

DOI 10.26886/2414-634X.2(29)2019.3

UDC 519.876.5

**RESEARCH OF ABUSE ABILITIES IN DECENTRALIZED NETWORKS
WITH REWARD DISTRIBUTION**

Anishchenko K.,

Zhdanova O., PhD of Technical Sciences, Associate Professor,

Skorik V.,

Sperkach M., PhD of Technical Sciences, Associate Professor

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine, Kyiv

The problem of abuse by community of free-ride users in decentralized networks with reward distribution is considered. Various structures for organizing nodes of a decentralized network belonging to the community of free-ride users, which can be used to obtain the greatest benefit in reward distributing in the network, are proposed. To compare the proposed structures, simulation of reward distribution was used. After analyzing the results of experiments, it was concluded that combining the nodes belonging to community of free-ride users into a structure of the "Generalized Ring" type with a sufficiently large number of nodes gives the best results from all the proposed structures.

Key words: decentralized networks, P2P, abuse, free-ride users, reward distribution, author, subscriber.

Анищенко К.М.; кандидат технических наук, доцент, Жданова Е.Г.; Скорик В.А., кандидат технических наук, доцент, Сперкач М.О., Исследование возможностей злоупотреблений в децентрализованных сетях с распределением награды/ Национальный технический университет Украины «Киевский

политехнический институт имени Игоря Сикорского», Украина, г. Киев

Рассмотрена проблема злоупотреблений со стороны сообщества free-ride пользователей в децентрализованных сетях с распределением награды. Предложены разные структуры организации узлов децентрализованной сети, принадлежащих сообществу free-ride пользователей, которые могут быть использованы с целью получения наибольшей выгоды при распределении наград в сети. Для сравнения предложенных структур было проведено моделирование распределения наград. В результате анализа результатов экспериментов сделаны выводы о том, что объединение узлов, принадлежащих сообществу free-ride пользователей в структуру типа «Обобщенное кольцо» при достаточно большом количестве узлов дает наилучшие результаты из всех предложенных структур.

Ключевые слова: децентрализованные сети, P2P, злоупотребления, free-ride пользователи, распределение наград, автор, подписчик.

Введение. Использование децентрализованных (P2P) сетей в качестве альтернативы централизованным клиент-серверным сетям набирает популярность. Существует несколько областей применения P2P сетей, объясняющих эту популярность [1]. Благодаря способности P2P сетей к масштабированию, данный вид сетей получил применение в области распределенных вычислений. Например, проект SETI@HOME (распределенный поиск внеземных цивилизаций) за счет использования P2P сети участников показал огромный вычислительный потенциал. В настоящий момент в нем принимают участие свыше трех миллионов пользователей на бесплатной основе

[1]. Еще одним примером распределенных вычислений может служить проект distributed.net, участники которого занимаются легальным взломом криптографических шифров, чтобы проверить их надежность [1].

Множество новых сфер для применения P2P сетей связано с появлением технологии блокчейн. Изначально данная технология была представлена в качестве основы для криптовалюты Bitcoin [2]. Потенциально блокчейн может иметь применение в таких сферах, как проведение голосований, торговля недвижимостью, валютные операции и т. д. [3]. Одним из способов применения P2P сетей с использованием блокчейна является создание децентрализованных социальных сетей. Главной идеей для привлечения новых участников данных сетей является возможность монетизации участия пользователей в развитии сети, но для сохранения стабильности потребуется гигантский объем аналитической работы. Возможно, поэтому полноценные социальные сети с использованием технологии блокчейн пока не доступны конечному пользователю и находятся на различных этапах разработки или тестирования [4]. Примерами первых социальных сетей такого типа можно считать Steemit, Golos.io и Whaleshares.

