

ISSN 2072-8964

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

5 (127) 2021

№ 5(127) 2021

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ОГУ имени И.С. Тургенева)

*Главный редактор*

Константинов И.С.

*Редколлегия*

Аверченков В.И. (Брянск, Россия)  
Еременко В.Т. (Орел, Россия)  
Иванников А.Д. (Москва, Россия)  
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)  
Поляков А.А. (Москва, Россия)  
Савина О.А. (Орел, Россия)  
Раков В.И. (Орел, Россия)

*Сдано в набор 15.08.2021 г.*

*Подписано в печать 26.08.2021 г.*

*Дата выхода в свет 16.09.2021 г.*

*Формат 70x108 / 16.*

*Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.*

*Цена свободная*

*Заказ №*

*Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе  
ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95*

*Подписной индекс 15998  
по объединенному каталогу  
«Пресса России»*

**Материалы статей печатаются в авторской редакции.  
Право использования произведений предоставлено  
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части  
ГК РФ.**

Журнал входит в **Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий**, определенных ВАК для публикации трудов на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

**Рубрики номера**

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-49
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах .....50-71
3. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....72-99
4. Информационная безопасность и защита информации.....100-117

*Редакция*

Н.Ю. Федорова  
А.А. Митин

*Адрес издателя журнала*

302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95  
(4862) 75-13-18; [www.oreluniver.ru](http://www.oreluniver.ru);  
E-mail: [info@oreluniver.ru](mailto:info@oreluniver.ru)

*Адрес редакции*

302020, Орловская область, г. Орел,  
Наугорское шоссе, 40  
(4862) 43-49-56; [www.oreluniver.ru](http://www.oreluniver.ru);  
E-mail: [Fedorovanat57@mail.ru](mailto:Fedorovanat57@mail.ru)

*Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере  
связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций.  
Св-во о регистрации средства массовой информации  
ПИ №ФС 77-67168  
от 16 сентября 2016 г.*

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021

# Information Systems and Technologies

Scientific and technical journal

№ 5(127) 2021

The journal is published since 2002, leaves six times a year  
The founder – Orel State University named after I.S. Turgenev

*Editor-in-chief*

Konstantinov I.S.

*Editorial board*

Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)  
Eremenko V.T. (Orel, Russia)  
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)  
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)  
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)  
Savina O.A. (Orel, Russia)  
Rakov V.I. (Orel, Russia)

*It is sent to the printer's on 15.08.2021*

*26.08.2021 is put to bed*

*Date of publication 16.09.2021*

*Format 70x108 / 16.*

*Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies*

*Free price*

*The order №*

*It is printed from a ready dummy layout  
on polygraphic base of Orel State University  
302026, Orel, Komsomolskaya street, 95*

*Index on the catalogue*

*«Pressa Rossii» 15998*

Journal is included into the list of the Higher Attestation  
Commission for publishing the results of theses for  
competition the academic degrees.

## In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-49
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....50-71
3. Telecommunication systems and computer network.....72-99
4. Information and data security.....100-117

## The editors

Fedorova N.Yu.  
Mitin A.A.

## The address of the publisher of journal

302026, Orel, Komsomolskaya street, 95  
(4862) 75-13-18; www. www.oreluniver.ru;  
E-mail: info@oreluniver.ru

## The address of the editorial office

302020, Orel region, Orel, Highway Naugorskoe, 40  
(4862) 43-49-56; www.oreluniver.ru;  
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru

*Journal is registered in Federal Service for  
Supervision in the Sphere of Telecom, Information  
Technologies and Mass Communications.*

*The certificate of registration  
ПИ №ФС 77-67168 от 16 сентября 2016 г.*

© Orel State University, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*А.Д. АЛИЕВА, Х.Г. АСАДОВ, У.Х. ТАРВЕРДИЕВА*

Развитие метода дискретно-вариационной оптимизации голономных информационных систем.....5-10

*М.Д. БАКНИН, Г.С. ВАСИЛЬЕВ, О.Р. КУЗИЧКИН, Е.С. ПАНЬКИНА, Д.И. СУРЖИК*

Применение фазометрического метода для геоэлектрического контроля возникновения нефтешламовых проливов на площадных объектах топливно-энергетического комплекса.....11-20

*В.С. ЗАЯКИН, А.Н. РАБЧЕВСКИЙ, Е.А. РАБЧЕВСКИЙ*

Выявление мостов в кластерных сетях и оценка их уровня информационного влияния.....21-30

*С.В. ЗУЕВ, П.С. КАБАЛЯНЦ, В.М. ПОЛЯКОВ*

Выявление аномалий в потоке с помощью фрактальной размерности графа нейронной сети обработки данных.....31-38

*И.В. ЛОГИНОВ, Д.Ю. СТАРЦЕВ*

Алгоритм оптимального размещения беспроводных видеосенсоров в быстропроводимых системах мониторинга и охраны объектов.....39-49

