

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМ МОДЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОДСИСТЕМАМИ

STRUCTURE AND ALGORITHM FOR MODEL MANAGEMENT OF LOCAL ECONOMIC SYSTEMS

A. Panachev

Summary. Regional economics consists of economic agents which are exchanging transactions and combine into subsystems. The relationships between agents can be illustrate using graph theory. One of the most suitable ways to describe method the ways of interactions and managing social systems is model management scheme.

The main goal of the paper is developing structure and model of local economic subsystems managing.

In the research process the scheme of model management of social subsystems on the municipality territory was formulated and the functions of its elements were described. An algorithm of local economic subsystems managing was presented, which allows processing bank transactions and searching closed subsystems which are consists of economic agents. It also allows modeling of key indicator changing (number of agent connections) through three strategies.

The scheme of model management and algorithm were applied on the municipal territory with population of 59 thousand peoples. Bank transactions between organizations for 1 month in 4 bank branches is the research base.

The 17 closed subsystems were found and network effect in the management of a key indicator (number of agent connections) presence was proved.

Keywords: model management; social systems; transaction graph; local economics; regional cooperation.

Паначев Антон Анатольевич

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г. Екатеринбург

panachev1@mail.ru

Аннотация. Экономика региона состоит из экономических агентов, которые обмениваются транзакциями и объединяются в подсистемы. Отношения между агентами могут быть проиллюстрированы с помощью подходов теории графов. Наиболее подходящим способом для описания способов воздействия и управления над социальными системами выступает схема модельного управления.

Целью данной работы является разработка структуры и модели управления локальными экономическими подсистемами.

В процессе исследования была сформулирована схема модельного управления экономическими подсистемами на территории муниципального образования и описаны функции ее элементов. Представлен алгоритм управления локальными экономическими подсистемами, который позволяет обрабатывать банковские транзакции, искать замкнутые подсистемы, состоящие из экономических агентов, моделировать изменение ключевого показателя (количество связей между агентами) по трем стратегиям.

Описанная схема модельного управления и алгоритм применены на муниципальном образовании с населением 59 тысяч человек. В качестве базы для исследования были взяты банковские транзакции между юридическими лицами за 1 календарный месяц в 4 отделениях банка.

В результате были найдены 17 замкнутых подсистем, доказано наличие сетевого эффекта при управлении ключевым показателем (количество связей на одного агента подсистемы).

Ключевые слова: модельное управление; социальные системы; граф транзакций; локальная экономика; региональная кооперация.

Экономика — сложная система, которая состоит из множества элементов. В экономических дисциплинах ее принято рассматривать через уровни: Макро-, Микро-. На любом из них она может подвергаться изменениям, причиной могут быть как внешнее воздействие, так и функциональная работа ее внутренних элементов.

Для минимизации шоковых воздействий на систему в целом можно точно стимулировать конкретные участки. Среди доступных инструментов, которыми

пользуются государственные структуры можно выделить изменение налоговой политики, субсидирование отраслей и пр. Эффективное управление подразумевает понимание составных элементов системы и прогнозирование результата воздействий.

С системной точки зрения экономическая система может быть представлена в виде совокупности агентов и связей между ними. Одним из наиболее эффективных инструментов для иллюстрации данных отношений выступают подходы теории графов.

Таблица 1. Элементы структур управления

Элементы систем	Виды систем управления				
	разомкнутое	замкнутое	адаптивное	модельное	семиотическое
Механизм порождения решений (МПР)	+	+	+	+	+
Объект (О)	+	+	+	+	+
Выходной преобразователь (ВыхПр)	+	+	+	+	+
Входной преобразователь (ВхПр)		+	+	+	+
Адаптор (А)			+		+
Модели (М)				+	+
Интерпретатор (И)					+

Отношения имеют направленность, следовательно, в теории графов их можно описать, в виде дуг. Агенты, чаще всего, осуществляют операционную деятельность на определенной территории, а следовательно, несколько агентов могут быть описаны, как подсистема. Экономическая подсистема — локализованная ячейка между несколькими агентами, часть отношений (или транзакций) между которыми повторяется по одному и тому же направлению внутри участников подсистемы, образуя замкнутый контур. Другая часть отношений направлена в сторону контрагентов во внешнем контуре.