Одной из актуальных проблем P2P сетей является так называемая проблема free-ride пользователей, которая состоит в том, что некоторые пользователи стараются использовать P2P сеть таким образом, чтобы увеличить количество получаемых от неё благ и при этом уменьшить количество ресурсов, которые они предоставляют другим участникам сети. Проблема существования free-ride пользователей в P2P сетях была исследована в многих работах. Так, в [5; 6] предлагается на основе порядочности разделять free-ride пользователей на эгоистичных, которые не предоставляют ресурсы

для P2P сети, и неэгоистичных, которые в свою очередь делятся на надежных и ненадежных в зависимости от качества предоставляемых ресурсов. Сложность борьбы с free-ride пользователями заключается в том, что они могут адаптировать свое поведение в соответствии с изменением правил сети [7].

В данной статье рассматривается модель социальной P2P сети, согласно которой пользователи делятся на авторов контента и подписчиков, которые могут поддерживать тех или иных авторов. Для борьбы с free-ride пользователями сети используется распределение награды (механизм борьбы с free-ride пользователями на основе поощрений [8, с. 3-4]). Однако, для данной сети не исследованы возможности адаптации поведения сообщества free-ride пользователей при использовании распределения наград, что не позволяет сделать выводов о жизнеспособности данной сети.

Формулировка цели статьи и задач. Цель данного исследования – определить возможные способы организации узлов сети, которые принадлежат сообществу free-ride пользователей, в P2P сетях с распределением награды и выполнить их сравнение с точки зрения получаемого сообществом free-ride пользователей количества награды.

Модель сети с распределением наград. Пусть имеем сеть, в которой пользователи делятся на два вида: 1) авторы контента, которые выкладывают в сеть контент определенного вида (их целью является привлечение внимания к своей деятельности, формирование групп поддержки и т.п.); 2) подписчики, которые подписываются на авторов (создавая связи с авторами контента) для того, чтобы поддержать их, а также для того, чтобы получить от них какие-либо бонусы (специальный контент, участие в встречах и т. д.). При этом, каждый пользователь может относиться только к одному из описанных

выше видов (то есть, множества авторов и подписчиков не пересекаются).

Опишем модель рассматриваемой сети с помощью понятий теории графов. Согласно этой модели есть динамический граф, в котором вершины соответствуют пользователям сети, а дуги графа – связям между подписчиками и авторами. Для стимуляции пользователей в графе предусмотрено распределение награды, при этом предполагается, что: 1) на каждом временном такте в систему через в одну из вершин графа (которая принадлежит множеству подписчиков) вводится награда (вершину, через которую награда вводится, будем называть активной в текущем такте и обозначать через k); 2) награда распространяется далее по графу волнами: первая волна включает всех непосредственных соседей вершины k , вторая волна – всех соседей этих соседей, кроме вершины k , и т. д.; 3) количество тактов не ограничено. Далее приведены обозначения, используемые в работе (таблица 1).

Таблица 1

Условные обозначения

Множество	Значение
A	Множество вершин графа, которые отвечают авторам
S	Множество вершин графа, которые отвечают подписчикам
V	Множество вершин графа, $V = A \cup S$ $A \cap S = \emptyset$
V_1	Множество вершин, принадлежащих текущей волне на определенной итерации в процессе распределения наград
V_2	Множество вершин, принадлежащих следующей волне на определенной итерации в процессе

распределения наград

Множество дуг графа. Для каждой дуги

E $(v_i, v_j) \in E$ выполняется: $v_i \in S, v_j \in A$ (или наоборот).

Число	Значение
c	Количество вершин, которые входят в сообщество free-ride пользователей
y	Количество награды, получаемое кластером при введении награды во все вершины кластера, которые принадлежат S , по одному разу
u	Эффективность кластера. $u = \frac{y}{qc}$
q	Количество награды, которое вводится в систему на каждом такте
z_v	Количество награды, которое доходит до вершины v на текущем такте
α_v	Часть от награды z_v , которая остается в вершине v
β_v	Часть от награды z_v , которая передается дальше по сети от вершины v . $\beta_v = 1 - \alpha_v$

Псевдокод используемого алгоритма распределения награды:

