

УДК 316.023.2

Зверева О. М., Берг Д. Б.
УрФУ, г. Екатеринбург, Россия

Триадный метод оценки структурного баланса

Аннотация

За глобальными социальными сетями стали почти не видны малые социальные сети – малые группы. Однако большинство из нас участвуют в производственной деятельности, становясь членом малой производственной группы, учатся, становясь при этом членом другой малой группы – академической группы в университете.

Методология анализа социальных сетей (SNA-методология) предлагает методы и информационные инструменты для изучения социальных групп, в том числе и малых.

В ходе исследования, проведенного в одном из департаментов Уральского федерального университета, были накоплены данные, позволяющие оценить коммуникационные связи между студентами отдельных академических групп.

На основе этих данных был проведен анализ устойчивости одной из академических групп, для которой был сгенерирован триадный вектор. Существующие теории структурного баланса ограничивают вид триад, которые обеспечивают баланс в сети.

Проведенный анализ показал, что рассмотренная академическая группа достаточно сбалансирована по структуре и отличается повышенной степенью транзитивности.

Ключевые слова: коммуникации, методология анализа социальных сетей, триадный вектор, структурный баланс, транзитивность.

Zvereva O. M., Berg D. B.
UrFU, Ekaterinburg, Russia

Triadic method for structural balance evaluation

Abstract

In comparison to global social networks small networks are paid less research attention. But most of us are involved in manufacturing activity, thus becoming a member of a small manufacturing group or study at the University entering an academic group.

SNA-methodology (SNA – Social Network Analysis) proposes special methods and information instruments for social groups including small groups study.

In the ranks of the research work held in the Ural Federal University department data about communications between students from different academic groups was collected. This data becomes the base for these communications evaluating.

Using this data for triadic vector estimation the analysis of the appropriate academic group sustainability was conducted. Comprehensive theories of sustainability restrict the set of possible triad types which support structural balance in a network.

The analysis showed that the group under discussion may be considered as a sustainable one and it has the increased level of transitivity as compared to the estimated value.

Keywords: communications, SNA-methodology, triadic vector, structural balance, transitivity.

Введение

Понятие «социальная сеть» в нашей жизни ассоциируется в основном с глобальными социальными сетями: В контакте, Одноклассники, Facebook и т. д. стали тем местом, где люди, особенно молодые, проводят достаточно много времени.

Один из авторов статьи столкнулся со следующим фактом. В одной из групп первого курса для построения графа дружеской сети с целью дальнейшего ее исследования был проведен опрос, содержащий такой вопрос: «Сколько раз и кому вы звонили за последние два дня?» Первокурсники затруднились ответить на этот вопрос, потому что никому кроме родителей практически не звонили, а все общение между ними шло через

социальные сети (Правда, на третьем и четвертом курсе этот вопрос затруднения и удивления не вызвал).

Существует ли реальное общение сегодня? Хочется верить, что да. Есть еще и производственные коллективы, например, коллектив кафедры, или академическая группа, хотя в последнее время тенденция к индивидуализму и виртуализации усиливается.

Обратимся к академическим группам. Такими образованиями, относя их к категории малых групп, занимается социальная психология, а одним из основных методов их изучения до недавнего времени являлся социометрический метод.

Компьютерные технологии в сочетании с теорией графов и социометрией создали новую методологическую основу для изучения социальных групп – SNA-методологию (SNA – Social Network Analysis – Анализ социальных сетей). Эта технология позволяет более детально изучить структуру любой социальной группы и дать объяснение многим фактам и явлениям, свойственным этой группе.

Одним из вопросов, возникающих при изучении социальной группы, является вопрос устойчивости и сбалансированности данной группы. Человеку свойственно стремиться к равновесию, такое равновесное существование он будет искать и в своей социальной группе.

Имея определенный жизненный опыт, мы знаем, что многие социальные связи поддерживаются и после формального распада группы. Например, многие поддерживают тесные связи со своими школьными и университетскими друзьями и через много лет после окончания школы или университета. Причем, эти связи не единичные, а группа или класс встречаются почти полным составом.

И, наоборот, во многих случаях, даже учась в одной группе, студенты ничего не знают друг о друге, и, встретившись на улице, могут не поздороваться.