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*П.О. АРХИПОВ*

Обратная задача обнаружения аномалий на панорамах инспектируемой местности.....50-54

*А.Я. ГААБ, Т.И. ГУЛЯЕВА, С.А. РОДИМЦЕВ*

Оценка уровня GSM сигнала для решения задач цифровой трансформации сельхозпроизводства.....55-64

*А.В. КОСЬКИН, С.В. НОВИКОВ, А.Ю. УЖАРИНСКИЙ*

Адаптивное управление образовательным процессом в системах электронного дистанционного обучения.....65-71

### ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

*О.А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, Л.Е. МИСТРОВ*

Основные положения метода синтеза информационно-обучающих систем поиска неисправностей в радиоэлектронных объектах.....72-80

*Н.А. ГЛИНКИН*

Принципы межоператорского взаимодействия по разработке и выполнению SLA-соглашений о переносе пакетного трафика.....81-90

*Т.А. МАНСУРОВ, В.Е. МАРЛЕЙ, С.Ю. СОКЛАКОВА*

Мониторинг устройств по технологии SNMP, находящихся в сети.....91-95

*О.Г. СЕНИН*

Основы повышения помехоустойчивости радиолинии управления БПЛА.....96-99

### ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

*А.С. АНИСИМОВ, А.И. КОЗАЧОК*

Экспериментальная оценка эффективности алгоритма обнаружения криптографических контейнеров в операционных системах семейства LINUX.....100-105

*Р.Ю. КАЛАШНИКОВ, М.Ю. РЫТОВ*

Моделирование атак типа «отказ в обслуживании» в программно-конфигурируемых сетях.....106-110

*В.Г. ЛИСИЧКИН*

К вопросу о моделировании шумов, сопровождающих процесс получения цифрового изображения.....111-117

## CONTENT

### MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

*A.D. ALIEVA, X.G. ASADOV, U.X. TARVERDIEVA*

Development of method of discreet variation optimization of holonomic information systems.....5-10

*M.D. BAKNIN, G.S. VASIL'EV, O.R. KUZICHKIN, E.S. PAN'KINA, D.I. SURZHUK*

Application of the phasometric method for geoelectric control of oil sludge spills at area facilities of the fuel and energy complex.....11-20

*V.S. ZAYAKIN, A.N. RABChEVSKIY, E.A. RABChEVSKIY*

Identifying bridges in cluster networks and assessment of their level of information influence.....21-30

*S.V. ZUEV, P.S. KABALYANC, V.M. POLYAKOV*

Detection of stream anomalies by means of the fractal dimension of the graph corresponding to the data processing neural network.....31-38

*I.V. LOGINOV, D.Yu. STARCEV*

Algorithm for optimal placement of wireless video sensors in fast development facilities monitoring and physical protection systems.....39-49

### INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

*P.O. ARXIPOV*

Inverse problem of detecting anomalies on panoramas of the inspected area.....50-54

*A.Ya. GAAB, T.I. GULYaEVA, S.A. RODIMCEV*

Measurement of the GSM signal level for solving the problems of digital transformation of agricultural production.....55-64

*A.V. KOS'KIN, S.V. NOVIKOV, A.Yu. UZHARINSKIY*

Adaptive control of the educational process in electronic distance learning systems.....65-71

### TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

*O.A. BELOCERKOVSKIY, L.E. MISTROV*

Basic provisions of the method of synthesis of information and training systems for troubleshooting in radio electronic objects.....72-80

*N.A. GLINKIN*

Principles of inter-operator interaction in development and implementation of SLA agreements on the transfer of bundled traffic.....81-90

*T.A. MANSUROV, V.E. MARLEJ, S.Yu. SOKLAKOVA*

Monitoring of devices on the network using SNMP technology.....91-95

*O.G. SENIN*

Basics of increasing the immunity of a radio control of a UAV.....96-99

### INFORMATION AND DATA SECURITY

*A.S. ANISIMOV, A.I. KOZACHOK*

Experimental estimation of efficiency algorithm for detecting cryptographic containers in the operating systems of the LINUX family.....100-105

*R.Yu. KALASHNIKOV, M.Yu. RY'TOV*

Simulation of denial of service attacks in software-configurable networks.....106-110

*V.G. LISICHKIN*

To a question on the noise modelling the digital image process of reception accompanying.....111-117

УДК 32.019.51

В.С. ЗАЯКИН, А.Н. РАБЧЕВСКИЙ, Е.А. РАБЧЕВСКИЙ

## ВЫЯВЛЕНИЕ МОСТОВ В КЛАСТЕРНЫХ СЕТЯХ И ОЦЕНКА ИХ УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ

Задача выявления пользователей, максимально способствующих распространению информации и росту числа участников социальных сетей очень важна для предотвращения распространения вирусного контента, фейков и другой деструктивной информации. В статье предложена методика выявления наиболее влиятельных пользователей социальных сетей, соединяющих кластеры (сообщества) с ядром сети и выполняющих роль мостов в ярко выраженных кластерных сетях, основанная на оригинальной метрике центральности по взвешенному вкладу. Представлено описание метрики и алгоритм ее вычисления.

