init}(d_j)$ — значення «авторитетності» вузла d_j як «посередника» перед збуренням.

Необхідно визначити ітерацію k , після якої значення вузлів стануть стійкими, тобто:

$$\text{для } \forall_j : |h_{k+1}(d_j) - h_k(d_j)| < \tau \text{ та } |a_{k+1}(d_j) - a_k(d_j)| < \tau,$$

де τ — задане порогове значення.

У випадку застосування ітераційного алгоритму PageRank:

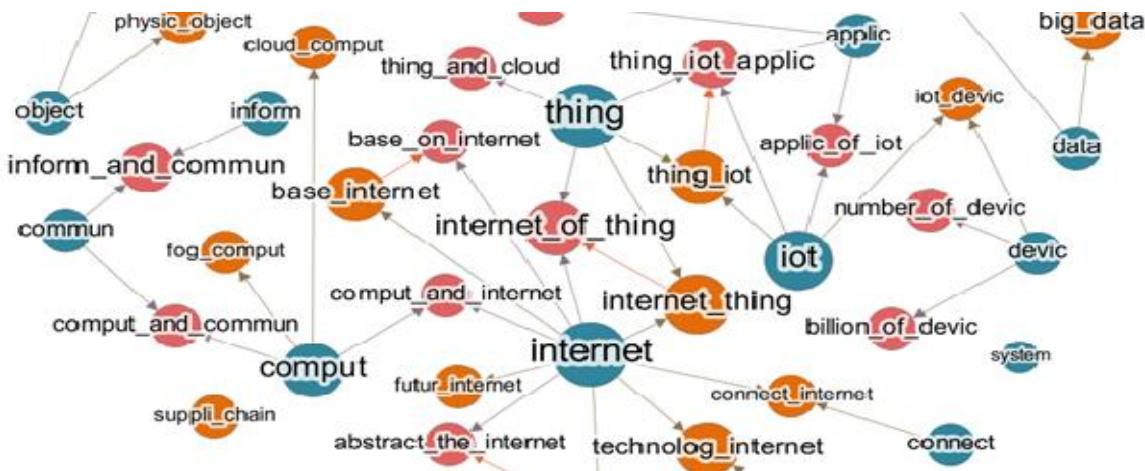
$$PR(A) = PR_{init}(A) + \sum_{i=1}^N PR(T_i),$$

де N — кількість вузлів у мережі; $PR(A)$ — значення PageRank вузла A ; T_1, \dots, T_n — вузли, що посилаються на вузол A ; $PR_{init}(A)$ — вагове значення вузла перед збуренням.

Необхідно визначити ітерацію k для $\forall_A : |PR_{k+1}(A) - PR_k(A)| < \tau$.

Отримане значення k для кожного збуреного вузла мережі є показником релаксації мережі.

Для мережі природних ієархій термінів [4], побудованої для корпусу текстових документів, тематично пов'язаних з «Internet of things», було досліджено показник релаксації мережі.



Фрагмент мережі природних ієархій термінів для «Internet of things»

Проаналізувавши результати досліджень, що проведені на основі побудованої мережі, було встановлено, що після збурення окремих вузлів відновлення значень системи залежить від топології мережі.

4. Висновок

У результаті досліджень було введено характеристику вузлів складної мережі — показник релаксації мережі. На основі мережі природних ієархій термінів, побудованої для предметної області «Internet of things», було встановлено, що структура мережі впливає на відновлення значень системи, після збурення окремих вузлів, а саме: відсутність або наявність вихідних посилань у збурених вузлів і їхня кількість; наявність вихідних посилань у збурених вузлів на вузли, які є тільки «авторами»; наявність вихідних посилань на вузли, що є першоджерелами «важливих» вузлів; наявність «авторитетних» вузлів, які посилаються на збурений вузол; входження збуреного вузла в окремий невеликий кластер і т.д. Для розглянутої предметної області «Internet of things» цікавими з точки зору дослідження виявилися поняття «Internet» та «data», що відповідають вузлам побудованої лінгвомережі.

1. Newman M.E.J. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*. 2003. Vol. 45. P. 167–256. doi: 10.1137/S003614450342480.
2. Kleinberg J.M. Authoritative sources in a hyperlink environment. In Processing of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. 1998. **46**(5). P. 604–632.
3. L. Page, S. Brin, R. Motwani, and Winograd T. PageRank: Bringing order to the web. *Stanford Digital Libraries Working Paper*. 1997. Vol. 72.
4. Lande D., Snarskii A., and Yagunova E. Network of Natural Hierarchies of Terms of News Messages on Events «Euromaydan». CEUR Workshop Proceedings ISSN 1613-0073. Vol-1297.urn:nbn:de:0074-1297-7. Selected Papers of XVI All-Russian Scientific Conference «Digital libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections». 2013. P. 66–74.