Чем же группы отличаются друг от друга? Какая характеристика может однозначно идентифицировать группу? И как по этой характеристике определить такие ее характеристики

3. Квалиметрия, управление качеством и стандартизация

как устойчивость и сбалансированность?

В качестве характеристики, однозначно определяющей группу, и применимой для дальнейшего исследования ее свойств, предлагается использовать триадный вектор, а в качестве теории, способной «предсказать» устойчивость группы рассматривается теория структурного баланса.

1. Триады и триадный перечень

Минимальной единицей любой социальной группы является диада: два члена этой группы, между которыми может быть связь изучаемого типа (например, коммуникативная связь), а может не быть такой связи. На основе всех выявленных диад обычно изучается такая характеристика как взаимность связей в группе.

Однако большинство специалистов в области социологии и социальной психологии считает, что наиболее интересной минимальной единицей в социальной группе является триада. Триада – это социальная группа, состоящая из трех членов (акторов). Вводится также понятие триплета – группы из трех человек, где один из группы, называемый «фокусным» актором, связан с двумя другими.

В диаде фиксируется чисто личностный контакт, в ней трудно вычленить тот тип общения, который внесен совместной деятельностью. Присутствие в группе третьего лица создает новую позицию – наблюдателя, что добавляет новый момент к возникающей системе взаимоотношений.

Большое внимание исследованию триад уделяется в работах К. Фауст [1; 2; 3].

Однако в российской литературе и российском Интернете практически нет исследований таких структур. Например, при поиске в Сети прилагательное «триадный» больше всего ассоциируется с понятием цвет, а по запросам «триадный перечень» или «перечень триад» ничего относящегося к обсуждаемой проблеме не находится (на русском языке).

Что такое триадный перечень (triadcensus)? Это упорядоченный список всех возможных конфигураций триад с присвоенными им условными обозначениями. Создается для ори-

ентированной социальной сети, т.е. сети, связи между акторами которой имеют направление (направленные связи обычно называют дугами).

Условное обозначение триады состоит из 3 цифр и буквы (буквы может не быть). Первая цифра определяет количество симметричных (M-mutual – взаимных) связей в триаде; вторая цифра – количество асимметричных связей (A – asymmetric); третья – определяет количество отсутствующих связей (N – Null), часто это условное обозначение триады определяют как «MAN».

При таком обозначении появляются изоморфные триады, для их различения вводится буква, которая определяет направленность асимметричных связей: «D» – вниз (асимметричная связь или связи направлены вниз); «U» – вверх (асимметричная связь или связи направлены вверх); «C» – триада циклична; «T» – триада транзитивна [4]. Графически перечень представлен на рис. 1.

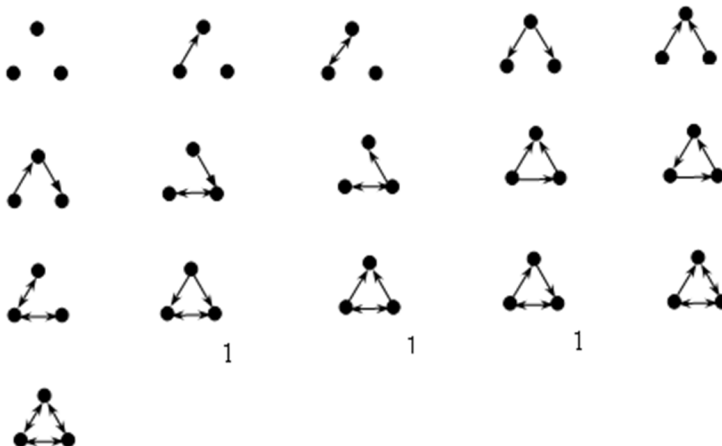


Рис. 1. Перечень триад с MAN-обозначением

Триадный перечень, сформированный для сети, может быть представлен в виде 16-элементного вектора:

3. Квалиметрия, управление качеством и стандартизация

$$\vec{T} = (t_{003}, t_{012}, t_{102}, t_{021D}, t_{021U}, t_{021C}, t_{111D}, t_{111U}, t_{030T}, t_{030C}, t_{201}, t_{120D}, t_{120U}, t_{120C}, t_{210}, t_{300})$$

Такой вектор является одной из основных структурных характеристик сети, определяющей, например, такое ее свойство как структурный баланс. Структурно сбалансированную сеть можно считать устойчивой сетью, она имеет большую вероятность длительного существования во времени.

