



DOI: 10.22363/2312-8143-2026-27-1-15-24
EDN: GVNCZE

Научная статья / Research article

Идентификация и управление экономическими системами с применением сетевого эффекта

А.А. Паначев

Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация
✉ panachev1@mail.ru

История статьи

Поступила в редакцию: 10 августа 2025 г.
Доработана: 21 октября 2025 г.
Принята к публикации: 30 октября 2025 г.

Заявление о конфликте интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Аннотация. Исследование посвящено изучению эффективности управления экономическими системами. Обмениваясь коммуникациями, агенты образуют сеть, которая может быть представлена в виде двух контуров: разомкнутого (коммуникации с внешними агентами) и организационно-замкнутого (в пределах одной системы). Последний обеспечивает стабильность и по большей части не выделяется в качестве отдельного объекта исследования. Экономическая система динамична, количество связей и агентов в ней меняется с течением времени, а значит, может возникать сетевой эффект. Его важно учитывать при анализе эффективности системы. Цель — сформулировать технологию идентификации и управления организационно-замкнутыми экономическими системами с использованием сетевого эффекта. Технология представлена через цикл управления, включающий четыре этапа: сбор данных, анализ данных, генерация альтернатив и принятие решения. Для анализа эффективности системы рассчитывается сетевой эффект по двум аспектам: структурному и функциональному. Первый — показывает неаддитивность прироста количества связей при увеличении количества агентов, второй — рост внутреннего сбалансированного оборота. Технология применена на реальном экономическом субъекте. В результате было найдено 18 организационно-замкнутых экономических систем. Для расчета сетевого эффекта было смоделировано увеличение количества агентов в самой большой из найденных систем — 47 агентов. Расчеты наглядно показывают неаддитивное изменение показателей, что позволяет сделать вывод о наличии сетевого эффекта в системе.

Ключевые слова: сетевое сообщество, экономические системы, банковские транзакции, технология управления, сетевой эффект

Для цитирования

Паначев А.А. Идентификация и управление экономическими системами с применением сетевого эффекта // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2026. Т. 27. № 1. С. 15–24. <http://doi.org/10.22363/2312-8143-2026-27-1-15-24> EDN: GVNCZE



Identification and Management of Economic Systems with Network Effects

Anton A. Panachev^{ORCID}

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, *Ekaterinburg, Russian Federation*
✉ panachev1@mail.ru

Article history

Received: August 10, 2025.

Revised: October 21, 2025

Accepted: October 30, 2025

Conflicts of interest

The author declares that there is no conflict of interest.

Abstract. This study investigates the effectiveness of economic system management from a network perspective. Through ongoing communication, agents form networks that can be described in terms of two contours: an open contour, reflecting interactions with external agents, and an organisationally closed contour, confined to interactions within a single system. The latter contributes to system stability, yet it is rarely examined as an independent object of analysis. Economic systems are inherently dynamic: the number of agents and the connections among them change over time. As these changes occur, network effects may emerge, influencing overall system performance. Recognising and accounting for such effects is therefore essential when assessing managerial effectiveness. The study aims to develop a practical framework for identifying and managing organisationally closed economic systems based on network effects. This framework is structured as a management cycle comprising four stages: data collection, data analysis, generation of alternatives, and decision-making. System effectiveness is evaluated through two dimensions of the network effect: structural and functional. The structural dimension captures the non-additive growth in the number of connections as the number of agents increases. The functional dimension reflects the expansion of internally balanced turnover within the system. The proposed framework was applied to an actual economic entity, resulting in the identification of 18 organisationally closed economic systems. To assess the presence of a network effect, the study modelled an increase in the number of agents within the largest identified system (47 agents). The results demonstrate a clearly non-additive change in key indicators, confirming the existence of a network effect within the system.

