

# Модель информационного влияния в социальной сети на основе диффузии сигналов, образованных ортогональными функциями

Б.А. Торопов, А.С. Овчинский, В.Ф. Макаров

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема оценки влиятельности отдельных пользователей социальных сетей и их подмножеств как инициаторов распространения информационного влияния. Предложена модель диффузии информации на множестве вершин графа социальной сети с использованием ортогональных функций Уолша, которая позволяет оценить результат информационного влияния на всех участников сетевого взаимодействия, как со стороны каждого отдельного пользователя, так и со стороны коалиции пользователей. Показано, что авторская метрика центральности (центральность диффузии) тесно коррелирована с центральностью по матрице сопряженности графа сети, но при этом более проста в расчете и не требовательна к вычислительным ресурсам при оценке группового влияния.

**Ключевые слова:** социальная сеть, информационное влияние, центральность, диффузия сигналов, ортогональные функции.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Социальные сети Интернета в последние годы достаточно прочно вошли в повседневную жизнь общества, становясь для многих не только приоритетным источником получения информации, но и инструментом социальных, экономических и иных взаимодействий с социумом. Многие исследователи отмечают, что такого рода «цифровизация» общественной и социальной жизни человека неизбежна, в каких-то моментах удобна, но при этом содержит серьезные риски [1, 2]. Бесспорным является тот факт, что распространение той или иной информации в общественном сознании существенно ускорилось благодаря экспансивному расширению аудитории социальных сетей.

В связи с этим процессы распространения информации в социальных сетевых структурах все чаще становятся объектом научных исследований. Практическая направленность проводимых в названной

области исследований очевидна – это повышение эффективности рекламных кампаний по продвижению товаров и услуг, а также оптимизация расходов на Интернет-рекламу; увеличение аудитории политических агитационных и пропагандистских мероприятий в Интернете; увеличение количества участников социальных сетей, вовлекаемых в ту или иную активность в реальном мире и т.п. Названные задачи, как правило, преследуют цель максимизации информационного влияния на участников социальных сетей. Возможно и решение обратных задач, направленных на минимизацию тех или иных влияний, например, тех, которые признаются нежелательными (деструктивными) государством или обществом. И в первом и во втором случае необходимо построение моделей виртуального сетевого взаимодействия, выработка подходов и методов к оценке влиятельности.

Так, например, исследованию подходов к максимизации информационного влияния в социальных сетях посвящено значительное количество работ [см., например: 3, 4], отталкиваясь от результатов которых можно предложить и новые подходы к оценке влиятельности пользователей сети, прогнозированию результатов распространения, транслируемых ими мнений.

В основном, исследователи в данной области сходятся в мысли, что наиболее полезны (с точки зрения оценки потенциального информационного влияния) такие меры вершин графа социальной сети, которые прямо или косвенно опираются на длины кратчайших путей, соединяющих анализируемую вершину с прочими вершинами: центральность по «*k*-степени» [5], центральность по близости [6], центральность распада [7]. Но следует заметить, что кратчайшие пути в социальном графе не есть единственные маршруты передачи влияния от пользователя к пользователю. Маршрутов в любом графе бесконечное количество. Кроме того, веса силы связей между соседями по социальному графу не одинаковы, в связи с чем, простой подсчет длин кратчайших путей далеко не всегда ведет к объективной оценке влиятельности. Также следует отметить, что поиск всех кратчайших путей в графе – процедура вычислительно затратная, полиномиально сложная, количество операций пропорционально квадрату от мощности множества

Статья получена 27 октября 2025.

Б.А. Торопов, к.т.н., доцент, Академия управления МВД России (e-mail: torbor@mail.ru).

А.С. Овчинский, д.т.н., профессор, Московский университет МВД России им. В.Я. Кикотя (e-mail: o4506179@yandex.ru).

В.Ф. Макаров, д.т.н., профессор, Академия управления МВД России (e-mail: ovorta@mail.ru).

вершин графа  $/V|^2$  (например, в алгоритме Джонсона  $O = EV + V^2 \log V$  [8], где  $E$  – количество дуг в графе).

Отдельно следует отметить такие метрики как собственный вектор [9] и метрики содержательно похожие на него [например, 10], которые при оценке влиятельности отдельных элементов сети учитывают влиятельность их соседей по графу связей. Недостаток подобных метрик заключается в необходимости построения сложных систем уравнений, размерности равной мощности множества вершин исследуемого графа.