1. Инициализация: $V_1 := \{k\}$, $z_k := q$, $V_2 := \emptyset$
2. ЕСЛИ $V_1 := \emptyset$ ТО КОНЕЦ,
ИНАЧЕ
 - 2.1. Определить награду вершин множества V_1
 - 2.2. Пометить вершины из множества V_1 как пройденные
 - 2.3. Включить в множество V_2 всех соседей вершин из множества V_1 , которые не помечены как пройденные

2.4. Определить количество награды, которая передается дальше по сети каждой вершине из множества V_2

2.5. $V_1 := V_2$, $V_2 := \emptyset$. Перейти на шаг 2

Рассмотрим шаг 2.1 алгоритма. Награда каждой вершины $v \in V_1$ составляет:

$$\alpha_v z_v \quad (1)$$

Количество награды z_v , которое доходит до вершины v для активной вершины определяется на шаге 1. Для остальных вершин эта величина определяется на шаге 2.4 после добавления их во множество V_2 .

Остановимся детальнее на шаге 2.4 алгоритма. Для каждой вершины $v_j \in V_2$ выполняем следующие действия:

1) инициализируем $z_{v_j} = 0$;

2) для каждой вершины $v_i \in V_1$, для которой $(v_i, v_j) \in E$:

$$z_{v_j} := z_{v_j} + \frac{\beta_{v_i} z_{v_i}}{e_{out}(v_i)}, \quad (2)$$

где $e_{out}(v_i)$ – Количество ребер, которые связывают вершину $v_i \in V_1$ с вершинами из множества V_2 .

В приведенном алгоритме коэффициенты α_v и β_v могут иметь значения, зависящие от типа вершины, например, быть равными α_1 и β_1 , если вершина принадлежит множеству S или α_2 и β_2 , если она принадлежит множеству A .

Постановка задачи анализа поведения сообществ free-ride пользователей. Пусть в сети, которая описывается представленной выше моделью, присутствует сообщество free-ride пользователей, в

состав которого входит c пользователей. Цель – определить структуру сообщества free-ride пользователей, при котором оно будет получать наибольшее количество награды.

Далее все вершины, которые отвечают узлам, относящимся к сообществу free-ride пользователей вместе со связями между ними, будем называть *кластером*. Из-за того, что на каждом такте равновероятно активизируется одна из вершин множества S , то при неограниченном количестве тактов в каждую из этих вершин будет введено награду одинаковое количество раз. Поэтому для того, чтобы оценить количество награды, которая будет получена кластером, во время экспериментов будем активизировать каждую вершину из множества S по одному разу.

Перед нами стоит задача: учитывая особенности алгоритма распределения наград, определить, какую структуру должен иметь кластер, чтобы количество награды, остающееся в кластере, было максимальным. Для этого введем следующее понятие: *эффективностью (u) кластера* будем называть среднюю часть награды, которая останется в кластере, за один такт, при условии, что активной является одна из вершин кластера.

На первом этапе исследования мы будем предполагать, что free-ride кластеры не имеют связей с другими вершинами графа (каждый кластер – компонента связности графа). С учетом этого, величина u может принимать значения от 0 до 1 включительно. Далее при расчетах будем предполагать, что $q = 1$.

В работе рассмотрены несколько способов организации кластеров, которые, с учетом их структуры, названы: *Цепь*, *Кольцо*, *Звезда* и *Обобщенное кольцо*.

Структура Цепь. Предположим, что на определенной итерации награда была введена в вершину $s_1 \in S$, которая принадлежит

сообществу free-ride пользователей. Так как количество награды, которое «впитается» кластером (останется в кластере), прямо пропорционально количеству итераций в процессе работы алгоритма распределения награды, то логичной, в данном случае, представляется попытка последовательного соединения вершин, начиная с вершины s_1 . Схема такой *Цепи* для четного значения c изображена на рисунке 1 (на всех рисунках, представленных в работе, для обозначений вершин выполняется: $s_i \in S$, $a_i \in A$). Отметим, что в схеме для нечетного значения c последняя вершина будет принадлежать множеству S .