Для описания влияния управляющих воздействий на экономические подсистемы используют подходы экономической кибернетики [9], как ответвления кибернетики второго порядка [6, 7, 8]. Среди наиболее эффективных способов описания управления можно выделить следующие структуры [1]:

1. разомкнутое управление;
2. замкнутое управление;
3. адаптивное управление;
4. модельное управление;
5. семиотическое управление.

Элементы структур управления системами представлены в таблице 1.

Для выбора оптимальной структуры управления, а также описания работы экономической системы следует выделить их функциональные задачи:

1. входной преобразователь — получает на вход информацию;
2. выходной преобразователь — применяет решение, принятое внутри системы, к объекту;
3. объект — преобразуемый элемент системы;
4. механизм порождения решений (МПР) — определяет цели, выбирает стратегию и значения це-

левых показателей и принимает решение по их достижению;

5. адаптор — преобразует входящую информацию в формат, который способна обработать система;
6. модели — на основании данных от входного преобразователя рассчитывают прогнозные значения целевого показателя по нескольким стратегиям для последующего принятия решений МПР;
7. интерпретатор — интерпретирует информацию, полученную из выходного преобразователя для дальнейшей обработки моделями.

Управление экономическими подсистемами направлено на повышение их эффективности. Под эффективностью подразумевается, как получение прибыли, так и поддержание жизнеспособности и стабильности внутри. Изучение повышения стабильности внутри подсистем активно затрагивается в исследованиях, связанных с теорией аутопоэза (одно из ответвлений кибернетики) [10, 11].

В контексте данного исследования для повышения эффективности экономических подсистем использовались алгоритмы поиска на языке Python, для которого достаточно данных о банковских транзакциях, а также схема модельного управления. Модельное управление состоит из минимально допустимого количества элементов, которые позволяют наиболее полным образом описать систему, минимизировав ее сложность [12].

Рассмотрев ключевые элементы экономической системы, описанные с помощью подходов теории графов, виды и структуру модельного управления, следует отметить, что для доказательства эффективности данных подходов следует разработать структуру и модель управления локальными экономическими подсистемами.

Таблица 2. Элементы схемы модельного управления и выполняемые функции

Элемент	Выполняемая функция в управлении
Входной преобразователь	Программа на Python забирает данные о банковских транзакциях из базы данных
Модели	Включает: модель поиска подсистем в графе транзакций; модель расчета текущих показателей системы; модель прогнозных целевых показателей системы при применении каждой из 3 возможных стратегий.
Механизм порождения решений	Определяет цели, выбирает стратегию, значения критериев эффективности и принимает решение по их достижению
Выходной преобразователь	Исполняет решение, принятое МПР
Объект	Совокупность агентов и связей между ними