**Ключевые слова:** социальные сети; кластерные сети; мосты; определение мостов; центральность; взвешенный вклад.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные социальные сети перестали быть исключительно средством общения между людьми и переросли в эффективный инструмент целенаправленного воздействия на пользователей. Целью воздействия может быть вовлечение пользователей в определенные тематические сообщества или распространение информации, которая может повлиять на поведение людей в повседневной жизни.

Изучение механизмов и степени влияния социальных сетей на поведение людей вызвало большой научный интерес. По мнению [1-3], все протестные движения неразрывно связаны с созданием автономных сетей связи, поддерживаемых Интернетом. Существенное влияние социальных сетей на уровень мобилизации людей к активным действиям описано в работах [4-6]. Исследуя социальные сети в контексте протестных настроений, часто приходится наблюдать их ярко выраженную кластерную структуру.

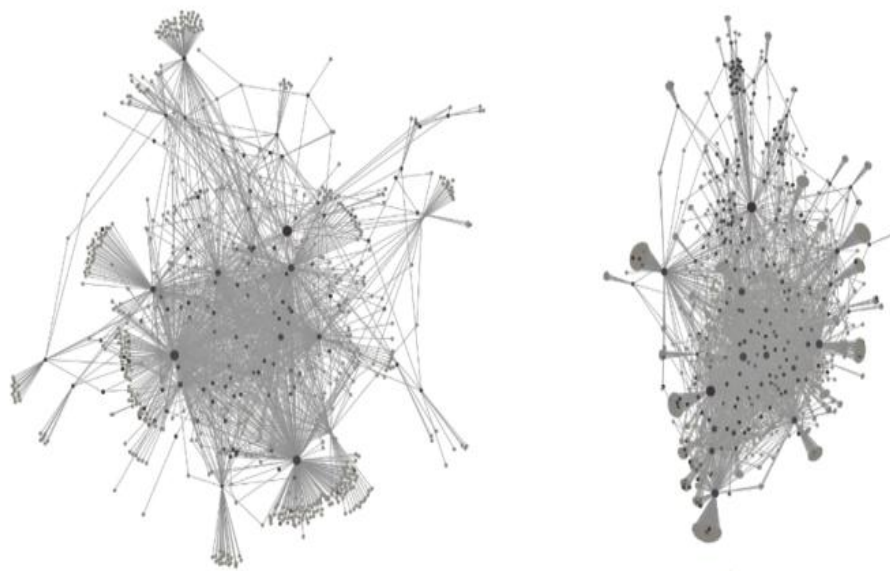


Рисунок 1 – Примеры кластерной структуры графов социальных сетей

На рисунке 1 показаны примеры графов таких сетей, где вершины графа – это пользователи, а ребра – связи между ними. Яркостью обозначен уровень публикационной

активности пользователей в социальной сети, то есть количество любого вида материалов целевой тематики, опубликованных пользователем. Как видно из рисунка 1, графы имеют ярко выраженную кластерную структуру в виде ядра с большим количеством перекрестных связей между пользователями и изолированными кластерами, которые соединены с ядром через одного пользователя, выполняющего роль «моста» между кластером и ядром.

Поскольку публикационная активность пользователей в кластерах аналогична пользователям ядра, логично предположить, что сумма уровней активности каждого узла в кластере может быть выше уровня активности любого узла в ядре, а узел, соединяющий кластер с ядром, будет иметь больший вклад в общий уровень активности сети, чем любой узел в ядре социальной сети. Анализ профилей пользователей, выполняющих роль мостов в тематике протестной активности, показал следующие результаты:

- пользователи в кластерах зачастую лишь частично разделяют мнение пользователей ядра к объектам обсуждения;
- пользователи в кластерах часто объединены одной тематикой;
- предпочтения, интересы и политические взгляды (для сетей протестной активности) пользователей в разных кластерах могут отличаться (они могут принадлежать к разным политическим партиям или движениям), однако данные пользователи разделяют противостояние действующей власти;
- как правило, пользователи, соединяющие кластер с ядром, выступают в роли модераторов сообщества;
- такие пользователи имеют связи друг с другом и образуют подструктуру в графах социальных связей, за счет чего могут координировать свои действия, вовлекая в исследуемое социальное явление разные категории пользователей, возможно, не согласных с общей точкой зрения ядра сети по некоторым вопросам.