2. Теории структурного баланса

Одной из первых теорий структурного баланса считают теорию когнитивного баланса, разработанную основателем гештальт-психологии Фрицом Хайдером [5].

В основе ее лежат POX-модели (рис. 2). POX-модель состоит из трех узлов (можно рассматривать их как триаду), два из них (узлы P и O) – это некие субъекты, взаимодействующие друг с другом, а третий узел (обозначенный как X) – это некий воспринимаемый объект (эта схема может быть распространена и на некоторый субъект, который одновременно воспринимается как P, так и O).

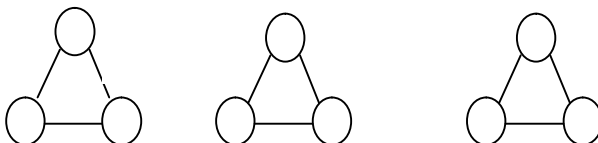


Рис. 2. POX-модели: а) не сбалансированная; б) и с) – сбалансированные

Хайдер называет когнитивную структуру воспринимающего субъекта сбалансированной, если в ней позитивные отношения транзитивны (выполняется «друг моего друга – мой друг»), а негативные — интранзитивны (не выполняется «враг моего врага – мой враг»), и не сбалансированной, если в ней, напротив, позитивные отношения не транзитивны, а негативные – транзитивны.

В математической форме это может быть выражено следующим образом: если каждая из связей имеет знак («+» – позитивная, «-» – негативная).

тивное отношение, «-» – негативное отношение), то сбалансированной будет система, где произведение связей со знаками дает положительное значение.

Картрайт и Харари в [6] обобщили когнитивный баланс, применив эту концепцию для исследования социальных сетей; для изображения этих сетей был использован граф, связи которого имеют положительные и отрицательные веса. Они пришли к выводу, что структурно сбалансированный граф, ребра которого имеют знак, может быть разделен на два подграфа, в каждом из которых внутренние ребра имеют положительные знаки, а ребра, соединяющие подграфы, имеют отрицательные знаки.

Для полного симметричного сбалансированного графа верна структурная теорема: группа, имеющая сбалансированный полный граф отношений, всегда разбивается на две антагонистические подгруппы (одна из них может быть пустой). Члены каждой связаны между собой только позитивными отношениями, а сами подгруппы – только отрицательными [7].

В орграфах симметричные связи соответствуют положительным связям, а отсутствующие (нулевые) связи воспринимаются как отрицательные [8]. Сбалансированный орграф состоит из изолированных подграфов, в которых вершины связаны симметричными дугами, т.е. в сбалансированном орграфе разрешенными триадами являются триады – 300 и 102, остальные триады противоречат этой концепции.

На практике не всегда наблюдается такое разбиение. Дж. Дэвис [9] связал структурный баланс графа с более воспринимаемым в социологии понятием кластеризации, которое предполагает наличие в графе социальной сети более чем двух подграфов. В кластеризованном (clusterable) графе вершины могут быть распределены по более, чем двум подграфам, с тем же условием, что и в теории Хайдера–Картрайта–Харари: в подграфе могут быть только симметричные связи (положительные), и между подграфами нет связей (связи отрицательные). В этой модели разрешенное множество триад: {300, 102, 003}, остальные триады противоречат данной теории.

Если между подгруппами существуют отношения иерар-

3. Квалиметрия, управление качеством и стандартизация

хии, то говорят о модели ранжированных кластеров [10; 11]. Иерархичность состоит в том, что члены группы с более низким статусом предпочитают (выбирают) членов с более высоким статусом, которые не отвечают им взаимностью. Эта модель дополняет предыдущую модель, допуская возможность существования направленных (асимметричных связей) между подграфами, эти связи отображают существующую иерархию между подграфами. Для этой модели разрешенное множество триад следующее – {300, 102, 003, 120D, 120U, 030T, 021D, 021U}[2].

Транзитивная модель сбалансированной сети [12] – это наиболее общая модель, включающая остальные описанные модели как частные случаи. В этой модели для всех троек узлов j, j, k : если существуют связи $i \rightarrow j$ и $j \rightarrow k$, то должна существовать и связь $i \rightarrow k$. Все триады, в которых нарушено это свойство транзитивности, считаются запрещенными в этой модели. Разрешенными также считаются триады, поддерживающие иерархию связей.

При определении разрешенного множества триад для данной модели существует определенное расхождение во мнениях. В [2] в качестве такого множества рассматривается множество – {300, 102, 003, 120D, 120U, 030T, 021D, 021U, 012}.

В программной среде UCINET 6.0 разрешенными транзитивными триадами считаются: 030T, 120D, 120U, 300, что приводит к формированию такого же разрешенного множества.

В [13] к приведенному множеству добавления триада 210, которая обладает тем же весом транзитивности, что и триада 300 (0,75). В данном исследовании мы посчитали возможным также включить ее в множество разрешенных триад модели транзитивности, т.е. множеством, удовлетворяющим условиям транзитивной модели будем считать множество – {300, 102, 003, 120D, 120U, 030T, 021D, 021U, 012, 210}.

3. Методы получения данных для исследования

Одним из основных методов получения социологических данных является опросный метод. В зависимости от ролевых

Информация: передача, обработка, восприятие

позиций того, кто опрашивает (исследователя) и того, кто отвечает (респондента) выделяют две разновидности опроса анкетный опрос и интервью. Несколько особняком стоит метод экспертного опроса. Основание выделения этого вида – качество респондентов.

Этот метод применяется достаточно давно, он имеет как достоинства, так и недостатки, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки опросного метода

№	Достоинства	Недостатки
1	Возможность получения информации непосредственно от участников события	Сбор информации вне «естественной» ситуации (Парадокс Лапьера – люди не всегда делают то, что говорят)
2	Получение информации по широкому спектру тем (практически не ограничен)	Любая информация, получаемая в ходе опроса, не лишена субъективизма
3	Любое количество респондентов	Провоцирует на высказывание ответа, даже если респондент не компетентен в том или ином аспекте

Для преодоления недостатков, присущих этому методу было предложено другое решение.

Для накопления данных была использована система всеобщего управления качеством «КОМПАС TQM», созданная и внедренная в одном из департаментов ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Система была создана с целью оценки различных служб университета и муниципальных служб, но при этом студенты оценивали и взаимодействие друг с другом, т. е. с социометрической точки зрения осуществляли выбор агента (актера) для оценки. Можно говорить о накоплении в системе данных для построения социоматрицы, отражающей коммуникации студентов между собой.

При работе с системой предполагалась обязательная регулярность работы с ней, которая выражалась в регулярном выставлении оценок в систему. Оценка выражалась в баллах и

3. Квалиметрия, управление качеством и стандартизация

могла быть как положительной, так и отрицательной (положительный или отрицательный выбор). Каждая оценка обязательно сопровождалась словесным комментарием.

Знак оценки («+» или «-») характеризовал общее отношение студента к результату коммуникации, а ее численное значение (от 1 до 5 баллов) определяло силу данного отношения (например, степень полезности полученной информации или услуги). Более подробно работа системы описана в [14].

Данные, которые использованы в данном исследовании, накоплены за год: в течение двух семестров 2013–2014 учебного года студены, предварительно зарегистрировавшись в системе, вносили оценки.

Образовано две базы данных: база осеннего и весеннего семестров 2013–2014 учебного года. Первая база содержит 4846 оценочных записей, вторая – 4769. Если подсчитать только оценки коммуникаций студентов друг с другом, то в осенней БД содержится 2805 оценок, а в весенней – 3394.

Применение данного метода сбора данных имеет неоспоримые преимущества по сравнению с опросным методом: данная технология поставляет более объективные данные, т.к. содержит не однократный ответ, который может зависеть от текущего состояния (настроения) респондента, а накопленную оценку. Между коммуникацией и вводом оценки существует определенный временной интервал, что тоже позволяет более объективно оценить ситуацию (п. 2 табл. 1); нет принуждения к ответу в конкретный момент времени, т.е. маловероятно, что в системе возникнет оценка события, о котором респонденту ничего не известно (п. 3 табл. 1).

4. Построение триадного вектора для академической группы

Для исследования была выбрана одна из академических групп, условно назовем ее группа 35. Социоматрица данной группы представлена в табл. 2.

Таблица 2

Социоматрица группы 35

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Валерия Г.	0	2	10	7	3	6	2	2	1	4	9	7	0	1	2	2	4
Игорь Э.	1	1	4	3	9	2	3	1	0	0	5	6	6	6	12	6	5
Тимур К.	14	2	0	8	1	0	1	2	1	1	3	2	0	0	1	0	2
Никита К.	3	2	9	2	0	1	1	0	0	3	1	0	0	0	2	1	1
Дарья Л.	0	3	0	3	1	0	3	5	0	0	0	3	0	5	4	0	2
Юлия П.	2	1	1	2	1	0	2	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1
Дарья П.	1	2	1	0	2	5	2	0	1	1	2	0	1	1	3	1	4
Наталья С.	2	3	2	4	6	2	3	0	2	4	2	9	2	6	3	0	5
Александр С.	1	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Евгений С.	3	1	4	3	1	1	2	2	2	0	3	3	0	0	0	0	2
Леонид С.	9	4	13	6	1	9	5	2	4	5	3	7	5	3	2	1	6
Ольга С.	10	7	7	1	6	9	5	12	5	6	3	0	3	4	2	5	4
Ян Т.	0	9	1	0	5	1	3	3	0	0	4	0	1	1	14	18	15
Ольга Т.	0	1	0	0	3	0	1	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0
Алексей Ч.	0	23	1	5	13	0	1	0	0	0	1	0	16	10	0	11	5
Юрий Ч.	1	8	3	3	3	1	0	1	0	0	1	1	9	1	11	0	1
Анна Ш.	2	8	3	3	5	3	5	5	7	5	5	8	16	4	4	7	1

Орграф для данной группы представлен на рис. 2, создан с помощью входящей в состав пробной версии пакета UCINET 6.0 программы NetDraw 2.152.

Используя пакет UCINET 6.0 forWindows, получаем триадный перечень (вектор), который представлен в табл. 3. При получении триадного вектора веса связей игнорируются, учитывается только наличие связи и ее направленность.

Таблица 3

Триадные характеристики реальные и теоретические для группы 35

№	Условное обозначение	Количество	% триад данного типа	Формула расчета теоретической доли	Теоретический % триад данного типа
1	2	3	4	5	6
1	003	0	0,00	$(1-\Delta)^6$	0,006
2	012	2	0,29	$6\Delta(1-\Delta)^5$	0,15
3	102	11	1,62	$3\Delta^2(1-\Delta)^4$	0,3

Информация: передача, обработка, восприятие

Расчетные данные близки к реальным (для академической группы), можно только обнаружить следующую закономерность: количество экспериментальных триад, обладающих свойством транзитивности практически во всех случаях больше, чем расчетное; а количество циклических триад – меньше, чем расчетное. Это видно и на рис. 3, где процент триад для академической группы и расчетные данные показаны в виде кривых. Точки графика академической группы для транзитивных триад находятся выше точек теоретической кривой, а для циклических триад – ниже.

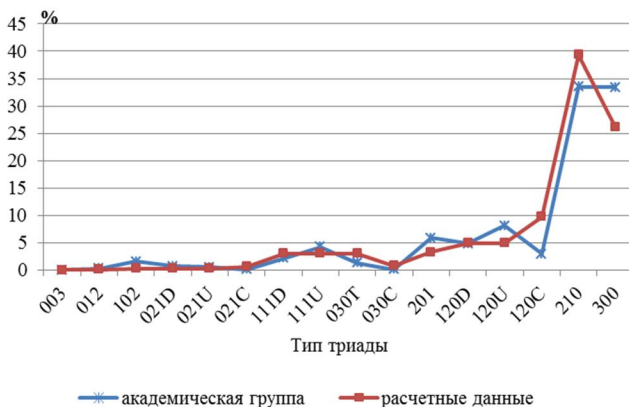


Рис. 3. Сравнение расчетных и экспериментальных (для академической группы) данных

Наиболее характерными триадами для данной академической группы являются триады 210 и 300. Триада 300 – это полный связный граф (каждая вершина связана с каждой). Триада 210 – отличается от 300 отсутствием одной связи, можно говорить о наличии определенной иерархии в группе. Студенты достаточно тесно связаны друг с другом, об этом же свидетельствует и высокое значение плотности сети.