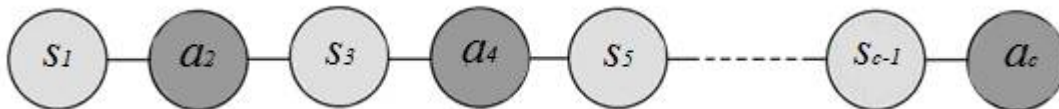


Рис. 1. Схема кластера *Цепь*

С использованием данной структуры количество вознаграждения, которое получит кластер (если активной является вершина s_1):

$$\sum_{i=1}^{\left\lceil \frac{c}{2} \right\rceil} \alpha_1 (\beta_1 \beta_2)^{i-1} q + \sum_{j=1}^{\left\lfloor \frac{c}{2} \right\rfloor} \alpha_2 \beta_1^j \beta_2^{j-1} q, \quad (3)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ - округление вверх;

$\lfloor \cdot \rfloor$ - округление вниз.

Если не принимать во внимание крайние вершины цепи, то лучше вводить награду как можно ближе к центру цепи, иначе та половина награды, которая переходит в более короткую сторону цепи, распределяется неэффективно (согласно используемому алгоритму распределения наград, в этом случае большая её часть теряется). Однако, с учетом того, что на текущем такте равновероятно любая из вершин множества S может быть активной, мы не можем предугадать,

в какую из вершин награда будет введена на следующем такте и перестроить цепь таким образом, чтобы активная на следующем такте вершина, была расположен крайней в цепи или хотя бы наиболее близко к её центру.

Ниже (на рисунках 2 и 3) представлены результаты экспериментов для данной структуры кластера при разных значениях параметров алгоритма распределения награды.