Таким образом, выявление пользователей, выполняющих роль мостов в социальных сетях, имеет огромное значение для противодействия протестным движениям и управления параметрами распространения вирусной и деструктивной информации в социальных сетях.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

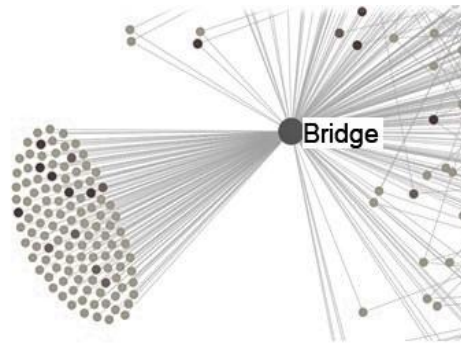
С помощью программного обеспечения «Поисковая система «SEUS» [7], активно используемого правоохранительными органами РФ [8], был выполнен поиск публикаций в социальной сети ВКонтакте, связанных с организацией протестных мероприятий в январе-августе 2019 г. в Москве. Для каждого пользователя был рассчитан уровень публикационной активности, который учитывал количество постов, репостов, комментариев, лайков и т.д. В результате ранжирования по уровню публикационной активности был составлен рейтинг активности пользователей. Для каждого пользователя были построены графы социальных связей друзей пользователей и друзей их друзей. При этом учитывались следующие условия:

- пользователь включается в граф, если он является другом члена рейтинга активности или является другом любого из его друзей (максимальное расстояние до целевого пользователя на графе равно двум);
- пользователь, чей уровень активности равен нулю, включается в граф только в том случае, если он является другом не менее, чем двух пользователей из рейтинга активности.

Мостом считался узел социальной сети, удовлетворяющий следующим требованиям:

- узел, который подключает кластер к ядру сети;
- узлы кластера связаны только с мостом и не имеют связи между собой;
- мост связан с узлами кластера и узлами ядра.

На рисунке 2 представлен фрагмент типичного узла, выполняющего роль моста.



*Рисунок 2 – Фрагмент графа пользователя – моста*

Таким образом, задача состояла в том, чтобы подобрать или разработать методику, которая однозначно выявляет мосты в кластерных сетях, а также определяет степень влияния мостов на общий уровень активности сети.

### **СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МОСТОВ В КЛАСТЕРНЫХ СЕТЯХ**

Для выявления характеристик узлов в сетях используются различные метрики центральности, описанные в обзорной работе [9]. Самой известной метрикой центральности, характеризующей коммуникативные способности узлов, является впервые введенная [10] центральность по промежуточности, которая соответствует тому, с какой вероятностью данный узел будет связывать множество пар узлов в графе. Поскольку каждый узел в исследуемых нами сетях имел определенный уровень активности, необходимо было учитывать вес каждого узла в сети. Для вычисления центральности по промежуточности для взвешенных сетей можно было использовать методики, предложенные в работах [11-15]. Однако, центральность по промежуточности, не важно с учетом веса или без, может выявить уровень коммуникативной способности узла сети, но не может точно определить действительно ли данный узел является мостом, так как узлы с высоким значением центральности по промежуточности могут находиться как в центре ядра сети, так и на периферии сети, являясь мостами.

Влиятельные узлы, по мнению [16], всегда действуют как «мост» между сообществами и существуют в рамках пересечения сообществ. Авторы предлагают использовать для определения таких влиятельных узлов локальный центральный метод, который предполагает, что чем больше сообществ принадлежит узлу, тем большее влияние он оказывает. В работах [17, 18] для определения мостов предлагаются метрики «центральность передачи» и «модульная центральность», однако значение центральности передачи может быть высоким как у вершин ядра, так и у мостов, поэтому ее смысл не сильно отличается от промежуточности, а в модульной центральности мостом являются узлы, соединяющие сообщества, тогда как мы исследовали узлы между сообществами и ядром сети, то есть понятие мост в данном контексте имело иной смысл.

Метод, успешно определяющий мосты, представлен в работе [19], в которой авторы ввели понятие «Мостовая центральность». Эта метрика более точно выявляет мосты, однако она работает только в разреженных сетях с большим количеством колен, так как в ее основе лежит идея о том, что для выявления мостов необходимо отбрасывать значение связей с узлами, находящимися в непосредственной близости узла, то есть связи первого колена графа. Поскольку, в нашем случае пользователи кластера связаны только с мостом, то они не могут быть учтены в расчете данной метрики, что нас не устраивало. Наиболее близкая метрика для нашей задачи, это «Центральность вклада», предложенная [20], суть которой состоит в том, что центральность узла пропорциональна сумме центральностей узлов в его



окрестности, взвешенной по их вкладам. Центральность вклада действительно наиболее применима для решения нашей задачи, так как она может определить вклад каждого моста для пользователей ядра, но она не гарантирует однозначное определение моста, что в нашем случае являлось необходимым условием.

Как видим, все представленные выше метрики в той или иной степени могли бы определить уровень коммуникативной способности узла, но не могут точно определить является ли данный узел мостом в нашем понимании.

### МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ МОСТОВ В ЯРКО ВЫРАЖЕННЫХ КЛАСТЕРНЫХ СЕТЯХ

Будем говорить, что все пользователи, имеющие публикационную активность по тематике заданного социального явления, а также их социальные связи составляют «временную социальную сеть», порожденную данным социальным явлением, а сумма уровней активности всех пользователей составляет общий уровень активности временной социальной сети.