Keywords: network society, economic systems, banking transactions, technology of management, network effect

For citation

Panachev AA. Identification and Management of Economic Systems with Network Effects. *RUDN Journal of Engineering Research*. 2026;27(1):15–24. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2312-8143-2026-27-1-15-24> EDN: GVNCE

Введение

Вопрос эффективного управления системами исследуется с момента появления самого понятия «система», описывающего единство связанных друг с другом предметов, явлений и знаний [1]. Изначально люди объединялись в организационные системы для совместного создания продукта, обладающего добавленной стоимостью. Со временем организации усложнялись, увеличивалось как количество людей, задействованных в задаче, так и процессы. Появилось понятие «экономическая система» – совокупность экономических процессов, от производства до распределения конечного продукта до потребителя [2].

Экономическая система может быть представлена в виде графа, где каждый элемент может быть представлен в виде узла (агента), которыми могут выступать организации, подразделения, агенты. Агенты обмениваются ресурсами (коммуникациями) следующих классов [3; 4]:

- финансовые (денежные средства);
- энергетические (нефть, газ, биотопливо и пр.);
- материальные (машины, станки, земля и пр.);
- информационные (данные, информация);
- трудовые (люди).

Наряду с экономическими системами активно развивалось понятие «сетевое общество»,

впервые упомянутое Мануэлем Кастельсом [5] в период, когда активно зарождался интернет (1950-е годы), где он также описывает коммуникации, которые выстраиваются между участниками электронных коммуникаций. Впоследствии направление стало активно исследоваться и появились такие определения, как:

- виртуальная организация [6];
- сетевое предприятие, сетевая организация [7];
- распределенная организация [8];
- виртуальная корпорация [9] и пр.

Все они описывают взаимодействие участников системы, которые направлены на создание общей ценности или выстраивание коммуникаций вокруг некого объекта.

Обмениваясь коммуникациями внутри системы, агенты образуют более тесные связи, среди которых можно выделить разомкнутый и замкнутый контуры. Первый — описывает коммуникации с внешней средой и агентами, именно данный контур рассматривается в кибернетике первого порядка. Замкнутый — коммуникации агентов внутри системы, которые происходят на регулярной основе и не выходят за ее пределы. Любая организационная система обладает и организационно-замкнутым и разомкнутым контурами.

Замкнутый контур также рассматривался также Умберто Матурана и Франсиско Варела в работе «Все сказанное сказано наблюдателем» [10], где они проводят параллель между замкнутым и разомкнутым контурами, формулируя мысль о том, что главной целью замкнутого контура организационной системы является поддержание стабильности системы, а разомкнутого — развитие (в контексте экономических систем — получение прибыли). Аутопоэз рассматривается как ответвление кибернетики второго порядка, сформулированного Хейнцем фон Фёрстером [11], который в своих работах [12] также подчеркивает наличие собственного поведения внутри систем (замкнутого контура).

Понятие «сетевые организации», как и «экономические системы», исследуются более 50 лет, но в работах не уделяется достаточного

внимания замкнутому контуру, который зачастую не выделяется в качестве отдельного объекта исследования.

Рассматривая систему в динамике, можно отметить, что количество агентов и связей между ними не статично, эффективность может меняться, иногда возникает сетевой эффект. Феномен сетевого эффекта описывает ценность, которая извлекается из товара, услуги, растет нелинейно и зависит от количества участников системы. При управлении организационной системой для принятия управленческого решения важно анализировать сетевой эффект, что позволит получить максимальную выгоду.

В рамках данной работы сформулирована технология идентификации и управления организационно-замкнутыми экономическими системами с использованием сетевого эффекта.

1. Методика

В качестве отправной точки для построения технологии идентификации и управления организационно-замкнутыми экономическими системами было принято решение взять цикл управления (рис. 1).



Рис. 1. Цикл управления
Источник: выполнено А.А. Паначевым
Figure 1. Cycle of management
Source: by A.A. Panachev

Каждый из четырех представленных шагов представляет собой обязательный этап в решении задачи управления.