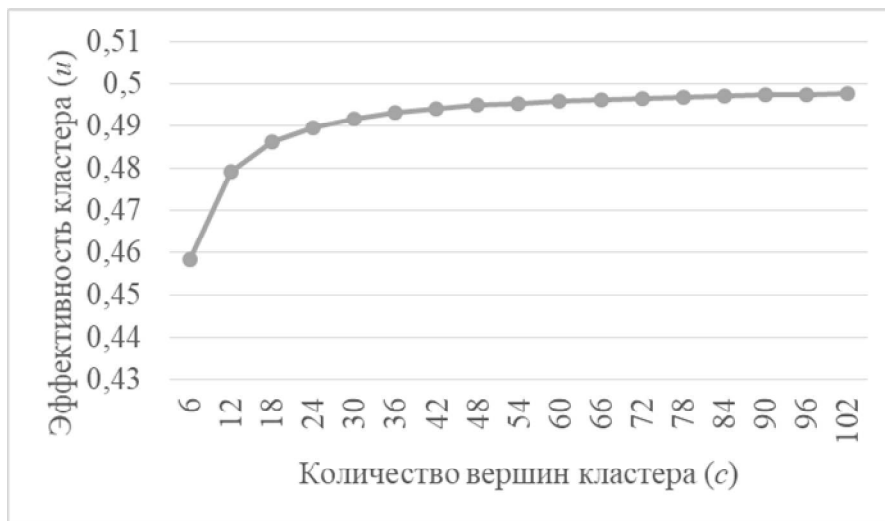


Рис. 2. Эффективность кластера *Цель* при $\alpha_1 = 0.5, \alpha_2 = 0.5$

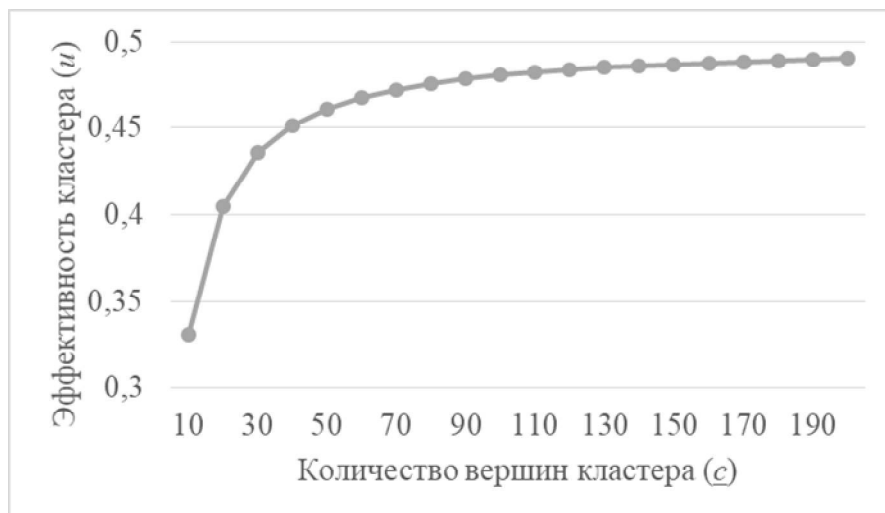


Рис. 3. Эффективность кластера *Цель* при $\alpha_1 = 0.05, \alpha_2 = 0.3$

Как видно из рисунков 2 и 3, недостатком данной структуры кластера является то, что максимальное значение эффективности кластера ограничено величиной 0.5. Это означает, что данная структура обладает плохой способностью «впитывать» награду,

которая поступает в систему через вершины кластера, то есть кластер начинает получать большой процент от награды, которая к нему поступает, только при высоком значении c (особенно при более низких значений α_1, α_2).

Структура Кольцо. Для устранения недостатка кластера *Цепь*, который связан с плохой способностью «впитывать» награду, нами была предложена структура кластера *Кольцо*. В этом случае кластер получает одинаковое количество награды не зависимо от того, какая из вершин кластера $s_i \in S$ будет активной в текущем такте, так как можно представить *Кольцо* в виде *Цепи*, в которой данная вершина будет посередине (на позиции $2 \left\lfloor \frac{c}{4} \right\rfloor + 1$).

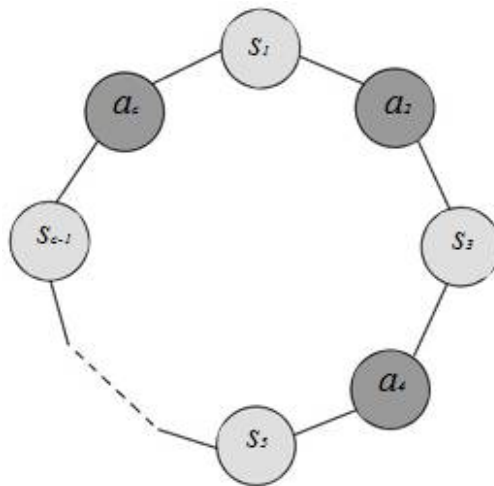


Рис. 4. Схема кластера *Кольцо*

Структура Звезда. Для устранения недостатка кластера *Цепь*, которая связана с тем, что максимальное значение эффективности использования вершин кластера ограничено величиной 0.5, нами была предложена структура кластера *Звезда*: в центре кластера размещается вершина, которая принадлежит множеству A , а к ней присоединяются все остальные вершины кластера (принадлежащие множеству S).

С точки зрения алгоритма распределения награды схему *Звезда* можно рассматривать как *Цель* длины 3, что уменьшает способность кластера «впитывать» награду. Однако, при использовании данной структуры появляется возможность использования $c - 1$ вершин в качестве подписчиков. В результате этого значительно повышается вероятность того, что награда будет введена в одну из вершин-подписчиков кластера. На рисунке 5 приведена схема кластера *Звезда*.

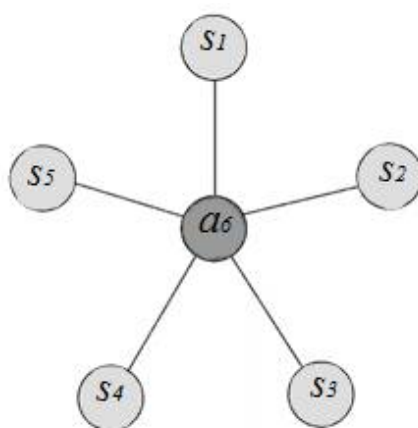


Рис. 5. Схема кластера *Звезда* при $c = 6$

Обобщенное кольцо. Попробуем совместить преимущества структуры *Кольцо* с преимуществами структуры *Звезда*.

