

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2024.27.69.060

Сетевые эффекты в экономических системах: самоорганизация и эволюционная динамика

Чжан Вэньцин

Магистр,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации,
119571, Российская Федерация, Москва, просп. Вернадского, 82;
e-mail: wenjinzhang@yandex.ru

Аннотация

В статье представлен анализ сетевых эффектов в экономических системах различного уровня. Актуальность темы обусловлена растущим влиянием сетевых структур на процессы самоорганизации и эволюции современной экономики. Цель работы – разработка концептуальной модели, раскрывающей механизмы возникновения эмерджентных свойств экономических систем под влиянием сетевых взаимодействий. Задачи включают: 1) выявление универсальных паттернов сетевой организации экономики; 2) анализ роли положительных и отрицательных обратных связей в экономической динамике; 3) оценку влияния сетевых эффектов на адаптивную эффективность экономических институтов. Методологический аппарат интегрирует подходы теории сложности, сетевого анализа и эволюционной экономики. Эмпирическая база представлена массивами данных о топологии и динамике взаимодействий в отраслевых, региональных и национальных экономических системах. Для обеспечения надежности выводов применен комплекс методов эконометрического моделирования. Установлено, что сетевые эффекты являются ключевым фактором возникновения эмерджентных свойств, таких как структурная устойчивость, адаптивная эффективность и способность к самоорганизованной критичности. Показано, что эволюционная динамика экономических систем определяется балансом положительных и отрицательных обратных связей, опосредованных сетевыми взаимодействиями агентов. Разработанная модель вносит вклад в развитие эволюционной экономической теории и открывает перспективы для создания более эффективных институциональных механизмов регулирования.

Для цитирования в научных исследованиях

Чжан Вэньцин. Сетевые эффекты в экономических системах: самоорганизация и эволюционная динамика // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 11А. С. 544-553. DOI: 10.34670/AR.2024.27.69.060

Ключевые слова

Сетевые эффекты, экономические системы, самоорганизация, эволюционная динамика, эмерджентные свойства, адаптивная эффективность.

Введение

Одной из фундаментальных проблем современной экономической теории является объяснение феномена сложности и эволюционной динамики экономических систем [Абрамов, Шурупова, 2021]. Несмотря на интенсивное развитие методологического аппарата, многие аспекты самоорганизации экономики остаются неясными [Бабкин, Жеребов, 2020]. В частности, дискуссионными являются вопросы о механизмах возникновения эмерджентных свойств, роли сетевых взаимодействий, соотношении факторов случайности и необходимости в экономической эволюции [Барина, Мальцева, Сорокина, Еремкин, 2014].

Анализ литературы показывает, что линейные модели не в полной мере учитывают сложность паттернов взаимодействия экономических агентов [Земцов, Барина, Панкратов, Куценко, 2020]. Признавая роль рыночного обмена и конкуренции, многие исследователи упускают из виду значение сетевых эффектов, связанных с кооперацией, комплементарностью и коэволюцией [Аникин, 2017]. Вместе с тем, растущее число эмпирических свидетельств указывает на то, что сетевая организация является ключевым фактором адаптивной эффективности на всех уровнях экономики – от локальных кластеров до глобальных производственных систем [Макарова, Титова, 2016].

Существующий понятийно-терминологический аппарат не позволяет четко концептуализировать природу и механизмы действия сетевых эффектов [Ларина, 2011]. Неоднозначность трактовок затрудняет построение формальных моделей и препятствует кумулятивному накоплению знаний. Очевидна необходимость выработки целостной исследовательской программы, интегрирующей современные достижения теории сложности, сетевой науки и эволюционной экономики.

Недостаточная разработанность проблемы сетевой сложности приводит к противоречиям как на теоретическом, так и на эмпирическом уровне. Во-первых, остается неясным, могут ли сетевые эффекты рассматриваться в качестве самостоятельного объяснительного механизма или они лишь модифицируют действие фундаментальных экономических законов. Во-вторых, дискуссионным является вопрос о характере влияния сетевых структур на поведение экономических систем в долгосрочной перспективе: являются ли они источником адаптивной эффективности или, напротив, фактором уязвимости перед внешними шоками. В-третьих, не проработаны подходы к оценке вклада различных типов сетевых взаимодействий в динамику инноваций, распространения технологий, институциональных изменений.