Первый шаг — сбор данных. Данные могут быть собраны различными инструментами, от экспертных опросов до работы с базами данных. В рамках текущего исследования был написан алгоритм на языке Python, который позволяет работать с базами данных. В качестве агентов исследуемой организационно-замкнутой системы были выбраны организации. Банковские транзакции — один из наиболее показательных источников информации о движении коммуникаций между организациями, дальнейшая работа происходила с ними. Для старта движка требуется экспортировать файл со следующими атрибутами:

- 1) плательщик (наименование организации);
- 2) получатель (наименование организации);
- 3) сумма, руб.;
- 4) дата платежа.

Среди наиболее эффективных инструментов для идентификации организационно-замкнутых систем и работы с графами можно выделить следующие группы методик:

- 1) методы нахождения кратчайшего пути: алгоритм Дейкстры [13]; алгоритм A-star (A*) [14]; транспортная задача [15];
- 2) методы обхода графов: поиск в ширину (Breadth-first-search) [16; 17]; поиск в глубину (Depth-first-search) [18–21].

Специфичной задачей данного исследования является поиск именно организационно-замкнутых систем, где все организации-участники связаны между собой коммуникациями, а сами транзакции возвращаются к первоначальному плательщику, с которого цепочка транзакций началась. Для написания данного алгоритма были использованы подходы алгоритмов Дейкстры и поиска в ширину, где первый позволяет сформировать множество потенциальных вершин (агенты, которые и платят, и получают), а второй — найти промежуточных плательщиков в цепи транзакций. Подробно схема и алгоритм приведены в работе [22].

В упрощенном виде пошаговый алгоритм идентификации организационно-замкнутых систем представлен на рис. 2, а подробное описание — в [22].

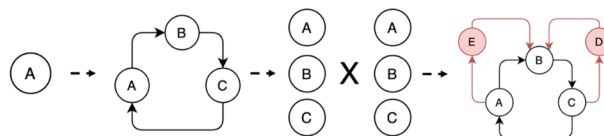


Рис. 2. Алгоритм идентификации сетевых организационно-замкнутых систем
Источник: выполнено А.А. Паначевым.

Figure 2. Algorithm of network organisationally closed systems identification
Source: by A.A. Panachev.

Алгоритм Дейкстры позволяет идентифицировать вершину «А» (одновременно платит и получает транзакции). Далее подключается алгоритм поиска в ширину и находит первую замкнутую цепочку «А–В–С», на следующем этапе необходимо найти все промежуточные транзакции. Для этого необходимо определить все комбинации из трех агентов (А–А, А–В, В–С и т.д.) и поискать транзакции между ними. При нахождении новых агентов система снова ищет все доступные комбинации, и так до тех пор, пока новые участники не будут установлены.

Перед написанием алгоритма были проанализированы наиболее близкие из существующих прикладных решений. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 1.

Наиболее близкий прикладной алгоритм для решения задачи поиска организационно-замкнутых систем — О.М. Зверевой, но он работает эффективно для небольших выборок данных, ввиду низкой скорости их обработки. Авторский алгоритм быстрее за счет подходов Дейкстры, что позволяет обрабатывать большие массивы информации.

На этапе генерации альтернатив происходит расчет будущего прогнозного результата по нескольким стратегиям (пример: присоединение новых агентов к системе, субсидирование убыточных предприятий и пр.). Среди наиболее подходящих инструментов для расчета потенциального влияния на систему можно выделить имитационное моделирование [25]. В рамках другой работы [26] была сформулирована и применена гибридная имитационная модель, включающая системно-динамическую и агент-ориентированную части, но она не является предметом данного исследования.