Введем следующее понятие: *слоем* будем называть множество вершин одного типа, которые не связаны между собой. Будем говорить, что два слоя *соединены*, если для каждой вершины первого слоя существует ребро, которое связывает её с каждой из вершин второго слоя. *Обобщенное кольцо* состоит из $2m$ слоёв, соединенных в виде кольца. При этом имеется m слоев, каждый из которых содержит одну вершину-автора, и m слоев, каждый из которых содержит t вершин-подписчиков, где t :

$$t = \frac{c}{m} - 1 \quad (4)$$

При этом c должно нацело делиться на m . В данной структуре m вершин используется в качестве авторов и $c - m$ используется в качестве подписчиков. Если $c = 2m$, то получаем структуру *Кольцо*. На рисунке 6 представлена схема *Обобщенного кольца*. При этом используется такая нумерация вершин: первый индекс вершины указывает на номер слоя, в котором находится вершина, а второй – на номер вершины в этом слое.

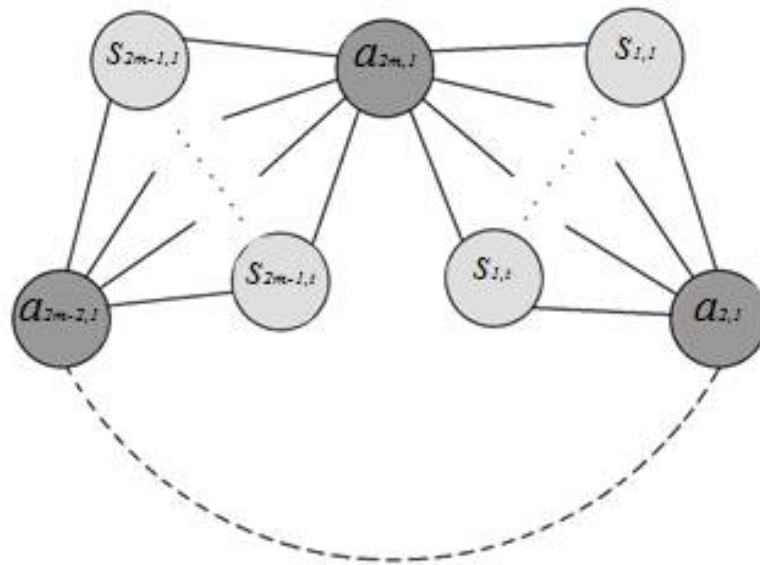


Рис. 6. Схема кластера *Обобщенное кольцо*

Далее приведены результаты сравнения кластеров со структурами *Кольцо*, *Звезда* и *Обобщенное кольцо* при разных значениях параметров алгоритма распределения награды. При этом количество слоев m для *Обобщенного кольца*, при котором достигалось максимальное значение эффективности кластера, подбиралось экспериментально для каждого набора параметров α_1, α_2 .

На рисунке 7 представлены результаты сравнения эффективности структур кластеров *Кольцо*, *Звезда* и *Обобщенное кольцо* при $\alpha_1 = 0.5, \alpha_2 = 0.5$ (количество слоев m в *Обобщенном кольце* равно 6).

