

УДК 004.94

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ КОММУНИКАЦИЙ В ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Зверева О.М.*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: O.M.Zvereva@urfu.ru*

Продолжают ли в эпоху глобализации существовать локальные экономические структуры, и если да, то какую специфику имеют, какие основные цели перед ними стоят и как наиболее эффективно управлять такими системами, – вот те основные вопросы, на которые автор попытался ответить в этой статье. Теоретическими основами для последующих выводов стали: кластерная теория Портера, концепция глобализации и теория систем. В качестве инструмента исследования использован комплекс агент-ориентированных моделей коммуникаций производственных агентов. С помощью моделей комплекса были определены возможные типы управления в локальной экономической структуре (сообществе). После проведения серий экспериментов было установлено, что эффективный результирующий вектор управления системой может состоять из компонент следующего типа: институционального управления, управления составом, управления структурой и управления функционированием.

Ключевые слова: локальное экономическое сообщество, кластер, управление, агент-ориентированное моделирование, межотраслевой баланс Леонтьева

METHODOLOGY OF COMMUNICATION NETWORK CONTROL IN LOCAL ECONOMIC SYSTEMS

Zvereva O.M.*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin», Ekaterinburg, e-mail: O.M.Zvereva@urfu.ru*

Whether local economic structures proceed to exist in the era of globalization, and if it is really so, what their peculiarities are, what goals are pursued by them, and how they might be controlled in the most effective way – here are the main questions this paper tries to answer. The theoretic foundations for the research are as follows: Porter's cluster theory, glocalization concept, and system theory. A set of communication models with manufacturing agents has proved to be the main research instrument. With these models usage, possible control types in a local economic structure (community) were determined. After several series of experiments, it was revealed that an effective system control vector can be formed by components of the following types: institutional control, composition control, structure control, and functioning control.

Keywords: local economic community, cluster, control, agent-based modeling, Leontief's intersectoral balance

Происходящие в мире процессы глобализации [1] настолько очевидны, что их никто не отрицает, но значит ли это, что локальные структуры потеряли свое значение и растворились, влившись в глобальный поток? Ответ на этот вопрос не так очевиден, и существует несколько взглядов на проблему определения понятия локальности, описания организации таких структур, но общее все же одно – признание существования и важности локальных структур.

Что представляют собой локальные структуры? В социологии введено понятие локального сообщества как группы людей, объединенных на одной территории, разделяющих общую культуру, ценности, имеющих общие органы управления, связанных определенными экономическими отношениями.

Сходное определение локального сообщества дается и экономистами. В [1] сообщество определяется как «устойчивая группа лиц, объединенных четкими и понятными ценностями, ...ключевым отличием сообщества от простой группы лиц

является и возможность вести некую производственную деятельность (создавать товары, услуги или информацию в чистом виде), результаты которой могут быть потреблены другими членами данного сообщества или внешними потребителями». Часто говорится и о возникновении «дополнительных» локальных экономик [1], которые функционируют наряду с общепризнанной экономикой, и о локальных рынках, действующих внутри глобального рынка [2].

Эти локальные экономики, или локальные экономические сообщества, М. Портер называет кластерами, и на основе этого понятия разрабатывает кластерную теорию. При исследовании локального в рамках процесса глобализации экономики он приходит к выводу о том, что «в экономической географии эры глобальной конкуренции присутствует парадокс» [3], вместо ожидаемого уменьшения значения локальных структур их роль возрастает, но изменяются причины и основные черты этого явления. Локальность важна не столько в плане гео-

графической близости к различным ресурсам, сколько в плане создания условий для образования таких структурных единиц, как кластеры, а под кластером понимается «группа географически близко расположенных и взаимосвязанных компаний, а также ассоциированных с ними институтов из определенных областей деятельности, связанных общностью интересов и взаимно дополняющих друг друга» [3].

В своих работах [3, 4] М. Портер убедительно доказывает, что кластеры играют важную роль, представляя собой «критическую массу особого успеха в конкурентной борьбе в определенной бизнес-сфере», определяя саму кластерную теорию как «микро-экономически обусловленную теорию национальной, государственной и локальной конкуренции в условиях глобальной экономики». Портер утверждает, что именно кластеры должны стать основой новой экономики, т.к. имеют определенные преимущества перед изолированными компаниями или иерархиями компаний: они лучше соответствуют самой природе конкуренции, способствуют повышению производительности, быстрейшему распространению инноваций и формированию нового бизнеса. Именно эти структуры должны стать основным объектом внимания и финансирования.

Кластерная теория является ярким примером применения системного подхода, т.к. основана на концепции того, что система – это нечто большее, чем сумма ее составных частей: в теории одним из основных является тезис о том, что конкурентные преимущества определяются не только самими компаниями (компонентами системы), но и бизнес-средой, формируемой кластером.

Сходные идеи высказывают и сторонники такой концепции, как «глокализация», основную идею которой можно выразить девизом римского клуба: «Мыслить глобально, действовать локально». Термин и его определение предложены английским социологом Р. Робертсоном в конце прошлого века. «Глокализация – это возрастание роли локальных местностей, городов, районов, повышение внимания к местной самобытности, – параллельное глобализации и направленное на ускорение мирового развития, гармонизацию общества. Главные участники глокализации – отдельные местности, районы, города, их всестороннее развитие, увеличение пропускной способности глокальных средств связи» [5].

Постановка задачи управления

Было решено создать программную модель локальной экономической системы (сообщества) с целью выявления и оценки возможных типов управления. Причем под

управлением в данном случае понимается не регулирование через некоторое внешнее воздействие (кибернетика первого порядка), а изменение структуры и организации системы (кибернетика второго порядка) [6].

В модели действуют экономические субъекты, которые производят товары и услуги. Произведенный продукт они реализуют в своем сообществе, при этом стараясь здесь же закупить ресурсы, необходимые для возобновления производства. Математической основой данной модели явилась модель Леонтьева «затраты – выпуск» [7]. В эту классическую балансовую модель введены денежные средства, которые выполняют роль средства обмена и делают ее более реалистичной, т.к. большинство экономических систем основаны на денежном обороте.

Состояние системы в момент времени t можно выразить как

$$S(t) = \{Ag_i(\vec{c}(t))\}_{i=1}^N, W_{N \times N}(t), \vec{f}(t), Z_S, \quad (1)$$

где $\{Ag_i(\vec{c}(t))\}_{i=1}^N$ – множество агентов системы (всего N -агентов); $\vec{c}(t)$ – вектор характеристик агента; $W_{N \times N}(t)$ – матрица связей агентов в системе (взаимных потребностей); $\vec{f}(t)$ – вектор взаимодействия с внешней средой (глобальной экономикой); Z_S – цель системы.

Вектор характеристик экономического агента содержит элементы двух типов: производственного и поведенческого. Элементы производственного типа – это объем выпуска продукта (x), вектор потребностей в продуктах других агентов ($\vec{w}(t)$), свободный остаток (y) и объем денежных средств на счету ($m(t)$). Элементом поведенческого типа является стратегия поведения агента ($STR = \{str_j\}_{j=1}^5$ – множество реализованных стратегий). Каждая стратегия определяет, как каждый агент закупает нужные ему ресурсы: в каком порядке выбирает контрагентов – продавцов и в каком объеме стремится закупить товар.

Матрица связей агентов в системе имеет тот же смысл, что и в модели Леонтьева: в ней отражено, в каком объеме агент должен закупить товары, производимые другими агентами, чтобы поддержать воспроизводство своего товара на определенном уровне. Составлена эта матрица из векторов потребностей агентов системы.

Любая система (по определению понятия системы) должна иметь цель. В цели экономической системы можно выделить две составляющих: первая из них направлена на поддержание жизнеспособности самой системы, а вторая, как правило, – оптимизаци-

онная: увеличение товарооборота, ускорение обменных процессов, максимизация прибыли и т.д. В данной постановке задачи вторая составляющая – это оптимизация коммуникационного процесса, которая заключается в минимизации длительности процесса и его предсказуемости (т.е. минимизации разбросов параметров) при минимально возможных денежных затратах (минимуме оборотных денежных средств в системе).

Если рассматривать макропараметры системы, то ее состояние в момент времени t определяется через: вектор-константу стратегий агентов в системе

$$\vec{STR} = [str_1, str_2, \dots, str_N],$$

вектор объемов выпуска агентов

$$(\vec{X}(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)]),$$

вектор свободных остатков

$$(\vec{Y}(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_N(t)]),$$

матрицу связей

$$(W = [\vec{w}_1(t), \vec{w}_2(t), \dots, \vec{w}_N(t)])$$

объем денежных средств, зачисленных на счета агентов,

$$(\vec{M}(t) = [m_1(t), m_2(t), \dots, m_N(t)]),$$

и может быть записано в виде

$$S(t) = \vec{STR}, \vec{X}(t), \vec{Y}(t), W_{N \times N}(t), \vec{M}(t), \vec{f}(t), Z_S. \quad (2)$$

Цель управления системой через макропараметры запишется следующим образом:

$$Z_S \rightarrow (\vec{X}(t_0) - A \cdot \vec{X}(t_0) = \vec{Y}(t_0)) \& (\min T_c \mid \min M) \& (\min S), \quad (3)$$

где

$$\vec{X}(t_0) - A \cdot \vec{X}(t_0) = \vec{Y}(t_0) \quad (4)$$

уравнение статического межотраслевого баланса Леонтьева, которое определяет условие жизнеспособности системы; T_c – длительность коммуникационного процесса; M – величина оборотных средств в системе; S – среднеквадратичное отклонение характеристики денежного оборота в системе (характеризует вариативность коммуникационного процесса).

Комплекс программных моделей как инструмент исследования

Был создан комплекс агент-ориентированных программных моделей, каждая из моделей ориентирована на реализацию и тестирование определенных типов управления. Агент-ориентированная (или агентная) технология [8, 9] предназначена для создания моделей социальных и экономических систем, в [9] она названа «правильной математикой для социальных наук».

Программой средой создания моделей стала NetLogo версии 5 [10]. Программный комплекс состоит из 5 моделей, основой всех является базовая модель, остальные – ее модификации, ориентированные на исследование одного (или нескольких) типов управления.

Алгоритм работы базовой модели (базовый алгоритм) состоит из трех основных этапов. Первый этап, инициализационный, на нем создаются программные агенты, их характеристики считываются из файла, создаются и инициализируются системные

переменные, изменение значений которых и является информационной основой анализа (например, денежный оборот в системе). Второй этап – коммуникационный, на этом этапе моделируются коммуникации между агентами в системе. Третий этап – получение результатов: производится расчет результирующих значений макропараметров системы (основных системных переменных) и запись их в выходной файл.

В модели действуют производственные агенты ($Ag_i, i = 1..N$), в начале моделирования у них определенные объемы продукции (x_i). В процессе моделирования они закупают у других агентов системы ресурсы, для этого вступая в коммуникации. Каждая коммуникация тождественна акту купли-продажи, в котором участвуют денежные средства. Институт денежных средств – это основной институт, исследуемый в этой модели.

Коммуникационный этап состоит из отдельных циклов. В каждом цикле обмена каждому агенту, выбираемому случайным образом, предоставляется возможность однократно вступить в коммуникацию с другим агентом. Коммуникационный этап длится до тех пор, пока возможен хотя бы один обмен в системе.

Агенты в начальный момент времени авансируются в объемах пропорциональных имеющемуся у них продукту, причем этот аванс в конце коммуникативного этапа списывается с их счетов. Состояние i -го агента в начальный момент времени (t_0):

$$Ag_i(t_0) = x_i(t_0), y_i(t_0), \vec{w}_i(t_0), m_i(t_0). \quad (5)$$

Состав комплекса АОМ коммуникаций

Название модели	Краткая характеристика	Исследуемые типы управления
Базовая модель	Реализован базовый алгоритм коммуникаций	Институциональный (объем денежных средств)
Модель стратегий	Действующие экономические агенты отличаются стратегиями поведения	Управление функционированием
Модель муниципалитета	Матрица взаимных платежей ($W_{N \times N}$) составлена по реальным экономическим данным	Управление структурой
Модель открытой системы	Агенты внешней среды введены в матрицу взаимных платежей – модель открытой системы. Используются два типа денежных средств: реальные ($\overline{M}_r(t)$) и виртуальные деньги ($\overline{M}_v(t)$)	Институциональный (разные типы денежных средств)
Производственно-коммуникационная модель	Введен этап производства, на котором корректируются объемы производства	Институциональный, управление функционированием

При успешно закончившемся этапе коммуникации по окончании моделирования ($t = t_k$) состояние i -го агента должно быть:

$$Ag_i(t_k) = 0, y_i(t_0), \bar{0}, m_i(t_0), \quad (6)$$

в этом случае соблюдено условие жизнеспособности системы.

Типы управления (организационными системами), использованные в моделях, рассмотрены в соответствии с классификацией, предлагаемой Новиковым в [11]. Состав комплекса моделей, их краткое описание и перечень реализованных в них типов управления приведены в таблице.

Основными типами управления, исследуемыми в данной работе, являются:

- институциональное управление (U_{in}) – управление объемом и типами денежных средств в системе;
- управление составом (u_c) – управление количеством и типами агентов, действующих в системе;
- управление структурой (u_s) – управление связями между агентами (изменение матрицы связей W);
- управление функционированием (u_f) – возможность изменения экономического поведения агентов (управление стратегиями обмена).

В базовой модели исследуется влияние объема имеющихся в системе оборотных денежных средств на вид (вариативность) и продолжительность коммуникационного этапа. В этой модели все агенты действуют одинаковым образом, используют одну стратегию поведения. Для изучения влияния поведения агентов на эффективность коммуникационного процесса были разработаны и реализованы в модели различные стратегии поведения агентов, таким образом создана возможность изучения управления функционированием. Эти эксперименты подробно описаны в [12].

Результаты экспериментов на расчетных наборах данных были верифицированы с использованием модели муниципалитета, созданной на реальном наборе данных (его создание описано в [13]). Выводы об эффективности институционального управления и управления функционированием были подтверждены на этой модели, т.е. на реальных экономических данных. С помощью модели муниципалитета были изучены возможности управления структурой на основе экспериментов с вводом или удалением связей в существующей структуре сети.

Одним из ограничений первых трех моделей является то, что это модели закрытых систем. Четвертая модель – модель открытой системы, т.е. системы, в которую введены внешние агенты, названные агентами внешней среды. Связи с этими агентами отражают связи экспорта/импорта, существующие в большинстве реальных экономических систем. В постановке задачи эти связи представлены вектором-функцией взаимодействия с внешней средой.

В модели открытой системы реализован другой вид институционального управления: введены два типа денежных средств – реальные и виртуальные. О возможности функционирования виртуальных единиц расчета подробно писал Бернар А. Лиетар [14]. Реальные деньги в модели могут быть использованы во всех обменах, а внутренние – только в обменах между внутренними агентами. Моделирование доказало эффективность такого вида институционального управления: виртуальные деньги при недостатке реальных денег в системе начинают играть их роль, оптимизируя коммуникационный процесс.

В пятой, производственно-коммуникационной, модели также реализовано институциональное управление и управление

функционированием, в этой модели введен производственный этап, на котором корректируются программы агентов в том случае, если не все агенты смогли успешно приобрести ресурсы в нужном объеме. Эта модель доказывает значимость условия баланса для поддержки жизнеспособности системы, т.к. при нарушении условий баланса (уравнение 4) и неизменных правилах совершения коммуникаций системе не удастся найти нового устойчивого состояния.

Выводы

В данном исследовании локальная экономическая система (сообщество) рассмотрена как сеть экономических коммуникаций. Вектор управления этой системой имеет вид $\vec{u}(t) = [u_{In}, u_C, u_S, u_F]$. Элементы вектора – это институциональное управление, управление функционированием, управление составом и управление структурой. Институциональное управление реализовано через управление объемами и типами денежных средств, структурой – через изменение матрицы связей агентов, управление составом – через изменение количества и типов действующих агентов, а управление функционированием – через программирование различных стратегий поведения агентов.

Список литературы

1. Митусов М.О., Генкин А.С. К вопросу о жизнеспособности локальных дополнительных экономик в новом мире / М.О. Митусов, А.С. Генкин // Мир новой экономики. – 2012. – № 1–2. – С. 28–32.
2. Власов В.В. О трактовании понятий «региональный» и «локальный» рынок / В.В. Власов // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – № 11 (033). – С. 56–59.
3. Porter Michael E. Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy // *Economic Development Quarterly*. – February, 2000. – Vol. 14, № 1. – P. 15–34.
4. Porter Michael E. The competitive advantage of nations // *Harvard Business Review*. – March–April 1990. – P. 71–91.
5. Кожевников Н.Н., Пашкевич Н.Л. Глокализация: концепции, характерные черты, практические аспекты вич / Н.Н. Кожевников, Н.Л. Пашкевич // Вестник ЯГУ. – 2005. – Т. 2, № 3. – С. 111–115.
6. Achterbergh Jan, Vriens Dirk. Organizations. Social Systems Conducting Experiments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. – 381 p.
7. Леонтьев В.В. Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика: Пер. с англ. / В.В. Леонтьев. – М.: Политиздат, 1990. – 415 с.
8. Борщев А. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика / А. Борщев // Exponenta PRO. – 2004. – № 3–4(7–8). – С. 38–47.
9. Borrell Paul L., Tesfatsion Leigh. Agent-Based Modeling: The Right Mathematics for the Social Sciences // Working Paper № 10023. July, 2010.
10. NetLogo Home Page [Электронный ресурс]. – URL: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (дата обращения: 01.07.2017).
11. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. 3-е изд., испр. и дополн. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 604 с.
12. Берг Д.Б., Зверева О.М. Особенности коммуникаций между функционально сопряженными агентами производственной сети / Д.Б. Берг, О.М. Зверева // Вестник СибГУТИ. – 2015. – № 1. – С. 82–96.
13. Игнатова М.А., Селезнева Н.А., Ульянова Е.А. Муниципальная экономика: модель финансовой сети внутреннего рынка // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12901> (дата обращения: 01.07.2017).
14. Лиетар Б.А. Будущее денег: новый путь к богатству полноценному труду и более мудрому миру / Б.А. Лиетар. – М.: КРПА, Олимп: АСТ: Астрель, 2007. – 493 с.