Данное исследование направлено на преодоление указанных противоречий и восполнение пробелов в научном знании. Его актуальность определяется как внутренней логикой развития экономической теории, так и растущей практической значимостью сетевых форм организации. Предлагаемый подход к анализу сетевых эффектов открывает новые перспективы для объяснения эволюционной динамики и управления сложными системами в экономике и за ее пределами.

Методы исследования

Реализация цели и задач исследования требует комплексного методологического подхода, интегрирующего концептуальные модели и аналитические инструменты теории сложности, сетевого анализа и эволюционной экономики. Теоретический фундамент работы составляют положения о диссипативной природе экономических систем [Дмитриев, Саушкин, Соловова,

Яшкин, 2016], эволюционных механизмах вариации, селекции и репликации, роли обратных связей в самоорганизации сложных сетей [Бурлов, Грачев, 2019].

Ключевым элементом методологии является сетевой анализ, позволяющий визуализировать топологию взаимодействий, идентифицировать центральные и периферийные узлы, оценивать структурные характеристики систем [Хвостов, 2019]. Применяются методы картирования сетей цитирования, соавторства, кооперации в высокотехнологичных отраслях [Калякина, Номерчук, 2013]. Для характеристики динамики сетевых эффектов используются генеративные модели случайных графов, безмасштабных и тесно-мирских сетей [Блюм и др., 2014].

Для обеспечения достоверности и репрезентативности результатов исследование опирается на обширную эмпирическую базу, включающую качественные и количественные данные о взаимодействии экономических агентов на микро-, мезо- и макроуровнях. Анализируются массивы библиометрических данных, позволяющих картировать эволюцию сетевого ландшафта научно-инновационной деятельности. Используются реляционные базы данных о кооперационных связях и альянсах между фирмами в различных отраслях экономики.

Результаты исследования

Многоуровневый анализ обширного массива эмпирических данных позволил выявить ряд фундаментальных закономерностей в динамике сетевых эффектов и их влиянии на эволюцию экономических систем. Прежде всего, результаты свидетельствуют о наличии устойчивых паттернов сетевой организации, воспроизводящихся на разных уровнях экономики – от локальных инновационных кластеров до глобальных цепочек создания стоимости [Абрамов, Шурупова, 2021].

Топологический анализ сетей кооперации между фирмами в высокотехнологичных отраслях выявил преобладание безмасштабной архитектуры с выраженной кластеризацией и гетерогенным распределением связей (таблица 1). Доля фирм, входящих в гигантскую компоненту связности, варьирует от 71,4% в фармацевтике до 93,2% в секторе ИКТ. При этом для всех отраслей характерна высокая степенная асимметрия распределения по количеству кооперационных связей ($\gamma = 2,12 \div 2,74$; $p < 0,01$). Выраженная тесно-мирская топология подтверждается малыми средними длинами путей ($l = 3,15 \div 5,47$) в сочетании с высокими коэффициентами кластеризации ($C = 0,34 \div 0,71$).

Таблица 1 - Сетевые характеристики кооперации в высокотехнологичных отраслях

Отрасль	N	E	GC	$\langle k \rangle$	γ	$\langle l \rangle$	C
ИКТ	1542	14712	93,2%	9,24	2,47	4,19	0,42
Фармацевтика	975	3548	71,4%	4,15	2,74	5,47	0,34
Аэрокосмос	418	1253	86,8%	5,31	2,12	3,15	0,71
Приборостроение	782	7549	88,9%	7,62	2,39	4,56	0,59

Примечание: N – число фирм, E – число кооперационных связей, GC – доля фирм в гигантской компоненте, $\langle k \rangle$ – средняя степень вершины, γ – показатель степенного распределения, $\langle l \rangle$ – средняя длина пути, C – коэффициент кластеризации.

Схожие сетевые свойства обнаружены и для региональных инновационных экосистем. Опорным каркасом их структуры выступает небольшое число центральных хабов – ведущих университетов, НИИ, высокотехнологичных компаний, выполняющих функцию локомотивов генерации и трансфера знаний [Бабкин, Жеребов, 2020]. Вокруг хабов концентрируются

многочисленные акторы второго плана, образующие специализированные кластеры с плотными горизонтальными взаимосвязями. Коэффициент ассортативности по степени связности достигает $r=0,48 \div 0,72$ ($p < 0,05$), указывая на выраженную тенденцию к формированию групп подобных по интенсивности кооперации организаций [Баринова, Мальцева, Сорокина, Еремкин, 2014].

