

*N.A. Kinash<sup>1</sup>, A.A. Tikhomirov<sup>2</sup>, A.I. Trufanov<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Lermontov street, 83, e-mail: kinash\_family@mail.ru, e-mail: troufan@istu.edu*

*<sup>2</sup> INHA University, Incheon, Republic of Korea, 100 Inha-ro, Yonghyeon 1(il).4(sa)-dong, Nam-gu, Incheon, e-mail: alexeitikhomirovprof@gmail.com*

### **Vulnerability of R-MAT networks with communities**

*Key words: complex networks, communities, attacks*

*A generator R-MAT for modeling networks with different laws of link constructions within and between communities has been developed. Network attack simulations have been performed and pertinent robustness of diverse network combinations has been concluded.*

*Н. А. Кинаш<sup>1</sup>, А. А. Тихомиров<sup>2</sup>, А. И. Труфанов<sup>1</sup>*

*Иркутский Национальный исследовательский технический университет «ИРНИТУ», Россия, Иркутск, улица Лермонтова, 83, e-mail: kinash\_family@mail.ru, e-mail: troufan@istu.edu*

*Университет ИНХА, Инчхон, Республика Корея, 100 Inha-ro, Yonghyeon 1(il).4(sa)-dong, Nam-gu, Incheon, Южная Корея, e-mail: alexeitikhomirovprof@gmail.com*

### **УЯЗВИМОСТЬ R-MAT СЕТЕЙ С СООБЩЕСТВАМИ**

*Ключевые слова: комплексные сети, сообщества, атаки*

*Развит генератор R-MAT для моделирования сетей с различными законами построения связей внутри и между сообществами. Выполнена имитация сетевых атак и сделан вывод об устойчивости сетевых комбинаций.*

### **Введение**

В настоящее время существует ряд новых задач в информационной безопасности(ИБ), предполагающих анализ комплексных многоакторных систем.

Активно развивается направление автоматизированных интеллектуальных систем, и в рамках этого направления, например, так называемые "умные дома". Актуальность вопроса информационной безопасности в таких системах обсуждалась в трудах В.С.Горбатова и сотр.[1]. Для данных систем комплексные сети являются весьма подходящим инструментом, способным наиболее точно и полно моделировать эту многофакторную, гетерогенную инфраструктуру. Другим примером является технология PLC, о недостатках которой, с точки зрения информационной безопасности, указывалось в [2]. Новый подход для анализа сложных, многоакторных сетевых структур был предложен в [3]. Основу подхода составляют так называемые агрегатные сети – это сети, состоящие из сообществ, локальные и глобальные характеристики которых – значительно отличаются. Другие исследования посвящены синтезу сетевых моделей, подобных модели Erdos-Renyi[4]. Сеть этой модели представляет собой композицию, состоящую из сообществ со случайными связями. В свою очередь, сами сообщества объединены иерархическими связями. В отличие от [4], в настоящей работе рассматривались и другие варианты построения связей внутри и между сообществами. Кроме того исследовалась топологическая уязвимость различных вариантов синтеза сетевых конструкций.

### **Инструменты**

Основным алгоритмом для конструирования таких топологически неоднородных сетей являлся генератор R-MAT[5]. Программная реализация генератора R-MAT и проведения атак на генерируемые сети с расчетом наибольшего кластера выполнены на языке программирования Python с использованием библиотеки Igraph.

### Основные результаты

Для сетевой организации способ генерации связей внутри сообществ и между ними – варьировался и соответствовал двум вариантам: случайной и безмасштабной топологии. Эти 2 способа реализовывались моделями Ердоша-Реньи(ER)[6] и Л.Барабаши(BA)[7]. Были получены сети, представляющие 4 возможных комбинации указанных способов: ER-BA-ER и BA-BA (первые два символа означают способ построения связей между узлами внутри сообщества, следующие два – между узлами различных сообществ). Синтезированные сети подвергались целенаправленным и случайным атакам (удалению центральных по связности узлов и узлов, выбранных случайно). Результаты целенаправленных атак представлены на рис. 1, результаты случайных – на рис. 2. В качестве метрики для оценки уязвимости использовался размер максимального кластера(наибольшей компоненты связности), рассчитываемый после каждой атаки. Во время каждой атаки удалялось по 100 узлов.

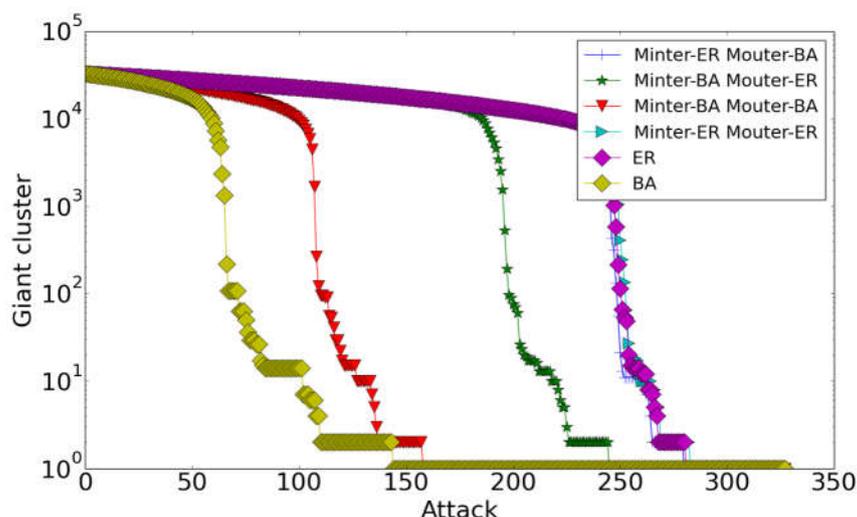


Рисунок 1 – целенаправленные атаки. Префикс Minter указывает на модель генерации связей внутри сообществ. Mouter – модель генерации связей между сообществами.