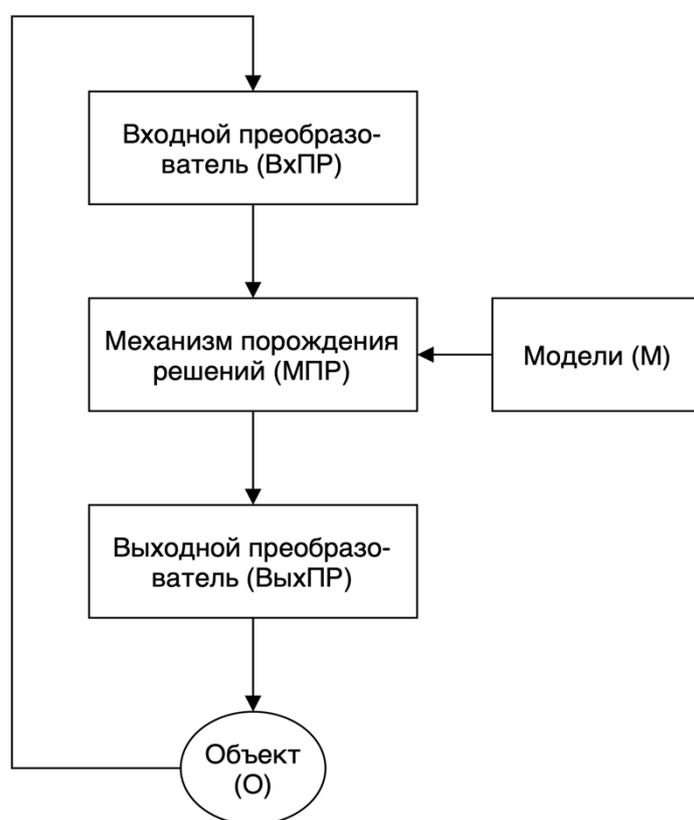


Рис. 1. Схема модельного управления

ми, а также проверить ее эффективность на реальном экономическом субъекте.

Цель

Целью данной работы является разработка структуры и модели управления локальными экономическими подсистемами.

Разработка системы модельного управления

Как уже было отмечено ранее, модельная схема управления — наиболее подходящая для описания алгоритма управления локальными экономическими подсистемами. Визуализация схемы представлена на рисунке 1 [1].



Рис. 2. Алгоритм управления локальными экономическими подсистемами

В схеме модельного управления обязательными элементами выступают:

1. входной преобразователь;
2. модели;
3. механизм порождения решений;
4. выходной преобразователь;
5. объект.

Соответствие между элементами и функциями, которые они выполняют, в исследуемой системе представлено в таблице 2.

Входной преобразователь — элемент, который считывает данные о банковских транзакциях из базы и осуществляет первичное преобразование в вид, который способны обработать модели.

Перед применением моделей механизм порождения решений определяет цели и ключевые метрики, отражающие эффективность принимаемых решений. Данный элемент системы используется в двух точках:

1. первичное целеполагание;
2. принятие конечного решения, на основе рассчитанных моделями данных.

Модели — обрабатывают информацию из входного преобразователя, находят подсистемы, рассчитывают текущие метрики и прогнозные метрики по одной из нескольких стратегий. В нашей схеме управления используется 3 модели.

После расчета прогнозных значений, механизм принятия решений выбирает наиболее подходящую

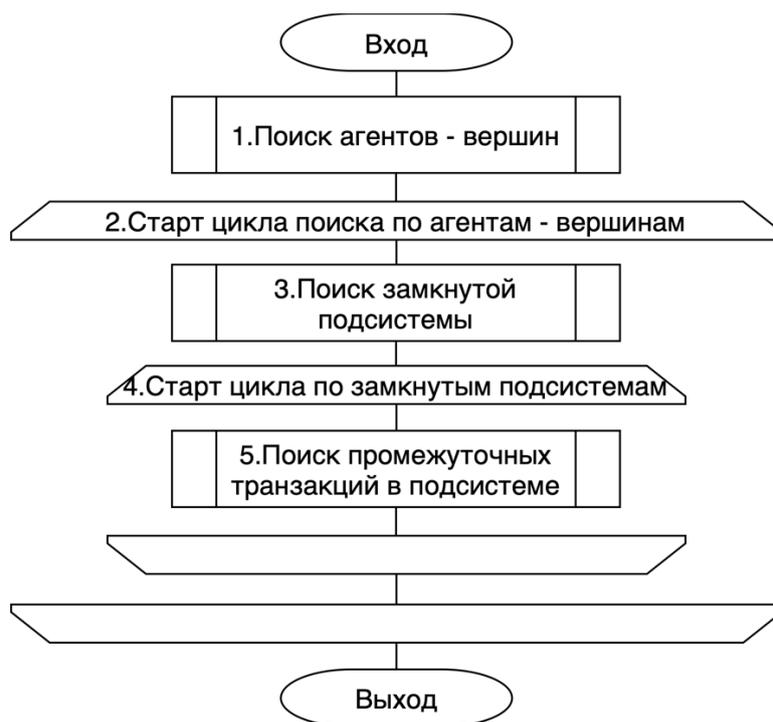


Рис. 3. Функция поиска локальных экономических подсистем

стратегию и передает решение на выходной преобразователь, который выступает в качестве исполнителя и применяет его на объекте.