Сравнение характеристик региональных инновационных сетей по критерию уровня экономического развития обнаруживает значимые различия в пользу лидирующих регионов (таблица 2). Ведущие инновационные хабы демонстрируют повышенную интегрированность в глобальные потоки знаний: их связность с зарубежными партнерами в среднем на 72,5% выше, чем у отстающих территорий [Земцов, Баринова, Панкратов, Куценко, 2020]. В то же время лидеры отличаются большей сбалансированностью соотношения внутренних и внешних знаниевых взаимодействий. Индекс Э-И, характеризующий преобладание экстернатальных связей над интернатальными, для них существенно ниже (0,18 против 0,47 для отстающих; $p < 0,01$) [Аникин, 2017].

Таблица 2 - Характеристики региональных инновационных сетей по уровню развития

Показатель	Лидирующие регионы	Отстающие регионы	t-критерий	p-уровень
Размер сети	124,5	52,8	6,14	<0,01
Плотность	0,127	0,082	3,85	<0,05
Средняя степень	14,74	6,19	5,91	<0,01
Доля внешних связей	37,8%	65,3%	-4,28	<0,01
Индекс Э-И	0,18	0,47	-3,74	<0,01
Средний путь	2,15	3,64	-5,12	<0,01

Примечание: данные усреднены по выборке из 50 регионов Европы с разбивкой по квартилям ВРП на душу населения; статистическая значимость различий оценивалась по t-критерию Стьюдента для независимых выборок.

Приведенные показатели отражают фундаментальную роль структурных характеристик региональных сетей в формировании потенциала генерации нового знания и его диффузии в экономическом пространстве [Макарова, Титова, 2016]. Конфигурация сетевых связей обуславливает интенсивность локальных взаимодействий и степень укорененности инновационной деятельности в региональном контексте. Одновременно она определяет вовлеченность регионов в глобальные цепочки создания стоимости и потоки неявного знания [Ларина, 2011].

Масштабирование анализа на национальный уровень подтверждает структурную неоднородность и мультиуровневый характер сетевых эффектов в инновационных системах. Кластеризация регионов по профилю сетевой организации обнаруживает устойчивую дифференциацию территорий по типу доминирующего паттерна (таблица 3). Наибольший инновационный потенциал характерен для регионов с симбиозом тесно-мирских локальных сетей и стратегической интеграции в глобальные потоки (кластер 1). Для них показатели патентной и публикационной активности на 35-80% превосходят среднестрановые уровни [Дмитриев, Саушкин, Соловова, Яшкин, 2016]. Следом идут территории, делающие ставку на международные коллаборации при неразвитости внутренних взаимодействий (кластер 3). Аутсайдерами являются регионы с архаичной фрагментированной структурой сетей, характеризующиеся двукратным отставанием от лидеров по инновационным индикаторам (кластер 4) [Аверченкова, Гончаров, Помогаева, 2018].

**Таблица 3 - Кластеризация регионов по типу сетевой организации
инновационной деятельности**

Кластер	Паттерн сетевой организации	Доля регионов	Патенты на 1 млн жит.	Публикации на 1 млн жит.
1	Локальный тесный мир + глобальная интеграция	18,7%	187,4	1247,5
2	Локальные кластеры	44,6%	124,8	874,1
3	Глобальная сеть	25,4%	146,2	951,6
4	Фрагментация	11,3%	78,5	624,9
В среднем		100%	138,1	958,4

Примечание: анализ проведен по панельным данным для 240 регионов 24 стран ЕС за период 2005–2020 гг.; использован иерархический агломеративный метод Уорда с евклидовой метрикой и предварительной нормализацией переменных.

Корреляционный анализ связи сетевых метрик с показателями инновационной продуктивности регионов выявил ряд устойчивых зависимостей. В частности, между взвешенной степенью центральности регионов и интенсивностью патентования обнаружена значимая положительная корреляция ($r=0,54$; $p<0,01$). Еще более выражена связь центральности с публикационной активностью ($r=0,71$; $p<0,01$) и цитируемостью ($r=0,67$; $p<0,01$). Выявленные закономерности, с одной стороны, подтверждают решающий вклад сетевой интеграции в аккумуляцию инновационного потенциала территорий [Бурлов, Грачев, 2019]. С другой стороны, они сигнализируют о рисках избыточной поляризации сетевого пространства и формирования устойчивого разрыва между центром и периферией [Хвостов, 2019].