Поскольку количество пользователей в различных кластерах и уровень их активности различны, то мосты могут иметь различный уровень влияния. Пусть степень влияния моста на общий уровень публикационной активности временной социальной сети определяется как суммарный уровень активности кластера, который соединен с ядром через мост. Согласно приведенного выше определения моста, узлы кластера должны быть связаны только с мостом и не должны иметь связи между собой. Рассмотрим граф, представленный на рисунке 3, определим какой из узлов на графе является мостом в контексте предложенного определения и вычислим вес его кластера.

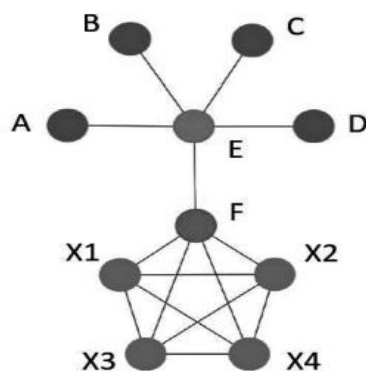


Рисунок 3 – Схема сети узлов с учетом весов

Для узла F связи с узлами E и X1-X4 учитываться не будут, так как они имеют связи с другими узлами в сети, а значит значение суммарного рейтинга узла F, также как и для X1-X4, будет равно 0. Для узлов A, B, C, D, имеющих связь только с узлом E, значение так же будет равно 0, так как у него также есть другие связи.

Для узла E связь с узлом F также дает 0, а связи с узлами A, B, C, D дают значение весов этих узлов, вес узла E будет равен сумме весов синих узлов  $E=A+B+C+D$ .

Как видим, мы получили одно ненулевое значение для зеленого узла во всей сети, которое точно определяет наличие искомого моста и его вклад в общий уровень активности временной социальной сети, равный значению E.

С учетом того, что в предлагаемом методе существенную роль играет вес каждого узла графа, для определения степени влияния моста на общий уровень активности был предложен термин «Центральность по взвешенному вкладу».

Будем говорить, что центральность по взвешенному вкладу – это вклад узла социальной сети в общий уровень публикационной активности, равный сумме активности каждого узла кластера, подключаемого узлом к ядру сети, отнесенная к общему уровню активности сети. Другими словами, центральность по взвешенному вкладу моста это вес кластера, подключаемого мостом к ядру, отнесенный к общему весу сети.

Значение центральности по взвешенному вкладу = 0, если узел не является мостом, и > 0, если узел является мостом. Самый влиятельный узел в роли моста имеет максимальное значение центральности по взвешенному вкладу для данной сети.

Введем обозначения для формального описания предлагаемой методики.

Пусть  $G = (U, F)$  – граф, состоящий из множества  $U$  пользователей и множества  $F$  неупорядоченных пар различных элементов множества  $U$ , отражающего дружественные связи между пользователями (ребра графа).

Если пользователи  $u$  и  $v$  являются друзьями, то есть образуют связь  $f \in F$ , будем писать  $f = (uv) = (vu)$ . Множество друзей пользователя  $u \in U$  обозначим  $F(u) = \{v \in U : (uv) \in F\}$ . Тогда степень узла, т. е. число друзей пользователя  $u \in U$ , естественно обозначить  $|F(u)|$ .

Множество пользователей, связанных только с данным пользователем  $u$ , назовем соседями пользователя  $u \in U$  и обозначим  $S(u)$ . Тогда:

$$S(u) = \{v \in U : (uv) \in F, |F(v)| = 1\} = \{v \in U : |F(v)| = 1\} \cap F(u) \quad (1)$$

Если уровень активности пользователя  $u \in U$  обозначить как  $r(u)$ , то суммарный уровень активности некоторого подмножества пользователей  $V \subseteq U$  будет вычисляться по формуле:

$$R(V) = \sum_{u \in V} r(u) \quad (2)$$

Пользуясь формулой (2), получаем формулу вычисления веса кластера, подключаемого мостом, произвольного пользователя графа:

$$C_{WC}(u) = R(S(u)) = \sum_{w \in S(u)} r(w) \quad (3)$$

Центральность по взвешенному вкладу определяется как отношение веса кластера, подключаемого мостом к ядру сети, к общему уровню активности сети, что можно выразить как:

$$C_{WC}(u) = \frac{W(u)}{R(U)} \quad (4)$$

Код функции на языке Python3, используемой для вычисления мостов в составе программы [21], представлен ниже:

```
def calculate_weighted_contribution centrality(graph, rating):
    centrality = {}
    for user, friends in graph.items():
        c = 0 # накапливаемое значение центральности пользователя user
        # накапливаем рейтинг по друзьям пользователя
        for friend in friends:
            # если друг пользователя связан в графе только с ним, то прибавляем
            его рейтинг
            if len(graph[friend]) == 1:
                c = c + rating[friend]
        centrality[user] = c
    return centrality
```

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ МОСТОВ

Для определения уровня влияния мостов из 10 случайных графов были удалены 10 самых влиятельных мостов и связанные с ними вершины, а также те вершины, которые оказались изолированными после удаления мостов. В таблице 1 показано насколько уменьшился вес графов в целом и суммарный вес вершин, входящих в кластеры.