Объект — часть системы, на преобразование которого направлены действия остальных элементов.

Схемы модельного управления также может быть представлена в виде последовательности шагов (алгоритма), представленных на рисунке 2.

Блок-схема более детально раскрывает логику схемы модельного управления, описанной ранее. Внутри цикла модели рассчитывают прогнозные значения критериев эффективности, далее МПР принимает решение. Алгоритм повторяется до тех пор, пока показатели не будут достигнуты или количество исследуемых периодов не закончится.

Перед тем как перейти к фактическим результатам применения данной схемы на реальном муниципальном образовании следует более детально описать цель управления, алгоритм поиска подсистем (шаг 2 блок-схемы) и критерии эффективности.

Цель управления — максимизировать количество связей между агентами, что позволит достичь более стабильной экономики за счет усиления региональной кооперации.

Функция поиска подсистем представлена на рисунке 3.

Алгоритм поиска включает 5 основных шагов:

1. поиск вершин — агенты, которые и получают, и отправляют транзакции;
2. старт цикла по вершинам
3. поиск минимальной замкнутой подсистемы (например: А-В-С-А, где каждый элемент — экономический агент);
4. старт цикла по всем комбинациям между агентами найденной подсистемы
5. Поиск всех промежуточных транзакций между всеми возможными комбинациями (например, поиск между: А и В, А и С, В и А и т.д.)

Поиск осуществляется до тех пор, пока на новой итерации цикла не будет найдено ни одной новой транзакции между участниками подсистемы.

Для достижения цели управления использовались следующие критерии эффективности [5,3,2,4]:

1. количество узлов сети (агентов, участников);
2. количество ребер сети (отношений, коммуникаций, связей);
3. темп прироста количества связей на 1 агента.

Формула расчета показателя темпа прироста связей на 1 агента представлена ниже:

Таблица 3. Количественные показатели экономической системы и найденных подсистем

Показатель	Вся система	Внутри подсистем	Доля внутри подсистем, %
Участников, шт.	2 934	102	3,5
Оборот, тыс. руб.	2 706 528	283 624	10,5
Транзакций, шт.	11 791	262	2,2