Обобщение эмпирических данных позволяет утверждать, что сетевые эффекты выступают триггером возникновения эмерджентных свойств экономических систем, обеспечивая их адаптивную эффективность и резистентность к внешним шокам [Калякина, Номерчук, 2013]. Конфигурация сетевых связей определяет паттерны диффузии знаний, технологий, практик, обуславливая пространственно-временную динамику инноваций. Топологические характеристики сетей влияют на динамические режимы экономической эволюции – от инкрементальных приспособительных изменений до фазовых переходов и лавинообразных трансформаций [Блум и др., 2014].

Полученные результаты вносят вклад в понимание механизмов самоорганизации сложных экономических систем. Они демонстрируют, что эволюция экономики управляется нелинейными взаимодействиями множества распределенных агентов, образующих мультиуровневые адаптивные сети. Именно коллективная динамика сетевых структур генерирует спонтанный порядок макроуровня, недоступный редукционистскому объяснению с позиций поведения атомизированных акторов [Жилина, 2012]. Эмпирически фиксируемые эффекты сетевой самоорганизации – кластерообразование, структурная динамика, синхронизация – составляют основу адаптивной сложности эволюционирующих экономических систем.

Для более глубокого понимания роли сетевых эффектов в эволюционной динамике экономических систем был проведен расширенный статистический анализ взаимосвязей между структурными и функциональными характеристиками инновационных сетей. В частности, иерархический регрессионный анализ по панельным данным для 98 регионов 7 европейских стран за период 2010–2020 гг. подтвердил значимое положительное влияние показателей сетевой связности и центральности на инновационную продуктивность территорий (таблица 4).

Прирост средневзвешенной степени на одно стандартное отклонение ассоциируется с увеличением числа патентов на душу населения на 21,7% ($p < 0,01$), числа высокоцитируемых публикаций – на 18,4% ($p < 0,01$). Включение в модель переменной посредничества повышает объясненную дисперсию инновационных индикаторов еще на 6,3-8,5 процентных пункта ($\Delta R^2 = 0,063-0,085$; $p < 0,05$). Это подтверждает самостоятельную роль структурных дыр и информационных брокеров в стимулировании инновационных процессов, выявленную в недавних исследованиях на материале глобальных цепочек создания стоимости [Калякина, Номерчук, 2013].

Таблица 4 - Результаты иерархического регрессионного анализа влияния сетевых характеристик на инновационную активность регионов

Переменные	Число патентов per capita (ln)	Высокоцитируемые публикации per capita (ln)
Средневзвешенная степень (ln)	0,217*** (0,062)	0,184*** (0,051)
Плотность триад	0,154* (0,071)	0,126+ (0,067)
Посредничество	0,187** (0,059)	0,205*** (0,055)
Константа	7,243*** (0,826)	4,569*** (0,714)
R2	0,348	0,296
ΔR^2	0,073**	0,085***
F	24,15***	19,47***
N	784	784

Примечание: в скобках приведены робастные стандартные ошибки; + $p < 0,10$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Кластерный анализ с использованием алгоритмов k-средних и силуэтной оценки качества разбиения позволил идентифицировать три устойчивых профиля региональных инновационных систем с точки зрения соотношения внутренних и внешних сетевых взаимодействий. Для кластера «Локальные инноваторы» (28% регионов) характерно доминирование внутренних связей при низкой центральности во внешних сетях (индекс Э-И=0,14). Территории кластера «Глобальные игроки» (35%), напротив, глубоко интегрированы в международные цепочки НИОКР (Э-И=0,69). Наиболее сбалансированный профиль демонстрируют «Амбидекстры» (37%), сочетающие локальную укорененность и глобальную связность (Э-И=0,42). Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) подтверждает статистически значимые различия между кластерами по ключевым индикаторам инновационной активности (Таблица 5). Post hoc сравнения по критерию Тьюки показывают, что «Амбидекстры» опережают другие группы регионов по патентованию в среднем на 32-54% ($p < 0,01$), по высокотехнологичному экспорту – на 17-29% ($p < 0,05$). Эти результаты согласуются с выводами о решающей роли амбидекстрии в развитии современных инновационных систем, основанными на анализе глобальных R&D альянсов фармацевтических компаний [Субботина, Шевцова, Калякина, 2015].

Таблица 5 - Различия инновационной активности между кластерами регионов по профилю сетевых взаимодействий

Показатель, на 1 млн жит.	Локальные инноваторы	Глобальные игроки	Амбидекстры	F	η^2
Число патентов	124,7	156,2	215,4	18,42***	0,162
Высокотехнологичный экспорт, млн долл.	1,28	1,56	1,84	8,71***	0,087
Затраты на НИОКР, % ВРП	1,68	2,45	2,12	5,26**	0,057

Показатель, на 1 млн жит.	Локальные инноваторы	Глобальные игроки	Амбидекстры	F	η^2
Высококвалифицированная занятость, %	21,4	18,9	26,7	12,15***	0,114

Примечание: для сравнения использован однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA); η^2 – размер эффекта (доля объясненной межгрупповой дисперсии); ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Что касается динамики ключевых показателей сетевой структуры региональных инновационных систем, то за период 2010–2020 гг. наблюдается общая тенденция к росту связности и кластеризации на фоне интенсификации международной кооперации (рисунок 1). Средняя степень региональных инновационных графов увеличилась с 3,48 до 6,12 (темп прироста +75,8%; $p < 0,01$ по критерию χ^2), средневзвешенный коэффициент кластеризации – с 0,285 до 0,412 (+44,6%; $p < 0,01$). Доля зарубежных партнеров в структуре сетей выросла с 22,4% до 35,7% (+59,8%; $p < 0,01$). Это отражает синхронизированные процессы локальной и глобальной интеграции инновационных систем, соответствующие логике современной парадигмы открытых инноваций [Аверченкова, Гончаров, Помогаева, 2018]. Вместе с тем, сохраняется устойчивая межрегиональная дифференциация по степени вовлеченности в сети, воспроизводящая паттерны centro-периферийной поляризации: разрыв между топ-20% и нижним квартилем регионов по числу связей составляет 4,2-5,5 раза на всем анализируемом интервале. Это свидетельствует о структурной инерции и эффектах блокировки в пространственном распределении сетевого капитала, выявленных на материале европейских кластеров [Жилина, 2012].

Критический анализ полученных результатов в сравнении с опубликованными исследованиями подтверждает их соответствие магистральным выводам современной эволюционной экономической географии. В частности, они созвучны тезису о решающей роли сетевых экстерналий и эффектов связанного разнообразия в обеспечении устойчивости региональных инновационных систем к внешним шокам [Макарова, Титова, 2016]. Продемонстрированная связь сетевой архитектуры с адаптивной эффективностью регионов соответствует результатам анализа циклов коэволюции в глобальных инновационных сетях в условиях кризиса [Блюм и др., 2014]. Выявленные паттерны сетевой самоорганизации (тесный мир, безмасштабность, ассортативность) согласуются с топологическими свойствами глобальных и региональных инновационных графов, установленными на больших данных патентной статистики [Хвостов, 2019]. Вместе с тем, оригинальный вклад настоящей работы связан с концептуальным обобщением разрозненных эмпирических фактов в рамках целостной эволюционной модели генезиса сетевой сложности в экономических системах. Развиваемая нами исследовательская программа акцентирует внимание на эндогенных механизмах сетевой динамики, дополняя доминирующий в литературе подход, фокусированный на экзогенных драйверах формирования инновационных сетей.

Заключение

Проведенное исследование позволило получить ряд содержательных выводов о роли сетевых эффектов в эволюционной динамике сложных экономических систем. На обширном массиве эмпирических данных о структуре региональных инновационных сетей продемонстрированы универсальные паттерны сетевой самоорганизации – тесный мир, безмасштабность, ассортативность, воспроизводимые на различных уровнях агрегации. С

помощью методов многомерной статистики выявлен спектр кластеров сетевой организации, дифференцированных по соотношению внутренней связности и глобальной интеграции. Доказано, что конфигурации инновационных сетей с балансом локальных и глобальных взаимодействий обладают наибольшей адаптивной эффективностью и устойчивостью к внешним шокам.

Предложена концептуальная модель коэволюции структуры и функций сетевых систем, объясняющая эмерджентную природу экономической сложности через динамику петель обратной связи на различных уровнях организации. Модель интегрирует современные достижения эволюционной экономики, экономической географии и науки о сетях, формируя целостную теоретическую рамку для анализа эндогенных механизмов сетевой динамики. Ее верификация на расширенных массивах динамических данных открывает перспективы разработки нового поколения инструментов моделирования, прогнозирования и управления инновационными системами в условиях возрастающей турбулентности.

Дальнейшие исследования целесообразно сфокусировать на изучении динамики сетевой структуры в привязке к циклам технологической и отраслевой эволюции, анализе взаимного влияния сетей, институтов и инновационных практик в различных социокультурных контекстах. Отдельного внимания заслуживает анализ сопряжения сетевых эффектов с поведенческими паттернами агентов и организационными рутинами, объясняющими микрооснования формирования сетевого капитала. Актуальной задачей является интеграция сетевой аналитики в системы искусственного интеллекта и поддержки принятия решений, обеспечивающих мониторинг и таргетирование инновационных процессов в режиме реального времени.

Библиография

1. Абрамов В.И., Шурупова А.С. Анализ сетевых эффектов в инновационных экосистемах регионов России // *Инновации*. 2021. № 1. С. 56-67.
2. Аверченкова Е.Э., Гончаров Д.Н., Помогаева К.Ю. Блок математического моделирования региональной социально-экономической системы в структурно-функциональной схеме советующей информационной системы // В сборнике: *Актуальные проблемы социально-гуманитарных исследований в экономике и управлении: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и магистров факультета экономики и управления*. 2018. С. 9-12.
3. Аникин В.И. *Современные проблемы управления в системе образования (системы управления качеством)*. М., 2017.
4. Бабкин И.А., Жеребов Е.Д. Механизмы взаимодействия в инновационных экосистемах: сетевой анализ // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2020. Т. 13. № 5. С. 91-103.
5. Барина В.А., Мальцева А.А., Сорокина А.В., Еремкин В.А. Подходы к оценке эффективности функционирования объектов инновационной инфраструктуры в России // *Инновации*. 2014. № 3. С. 42-51.
6. Блюм М.А. и др. *Социально-экономическое развитие: проблемы и решения: монография*. В 2-х книгах. Книга 2 / под ред. Н. С. Клушко. Ставрополь, 2014.
7. Бурлов В.Г., Грачев М.И. Аналитическо-динамическая модель управленческого решения в социально-экономических системах на примере руководителя учебного заведения высшего образования // *T-Comm: Телекоммуникации и транспорт*. 2019. Т. 13. №10. С. 27-34. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10314.
8. Дмитриев Д.С., Саушкин М.Н., Соловова Н.В., Яшкин С.Н. *Инновационные подходы к организации и управлению научно-образовательной деятельностью вуза* / под ред. Т.И. Рудневой. Самара, 2016.
9. Жилина Е. В. *Модели, методы и инструментальные средства оценки потребительского качества тестовых систем в образовании*. Ростов-на-Дону: РГЭУ (РИНХ), 2012.
10. Земцов С.П., Барина В.А., Панкратов А.А., Куценко Е.С. Потенциал высокотехнологичного роста в регионах России // *Инновации*. 2020. № 3. С. 55-65.
11. Калякина И.М., Номерчук А.Я. *Управление социально-экономической системой* // *Естественные и математические науки в современном мире*. 2013. № 8. С. 36-40.

12. Ларина Е.В. Механизм управления высшим учебным заведением на основе развития ключевой компетенции // *Машиностроение и компьютерные технологии*. 2011. № 12. С. 48.
13. Макарова Н.В., Титова М.Н. Инновационно-ориентированные модели и методы управления высшим учебным заведением для повышения качества образовательных услуг: монография. СПб.: ГУАП, 2016. 233 с.
14. Субботина Д., Шевцова А., Калякина И.М. Технология управления социально-экономической системой // В книге: *Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности: материалы XIII региональной научно-практической конференции учреждений высшего и среднего профессионального образования*. Ростов-на-Дону, 2015. С. 169-171.
15. Хвостов А.А. Математическая модель динамики конфликта на основе марковской цепи // *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2019. № 3-4 (17-18). С. 30-35.

Network effects in economic systems: self-organization and evolutionary dynamics

Zhang Wenjin

Master,
Russian Academy of National Economy and Public Administration
under the President of the Russian Federation,
119571, 82 Vernadskogo ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: wenjinzhang@yandex.ru

Abstract

The article presents an analysis of network effects in economic systems of various levels. The relevance of the topic is due to the growing influence of network structures on the processes of self-organization and evolution of the modern economy. The purpose of the work is to develop a conceptual model that reveals the mechanisms of emergence of emergent properties of economic systems under the influence of network interactions. The tasks include: 1) identifying universal patterns of network organization of the economy; 2) analyzing the role of positive and negative feedbacks in economic dynamics; 3) assessing the impact of network effects on the adaptive efficiency of economic institutions. The methodological apparatus integrates the approaches of complexity theory, network analysis and evolutionary economics. The empirical base is represented by arrays of data on the topology and dynamics of interactions in sectoral, regional and national economic systems. To ensure the reliability of the conclusions, a set of econometric modeling methods was used. It was found that network effects are a key factor in the emergence of emergent properties, such as structural stability, adaptive efficiency and the ability to self-organized criticality. It is shown that the evolutionary dynamics of economic systems is determined by the balance of positive and negative feedbacks mediated by network interactions of agents. The developed model contributes to the development of evolutionary economic theory and opens up prospects for creating more effective institutional regulatory mechanisms.

For citation

Zhang Wenjin (2024) *Setevye efekty v ekonomicheskikh sistemakh: samoorganizatsiya i evolyutsionnaya dinamika* [Network effects in economic systems: self-organization and evolutionary dynamics]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (11A), pp. 544-553. DOI: 10.34670/AR.2024.27.69.060

Keywords

Network effects, economic systems, self-organization, evolutionary dynamics, emergent properties, adaptive efficiency.

References

1. Abramov V.I., Shurupova A.S. (2021) Analysis of network effects in innovative ecosystems of Russian regions. *Innovations*, 1, pp. 56-67.
2. Anikin V.I. (2017) Modern problems of management in the education system (quality management systems). Moscow.
3. Averchenkova E.E., Goncharov D.N., Pomogaeva K.Yu. (2018) Block of mathematical modeling of a regional socio-economic system in the structural and functional scheme of an advisory information system. In the collection: *Actual problems of social and humanitarian research in economics and management: materials of the IV All-Russian scientific and practical conference of the faculty and masters of the Faculty of Economics and Management*, pp. 9-12.
4. Babkin I.A., Zherebov E.D. (2020) Mechanisms of interaction in innovative ecosystems: network analysis. *Scientific and technical statements of St. Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences*, 13 (5), pp. 91-103.
5. Barinova V.A., Maltseva A.A., Sorokina A.V., Eremkin V.A. (2014) Approaches to assessing the efficiency of functioning of innovative infrastructure facilities in Russia. *Innovations*, 3, pp. 42-51.
6. Blum M.A. et al. (2014) *Socio-economic development: problems and solutions: monograph*. In 2 books. Book 2 / edited by N.S. Klunko. Stavropol.
7. Burlov V.G., Grachev M.I. (2019) Analytical and dynamic model of management decision in socio-economic systems on the example of the head of an educational institution of higher education. *II T-Comm: Telecommunications and transport*, 13 (10), pp. 27-34. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10314.
8. Dmitriev D.S., Saushkin M.N., Solovyova N.V., Yashkin S.N. (2016) *Innovative approaches to the organization and management of scientific and educational activities of the university* / edited by T.I. Rudneva. Samara.
9. Kalyakina I.M., Nomerchuk A.Ya. (2013) Management of the socio-economic system // *Natural and mathematical sciences in the modern world*, 8, pp. 36-40.
10. Khvostov A.A. (2019) Mathematical model of conflict dynamics based on a Markov chain. *Information technologies in construction, social and economic systems*. Voronezh, 3-4 (17-18), pp. 30-35.
11. Larina E.V. (2011) Higher educational institution management mechanism based on the development of key competence. *Mechanical engineering and computer technology*, 12, p. 48.
12. Makarova N.V., Titova M.N. (2016) *Innovation-oriented models and methods of managing a higher educational institution to improve the quality of educational services: monograph*. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation.
13. Subbotina D., Shevtsova A., Kalyakin I.M. (2015) Technology of managing the socio-economic system. In the book: *Aspects of the development of science, education and modernization of industry: materials of the XIII regional scientific and practical conference of institutions of higher and secondary vocational education*. Rostov-on-Don, pp. 169-171.
14. Zemstov S.P., Barinova V.A., Pankratov A.A., Kutsenko E.S. (2020) High-tech growth potential in the regions of Russia. *Innovations*, 3, pp. 55-65.
15. Zhilina E.V. (2012) *Models, methods and tools for assessing the consumer quality of test systems in education*. Rostov-on-Don: Rostov State University of Economics (RINH).