Следовательно, задача поиска моделей влиятельности пользователей социальной сети, которые были бы лишены названных недостатков остается весьма актуальной.

## II. ОЦЕНКА ВЛИЯТЕЛЬНОСТИ УЧАСТНИКОВ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ СОПРЯЖЕННОСТИ

В случае если существует способ взвесить силы связей, проходящих по дугам социального графа, то существует и способ оценить и влиятельность отдельных пользователей по отношению ко всему остальному графу, опирающийся на матрицу сопряженности  $g = \{g_{ij} \in \{0, 1\}\}^{V \times V}$  исследуемого графа  $G(V, g)$ .

Будучи возведенной в степень  $r$ , матрица сопряженности невзвешенного графа показывает каково количество маршрутов длин  $r$ , соединяющих  $v_i$  и  $v_j$ . Для взвешенного графа – каковы суммарные опосредованные влияния одних вершин на другие по всем взвешенным маршрутам длины  $r$ .

Например, для графа связей из 10 вершин, представленного на рис.1 матрица сопряженности будет задана таблицей 1.

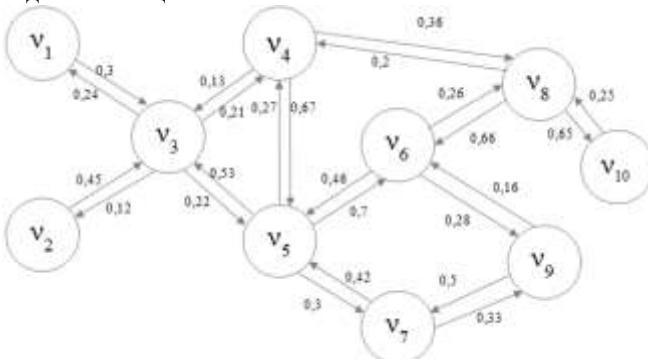


Рис. 1: Модельный граф

В какую степень  $r$  возвести матрицу  $g$ , чтобы оценить опосредованное влияние вершин графа друг на друга? Здесь необходимо учитывать, что хотя маршрутов в графе бесконечное количество, но его диаметр  $d = 4$ , это длина кратчайшего пути между самыми удаленными вершинами  $v_1-v_{10}$  и  $v_2-v_{10}$ . Соответственно, пройдя  $2d$  итераций социальных взаимодействия, информация, переданная по любому из двух названных путей, попадет обратно к своему отправителю.

Таблица 1 – Матрица сопряженности модельного графа

$g^T$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$	$v_8$	$v_9$	$v_{10}$
$v_1$	0	0	0,24	0	0	0	0	0	0	0
$v_2$	0	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0

$v_3$	0,3	0,45	0	0,13	0,53	0	0	0	0	0
$v_4$	0	0	0,21	0	0,27	0	0	0,2	0	0
$v_5$	0	0	0,22	0,67	0	0,46	0,42	0	0	0
$v_6$	0	0	0	0	0,7	0	0	0,66	0,16	0
$v_7$	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0,5	0
$v_8$	0	0	0	0,36	0	0,26	0	0	0	0,25
$v_9$	0	0	0	0	0	0,28	0,33	0	0	0
$v_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0,65	0	0

Таблица 2 – Матрица сопряженности модельного графа, возвведенная в степень 8

$g^8$	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$	$v_8$	$v_9$	$v_{10}$
$v_1$	0,011	0,016	0,034	0,030	0,129	0,020	0,015	0,093	0,046	0,003
$v_2$	0,005	0,008	0,017	0,015	0,064	0,010	0,008	0,046	0,023	0,002
$v_3$	0,042	0,063	0,163	0,517	0,186	0,400	0,288	0,089	0,045	0,097
$v_4$	0,033	0,049	0,118	0,324	0,199	0,248	0,178	0,116	0,059	0,060
$v_5$	0,074	0,111	0,253	0,225	0,942	0,148	0,116	0,692	0,333	0,024
$v_6$	0,069	0,103	0,259	0,879	0,251	0,682	0,486	0,099	0,053	0,169
$v_7$	0,031	0,047	0,122	0,424	0,104	0,330	0,236	0,037	0,020	0,081
$v_8$	0,033	0,049	0,115	0,106	0,416	0,070	0,055	0,309	0,146	0,011
$v_9$	0,029	0,044	0,099	0,063	0,398	0,037	0,031	0,296	0,142	0,004
$v_{10}$	0,020	0,029	0,070	0,240	0,073	0,185	0,130	0,029	0,016	0,047
$c_i^{(mx)}$	0,028	0,042	0,097	0,202	0,227	0,153	0,111	0,155	0,074	0,036