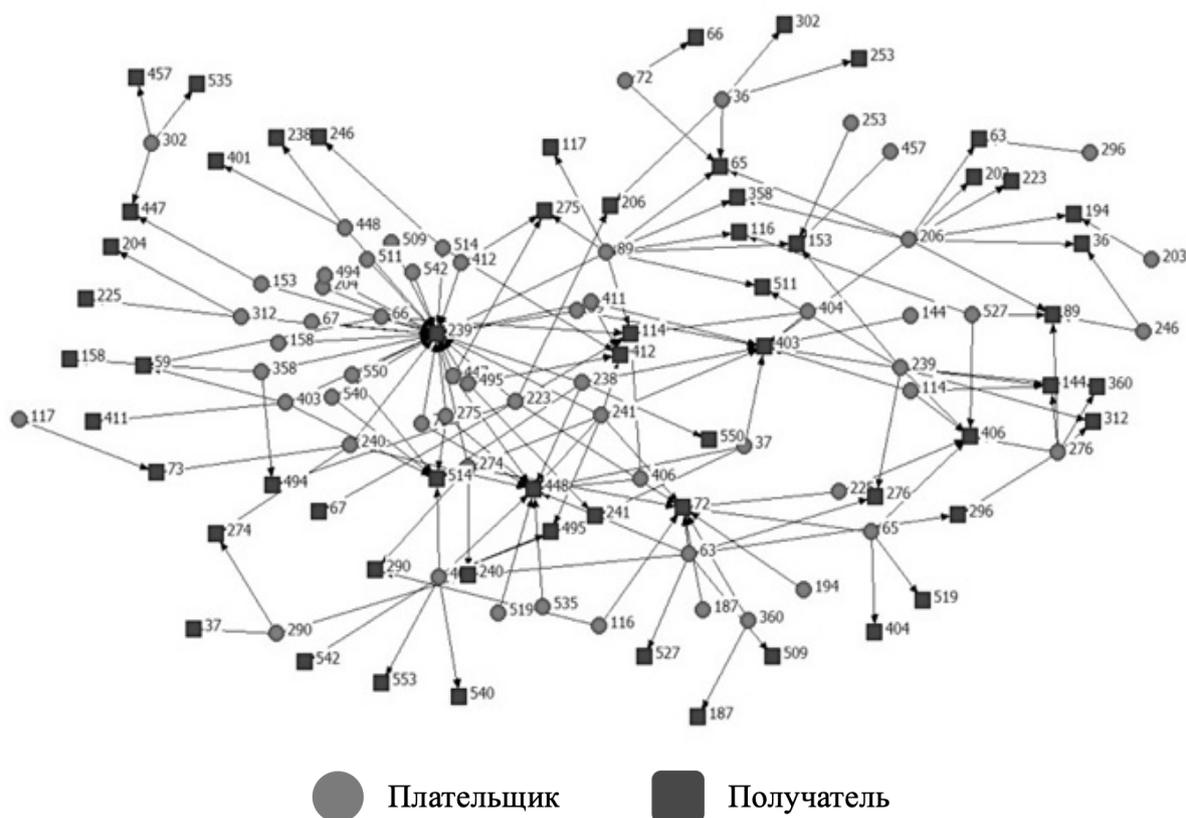


Рис. 4. Экономическая подсистема из 59 агентов

Применение системы модельного управления на локальном уровне

Для проведения эксперимента был взят набор банковских транзакций между юридическими лицами в 4 отделениях муниципального образования с населением 59 тысяч человек за 1 календарный месяц. Выборка данных включала следующие атрибуты:

1. плательщик;
2. отрасль плательщика (по ОКВЭД);
3. дата и время платежа;
4. сумма платежа;
5. получатель;
6. отрасль получателя (по ОКВЭД).

На данной выборке банковских транзакций был применен авторский алгоритм поиска, который позволил найти 17 экономических подсистем. Результаты по-

иска и количественные показатели представлены в таблице 3.

Из представленных данных мы видим, что несмотря на то, что доля участников экономических подсистем составляет лишь 3,5% от всех транзакций, они генерируют 10,5% всего денежного оборота экономической системы.

Для проверки гипотезы о наличии сетевого эффекта при стимулировании формирования новых связей внутри подсистем было взято одно из 17 найденных сообществ. Визуально подсистема представлена на рисунке 4.

Представленный граф транзакций состоит из агентов, которые обмениваются банковскими транзакциями. Во внутреннем (замкнутом) контуре графа нахо-