Таблица 1 – Изменение веса графа в результате удаления из графа 10 мостов с их вершинами

№ графа	Изменение веса графа	Изменение веса кластеров
1	-32,7%	-67,5%
2	-53,0%	-88,6%
3	-44,1%	-65,9%
4	-92,0%	-94,5%
5	-97,3%	-99,7%
6	-72,1%	-92,6%
7	-21,9%	-61,0%
8	-27,2%	-68,3%
9	-48,5%	-72,3%
10	-83,4%	-98,9%
	<i>Среднее значение</i>	<i>Среднее значение</i>
	<b>-57,2%</b>	<b>-80,9%</b>

Как видим, при удалении из графов 10 самых влиятельных мостов, суммарный вес графа или суммарный уровень активности пользователей в графе снижается в среднем на 57,8%, что показывает высокий уровень влияния мостов. При этом суммарный вес кластеров снижается на 80,9%, что соответствует тому, какую роль играют 10 самых влиятельных мостов в расширении сети. Из этого можно сделать вывод, что узлы сети, выявленные нами как мосты, действительно вносят существенный вклад в общий уровень активности сети. Сравнение результатов, которые получились при использовании центральности по промежуточности и центральности по вкладу, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение метрик центральности в результате удаления из графа 10 мостов с их вершинами

Метрика	Изменение веса графа	Изменение веса кластеров
Центральность по промежуточности	-54,4%	-76,0%
Центральность по вкладу	-52,7%	-66,4%
Центральность по взвешенному вкладу	-57,2%	-80,9%

Из представленных данных видно, что при удалении из графов 10 самых влиятельных узлов вместе со всеми их вершинами, общий вес графа снижается примерно одинаково. Это говорит о том, что все три метрики одинаково эффективно выявляют коммуникативные способности влиятельных узлов в сети. В то же время, изменение веса кластеров заметно больше при использовании центральности по взвешенному вкладу. Это объясняется тем, что центральность по промежуточности и центральность по вкладу выявляют наиболее коммуникативные узлы сети, в том числе и мосты, в отличие от центральности по взвешенному вкладу, которая выявляет только мосты. А поскольку удаление мостов дает

наибольший вклад в снижение общего уровня активности сети, то влияние мостов больше, чем у любых других узлов сети.

Таким образом, можно утверждать, что центральность по взвешенному вкладу наиболее эффективно решает задачу по выявлению мостов по сравнению с другими представленными метриками.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенность метрики центральности по взвешенному вкладу состоит в том, что она однозначно определяет, является ли узел мостом в описанных ранее сетевых конфигурациях.

Мосты способствуют расширению размеров сети, увеличению количества пользователей, вовлеченных в социальное явление и увеличению общего уровня активности социальной сети. Блокирующее воздействие на самые влиятельные мосты может существенно изменить характеристики всей сети и снизить общий уровень активности социальной сети в данном социальном явлении. Таким образом, воздействие на наиболее влиятельные мосты является эффективным способом снижения активности социальной сети.

Оценка уровня информационного влияния осуществляется путем ранжирования мостов по метрике центральности по взвешенному вкладу.

Алгоритм вычисления в кластерных сетях на основе метрики центральности по взвешенному вкладу реализован в программном обеспечении (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616086 от 16 апреля 2021г.).

Данный метод выявления мостов и оценки их информационного влияния был использован в рамках аналитического исследования «структур пропаганды политического протеста в России и Беларуси» [22], проводимого аналитическим центром ООО «СЕУСЛАБ». Исследование включало оценку оперативной значимости полученных результатов, и было представлено на площадке Антитеррористического Центра СНГ и НИИ проблем безопасности СНГ в марте 2021 года. По результатам апробации научно-консультативный совет Антитеррористического Центра СНГ составил экспертное заключение о целесообразности использования данного метода в информационно-аналитических системах, используемых в оперативно-служебной деятельности МВД России.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Castells M. Networks of Outrage and Hope. Social Movements in the Internet Age. – Polity. – Cambridge, 2012 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1145/324133.324140>.
2. Gerbaudo P. Tweets and the Streets. Social Media and Contemporary Activism. – Pluto Books. – London, 2012 [Электронный ресурс]. – URL: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/30772/642730.pdf?sequence=1>.
3. Faris D. Dissent and Revolution in a Digital Age: Social Media, Blogging, and Activism in Egypt. – I.B. Tauris. – London, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.5040/9780755607839>.
4. Tindall D.B. From metaphors to mechanisms: Critical issues in networks and social movements research. – Social Networks. – № 29(1). – P. 160-168, 2007 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2006.07.001>.
5. Bennett W.L., Segerberg A. The logic of connective action. Information, Communication & Society. – № 15(5), 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.670661>.
6. Juris J.S. Reflections on #Occupy Everywhere: Social media, public space and emerging logics of aggregation. – American Ethnologist. – № 39(2). – P. 259-279, 2012 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1111/j.1548-1425.2012.01362.x>.
7. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.seuslab.ru/seus>.

8. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meduza.io/feature/2018/10/16/politsiya-po-vsey-rossii-pokupaet-sistemy-monitoringa-sotssetey-oni-pomogayut-iskat-ekstremizm-ne-vyhodya-iz-rabochego-kabineta>.
9. Lü L. Vital nodes identification in complex networks. – *Physics Reports*, 2016. – Vol. 650.
10. Freeman L.C. Centrality in social networks conceptual clarification. – *Social Networks*. – № 1(3). – P. 215, 1978 [Электронный ресурс]. – URL: [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7).
11. Opsahl T., Agneessens F., Skvoretz J. Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. – *Social Networks*. – № 32(3). – P. 245251, 2010 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2010.03.006>.
12. Кузнецов Е. Анализ структуры сетевых взаимодействий: контекстно-зависимые меры центральности. – *Управление большими системами*. – Выпуск 80. – М.: ИПУ РАН. – С. 57-82, 2019 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.25728/ubs.2019.80.4>.
13. Wang H., Hernandez J.M., Van Mieghem P., Betweenness centrality in a weighted network. – *Physical Review E*. – № 77(4), 2008 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1103/physreve.77.046105>.
14. Van Mieghem P., Van Langen S., Influence of the link weight structure on the shortest path. – *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*, 2005. – May;71(5 Pt 2):056113. Epub 2005 May 20. PMID: 16089608, 2005 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.71.056113>.
15. Levandowsky M., Winter D., Distance between Sets. – *Nature*. – № 234(5323). – P. 34-35, 1971 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1038/234034a0>.
16. Wei H. and other. Identifying influential nodes based on network representation learning in complex networks / H.Wei, Z. Pan, G. Hu, L. Zhang, H. Yang, X. Li, X. Zhou // *PLOS ONE*, 13(7), e0200091, 2018 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200091>.
17. Zhang Q., Karsai M., Vespignani A. Link transmission centrality in large-scale social networks. – *EPJ Data Science*. – № 7(1), 2018 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-018-0162-8>.
18. Ghalmane Z., El Hassouni M., Cherifi C. Centrality in modular networks. *EPJ Data Sci.* 8, 15, 2019 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-019-0195-7>.
19. Ensen P. and other. Detecting global bridges in networks / P. Ensen, M. Morini, M. Karsai, T. Venturini, M. Jacomy, J-P. Cointet, P. Merckle, E. Fleury // *IMA Journal of Complex Networks*, 2015. – P. 1, 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1509.08295>.
20. Alvarez-Socorro A., Herrera-Almarza G., González-Díaz L. Eigencentality based on dissimilarity measures reveals central nodes in complex networks. – *Sci Rep* 5, 17095, 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1038/srep17095>.
21. «Программа вычисления мостов в кластерных сетях»; свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616086 от 16.04.2021.
22. Рабчевский Е.А., Рабчевский А.Н. О некоторых аспектах структур пропаганды политического протеста в социальных сетях // Деятельность террористических и экстремистских организаций, направленная на насильственное изменение конституционного строя, как угроза государственной и общественной безопасности стран СНГ: сборник материалов совместного заседания ученого совета Научно-исследовательского института проблем безопасности СНГ и Научно-консультативного совета при АТЦ СНГ. – М.: АТЦ СНГ, 2021. – С. 193-211.

**Зякин Виктор Сергеевич**  
ООО «СЕУСЛАБ», г. Пермь  
Аналитик данных  
Тел.: 8 952 320 85 51  
E-mail: vszayakin@yandex.ru

**Рабчевский Андрей Николаевич**

ООО «СЕУСЛАБ», г. Пермь  
Директор по науке  
Тел.: 8 912 780 87 29  
E-mail: andrey@ranat.ru

**Рабчевский Евгений Андреевич**

ООО «СЕУСЛАБ», г. Пермь  
Генеральный директор  
Тел.: 8 908 265 88 25  
E-mail: e.rabchevskiy@seuslab.ru

V.S. ZAYAKIN (*Data Analyst*)

A.N. RABCHEVSKIY (*Science Director*)

E.A. RABCHEVSKIY (*General Manager*)  
SEUSLAB LLC, Perm

**IDENTIFYING BRIDGES IN CLUSTER NETWORKS  
AND ASSESSMENT OF THEIR LEVEL OF INFORMATION INFLUENCE**

*The task of identifying users who maximize the dissemination of information and the growth of the number of participants in social networks is very important to prevent the spread of viral content, fakes and other destructive information. The article proposes a methodology for identifying the most influential users of social networks connecting clusters (communities) with the network core and acting as bridges in cluster networks, based on the original measure of weighted contribution centrality. A description of the measure and an algorithm for its calculation are presented.*