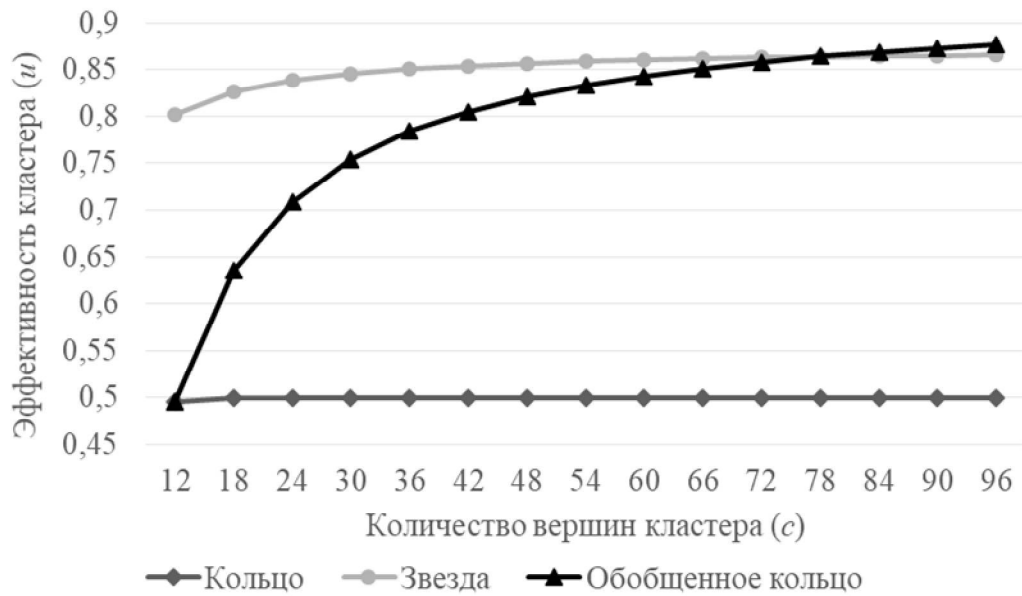


Рис. 7. Эффективность разных структур кластеров при $\alpha_1 = 0.5, \alpha_2 = 0.5$

На рисунке 8 представлены результаты сравнения эффективности структур кластеров *Кольцо*, *Звезда* и *Обобщенное кольцо* $\alpha_1 = 0.05, \alpha_2 = 0.3$ (количество слоев m в *Обобщенном кольце* равно 20).

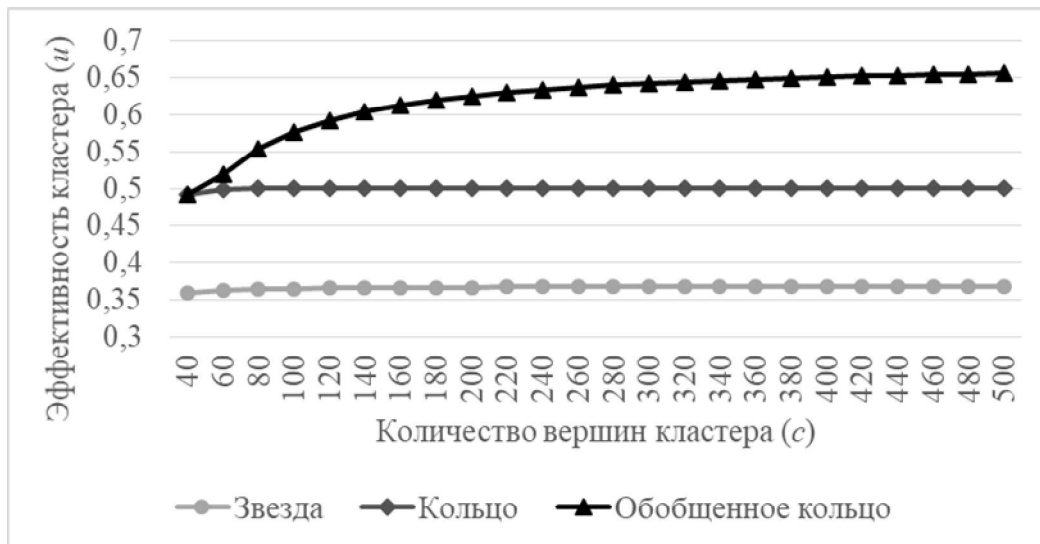


Рис. 8. Эффективность разных структур кластеров при $\alpha_1 = 0.05, \alpha_2 = 0.3$

Как мы видим на рисунке 7, при некоторых значениях параметров α_1, α_2 и достаточно малых значениях c структура *Звезда* бывает

более выгодной для использования, чем *Кольцо* или *Обобщенное кольцо*. Однако, даже при таком наборе параметров α_1, α_2 при увеличении C до определенного значения структура *Обобщенное кольцо* начинает давать лучшие результаты.