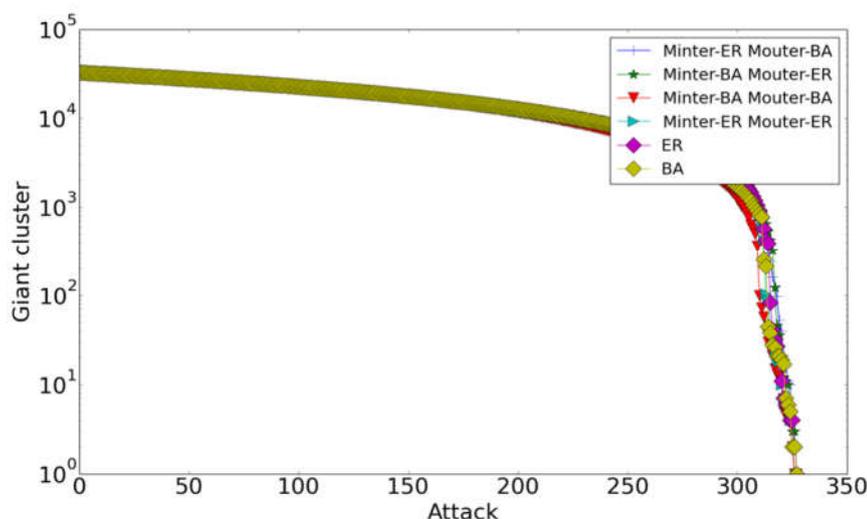


Рисунок 2 – случайные атаки.

Проведенные исследования указывают на малую чувствительность всех вариантов сетей к случайным атакам. Выявлено, что к целенаправленным атакам наименее устойчива БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ № 2 2016 г.

## УЯЗВИМОСТЬ R-МАТ СЕТЕЙ С СООБЩЕСТВАМИ

(из четырех построенных моделей) комбинация – ВА-ВА . Как и следовало предполагать, наибольшую устойчивость демонстрирует сетевой вариант - ER-ER. Следует отметить, что комбинация ER-ВА значительно устойчивее к целенаправленным атакам, чем ВА-ER.

### Выводы

Для обеспечения большей устойчивости сетевых структур с сообществами следует связи акторов внутри сообществ располагать случайным образом, но представителей разных сообществ объединять иерархически.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Балаев А. А., Горбатов В. С., Сепашвили Д. Т. Тестирование безопасности PLC-технологии передачи данных. URL: [www.pvti.ru/data/file/bit/bit\\_1\\_2011\\_11.pdf](http://www.pvti.ru/data/file/bit/bit_1_2011_11.pdf). Дата обращения: 01.12.2015
2. Балаев А. А., Горбатов В. С. Модель противодействия угрозам в системах передачи данных на основе PLC-технологии с использованием сетей Петри. URL: [www.pvti.ru/data/file/bit/bit\\_2\\_2010\\_18.pdf](http://www.pvti.ru/data/file/bit/bit_2_2010_18.pdf). Дата обращения: 01.12.2015
3. Tikhomirov A., Afanasyev A., Kinash N., Trufanov A., Berestneva O., Rossodivita A., Gnatyuk S., Umerov R.. Network Society: Aggregate Topological Models // Communications in Computer and Information Science. 2014. Volume 487. P.415-421.
4. Seshadhri C., Kolda T. G., Pinar A., Community Structure and Scale-free Collections of Erdos-Renyi Graphs//Physical Review. May 2012. E 85(5):056109 -9 p.
5. Chakrabarti D., Zhan Y., Faloutsos C. R-MAT: A recursive model for graph mining, SDM '04: Proceedings of the 2004 SIAM International Conference on Data Mining . 2004, P. 442- 446.
6. Erdes P., Renyi A. On Random Graphs // Publicationes Mathematicae. - 1959. -Vol.6 -P 290–297.
7. Albert R., Jeong H., Barabasi A.-L. Error and attack tolerance of complex networks // Nature. - 2000. -Vol.406. -P 378–482.

URL: [www.pvti.ru/data/file/bit/bit\\_1\\_2011\\_11.pdf](http://www.pvti.ru/data/file/bit/bit_1_2011_11.pdf). Accessed 01.12.2015

2. Balaev A.A., Gorbatov V.S., Model protivodestvia ugrozam v sistemah peredachi danih na osnove PLC-tehnologii s ispolzovaniem setei Petri. URL: [www.pvti.ru/data/file/bit/bit\\_2\\_2010\\_18.pdf](http://www.pvti.ru/data/file/bit/bit_2_2010_18.pdf) . Accessed 01.12.2015
3. Tikhomirov A., Afanasyev A., Kinash N., Trufanov A., Berestneva O., Rossodivita A., Gnatyuk S., Umerov R.. Network Society: Aggregate Topological Models // Communications in Computer and Information Science. Verlag: Springer International Publishing. 2014. Volume 487. P.415-421.
4. Seshadhri C., Kolda T. G., Pinar A., Community Structure and Scale-free Collections of Erdos-Renyi Graphs//Physical Review. May 2012. E 85(5):056109 -9 p.
5. Chakrabarti D., Zhan Y., Faloutsos C. R-MAT: A recursive model for graph mining, SDM '04: Proceedings of the 2004 SIAM International Conference on Data Mining . 2004, P. 442- 446.
6. Erdes P., Renyi A. On Random Graphs // Publicationes Mathematicae. - 1959. -Vol.6 -P 290–297.
7. Albert R., Jeong H., Barabasi A.-L. Error and attack tolerance of complex networks // Nature. - 2000. -Vol.406. -P 378–482.