Рис. 5. Типы сетевых структур, используемых в исследовании

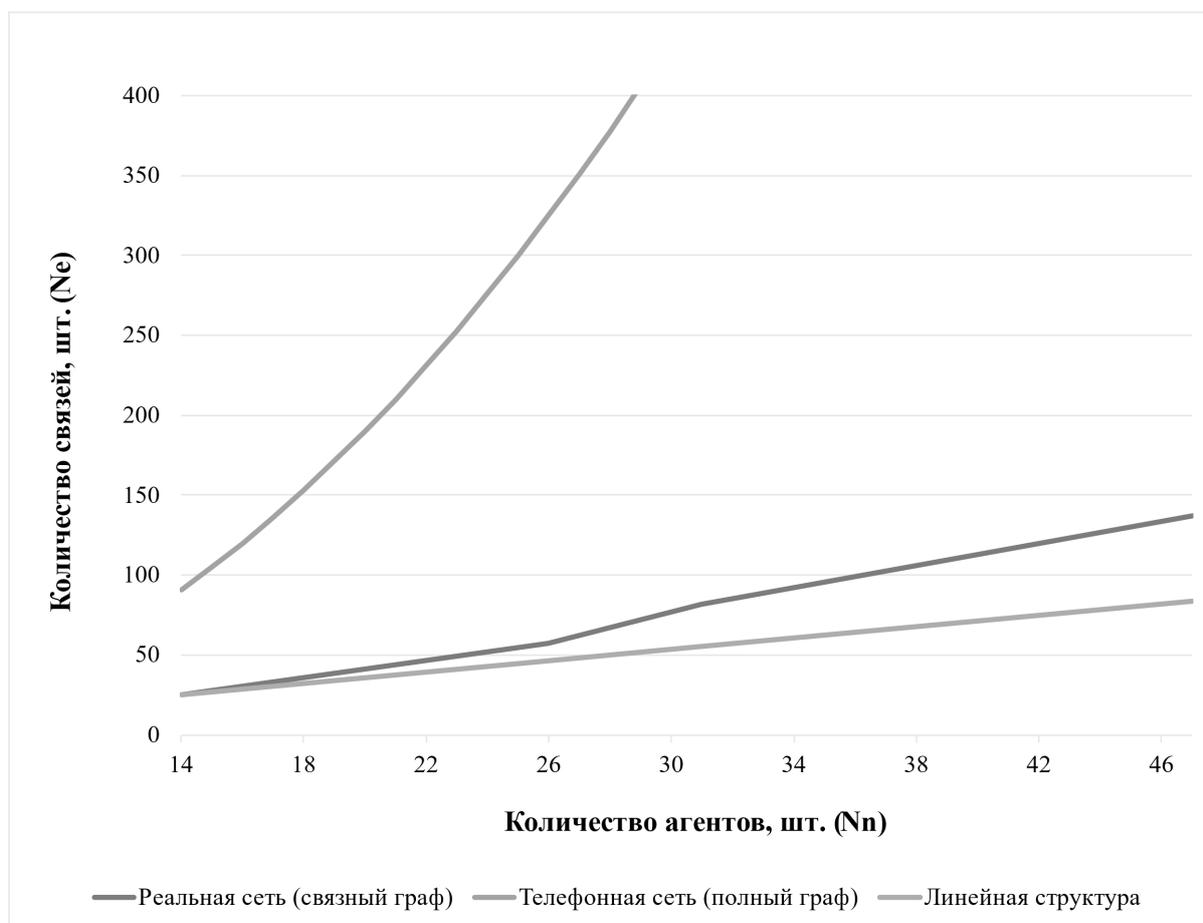


Рис. 6. Динамика изменения критериев эффективности подсистемы

дится 47 агентов, остальные 12 — внешние получатели, которые не возвращают транзакции во внутренний контур. Для дальнейшего анализа сетевого эффекта взят замкнутый контур.

Для проверки гипотезы о наличии сетевого эффекта при управлении подсистемой был взят минимальный замкнутый набор транзакций в подсистеме (14 агентов) и смоделировано присоединение новых агентов в 4 шага:

- ◆ 14 (агентов);
- ◆ 26;
- ◆ 31;
- ◆ 47.

Реальная сеть представляет собой стандартную топологию связанного графа. Для сравнения с другими топологиями аналогичный эксперимент одновременно проводился и для структур другого типа:

1. линейная структура;

Таблица 4.

Количество агентов, шт. (Nn)	Количество связей, шт. (Ne)					
	Реальная сеть (связный граф)		Телефонная сеть (полный граф)		Линейный структура	
Nn	Ne	NoC	Ne	NoC	Ne	NoC
14	25	1,79	91	6,5	25	1,79
26	57	2,19 (+19%)	325	12,50 (+48%)	46	1,79 (+0%)
31	82	2,64 (+17%)	465	15,00 (+17%)	55	1,79 (+0%)
47	137	2,91 (+10%)	1081	23,00 (+35%)	84	1,79 (+0%)

2. полный граф (телефонная сеть) .

Топологии сетевых структур представлены на рисунке 5:

Графическое отображение динамики изменения показателей при приросте количества агентов в системе представлено на рисунке 6.

Помимо количества связей и количества агентов, эффективность и устойчивость сети характеризует показатель, отражающий количество связей на одного участника (формула расчета представлена в выше). Динамика изменения всех трех показателей представлена в таблице 4.