Последняя строка таблицы 2 показывает средние значения влияний, которые вершина  $v_j$  оказывает на все инцидентные к ней вершины, с которыми у нее есть исходящие связи на всех учтенных в расчетах итерациях. Данную меру центральности вершин графа обозначим как  $c_i^{(mx)}$  – центральность по матрице сопряженности:

$$c_i^{(mx)} = \frac{\sum_{r=1}^{2d} \sum_{j=1}^{|V|} g_{ji}^r}{2d |V|} \quad (1)$$

Здесь нельзя не отметить того факта, что сама задача возведения матрицы в степень достаточно сложна с вычислительной точки зрения (наивный алгоритм выполняется за количество операций  $O = n^3$ , наиболее быстрые алгоритмы позволяют решить задачу за количество операций, пропорциональное  $O = n^{2,3078}$  и более [11]), то есть обладает полиномиальной сложностью. Одновременно, данная задача ресурсоемка, поскольку предполагает при автоматизированном решении, что в оперативную память вычислительного устройства загружается вся матрица сопряженности, что для масштабных графов реальных социальных сетей, скорее всего, плохо реализуемо.

## III. МОДЕЛЬ ВЛИЯТЕЛЬНОСТИ УЧАСТНИКОВ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР, ОПИРАЮЩАЯСЯ НА ДИФФУЗИЮ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Далее рассмотрим иной подход к моделированию диффузии информационных влияний в графе связей социальной сети. Предположим, что информация, транслируемая каждым отдельным участником сети – это некий исходный сигнал заданной формы  $Y_{i,0} \in Y$ , причем сигналы отдельных вершин не повторяются  $\forall \{i,j\}: Y_{i,0} \neq Y_{j,0}$ . Веса дуг графа служат понижающими коэффициентами передаточной функции. На каждой итерации социальных взаимодействий  $r$  сигналы соседних участников сети вступают в диффузию, формируя для каждого из  $v_i$  новый сложный составной сигнал  $Y_{i,r}$ :

$$Y_{i,r} = Y_{i,r-1} + \sum_{i=1}^{|V|} g_{ij} Y_{j,r-1} \quad (2)$$

Через определенное количество итераций (вновь будем использовать  $r = [1, 2d]$ ) получим для каждой вершины графа результирующий сигнал  $Y_i^* \in Y^*$ :

$$Y_{i,r}^* = \sum_{r=1}^{2d} (Y_{i,r-1} + \sum_{i=1}^{|V|} g_{ij} Y_{j,r-1}) \quad (3)$$

Остается выбрать такую форму функций множества  $Y$ , которая позволит определить для каждого результирующего сигнала  $Y_i^*$ , какой вклад в него внесли все исходные  $Y_{j,j \neq i,0}$  сигналы. Очевидно, что для произвольных форм  $Y_{i,0}$ , такая процедура невыполнима. Но существует особый класс функций, позволяющий определить то, из каких именно отдельных функций состоит результирующий сигнал, являющийся некоторой их комбинацией – это ортогональные функции.

Возможность определения факта нахождения каждой отдельной функции из ортогонального множества внутри суммарного сигнала, образованного из некоторого подмножества этих функций вытекает из самого условия ортогональности [12] некоторого множества функций  $Y = \{Y_i\}$ , согласно которому для любых двух неидентичных элементов полного ортогонального множества их скалярное произведение будет равняться 0. В частности, интеграл на конечном интервале  $t_0 \leq t \leq t_1$  от их произведения будет равен 0:

$$\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_1} Y_i(t) Y_j(t) dt = N \delta_{ij}, \begin{cases} i \neq j : \delta_{ij} = 0, \\ i = j : \delta_{ij} > 0, \end{cases}$$

где  $N$  – размерность ортогонального множества;  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера.

Свойство определенного интеграла:

$$\int_{t_0}^{t_1} \left( \sum_{i=1}^m f_i(t) \right) f_j(t) dt = \sum_{i=1}^m \int_{t_0}^{t_1} f_i(t) f_j(t) dt$$

обуславливает возможность определения того, участвовала ли каждая конкретная функция  $Y_i$  ортогонального множества  $Y$  в построении суммы некоторых функций  $\Sigma Y_i$  принадлежащих данному множеству.