Как видим на рисунке 8, при некоторых значениях α_1, α_2 даже при небольших значениях C можно подобрать m , при котором структура кластера *Обобщенное кольцо* дает намного большее значение эффективности использования вершин, чем *Кольцо* или *Звезда* (при $\alpha_1 = 0.05, \alpha_2 = 0.3, n = 500$ – 0.6553 у *Обобщенного кольца* при $m = 20$ против 0.3675 у *Звезды* и 0.4999 у *Кольца*).

Выводы. Исследовано способы организации узлов, которые принадлежат сообществу free-ride пользователей, в P2P сетях с распределением наград. Проведено сравнение рассмотренных структур организации узлов с точки зрения получаемого сообществом free-ride пользователей количества награды. В результате экспериментов обнаружено, что при объединении достаточно большого числа узлов, структура *Обобщенное кольцо* потенциально дает наилучшие результаты из всех предложенных структур.

В дальнейших исследованиях планируется провести эксперименты с использованием разных структур кластеров и добавлением связей к узлам, которые не принадлежат сообществу free-ride пользователей, а также рассмотреть возможные способы борьбы с сообществами free-ride пользователей в P2P сетях с распределением награды.

Литература:

1. Ландэ, Д.В. (2008). P2P — по секрету всему свету. О пиринговых сетях. *Сети и бизнес*, 2, 104-110.
2. Satoshi, N. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> .

3. Что такое блокчейн простыми словами.
<<https://prostocoin.com/blog/blockchain-guide>>.
4. Полная децентрализация: как блокчейн изменил соцсети, трейдинг и исследования генома. <<https://hightech.fm/2019/01/09/blockchain-changes>>.
5. Azzedin, F.A. (2010). Classifying and Tracking Free Riders in Multimedia-Based Systems. *Journal of Universal Computer Science*, 16(10), 1368–1387.
6. Azzedin, F.A. (2010). Trust-Based Taxonomy for Free Riders in Distributed Multimedia Systems. *Internanational Conference on High performance Computing and Simulation (28 June-2 July 2010, Caen, France)*, 362–369.
7. Karakaya M., Korpeoglu I., Ulusoy O. (2009). Free Riding in Peer-to-Peer Networks. *IEEE Internet Computing*, 13(2), 92-98.
8. Yahaya, M. O. (2015). Free Riding in Peer-to-Peer Networks: Review and Analysis. *African Journal of Computing & ICTs*, 8, 53-60.

References:

1. Landje, D.V. (2008). P2P — po sekretu vsemu svetu. O piringovyh setjah [P2P in a secret to the whole world. About peer-to-peer networks]. *Seti i biznes* [Networks and business], no. 2, 104-110 [in Russian].
2. Satoshi, N. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retrieved from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> [in English].
3. Chto takoe blokchejn prostymi slovami [What is a blockchain in simple words]. Retrieved from <https://prostocoin.com/blog/blockchain-guide> [in Russian].
4. Polnaja decentralizacija: kak blokchejn izmenil socseti, trejding i issledovanija genoma [Complete decentralization: how blockchain changed social networks, trading and genome research]. Retrieved from <https://hightech.fm/2019/01/09/blockchain-changes> [in Russian].

5. Azzedin, F.A. (2010). Classifying and Tracking Free Riders in Multimedia-Based Systems. *Journal of Universal Computer Science*, vol. 16(10), 1368–1387. [in English].
6. Azzedin, F.A. (2010). Trust-Based Taxonomy for Free Riders in Distributed Multimedia Systems. *Internanational Conference on High performance Computing and Simulation (28 June-2 July 2010, Caen, France)*, 362–369. [in English].
7. Karakaya M., Korpeoglu I., Ulusoy O. (2009). Free Riding in Peer-to-Peer Networks. *IEEE Internet Computing*, vol. 13(2), 92-98. [in English].
8. Yahaya, M. O. (2015). Free Riding in Peer-to-Peer Networks: Review and *Analysis*. *African Journal of Computing & ICTs*, vol. 8, 53-60. [in English].