Наиболее эффективным прирост показателей демонстрирует полный граф (телефонная сеть), так как каждый новый участник автоматически становится связанным с остальными. В реальной сети и экономике такой эффект невозможен. Связи образуются и распадаются, в зависимости от экономической ситуации и стратегии развития бизнеса каждого из агентов.

Выводы

В рамках данной работы была разработана и представлена схема модельного управления локальными экономическими подсистемами, которая включает следующие элементы: входной преобразователь, механизм порождения решений, модели, выходной преобразователь и объект. Описаны функции элементов в контексте исследования экономических подсистем.

Для решения задачи поиска подсистем, на базе схемы модельного управления, был разработан и представлен алгоритм управления, а также детально описаны алгоритм поиска локальных экономических подсистем и критерии эффективности управления.

Алгоритм был применен на данных о банковских транзакциях реального экономического субъекта с населением 59 тысяч человек. В результате было найдено 17 подсистем, которые включают 102 организации с долей оборота от всей системы 10,5%.

Для анализа наличия сетевого эффекта от управления экономической подсистемой было взят замкнутый контур самой большой из найденных подсистем (47 агентов) и смоделировано пошаговое добавление участников в 4 шага. Произведено сравнение динамики изменения критериев эффективности у реальной сети (связный граф), телефонной сети (полный граф) и линейной структуры. Было выявлено, что реальная сеть обладает сетевым эффектом при присоединении новых участников, но динамика показателей изменяется с меньшей динамикой, чем у телефонной.

Применение схемы модельного управления и алгоритма управления экономическими подсистемами продемонстрировало, что при стимулировании развития отношений внутри подсистем количество связей на каждого из агентов расчет не пропорционально, что подтверждает наличие сетевого эффекта, стимулирует развитие региональной кооперации и повышает устойчивость региональной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштейн С.Л., Ткаченко Т.Я. Введение в системологию и системотехнику. — Екатеринбург: ИПРО, 1994. — 198 с.
2. Анфилов В.С. Системный анализ в управлении: учебное пособие / В.С. Анфилов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин М.: Финансы и статистика, 2002—368 с.
3. Градосельская Г.В. Сетевые измерения в социологии: учеб. пособие / Г.В. Градосельская под ред. Г.С. Батыгина. — М.: Издат. дом «Новый учебник», 2004. — 248 с.
4. Зверева, О.М. Сравнительный анализ структуры локальных предпринимательских сетей / О.М. Зверева, Р.Х. Давлетбаев, Ю.Ю. Назарова, М.А. Медведева, Д.Б. Берг // Управление экономическими системами. — 2016. — № 8 (90) . — С. 31.

5. Wassermann S. *Advances in Social Network Analysis. Research in the Social and the Behavioral Sciences* / S. Wassermann, J. Galaskiewicz.: SAGE Publications, Inc., 1994. — 300 p.
6. Новиков Д.А. *Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития* / Д.А. Новиков.— М.: ЛЕНАНД, 2016.— 160 с.
7. Ferster von H. *Observing Systems*, 2nd edition / von H. Ferster.: Intersystems Publications. 1981. — 331 p.
8. Ferster von H. *Understanding understanding: essays on cybernetics and cognition* / von H. Ferster.: Springer-Verlag New York. 2003.
9. Beer S. *Cybernetics and Management* / S. Beer — London: The English University Press, 1959. — 214 p.
10. Maturana, H.R. *Autopoiesis and Cognition. The realization of the living* / H.R. Maturana, F.J. Varela // *Boston Studies in the Philosophy of Science*. —1980.— Vol.42.
11. Maturana, H.R. *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding* / H.R. Maturana, F.J. Varela.— Boston and London: Revised Edn., Shambhala, 1998.— 269 p.
12. Кохановский В.А. Оценка сложности систем / В.А. Кохановский, С.М. Христофоровна, М.Г. Комахидзе // *Advanced Engineering Research*. —2012.— № 4 (65) .— С. 22–26

© Паначев Антон Анатольевич (panachev1@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина