

1. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

УДК 004.021

DOI 10.5281/zenodo.15165417

**БЕРГ Дмитрий Борисович¹,
ПАНАЧЕВ Антон Анатольевич¹,
ГАРЕНСКИХ Зоя Александровна¹**

¹ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», ул. Мира, 19, Екатеринбург, Свердловская область, Россия, 620062

КЛАССИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ ЭФФЕКТ В ОРГАНИЗАЦИОННО- ЗАМКНУТЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье исследуется классический сетевой эффект в организационно-замкнутых локальных экономических системах. Рассмотрены классическое и современные определения термина «сетевой эффект». Основное внимание уделяется аутопоэтическим (организационно-замкнутым) системам, которые способны к самовоспроизводству и самоорганизации, что делает их устойчивыми к внешним изменениям. Они становятся наиболее заметными при использовании участниками местных валют, которые обозреваются авторами в качестве примера. Целью работы является исследование классического сетевого эффекта в организационно-замкнутых локальных экономических системах. В качестве объекта исследования взята модель внутреннего рынка муниципальной экономики, включавшей 12 агентов и связанных между собой замкнутыми цепочками взаимных поставок продуктов и услуг: 11 организаций и совокупность домохозяйств. Домохозяйства замыкают данные цепочки – они обеспечивают конечное потребление продуктов и услуг, а также предоставляют рабочую силу оставшимся одиннадцати агентам. Исследуется два аспекта классического сетевого эффекта: а) структурный (увеличение количества связей при росте сети); б) функциональный (увеличение сбалансированного внутреннего оборота сети в тех же условиях). Граф взаимных поставок имеет две особенности по сравнению с полным графом (телефонной сетью): а) он обладает меньшей плотностью (при анализе количества связей); б) связи имеют различный вес (при анализе сбалансированного оборота). Сеть взаимных поставок в данной модели не является плотной, поэтому рост сети рассматривается по трем различным сценариям: начальное и конечное состояния экономической системы для всех трех сценариев одинаковое, отличаются только траектории. Для наглядности визуализации сетевого эффекта проводится сравнение с линейным графом, замкнутым в кольцо. Результаты показали, что добавление новых агентов в сеть приводит к нелинейному росту ее ценности, что подтверждает наличие классического сетевого эффекта. Однако этот эффект выражен слабее, чем в случае полного графа (например, телефонной сети), из-за меньшей плотности связей в модельном графе. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования метрик сетевого эффекта для управления локальными экономическими системами, особенно на уровне муниципалитетов. Авторы также предлагают дальнейшие исследования с использованием реальных данных о транзакциях между участниками сети для более глубокого анализа сетевого эффекта.

Ключевые слова: *сетевая организационная структура, муниципальная экономика, сетевой эффект, теория графов, организационно-замкнутая система, коммуникационная сеть, сценарии роста.*

Введение. Термин «сетевой эффект» введен в оборот Теодором Вейлом в 1908 году в рамках его работы над оптимизацией распространения телефонных услуг. Впоследствии, понятие было расширено Робертом Маткалфом, одним из разработчиков технологии передачи данных Ethernet. Р. Маткалф сформулировал закон, по которому ценность любой сети для пользователя эквивалентна квадрату количества узлов соединения [1]. Со временем, понятие сетевого эффекта было перенесено и в экономику. Х.Р. Вэриан выделяет два основных вида сетевых эффектов в экономике [2] – прямые и косвенные, однако в его подходе сетевой эффект рассматривается как выгода от совместного использования информационных технологий. Такая традиция возникла после появления работы социолога М. Кастельса [3], в которой сетевое общество рассматривается как общество, в котором деятельность его участников выстроена вокруг сетей электронных коммуникаций. При таком подходе структурному аспекту сети не уделяется должного внимания, поэтому классическое определение сетевого эффекта не используется. В частности, под сетевым эффектом в образовании понимается использование ресурсов нескольких образовательных организаций для предоставления возможности освоения воспитанниками образовательной программы [4; 5], а в работе Кнул Себастьяна [6] – эффект, при котором использование общих каналов информации обеспечивает значительно большую достоверность и полноту информации о конкурентах, о национальных и региональных фондовых рынках и бизнес инициативах. А.А. Салтан [7; 8] исследовал сетевой эффект в компьютерных и информационных науках как полезность, которую потребитель получает от использования блага, причем под силой сетевого эффекта в его работе понимается скорость увеличения ценности от использования блага с ростом общего количества потребителей этого блага. В маркетинге [9] под сетевым эффектом понимается влияние, которое каждый пользователь (потребитель) товара или услуги оказывает на ценность последнего для других пользователей, которое становится значительным после того, как достигается определенное число пользователей, называемое критической массой. Похожие определения распространились и в область макроэкономики [10], и экономики предприятия [11]. М.А. Голева [12], исследуя многодетность, определяла сетевой эффект как рост рождаемости от использования цифровых технологий коммуникации между семьями, а в HR [13] сетевой эффект – эффект, при котором денежная отдача от появления дополнительного игрока в команде будет превышать издержки, связанные с ним. Также в лингвистике есть закон, что если все слова языка упорядочить по убыванию частоты их использования, то частота n-го слова в таком списке окажется приблизительно обратной пропорциональной его порядковому номеру n (так называемому рангу этого слова), который тоже назван сетевым эффектом в работе Г.К. Зипфа [14].

Классическим определением сетевого эффекта считается закон Маткалфа – полезность сети пропорциональна половине квадрата пользователей этой сети:

$$P \sim \frac{Nn^2}{2}, \quad (1)$$

где P – параметр, по которому рассчитывается сетевой эффект;

Nn – количество агентов в системе.

В случае телефонной сети, полезность P – это количество связей между ее абонентами. В экономике P – это некоторая ценность (например, товаров или услуг) для всех пользователей внутри системы. Если эта ценность, извлекаемая каждым отдельным пользователем из товара или услуги, растет нелинейно и зависит от количества участников системы, то говорят о феномене сетевого эффекта [15]. При этом для расчета

общей полезности P (для всей системы, как в формуле (1)) нужно сложить соответствующие индивидуальные полезности всех участников сети.

С точки зрения топологии, все сети можно разделить на три основных типа: замкнутые, разомкнутые и смешанные. В экономике этим типам соответствуют аутопоэтические, аллопоэтические и гетеропоэтические системы.

Аутопоэтические системы (организационно-замкнутые) характеризуются способностью к самовоспроизводству и самоорганизации. В таких системах все элементы взаимосвязаны, и система функционирует как единое целое, поддерживая свою структуру за счет внутренних процессов. Примером аутопоэтической системы в экономике может служить локальный территориально-производственный комплекс, где производство и потребление замыкаются внутри системы, а домохозяйства обеспечивают предприятия рабочей силой, создавая замкнутый цикл.

Аллопоэтические системы (организационно-разомкнутые) ориентированы на внешние цели и зависят от внешних ресурсов. В таких системах производство направлено на удовлетворение внешнего спроса, а внутренние связи слабо развиты. Примером может служить экспортно-ориентированная экономика, где основная часть продукции производится для внешних рынков, а внутренние связи между предприятиями минимальны.

Гетеропоэтические системы (смешанные) сочетают в себе черты как замкнутых, так и разомкнутых систем. Они частично зависят от внешних ресурсов, но при этом имеют внутренние связи, которые поддерживают их функционирование. Примером может служить экономика региона, где часть продукции производится для внутреннего потребления, а часть – для экспорта.

Выбор организационно-замкнутых систем (аутопоэтических) для исследования обусловлен их уникальной способностью к самоподдержанию и устойчивости. В таких системах сетевой эффект проявляется наиболее ярко, так как все элементы системы взаимосвязаны, и добавление новых агентов приводит к существенному увеличению количества связей и усилению внутреннего оборота. Это делает замкнутые системы наиболее подходящим объектом для изучения классического сетевого эффекта, описанного Теодором Вейлом и Робертом Маткалфом. Кроме того, исследование таких систем позволяет лучше понять механизмы самоорганизации и устойчивости экономических систем в условиях изменяющейся внешней среды. Их структура и функционирование позволяют выявить ключевые закономерности, которые могут быть применены для анализа и управления более сложными экономическими системами (например, региональными).

Организационно-замкнутые системы в экономике становятся наглядно видимыми при использовании их участниками локальной (местной, дополнительной, комплементарной валюты). В настоящее время наблюдается рост их использования местными сообществами. Значимость управления этими системами подтверждается тем, что во всех кризисных ситуациях наблюдается всплеск использования локальных валют. Подобный интерес наблюдался и во время Великой депрессии XX века.

В частности, в середине 1932 года, после успешного эксперимента с использованием валюты «горячие боны» в местечке Хаварден (штат Айова), известный экономист Ирвинг Фишер из Йельского университета предложил распространить эту практику по всем США. Он опубликовал ряд статей и книгу, посвященную этой теме [16]. В своих работах Фишер объяснял экономическую депрессию как результат взаимодействия падающих цен и массового стремления избавиться от растущего долгового бремени, номинированного в более дорогом долларе. В качестве наиболее эффективного способа контроля накоплений и быстрого выхода из депрессии он

предложил использовать валюту «горячие боны». Благодаря этому, «горячие боны» Хавардена стали самым известным примером локальной валюты в США 1930-х годов.

После кризиса 2008 года в различных странах вновь начали вводиться в оборот локальные валюты (например, тэны в греческом г. Волос, бристольский фунт, брюссельский Эко-Ирис и многие другие). Лайл Эстилл, президент компании Piedmont Biofuels, отметил, что они помогают выживать экономике небольших городов, пострадавших от рецессии.