Множество ортогональных функций существует достаточно большое количество. Теории ортогонального кодирования известны функции и полиномы Чебышева, Лагерра, Эрмита, Якоби, Гегенбауэра, Бесселя, Лежандра, Хаара, Радемахера, Уолша и др [13]. Из всех перечисленных функций и полиномов необходимо выбрать те, которые наиболее эффективны для образования кодовых комбинаций программным способом, желательно с возможностью бинарного кодирования.

В работах В.Ф. Макарова [14], Х.Ф. Хармута [15], М.Г. Магомед-Касумова [16], К.Ю. Цветкова [17] и др. в качестве наиболее простых в отношении технической реализации выделяются ортогональные на интервале  $[0..1]$  функции Уолша. При их моделировании не требуется аналоговых умножителей и сложных корреляционных устройств в аппаратной реализации, а

программный алгоритм их формирования достаточно прост, что сокращает временные затраты [18].

В основе системы ортогональных функций Уолша – базисные функции Радемахера вида:

$$Y_0(t) = 1, \\ Y_k(t) = (-1)^{\lceil 2^k t \rceil}$$

Полная система уолшевских функций генерируется путем последовательного алгебраического перемножения функций Радемахера. Например, из базовых ортогональных функций  $Y_1$  и  $Y_2$  образуется функция  $Y_3 = Y_1 \cdot Y_2$ ;  $Y_5 = Y_1 \cdot Y_4$ ;  $Y_6 = Y_2 \cdot Y_4$ ;  $Y_7 = Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_4$ ;  $Y_9 = Y_1 \cdot Y_8$ ;  $Y_{10} = Y_2 \cdot Y_8$ ;  $Y_{11} = Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_8$ ;  $Y_{12} = Y_4 \cdot Y_8$ ;  $Y_{13} = Y_1 \cdot Y_4 \cdot Y_8$ ;  $Y_{14} = Y_2 \cdot Y_4 \cdot Y_8$ ;  $Y_{15} = Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_4 \cdot Y_8$  и т.д.

В качестве примера рассмотрим две любых функции Уолша, состоящих из  $T = 16$  знакопостоянных интервалов и проверим их на условие ортогональности:



Рисунок 2 – Форма ортогональных функций Уолша  $Y_6, Y_{10}$

$$\int_0^1 Y_6(t) Y_{10}(t) dt = \sum_{t=1}^{16} Y_6(t) Y_{10}(t) = (-1) \cdot (-1) + \\ + (-1) \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + 1 \cdot 1 + (-1) \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) + \\ + 1 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + 1 \cdot (-1) + 1 \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) + \\ + (-1) \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + (-1) \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) = 0$$

Таким образом, для решения рассматриваемой задачи (моделирования диффузии информационных влияний в социальной сети) функции Уолша вполне пригодны.

Присвоим каждой вершине графа, приведенного на рис.1 одну из функций Уолша. Достаточное полное множество функций для 10 вершин составит 16, поскольку необходимая мощность множества определяется как округление числа кодируемых элементов вверх до ближайшей  $2^n$ , то есть:  $|Y| = 2^{\lceil \log_2 |V| \rceil} = 2^{\lceil \log_2 10 \rceil} = 2^{\lceil 3.322 \rceil} = 2^4 = 16$ . На рис.3 изображены десять уолшевских функций  $Y_{1,0}-Y_{10,0}$ , присвоенных вершинам исследуемого графа.

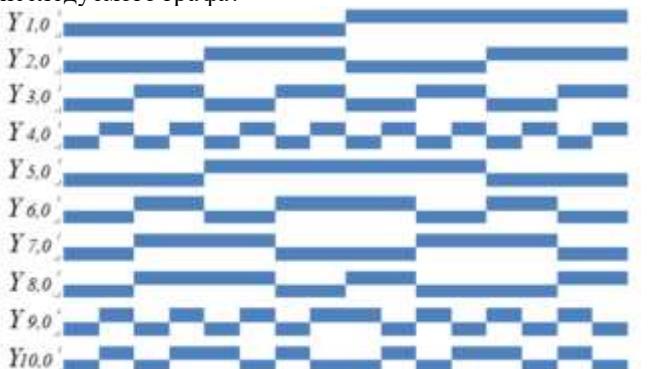


Рис. 3: Исходные ортогональные функции Уолша

$$Y_{1,0}-Y_{10,0}$$

Далее после  $2d = 8$  итераций диффузии информационного влияния, имитируемой на основании выражений (2), (3) получаются результирующие сложные составные сигналы  $Y_1^* - Y_{10}^*$ , три из которых приведены на рис.4.

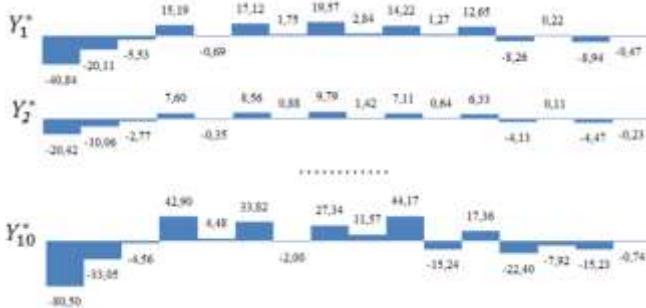


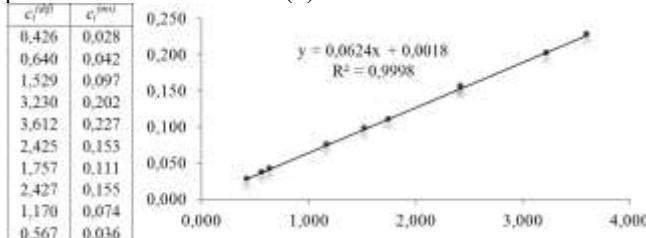
Рис. 4: Примеры трех результирующих сложных составных сигналов  $Y_1^*$ ,  $Y_2^*$  и  $Y_{10}^*$ .

Теперь проведя интегрирование каждого из полученных результирующих сигналов с каждой исходной функцией Уолша можно оценить влияние каждой вершины графа на каждую прочую вершину, обозначим данную метрику как центральность диффузии  $c_i^{(dif)}$ :

$$c_i^{(dif)} = \frac{\sum_{j=1|j \neq i}^{|V|} \sum_{t=1}^{2^{\lceil \log_2 |V| \rceil}} Y_j(t) Y_i^*(t)}{d |V| 2^{\lceil \log_2 |V| \rceil + 1}}$$

где  $d |V| 2^{\lceil \log_2 |V| \rceil + 1}$  – нормирующий коэффициент, равный произведению количества вершин графа, длины кодовых комбинаций  $Y$  и удвоенного диаметра графа.

Полученные результаты пропорциональны приведенным ранее (таблица 2) значениям центральности вершин по матрице сопряженности, рассчитанным согласно (1):



Как видно, между  $c_i^{(dif)}$  и  $c_i^{(mx)}$  наблюдается практически полная корреляция. Незначительные отклонения, судя по всему, связаны с разным количеством знаков после запятой, использовавшихся при автоматизированном расчете двух метрик.

#### IV. ОЦЕНКА КОАЛИЦИОННОЙ ВЛИЯТЕЛЬНОСТИ ПОДМНОЖЕСТВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Полученный результат помимо оценки влиятельности отдельных пользователей социальной сети, позволяет оценивать также влиятельность подмножеств. Очевидно, что центральность некоторого подмножества вершин  $S \subset V$  будет равняться сумме центральностей диффузии всех вершин  $v_i \in S$ :

$$c_S^{(dif)} = \sum_{i=1|v_i \in S}^{|V|} c_i^{(dif)}$$

Эту метрику можно сопоставить с аналогичной, рассчитываемой на основе матрицы сопряженности:

$$c_S^{(mx)} = \sum_{i=1|v_i \notin S}^{|V|} \left(1 - \prod_{j=1|v_j \in S}^{|V|} (1 - g_{ij})\right)$$

В таком случае, если при расчете выражения (7) учитывать, что не только  $i \neq j$ , но и  $v_i \notin S$ , также будет

наблюдаться практически полная пропорциональность  $c_S^{(dif)}$  и  $c_S^{(mx)}$ .

#### V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Критика рассмотренного подхода к оценке влиятельности на основе диффузии ортогональных функций, несомненно, может заключаться в том, что для каждого участника социальной сети потребуется хранение и обработка сложного многоуровневого суммарного сигнала  $Y_i^*$  длины, превышающей количество участников сети  $|V|$ , что для многомиллионных социальных сетей, скорее всего, неприемлемо с точки зрения вычислительной сложности. Однако, с одной стороны, это все еще менее затратно, нежели возведение в степень масштабных матриц, с другой стороны, можно не присваивать кодовых комбинаций всем пользователям, ограничившись лишь теми из них кто уже является распространителем информационного влияния, представляющего интерес. В таком случае потребуется не  $2^{\lceil \log_2 |V| \rceil}$  кодовых комбинаций соответствующей длины, а лишь  $2^{\lceil \log_2 |S| \rceil}$ , что, скорее всего, значительно меньше, поскольку подмножество участников сети  $S$  инициаторов влияния, как правило, много меньше, чем  $|V|$ . Количество итераций  $2d$ , применявшиеся выше, также можно сократить, например, до среднего кратчайшего пути, характерного для исследуемого графа, получая при этом сопоставимые по точности результаты.

#### VI. Выводы

Предложенный подход позволяет проводить анализ информационных влияний в социальных сетях и осуществлять прогнозирование результатов этих влияний, давать оценку значимости отдельных участников сетевых взаимодействий и их коалиций с точки зрения вклада в коалиционный результат. Далее полученную модель оценки влиятельности подмножеств участников социальных сетей можно дополнить индивидуальными характеристиками последних, такими как априорное отношение к распространяемой информации, уровнем конформизма, то есть склонностью поддаваться внешним внушениям, временем, которое каждый участник тратит на поглощение сетевых информационных потоков. В таком случае, можно строить прогнозы не только относительно распространения влияний, но и относительно потенциальной аудитории, которая поддается конкретному влиянию. Предложенные оценки коалиционных влияний в свою очередь позволяют исследовать силу взаимно противоречивых влияний в ситуациях информационного противоборства, и их потенциальные результаты.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Кириченко, А.В. Направления правового регулирования распространения информации в социальных сетях // Юридическая наука: история и современность. – 2022. – № 9. – С. 113-118.
- [2] Захарцев, С.И., Сальников, В.П. Информационное пространство как новая глобальная угроза человечеству и его правам:

- философский и правовой подходы// Правовое поле современной экономики. – 2015. – № 8.– С. 11-19.
- [3] Zhang, J., Yu, P.S. Information Diffusion. In: Broad Learning Through Fusions // Springer, Cham. – 2019. [Электронный ресурс] URL:[https://www.ifmlab.org/files/book/broad\\_learning/chap9.pdf](https://www.ifmlab.org/files/book/broad_learning/chap9.pdf) (дата обращения 20.09.2025).
- [4] Iamnitchi, A., Hall, L.O., Horawalavithana, S., Mubang, F., Ng, K.W. and Skvoretz, J. // Modeling information diffusion in social media: data-driven observations. Front. Big Data 6:1135191. – 2023. [Электронный ресурс] URL: <https://www.frontiersin.org/journals/big-data/articles/10.3389/fdata.2023.1135191/full> (дата обращения 21.09.2025)
- [5] Sade, D.S., Sociometrics of macacamulatta III: N-path centrality in grooming networks// Social Networks – 1989. – V. 11. pp. 273–292. [Электронный ресурс] URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1159/000155480>(дата обращения 11.10.2025)
- [6] Freeman, L.C., Centrality in networks: I. conceptual clarification // Social Networks. – 1979. – V. 1. pp. 215–239. [Электронный ресурс] URL: <https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/1147/course/section/1510> (дата обращения 11.10.2025)
- [7] Jackson, M.O., Wolinsky, A. A. Strategic Model of Social and Economic Networks // Journal of Economic Theory. – 1996. – V. 71. pp. 44 – 74. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1760955147&tld=ru&lang=en&name=jackson-wolinsky-1996.pdf> (дата обращения 01.10.2025)
- [8] Johnson, Donald B. Efficient algorithms for shortest paths in sparse networks // Journal of the ACM. – 1977. – V. 24 (1). pp. 1–13
- [9] Newman, M.E.J. Mathematics of Networks // In: The New Palgrave Dictionary of Economics. Palgrave Macmillan, London. – 2008. [Электронный ресурс] URL: [https://ccb-class.pbworks.com/f/newman\\_network\\_math.pdf](https://ccb-class.pbworks.com/f/newman_network_math.pdf)(дата обращения 20.10.2025)
- [10] Bonacich, P. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations // Social Networks. – 2001 [Электронный ресурс] URL: <https://www.cse.cuhk.edu.hk/~cslui/CMSC5734/bonacich2001.pdf> (дата обращения 20.10.2025)
- [11] Alman, J., Duan, R., Vassilevska Williams, V., Xu, Y., Xu, Z., Zhou, R. More Asymmetry Yields Faster Matrix Multiplication. arXiv preprint arXiv:2404.16349. – 2024 [Электронный ресурс] URL:[\\https://arxiv.org/pdf/2404.16349v2.pdf](https://arxiv.org/pdf/2404.16349v2.pdf) (дата обращения 08.10.2025)
- [12] Кашир Б.С., Саакян А.А. Ортогональные ряды. Изд.2, доп. – М.: Букинист. – 1999. – 560 с.
- [13] С. Качмаж, Г. Шгейнгауз. Теория ортогональных рядов. Изд-во: «Наука», М. 1958 г. 325 с.
- [14] Макаров, В. Ф., Афонин, В.Н. Ортогональные функции Уолша в системах защиты информации / В. Ф. Макаров, // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 2(58). – С. 119-129
- [15] Хармут, Х.Ф. Передача информации ортогональными функциями. Пер. с англ. Дядюнова Н.Г. и Сенина А.И. М.: «Связь». – 1975. – 267 с.
- [16] Магомед-Касумов, М. Г. Система функций, ортогональная в смысле Соболева и порожденная системой Уолша / М. Г. Магомед-Касумов // Математический анализ и математическое моделирование : Тезисы докладов XIV Владикавказской молодежной математической школы в рамках IX научно-образовательного Международного форума, РСО-Алания, с. Н.Цей, 16–21 июля 2018 года. – РСО-Алания, с. Н.Цей: Южный математический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук и Правительства Республики Северная Осетия-Алания. – 2018. – С. 35-36.
- [17] Цветков, К. Ю. Применение двумерных нелинейных сигналов Франка-Уолша, Франка-Крестенсона методе формирования скрытого канала с кодовым уплотнением в структуре сжимаемых видеоданных / К. Ю. Цветков, В. Е. Федосеев, Е. С. Абазина // Науковые технологии в космических исследованиях Земли. – 2013. – Т. 5, №4. – С. 32-38.
- [18] Kim, H., Jung, I., Chung, W., Choi, S., Hong D. Orthogonal Code-based Block Transmission for Burst Transmission. arXiv preprint arXiv:1705.00494. – 2017. [Электронный ресурс] URL:[\\https://arxiv.org/pdf/1705.00494.pdf](https://arxiv.org/pdf/1705.00494.pdf) (дата обращения 11.10.2025)

# Information influence in a social network model based on the diffusion of signals formed by orthogonal functions

B.A. Toropov, A.S. Ovchinsky, V.F. Makarov

**Abstract.** The article considers the problem of assessing the influence of individual users of social networks and their subsets as initiators of the dissemination of information influence. A model of information diffusion on a set of vertices of a social network graph using orthogonal Walsh functions is proposed, which makes it possible to evaluate the result of information influence on all participants in network interaction both from each individual user and from a coalition of users. It is shown that the author's metric of centrality (centrality of diffusion) is closely correlated with the centrality according to the connections matrix of the network graph, but it is simpler to calculate and does not require computing resources when assessing group influence.

**Keywords:** social network, informational influence, centrality, signal diffusion, orthogonal functions.

## REFERENCES

- [1] Kirichenko. A.V. Napravleniya pravovogo regulirovaniya rasprostraneniya informatsii v sotsialnykh setyakh // Juridicheskaya nauka: istoriya i sovremennost. – 2022. – V. 9. – pp. 113-118.
- [2] Zakhartsev. S.I.. Salnikov. V.P. Informatsionnoye prostranstvo kak novaya globalnaya ugroza chelovechestvu i ego pravam: filosofskiy i pravovoye podkhody // Pravovoye pole sovremennoy ekonomiki. – 2015. – V 8. – pp. 11-19.
- [3] Zhang. J., Yu. P.S. Information Diffusion. In: Broad Learning Through Fusions // Springer. Cham. – 2019. URL:[https://www.ifmlab.org/files/book/broad\\_learning/chap9.pdf](https://www.ifmlab.org/files/book/broad_learning/chap9.pdf).
- [4] Iamnitchi. A.. Hall. L.O.. Horawalavithana. S.. Mubang. F.. Ng. K.W. and Skvoretz. J. // Modeling information diffusion in social media: data-driven observations. Front. Big Data 6:1135191. – 2023. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/big-data/articles/10.3389/fdata.2023.1135191/full>.
- [5] Sade. D.S.. Sociometrics of macacumulatta III: N-path centrality in grooming networks// Social Networks – 1989. – V. 11. pp. 273–292. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC155480/>.
- [6] Freeman. L.C.. Centrality in networks: I. conceptual clarification // Social Networks. – 1979. – V. 1. pp. 215–239. URL: <https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/1147/course/section/1510>.
- [7] Jackson. M.O.. Wolinsky. A. A. Strategic Model of Social and Economic Networks// Journal of Economic Theory. – 1996. – V. 71. pp. 44 – 74. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1760955147&tld=ru&lang=en&name=jackson-wolinsky-1996.pdf>.
- [8] Johnson. Donald B. Efficient algorithms for shortest paths in sparse networks// Journal of the ACM. – 1977. – V. 24 (1). pp. 1–13.
- [9] Newman. M.E.J. Mathematics of Networks // In: The New Palgrave Dictionary of Economics. Palgrave Macmillan. London. – 2008. URL: [https://ccb-class.pbworks.com/f/newman\\_network\\_math.pdf](https://ccb-class.pbworks.com/f/newman_network_math.pdf).
- [10] Bonacich. P. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations // Social Networks. – 2001. URL: <https://www.cse.cuhk.edu.hk/~cshui/CMSC5734/bonacich2001.pdf>.
- [11] Alman. J.. Duan. R.. Vassilevska Williams. V.. Xu. Y.. Xu. Z.. Zhou. R. More Asymmetry Yields Faster Matrix Multiplication. arXiv preprint arXiv:2404.16349. – 2024. URL:<https://arxiv.org/pdf/2404.16349v2.pdf>.
- [12] Kashin B.S.. Saakyan A.A. Ortogonalnyye ryady. Izd.2. d.o.p. – M.: Bukinist. – 1999. – 560 p.
- [13] S. Kachmazh. G. Shgeyngauz. Teoriya ortogonalnykh ryadov. Izd-vo: «Nauka». M. 1958. 325 p.
- [14] Makarov. V. F.. Afonin. V.N. Ortogonalnyye funktsii Uolsha v sistemakh zashchity informatsii / V. F. Makarov. // Informatzionnyye sistemy i tekhnologii. – 2010. – V 2(58). – pp. 119-129
- [15] Kharmut. Kh.F. Peredacha informatsii ortogonalnymi funktsiyami. Per. s angl. Dyadyunova N.G. i Senina A.I. M.: «Svyaz». – 1975. – 267 p.
- [16] Magomed-Kasumov. M. G. Sistema funktsiy. ortogonalnaya v smysle Soboleva i porozhdennaya sistemoy Uolsha / M. G. Magomed-Kasumov // Matematicheskiy analiz i matematicheskoye modelirovaniye : Tezisy dokladov XIV Vladikavkazskoy molodezhnoy matematicheskoy shkoly v ramkakh IX nauchno-obrazovatel'nogo Mezhdunarodnogo foruma. RSO-Alaniya s. N.Tsey. 16–21 iyulya 2018 goda. – RSO-Alaniya. s. N.Tsey: Yuzhnyy matematicheskiy institut Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk i Pravitelstva Respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya. – 2018. – pp. 35-36.
- [17] Tsvetkov. K. Yu. Primeneniye dvumernykh nelineynykh signalov Franka-Uolsha. Franka-Krestensonav metode formirovaniya skrytogo kanala s kodovym uplotneniyem v strukture szhimayemykh videodannyykh / K. Yu. Tsvetkov. V. E. Fedoseyev. E. S. Abazina // Naukoyemkiye tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli. – 2013. – 5. V 4. – pp. 32-38.
- [18] Kim. H.. Jung. I.. Chung. W.. Choi. S.. Hong D. Orthogonal Code-based Block Transmission for Burst Transmission. arXiv preprint arXiv:1705.00494. – 2017. URL:<https://arxiv.org/pdf/1705.00494.pdf>.