**Keywords:** social networks; cluster networks; bridges; bridge definition; centrality; weighted contribution.

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Castells M. Networks of Outrage and Hope. Social Movements in the Internet Age. – Polity. – Cambridge, 2012 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1145/324133.324140>.
2. Gerbaudo P. Tweets and the Streets. Social Media and Contemporary Activism. – Pluto Books. – London, 2012 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/30772/642730.pdf?sequence=1>.
3. Faris D. Dissent and Revolution in a Digital Age: Social Media, Blogging, and Activism in Egypt. – I.B. Tauris. – London, 2013 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.5040/9780755607839>.
4. Tindall D.B. From metaphors to mechanisms: Critical issues in networks and social movements research. – Social Networks. – № 29(1). – P. 160-168, 2007 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2006.07.001>.
5. Bennett W.L., Segerberg A. The logic of connective action. Information, Communication & Society. – № 15(5), 2013 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.670661>.
6. Juris J.S. Reflections on #Occupy Everywhere: Social media, public space and emerging logics of aggregation. – American Ethnologist. – № 39(2). – P. 259-279, 2012 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1111/j.1548-1425.2012.01362.x>.
7. [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://www.seuslab.ru/seus>.
8. [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://meduza.io/feature/2018/10/16/politsiya-po-vsey-rossii-pokupaet-sistemy-monitoringa-sotssetey-oni-pomogayut-iskat-ekstremizm-ne-vyhodya-iz-rabochego-kabineta>.
9. Lü L. Vital nodes identification in complex networks. – Physics Reports, 2016. – Vol. 650.
10. Freeman L.C. Centrality in social networks conceptual clarification. – Social Networks. – № 1(3). – P. 215, 1978 [Jelektronnyj resurs]. – URL: [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7).
11. Opsahl T., Agneessens F., Skvoretz J. Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. – Social Networks. – № 32(3). – P. 245-251, 2010 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2010.03.006>.
12. Kuznecov E. Analiz struktury setevyh vzaimodejstvij: kontekstno-zavisimye mery central'nosti. – Upravlenie bol'shimi sistemami. – Vypusk 80. – M.: IPU RAN. – S. 57-82, 2019 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.25728/ubs.2019.80.4>.

13. Wang H., Hernandez J.M., Van Mieghem P., Betweenness centrality in a weighted network. – *Physical Review E*. – № 77(4), 2008 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1103/physreve.77.046105>.
14. Van Mieghem P., Van Langen S., Influence of the link weight structure on the shortest path. – *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*, 2005. – May;71(5 Pt 2):056113. Epub 2005 May 20. PMID: 16089608, 2005 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.71.056113>.
15. Levandowsky M., Winter D., Distance between Sets. – *Nature*. – № 234(5323). – P. 34-35, 1971 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1038/234034a0>.
16. Wei H. and other. Identifying influential nodes based on network representation learning in complex networks / H.Wei, Z. Pan, G. Hu, L. Zhang, H. Yang, X. Li, X. Zhou // *PLOS ONE*, 13(7), e0200091, 2018 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200091>.
17. Zhang Q., Karsai M., Vespignani A. Link transmission centrality in large-scale social networks. – *EPJ Data Science*. – № 7(1), 2018 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-018-0162-8>.
18. Ghalmane Z., El Hassouni M., Cherifi C. Centrality in modular networks. *EPJ Data Sci.* 8, 15, 2019 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-019-0195-7>.
19. P. Ensen and other. Detecting global bridges in networks / P. Ensen, M. Morini, M. Karsai, T. Venturini, M. Jacomy, J-P. Cointet, P. Merckle', E. Fleury // *IMA Journal of Complex Networks*, 2015. – P. 1, 2015 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1509.08295>.
20. Alvarez-Socorro A., Herrera-Almarza G., González-Díaz L. Eigencentality based on dissimilarity measures reveals central nodes in complex networks. – *Sci Rep* 5, 17095, 2015 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.1038/srep17095>.
21. «Programma vychislenija mostov v klasternyh setjah»; svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2021616086 ot 16.04.2021.
22. Rabchevskij E.A., Rabchevskij A.N. O nekotoryh aspektah struktur propagandy politicheskogo protesta v social'nyh setjah. – Dejatel'nost' terroristicheskikh i jekstremistskikh organizacij, napravlennaja na nasil'stvennoe izmenenie konstitucionnogo stroja, kak ugroza gosudarstvennoj i obshhestvennoj bezopasnosti stran SNG: sbornik materialov sovmeštnogo zasedanija učenogo soveta Nauchno-issledovatel'skogo instituta problem bezopasnosti SNG i Nauchno-konsul'tativnogo soveta pri ATC SNG. – M.: ATC SNG, 2021. – С. 193-211.