В таблице 1 приведены примеры использования местных валют в России с конца XIX века. Наиболее массовое их применение наблюдалось в период становления Советской власти, когда тысячи местных систем расчетов помогли справиться с платежным кризисом. В СССР также существовали локальные валюты, такие, как чеки «Березка», талоны треста Арктикуголь на о. Шпицберген и др.). После распада СССР в 90-х годах государством был санкционирован выпуск региональных платежных средств, таких как «Уральский франк» и «катановки». Уже в 21 веке были созданы системы местных валют, включая банк времени, «100 друзей» и товарные талоны, например, «шаймуратики».

Таблица 1. Примеры местных валют в России (конец XIX – начало XXI вв.)

Название местной валюты	Территория	Период	Экономический эффект
Частные монеты Московского дворянского клуба	Москва	1883	Увеличение оборота и доходов хозяйствующего субъекта.
Более 2000 валют (Марки, Областные кредитные билеты Урала, Висимо-Шайтанский авансовый товарный знак, Бона правления Екатеринбургского объединения текстильных фабрик и др.)	Урал, Сибирь	1918 – 1925	Организованы расчеты между экономически активными хозяйствующими субъектами. Восстановлено производство основных отраслей.
Банк Времени	г. Нижний Новгород	С 2008	Повышение уровня самозанятости населения в условиях кризиса.
Обменные единицы системы «100 друзей»	Иркутск, Улан-Удэ и др.	С 2009	Локализация спроса внутри системы, обеспечение взаимных обменов товарами и услугами
Товарные талоны ООО «Шаймуратово»	с. Шаймуратово, республика Башкортостан	С 2010	Локализация внутреннего спроса, решение проблемы взаимных долгов населения

Основная цель данной статьи – исследовать классический сетевой эффект в организационно-замкнутых локальных экономических системах.

В качестве параметра (метрики) полезности сети будет использоваться количество связей между ее агентами, а также общий объем замкнутого сбалансированного оборота в сети. Расчеты будут проведены для модели муниципальной экономики, поскольку возможности получения данных о реальных транзакциях существенно ограничены требованиями о защите конфиденциальной информации и коммерческой тайны на законодательном уровне.

Материалы и методы. Для построения модельного графа сети организационно-замкнутой локальной экономической системы была использована ранее опубликованная модель внутреннего рынка муниципальной экономики [17]. Она составлена на основании усредненных статистических данных в расчете на 10 000 жителей. Отраслевой состав модели сформирован на основе следующих предположений:

во-первых, экономика муниципалитета диверсифицирована (обеспечивает производство различных товаров и услуг), в ней отсутствуют «градообразующие предприятия», превращающие муниципалитет в «моногород»;

во-вторых, все предприятия внутри экономической системы муниципалитета в модели имеют производственно-рыночные связи друг с другом; предприятия, не имеющие таких связей, из модели исключены;

в-третьих, население (домохозяйства) выделено в отдельную «отрасль», которая потребляет продукцию местных предприятий и обеспечивает их важнейшим ресурсом – рабочей силой.

Модель учитывала потребление домохозяйствами муниципалитета со средней для страны половозрастной структурой, а также взаимное производство и потребление между агентами экономики муниципалитета в соответствии с их технологическими характеристиками – 11 агентами-организациями, а также населением (домохозяйствами – агент 12):

1. Ремонт автотранспорта;
2. Производство хлебобулочных и кондитерских изделий;
3. Производство мебели;
4. Сельское хозяйство и охота;
5. Молочное производство;
6. Птицеводство;
7. Производство кормов для животных;
8. Мука и крупы;
9. Грузоперевозки;
10. Производство мясной продукции;
11. Смешанное сельхозпроизводство;
12. Население (домохозяйства).

Для проведения сравнительного анализа изменения количества связей в модельном графе при добавлении новых агентов были использованы полный и линейный графы (рис. 1).

К начальному графу (каждого типа) из трех вершин (агентов) пошагово добавлялись другие вершины до достижения их максимальной величины – 12 агентов. Учитывая неоднородность модельного графа, было принято решение произвести добавление агентов тремя сценариями:

1. Слева направо (начальная точка: 1-9-12; добавляются: 2, 3, 8, 10, 4, 7, 6, 5, 11);
2. Справа налево (начальная точка: 5-11-12; добавляются: 11, 6, 4, 10, 3, 8, 2, 1, 9);
3. Сверху вниз (начальная точка: 8-4-12; добавляются: 2, 5, 7, 9, 1, 11, 10, 6, 3).

На рисунке 3, в качестве примера, представлена логика пошагового добавления агентов для сценария 1.

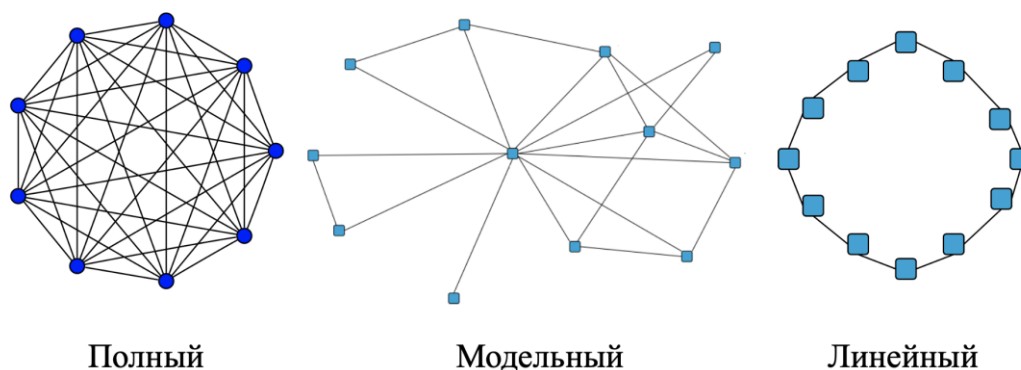


Рис. 1. Примеры графов

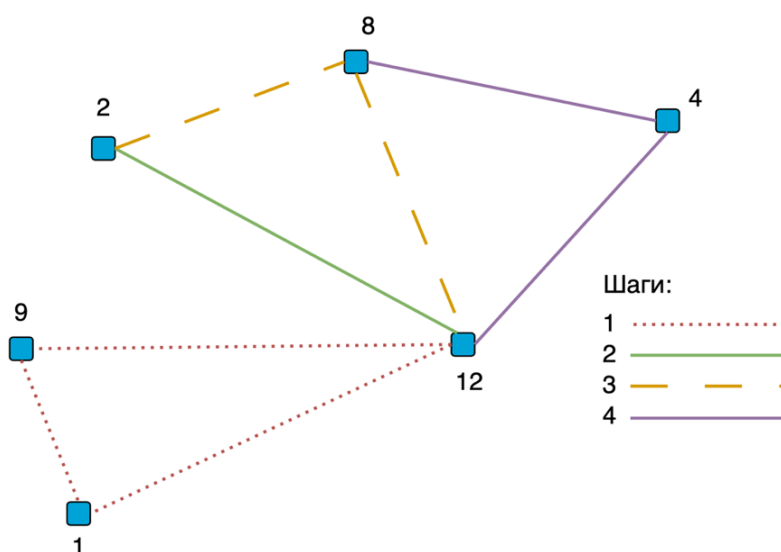


Рис. 2. Пример добавления агентов в модельный граф

Результаты. Динамика изменения количества связей на каждом шаге представлена на рис. 3.

В данном расчете полезностью P всей сети является количество связей между составляющими ее агентами, точно так же, как и в ситуации с телефонной сетью. Однако поскольку любой агент данной экономической сети функционально связан далеко не с каждым из оставшихся, то нелинейность зависимости количества связей от количества агентов будет маркером сетевого эффекта.

В линейном графе отсутствует сетевой эффект, поскольку количество связей увеличивается линейно (желтая прямая на рис. 3). Наиболее выраженный сетевой эффект проявляется на полном графе – как и в телефонной сети, поскольку количество связей пропорционально квадрату количества агентов (зеленая парабола на рис. 3).

Все три кривые зависимости количества связей от количества агентов для модельного графа (рис. 3), также нелинейны, однако эта нелинейность выражена значительно слабее, чем для полного графа. Очевидно, что данные кривые соответствуют степенным функциям с дробной размерностью в диапазоне от 1 до 2. Также наглядно видно, что значения показателя степени для каждого сценария будут заметно отличаться друг от друга, однако исследование такой зависимости выходит за пределы настоящего исследования.

В качестве второй метрики полезности сети использован объем сбалансированного

внутреннего оборота – т.е. тот объем производства, который потребляется внутри самой производящей системы. Отличие от ранее выполненного расчета количества связей заключается в том, что в данном случае веса связей в модельном графе отличны от значения 1. Аналогично предыдущему расчету, для сравнения с модельным графом взяты те же полный и линейный графы, для которых веса связей были приняты одинаковыми (что приводит к более гладким кривым по сравнению с модельным графом, но полностью отражает общую тенденцию).

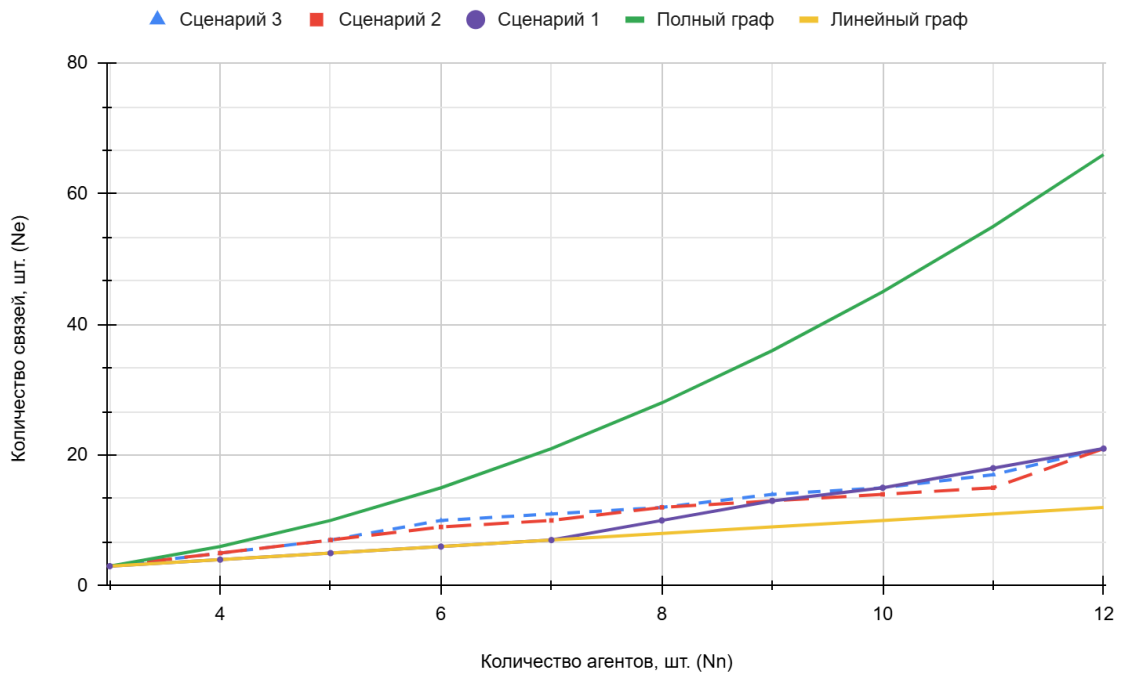


Рис. 3. Зависимость количества связей от количества агентов сети:

— полный граф; — линейный граф;

модельный граф (— сценарий 1, — — сценарий 2, - - - - сценарий 3)

На рисунке 4 показана зависимость сбалансированного внутреннего оборота сети организационно-замкнутой локальной экономической системы от числа агентов в исследованных графах. Общий вид приведенных на рисунке 4 графиков отражает те же тенденции, что и графики на рис. 3: квадратичная зависимость для полного графа, прямая пропорциональность для линейного и степенная зависимость с дробным показателем степени (в интервале от 1 до 2) для модельного. Таким образом, расчеты с использованием второй метрики также подтверждают наличие сетевого эффекта в модельном графе.

Обсуждение результатов. Приведенные выше результаты расчетов по модели организационно-замкнутой сети локальной экономики по двум метрикам (параметрам ценности) – количеству связей в сети (равные веса связей) и суммарному сбалансированному внутреннему обороту (неравные веса связей) – наглядно демонстрируют наличие классического сетевого эффекта: присоединение каждого последующего агента к сети нелинейно увеличивает ее общую ценность. Однако в отличие от закона Маткалфа, показатель степени имеет дробное значение в диапазоне от 1 до 2, что позволяет сделать вывод о том, что в исследованном случае сетевой эффект выражен слабее. Очевидно, что пониженное значение показателя степени в модельном

графе связано с его меньшей плотностью (плотность – отношение числа связей к количеству агентов) по сравнению с полным графом, имеющим максимально возможную плотность. Это, в свою очередь, позволяет провести аналогию со структурами фрактальной природы [18].

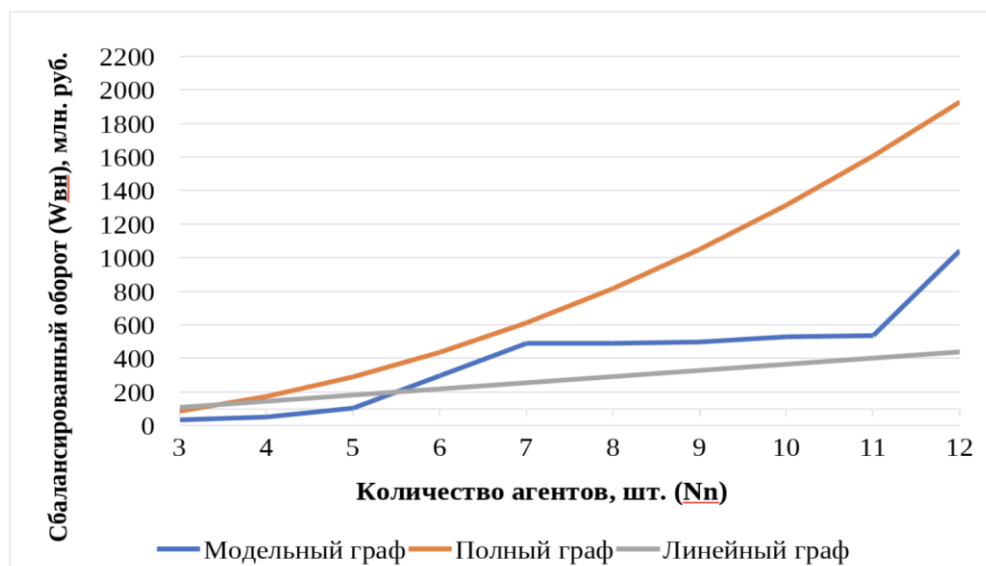


Рис. 4. Зависимость изменения сбалансированного оборота при изменении количества агентов в сетях различных структур

Таким образом, с теоретической точки зрения, полученные результаты позволяют поставить две новые математические задачи:

- разработку методов расчета сетевого эффекта в графах с произвольными весами связей;
- обобщение формулы сетевого эффекта Маткалфа на случай дробной размерности.

С практической точки зрения, полученные в работе результаты однозначно свидетельствуют о том, что метрики сетевого эффекта могут быть использованы для интегральной оценки как структуры (количество связей), так и функционирования (сбалансированный внутренний оборот) организационно-замкнутых (аутопоэтических) локальных экономических систем. Такие количественные оценки важны для принятия управленческих решений, в частности – на местном уровне органами местного самоуправления либо администрацией. Приведенные в первом расчете три возможных сценария как раз и демонстрируют возможность того, что управляемое развитие системы может идти по разным траекториям, и для принятия решения нужны критерии выбора той или иной альтернативы (вопросы развития и управления организационно-замкнутыми экономическими системами выходят за пределы данного исследования).

Следует отметить, что введение местного клирингового центра для учета взаиморасчетов между участниками сети как раз и обеспечит всеми необходимыми первичными данными о транзакциях для проведения соответствующих расчетов. Организационно-правовая форма такого центра должна быть некоммерческой (например, он может быть создан в рамках местного потребительского кооператива), поскольку в замкнутых сбалансированных цепочках прибыль отсутствует по определению.

Заключение. Проведенный в настоящем исследовании анализ графа взаимных поставок в модели организационно-замкнутой системы локальной экономики выявил наличие классического сетевого эффекта – при добавлении новых агентов-участников ее

общая ценность растет более быстрыми темпами. В качестве метрик ценности использованы два параметра – структурный (количество связей в сети) и функциональный (общий объем сбалансированного внутреннего оборота).

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в расширении модельных представлений об организационно-замкнутых экономических системах и особенностях проявления в них классического сетевого эффекта. Практическая значимость данной работы заключается в обосновании возможности использования количественных параметров (метрик сетевого эффекта) при решении задач управления такими системами.

Наиболее интересным вариантом практического использования полученных в работе результатов может оказаться включение различных метрик сетевого эффекта в дашборды BI (Business Intelligence) и CI (Continuous Intelligence) систем [20] цифровых двойников соответствующих территориально-производственных комплексов, создание которых становится задачей ближайшего будущего. Метрики сетевого эффекта дают возможность оптимизировать управление комплексом, усиливая интеграцию между его участниками, что, в свою очередь, способствует повышению устойчивости и эффективности системы в целом.

Дальнейшее углубленное исследование классического сетевого эффекта требует использования реальных данных о транзакциях между предприятиями, организациями и домохозяйствами.

Список литературы

1. Рейнгольд, Г. Умная толпа: новая социальная революция: пер. с англ. – М.: Фаир пресс, 2006. – С. 96
2. Вэриан, Х.Р. Экономическая теория информационных технологий / Социально-экономические проблемы информационного общества / под ред. Л.Г. Мельника. – Сумы: ИТД «Университетская книга». – 2005. – С. 265-226.
3. Castells, M. Informationalism, networks, and the network society: a theoretical blueprint / M. Castells // The network society: a cross-cultural perspective / edited by M. Castells. – Cheltenham; Northampton, MA Elgar, cop. 2004. – p. 3-49.
4. Мамеева-Шварцман, И.М. Синергетический эффект сетевого партнёрского взаимодействия / И.М. Мамеева-Шварцман, П.А. Панченко // Народное образование. – 2019.
5. Суханова, Е.А. Образовательный потенциал межорганизационного сетевого взаимодействия (на материале взаимодействия организаций высшего и общего образования) / Е.А. Суханова, А.А. Зобнина // Педагогический ИМИДЖ. – 2017.
6. Knool Sebastian. Cross-Business Synergies: A Typology of Cross-business Synergies and a Mid-range Theory of Continuous Growth Synergy Realization. – Wiesbaden, 2008. – 388 p.
7. Салтан, А.А. Моделирование рынка программного обеспечения при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства / А.А. Салтан // Прикладная информатика, 2012.
8. Салтан, А.А. Продуктовая стратегия компании-производителя программного обеспечения при наличии внешнего сетевого эффекта и компьютерного пиратства / А.А. Салтан // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2013.
9. Валько, Д.В. Сетевой эффект в маркетинге взаимоотношений на рынке электронной торговли / Д.В. Валько, М.А. Пестунов // Journal of new economy. – 2014.
10. Современные очертания новоинституциональной экономики / Р.М. Нижегородцев и др.; под ред. Р.М. Нижегородцева. – Гомель: ЦИИР, 2009.

11. Вэриан, Х.Р. Микроэкономика. Промежуточный уровень. Современный подход / пер. с англ. под ред. Н.Л. Фроловой. – М.: ЮНИТИ, 1997.
12. Голева, М.А. Сетевые эффекты рождаемости: случай многодетных семей в России // Экономическая социология. – 2019.
13. Окорочков, А.В. Актуальные проблемы современного командообразования: ротация, аутстаффинг, сетевые эффекты / А.В. Окорочков // Лидерство и менеджмент. – 2021. – №3.
14. Zipf, G.K. Human Behavior and the Principle of Least Effort. – Addison-Wesley Press. – 1949. – С. 484-490.
15. Shapiro, C. Information rules: a strategic guide to the network economy / C. Shapiro, H.R. Varian. – Boston: Harvard Business School Press, 1999. – 352 p.
16. Fisher I. Stamps Scripts. Assited by Hans R.L. Cohrssen and Herbert W. Fisher. New York: Adelphi Company. 1933.
17. Попков, В.В. Моделирование как инструмент формирования товарной и финансовой сети в региональной экономике / В.В. Попков, Д.Б. Берг, Е.А. Ульянова, Н.А. Селезнева // Экономика региона. – 2015. – № 2.
18. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы // Москва: Институт компьютерных исследований, 2002.
19. Bob Metcalfe. Metcalfe's Law after 40 Years of Ethernet. Computer, vol. 46, no. 12, pp. 26-31, Dec. 2013, doi: 10.1109/МС.2013.374.
20. Позаченюк, Е.А. Цифровизация земель сельскохозяйственного назначения в трансграничных регионах, как основа базиса становления цифрового сельского хозяйства 5.0 в Российской Федерации / Е.А. Позаченюк, Г. Самбуу, А.В. Мурава-Середа, В.Н. Максимова, Л.И. Шестакова, Е.В. Кутикова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2023. – Т. 9 (19), вып. 4. – С. 55-72.

Берг Дмитрий Борисович, докт. физ.-мат. наук, профессор, профессор базовой кафедры аналитики больших данных и методов видеоанализа, Институт радиоэлектроники и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия
E-mail: bergd@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7703-9750
AuthorID: 107250

Паначев Антон Анатольевич, аспирант Института радиоэлектроники и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия
E-mail: panachev1@mail.ru
ORCID: 0009-0006-7161-575X
AuthorID: 1279775

Гаренских Зоя Александровна, бакалавр кафедры социологии, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия
E-mail: zoya.garenskikh@mail.ru
ORCID: 0009-0000-8805-3382

Поступила в редакцию 10.12.2024 г.

UDC 004.021

DOI 10.5281/zenodo.15165417

BERG Dmitry¹,
PANACHEV Anton¹,
GARENSEKIKH Zoya¹

¹ Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Mira str., 19, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, Russia, 620062

THE CLASSIC NETWORK EFFECT IN ECONOMIC SYSTEMS

The article examines the classical network effect in organizationally closed local economic systems. The classical and modern definitions of the term network effect are considered. The main focus is on autopoietic (organizationally closed) systems that are capable of self-reproduction and self-organization, which makes them resistant to external changes. They become most noticeable when participants use local currencies, which are reviewed by the authors as an example. The purpose of the work is to study the classical network effect in organizationally closed local economic systems. The object of the study is a model of the internal market of the municipal economy, which included 12 agents and interconnected closed chains of mutual supply of products and services: 11 organizations and a set of households. Households complete these chains – they provide the final consumption of products and services, as well as provide labor to the remaining eleven agents. Two aspects of the classical network effect are being studied: a) structural (an increase in the number of connections as the network grows); b) functional (an increase in the balanced internal turnover of the network under the same conditions). The mutual supply graph has two features compared to the complete graph (telephone network): a) it has a lower density (when analyzing the number of links); b) links have different weights (when analyzing balanced turnover). The network of mutual supplies in this model is not dense, therefore, the growth of the network is considered according to three different scenarios: the initial and final states of the economic system are the same for all three scenarios, only the trajectories differ. To visualize the network effect, a comparison is made with a linear graph enclosed in a ring. The results showed that the addition of new agents to the network leads to a nonlinear increase in its value, which confirms the presence of the classical network effect. However, this effect is less pronounced than in the case of a complete graph (for example, a telephone network), due to the lower density of connections in the model graph. The practical significance of the study lies in the possibility of using network effect metrics to manage local economic systems, especially at the municipal level. The authors also propose further research using real data on transactions between network participants for a deeper analysis of the network effect.

Key words: *network organizational structure, municipal economy, network effect, graph theory, organizational closed systems, communication network, growth scenarios.*

References

1. Reinhold, G. (2006) *The smart crowd: a new social revolution*. Translated from English. M.: Fair Press. p. 96
2. Varian, H.R. (2005) *Economic theory of information technology / Socio-economic problems of the information society / Edited by L.G. Melnik*. Bags: ETC. University book. pp. 265-226.
3. Castells, M. (2004) *Informationalism, networks, and the network society: a theoretical blueprint. The network society: a cross-cultural perspective*. Cheltenham;

Northampton, MA Elgar, cop. pp. 3-49.

4. Mameeva-Shvartsman, I.M. & Panchenko, P.A. (2019) The synergetic effect of network partnership. *Public education*.

5. Sukhanova, E.A. & Zobnina, A.A. (2017) Educational potential of interorganizational network interaction (based on the interaction of higher and general education organizations). *Pedagogical IMAGE*.

6. Knool Sebastian (2008) Cross-Business Synergies: A Typology of Cross-business Synergies and a Mid-range Theory of Continuous Growth Synergy Realization. Wiesbaden. 388 p.

7. Saltan, A.A. (2012) Modeling of the software market in the presence of an external network effect and computer piracy. *Applied Computer Science*.

8. Saltan, A.A. (2013) Product strategy of a software manufacturer in the presence of an external network effect and computer piracy. *Bulletin of St. Petersburg University. Economics*.

9. Valko, D.V. & Pestunov, M.A. (2014) Network effect in relationship marketing in the e-commerce market. *Journal of new economy*.

10. Modern outlines of the new institutional economy (2009). R.M. Nizhegorodtsev et al.; Edited by R. M. Nizhegorodtsev. Gomel: CIIR.

11. Varian, H.R. (1997) Microeconomics. Intermediate level. A modern approach / translated from English. edited by N.L. Frolova, Moscow: UNITY.

12. Goleva, M.A. (2019) Network effects of fertility: the case of large families in Russia. *Economic Sociology*.

13. Okorokov, A.V. (2021) Actual problems of modern team building: rotation, outstaffing, network effects. *Leadership and Management*. 3.

14. Zipf G.K. (1949) Human Behavior and the Principle of Least Effort. Addison-Wesley Press. p. 484-490.

15. Shapiro, C. & Varian, H.R. (1999) Information rules: a strategic guide to the network economy. Boston: Harvard Business School Press. 352 p.

16. Fisher, I. (1933) Stamps Scripts. Assited by Hans R.L. Cohrssen and Herbert W. Fisher. New York: Adelphi Company.

17. Popkov, V.V., Berg, D.B., Ulyanova, E.A. & Selezneva, N.A. (2015) Modeling as a tool for forming a commodity and financial network in the regional economy. *The economy of the region*. 2.

18. Mandelbrot, B. (2002) Fractal Geometry of nature. Moscow: Institute of Computer Research.

19. Bob Metcalfe (2013) Metcalfe's Law after 40 Years of Ethernet. *Computer*, vol. 46, no. 12, pp. 26-31, Dec. 2013, doi: 10.1109/MC.2013.374.

20. Pozachenyuk, E.A., Sambuu, G., Murava-Sereda, A.V., Maksimova, B.N., Shestakova, L.I. & Kutikova, E.V. (2023) Digitalization of agricultural lands in cross-border regions as the basis for the formation of digital agriculture 5.0 in the Russian Federation. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*. Vol. 9 (19), issue 4. pp. 55-72.

Berg Dmitry, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Basic Department of Big Data Analytics and Video Analysis Methods, Institute of Radio Electronics and Information Technology, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

E-mail: bergd@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7703-9750

AuthorID: 107250

Panachev Anton, Postgraduate Student at the Institute of Radioelectronics and Information Technology, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

E-mail: panachev1@mail.ru

ORCID: 0009-0006-7161-575X

AuthorID: 1279775

Garenskikh Zoya, Bachelor of Sociology, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

E-mail: zoya.garenskikh@mail.ru

ORCID: 0009-0000-8805-3382

Received 10.12.2024