

Методи моделювання складних мереж

Єлизавета Мелешко

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення,
Центральноукраїнський національний технічний
університет,
м. Кропивницький, Україна
elismelshko@gmail.com

Микола Якименко

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення,
Центральноукраїнський національний технічний
університет,
м. Кропивницький, Україна
m.yakymenko@gmail.com

Ганна Дреєва

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення,
Центральноукраїнський національний технічний
університет,
м. Кропивницький, Україна
gannadreeva@gmail.com

Віталій Хох

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення,
Центральноукраїнський національний технічний
університет,
м. Кропивницький, Україна
vd.khokh@gmail.com

Abstract. *In this work, the research to methods for modeling complex networks. And also the basic properties of complex networks were considered.*

Ключові слова: рекомендаційні системи, графи, моделювання, тестування, робастність.

ВСТУП

При моделюванні роботи складних систем, зокрема, соціальних мереж, комунікаційних систем, біологічних процесів, тощо, зручно представляти дані у вигляді графу. Такі графи називають складними мережами.

Складні мережі (complex networks) – це стохастичні мережі з нетривіальною топологією, зокрема, вони відрізняються від класичних стохастичних мереж наявністю невеликої кількості вузлів з великим числом зв'язків [1-5]. Більшість реальних мереж – складні. Складні мережі прийнято ділити на: технічні мережі (напр., комп'ютерні мережі, транспортні мережі), біологічні мережі (наприклад, мережі метаболізму, екологічні мережі), соціальні мережі (наприклад, мережі друзів, мережі цитування, мережі телефонного зв'язку), тощо. Найкраще досліджені складні мережі як модель соціальних мереж.

Дана робота присвячена дослідженню методів моделювання складних систем соціальних мереж.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглянемо спочатку основні властивості складних мереж.

У складних мереж, що відображають соціальні зв'язки, є наступні основні властивості [1, 2]:

1. Безмасштабність. Розподіл степенів вузлів (vertex degree, кількості зв'язків у вузлів) за степеневим розподілом.

2. “Тісний світ” (small-world network). Невеликий діаметр мережі.

3. Високий коефіцієнт кластеризації та високий коефіцієнт транзитивності. Якщо в соціальній мережі є учасники A , B та C , і є соціальні зв'язки між A та B , а також між A та C , то досить висока ймовірність, що у B та C також є соціальні зв'язки.

4. Гігантська зв'язна компонента. Тобто більше 80% вузлів пов'язані між собою.

5. Присутні ієрархічні зв'язки.

6. Присутні складні кластерні утворення (кліки, клани, тощо).

7. Асортативність. В широкому розумінні асортативність – виникнення зв'язків між вершинами, які чимось схожі між собою. У вузькому розумінні асортативність – виникнення зв'язків між вершинами з великою кількістю зв'язків.

Моделі генерації складних мереж намагаються якомога точніше відтворити розглянуті властивості.

Відомою моделлю генерації складних мереж є **модель Барабаші-Альберт (Barabasi-Albert model)** [3-5]. Автори даної моделі показали, що для виникнення безмасштабних мереж необхідна наявність двох умов:

1. Ріст. Починаючи з невеликого числа n_0 вузлів, на кожній новій часовій ітерації додається один новий вузол з n зв'язками (де $n \leq n_0$), які з'єднують новий вузол з n різними уже існуючими вузлами.

2. Бажане приєднання (Preferential attachment). Ймовірність P , з якою новий вузол утворить зв'язок з деяким уже існуючим вузлом i , тим вища, чим більше зв'язків у i -го вузла, та визначається за формулою:

$$P_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j}, \quad (2)$$

де k_i – степінь i -го вузла, а в знаменнику підраховується сума всіх степенів існуючих у мережі вузлів.

Цим принципом можна пояснити причини виникнення степеневого закону у соціальних мережах.

Перевагами даної моделі є те, що мережа, яку вона генерує володіє властивостями розрідженості, "тісного світу", безмасштабності. Недоліками моделі є те, що результуючий граф сильно залежить від початкового параметра n_0 , а також є складність з бажаним приєднанням у випадковому виборі вершин.

Модель Ердеша-Ран'ї (Erdős-Renyi model) [3, 5]. Нехай є множина вершин $V_n = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, а в графі не буде петель, кратних ребер і орієнтації, тому потенційних ребер буде C_n^2 . Вершини з'єднуються попарно з ймовірністю $p \in [0;1]$, незалежно від інших вершин. У даній моделі відсутнє бажане приєднання. Дана модель дозволить створити стохастичний граф, але він не буде мати

важливих властивостей складних мереж, а саме степеневого закону розподілу степенів вершин та високого коефіцієнту кластеризації.

Модель Болобаша-Ріордана (Bollobas-Riordan model) [3, 5]. Спочатку будується множина випадкових графів $\{G_1^n\}$, в якій у графу з номером n число вершин та ребер рівне n . Потім ця множина перетворюється в множину $\{G_k^n\}$, в якій у графу з номером n число вершин рівне n , а число ребер рівне kn , $k \in N$. Дана модель генерує складні мережі та добре збігається з емпіричними даними.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було проведено дослідження основних властивостей складних мереж, а також моделей їх генерації, що дозволяють моделювати соціальні мережі.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Evin, I. (2010), "Introduction to the theory of complex networks", Computer research and modeling, Volume 2, No 2, P. 121-141 (in Russian)
- [2] Melikov, S., Musatov, D., Savvateev, A. (2013), "Modeling social networks", available at: https://kpfu.ru/docs/F117464271/MMS_socnet_cities.pdf (in Russian)
- [3] Albert, R., Barabasi, A.-L. (2002), "Statistical mechanics of complex networks", Rev. Mod. Phys. 74, P. 47-97, DOI: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47>
- [4] Bernovskij, M., Kuzjurin, N. (2012), "Random graphs, models and generators of scale-free graphs", Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences, Volume 22, P. 419-432. (in Russian)
- [5] Rajgorodskij, A. (2012), "Mathematical models of the Internet", "Kvant" No 4, P. 12-16, available at: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431792 (in Russian)