Если рассматривать соответствие данных академической группы теориям структурного баланса, то:

- триады, удовлетворяющие модели кластеризации, составляют 35 %;

3. Квалиметрия, управление качеством и стандартизация

- триады, удовлетворяющие модели ранжированных кластеров, составляют 50,59 %;
- триады, удовлетворяющие транзитивной модели, составляют 84,4 %.

Можно говорить о наличии структурного баланса (по крайней мере, в соответствии с двумя последними теориями) в данной группе.

4. Заключение

Опросный метод, достаточно часто применяемый в социологических и других научных исследованиях, имея свои преимущества, обладает и рядом недостатков. Использование информационной системы, накапливающей оценки коммуникаций между студентами, позволило преодолеть этих недостатков. Можно утверждать, что данные из информационной системы более объективны.

На основе этих данных удалось получить комплексную характеристику, триадный вектор, который позволяет оценить степень структурного баланса и устойчивости группы, выявить элементарные структуры (триады), наиболее характерные для данной социальной группы.

Было показано, что в реальной группе степень транзитивности выше, чем теоретическая (рассчитанная для случайного графа той же плотности), а степень цикличности меньше.

Данная работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-06-04863 «Математические модели жизненного цикла локальных платежных систем».

Список литературы

1. Faust, Katherine. Comparing Social Networks: Size, Density, and Local Structure. *Metodološki zvezki*. 2006. Vol. 3, № 2, pp. 185–216.

2. Faust, Katherine. Very Local Structure in Social Networks. *Sociological Methodology*. December, 2007. Vol. 37, Issue 1. pp. 209–256.

3. Faust, Katherine. A puzzle concerning triads in social networks: Graph constraints and the triad census. *Social Networks* 32. pp. 221–233. 2010.
4. Faust, Katherine. Comparing Social Networks: Size, Density, and Local Structure. *Metodološki zvezki*. 2006. pp.185–216, Vol. 3, 2.
5. Heider, Fritz. Attitudes and Cognitive Organization. *Journal of Psychology*. 1946. № 21, pp. 107–112.
6. Cartwright, Dorwin and Harary, Frank. Structural Balance: A Generalization of Heider's Theory. *Psychological Review*. 1956. Vol. 63. № 5, pp. 277–293.
7. Ковчegov В. Б. Модель динамики групповых структур человеческих сообществ. *Социология* 4М. 1991, Vol. 1. № 1. pp. 75–98.
8. Johnsen, Eugene C. Network Macrostructure Models for the Davis-Leinhardt Set of Empirical Sociomatrices. *Social Networks* 7: 203–24. 1985. № 7. pp. 203–224.
9. Davis, James A. Clustering and Structural Balance in Graphs. *Human Relations*. 1967, 20, pp. 181–87.
10. Davis, James A. Clustering and Hierarchy in Interpersonal Relations: Testing Two Graph Theoretical Models on 742 Sociomatrices. *American Sociological Review*. 1970. V. 35(5), pp. 843–851.
11. Davis, James A. and Leinhardt, Samuel. The Structure of Positive Interpersonal Relations in Small Groups. [book auth.] Morris Zeldith Jr., and Bo Anderson Vol. 2. Edited by Joseph Berger. *Sociological Theories in progress*. Boston : Houghton Mifflin, 1972.
12. Holland, Paul W. and Leinhardt, Samuel. Transitivity in Structural Models of Small Groups. *Comparative Group Studies*. 1972, V. 2. pp. 107–124.
13. Shizuka, Daizaburo and McDonald, David B. A social network perspective on measurements of dominance hierarchies. *Animal Behaviour*. 2012. pp. 925–934.
14. Зверева О. М. Использование мер центральности при

3. Квалиметрия, управление качеством и стандартизация

анализе аутопоэтических структур в социальных системах // Современные проблемы науки и образования. Современные проблемы науки и образования. [Online] 2015. № 2. [Cited: 12 14, 2015.]. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/122-21176>.

15. Skvoretz, John, Fararo, Thomas J. and Agnees, Filip. Advances in Biased Net Theory: Definitions, Derivations, and Estimations. *Social Networks*. 2004. V. 26. pp. 113–139.