Таблица 1. Сравнение прикладных алгоритмов идентификации сетевых организационно-замкнутых систем

Автор	Показатель	Значение
Зверева О.М. [23]	Алгоритм идентификации	Поиск в глубину (обход ребер и фиксация при нахождении вершины)
	Метод	Автоматизированная обработка
	Направление поиска	От вершины по каждому из направлений до конца
	Предварительный поиск агентов	Нет
	Оптимизация	Нет
	Скорость обработки	Низкая
	Подходит для работы с большими массивами	Нет
Агарков Г.А. [24]	Алгоритм идентификации	Транспортная задача закрытого типа
	Метод	Ручное решение задачи
	Направление поиска	Матрица анализируется в комплексе
	Предварительный поиск агентов	Нет
	Оптимизация	Нет
	Скорость обработки	Очень низкая
	Подходит для работы с большими массивами	Нет
Паначев А.А.	Алгоритм идентификации	Синтез алгоритма Дейкстры и поиска в ширину (поиск от источника по ребрам) [22]
	Метод	Автоматизированная обработка
	Направление поиска	От вершины к границам
	Предварительный поиск агентов	Да
	Оптимизация	Да
	Скорость обработки	Высокая
	Подходит для работы с большими массивами	Да

Источники: выполнено А.А. Паначевым.

Table 1. Comparison of applied algorithms for identification of network organizational and closed systems

Author	Indicator	Value
Zvereva O.M. [23]	Identification algorithm	Depth-first search (traversing edges and fixing when a vertex is found)
	Method	Automated processing
	Search direction	From the top in each direction to the end
	Preliminary agent search	No
	Optimisation	No
	Processing speed	Low
	Suitable for working with large arrays	No
Agarkov G.A. [24]	Identification algorithm	A closed-type transport task
	Method	Manual problem solving
	Search direction	The matrix is analyzed in a complex way
	Preliminary agent search	No
	Optimisation	No
	Processing speed	Very low
	Suitable for working with large arrays	No
Panachev A.A.	Identification algorithm	Synthesis of Dijkstra's algorithm and breadth-first search (edge-first search)
	Method	Automated processing
	Search direction	From the top to the borders
	Preliminary agent search	Yes
	Optimisation	Yes
	Processing speed	High
	Suitable for working with large arrays	Yes

Source: by A.A. Panachev

Немаловажным аспектом для принятия решения является потенциальный сетевой эффект. Он позволяет добиться больших результатов с текущим уровнем трудозатрат. В рамках данной работы сетевой эффект рассчитывается по двум аспектам: структурному и функциональному.

Структурный аспект описывает влияние количества связей на количество агентов в системе и в общем виде рассчитывается по формуле (подробнее в статье [27]):

$$Ne = f(Nn), \quad (1)$$

где Ne — количество связей при заданном количестве агентов; Nn — количество агентов.

Функциональный аспект анализирует финансовые потоки внутри системы, в частности, он позволяет рассчитать внутренний сбалансированный оборот. Подробно методика расчета представлена в [28].

2. Результаты

Для апробации технологии были взяты транзакции между юридическими лицами за 1 месяц в городе с населением 80 тысяч человек в одном из банков. Количественные параметры выборки приведены в табл. 2.

Представленные организации работают в самых разных отраслях, от клининга до производства металлоконструкций. Наиболее распространенные представлены в табл. 3.

В результате применения авторского алгоритма идентификации было найдено 18 организационно-замкнутых экономических систем. Наиболее крупная из них состоит из 47 агентов (рис. 3).

Таблица 2. Количественные параметры выборки
Table 2. Quantitative sampling parameters

Наименование / Names	Значение / Value
Общий оборот, тыс. руб. / Total turnover, thousand rubles	2 706 526,95
Отрасли, шт. / Industries, pcs.	410
Компании, шт. / Companies, pcs.	2933
Транзакции, шт. / Transactions, pcs.	11791

Источник: выполнено А.А. Паначевым /
Source: by A.A. Panachev.

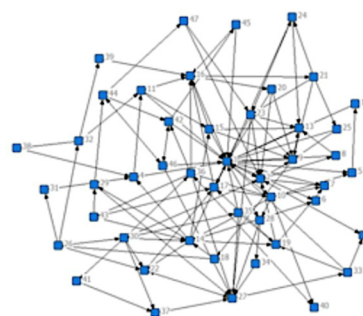


Рис. 3. Организационно-замкнутая экономическая система из 47 агентов
Источник: выполнено А.А. Паначевым.

Figure 3. Organisationally closed economic network which consists of 47 agents
Source: by A.A. Panachev.

Таблица 3. Топ-5 отраслей / Table 3. Top-5 industries

Наименование отрасли / Industry name	Организаций, шт. / Organizations, pcs.
Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами / Wholesale trade, including trade through agents, except for trade in motor vehicles and motorcycles	361
Коммерческая организация / Commercial organisations	162
Прочая розничная торговля в неспециализированных магазинах / Other retail trade in non-specialized stores	94
Прочая оптовая торговля / Other wholesale trade	55
Торговля оптовая электрической бытовой техникой / Wholesale of electrical household appliances	53

Источник: выполнено А.А. Паначевым / Source: by A.A. Panachev.

На рис. 3 отражены только агенты внутри организационно-замкнутого контура, но следует отметить, что система не существует в вакууме и у большинства агентов есть связи с разомкнутым контуром. Сводные данные по системе в целом отражены в табл. 4.

Таблица 4. Сводная информация об организационно-замкнутых экономических системах на территории муниципалитета /

Table 4. Consolidated information on organizationally closed economic systems within the municipality

Наименование / Names	Вся выборка / The entire selection	Внутри организационно-замкнутых систем / Inside organizationally closed systems
Организаций, шт. / Organizations, pcs.	2 933	102 (18 систем)
Оборот, тыс. руб. / Turnover, thousand rubles	2 706 528	283 624
Транзакций, шт. / Transactions, pcs.	11 791	262

Источники: выполнено А.А. Паначевым / Source: by A.A. Panachev.

Как было отмечено ранее, сетевой эффект — это неаддитивный прирост структурных и функциональных показателей при увеличении количества агентов. Для расчета показателей сетевого эффекта была выбрана самая крупная система из 47 агентов, в которой авто-рами выделено ядро из 14 агентов (рис. 4) и смоделировано пошаговое увеличение количества агентов до прежнего состояния.

Расчет сетевого эффекта производился по четырем точкам: начальной — 14 агентов; двум промежуточным — 26 и 31; конечной — 47.

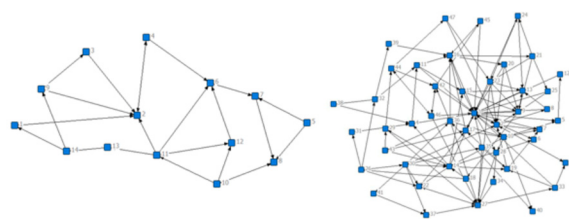


Рис. 4. Стартовое и конечное состояние организационно-замкнутой экономической системы из 47 агентов

Источники: выполнено А.А. Паначевым.

Figure 4. The initial and final state of an organisationally closed economic system consisting of 47 agents

Source: by A.A. Panachev.

Проанализировав полученные результаты, следует отметить, что лишь 3,5 % из всех организаций на территории муниципального образования входят в организационно-замкнутые экономические системы, при этом они обеспечивают 10,5 % от совокупного оборота.

Для анализа структурного эффекта брались реальные данные из системы — рассчитывалось количество связей на каждом из четырех шагов. Функциональный аспект, представленный через внутренний сбалансированный оборот, считался по сложной методике, подробно изложенной в [20]. Итоговые расчетные показатели приведены на рис. 5.

График наглядно иллюстрирует неаддитивное увеличение обоих показателей при добавлении агентов к системе, что свидетельствует о наличии сетевого эффекта как в структурном, так и функциональном аспекте.

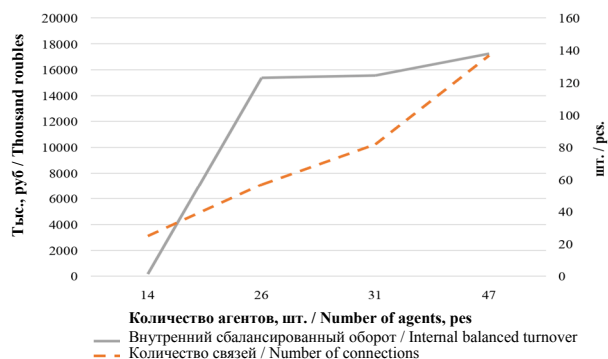


Рис. 5. Расчетные параметры для анализа сетевого эффекта

Источники: выполнено А.А. Паначевым.

Figure 5. Calculated parameters for network effect analysis

Source: by A.A. Panachev.

3. Дискуссия

Технология, представленная в статье, сфокусирована на исследовании организационно-замкнутых экономических систем через анализ банковских транзакций. Упор сделан на решении задачи через алгоритмы и программирование.

Для углубления результатов по исследуемой теме можно выделить два перспективных направления: данные и алгоритмы.

В исследовании рассмотрены только финансовые потоки между юридическими лицами, но в реальной экономике в цепочке участвуют еще и физические лица. Дополнительным аспектом является глубина данных. Выборка исследования — 1 месяц, что делает ее достаточной для решения задачи, но важно исследовать изменение метрик в динамике, а также влияние фактора сезонности.

В реальной экономике предприятия обмениваются следующими видами ресурсов: энергетическими, материальными, финансовыми; информационными; трудовыми. Представленный алгоритм позволяет обрабатывать только финансовые потоки (транзакции), что делает перспективным исследование и других типов ресурсов.

Заключение

В рамках данной работы сформулирована технология идентификации и управления организационно-замкнутыми экономическими системами с использованием сетевого эффекта, представленная через цикл управления из четырех шагов: сбор данных, идентификация, генерация альтернатив и принятие решений.

На каждом этапе представлены авторские наработки, которые впоследствии были применены на реальных данных о транзакциях, взятых из отделений банка муниципального образования.

В результате с помощью авторского алгоритма, написанного на языке Python, были найдены 18 организационно-замкнутых экономических систем.

Также было проанализировано наличие сетевого эффекта по двум аспектам на крупнейшей системе из 47 агентов и доказана неаддитивность изменения показателей при увеличении количества агентов, что подтверждает наличие сетевого эффекта.

Список литературы

1. Андрианов В.Д. Россия. Экономический и инвестиционный потенциал. Москва : Экономика, 1999. 662 с. ISBN 5-282-01957-4 EDN: VRVKQJ
2. Колесникова Е.Н. Экономическая безопасность: экономика и безопасность // Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. 2013. № 21. С. 170–173. EDN: QZBUST
3. Филонов Н.Г. Анализ структуры совокупных издержек при формировании потока инноваций в логистических (экономических) системах // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2012. № 12 (127). С. 133–140. EDN: PUYNMZ
4. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / пер. с англ. 2-е изд. Москва : Олимп-Бизнес, 2006. 640 с. ISBN 978-5-9693-0124-5
5. Castells M. Informationalism, networks, and the network society: a theoretical blueprint. The network society: a cross-cultural perspective. Cheltenham; Northampton, MA: Elgar, cop., 2004. P. 3–49.
6. Goldman S.L. Collaborating in a complex environment. From bricks to bytes: Creating the virtual healthcare organization // Healthcare Forum Journal. 1998. Vol. 41 (3). P. 45–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10180191/> (accessed: 21.08.2025)
7. Патюрель Р. Создание сетевых организационных структур // Проблемы теории и практики управления. 1997. № 3.
8. Уорнер М., Витцель М. Виртуальные организации. Новые формы ведения бизнеса в XXI. Москва : Добрая книга, 2005. 295 с. ISBN 5-98124-043-1
9. Byrne J.A. The virtual corporation // Business Week. 8 February 1993. p. 98–102.
10. Maturana H.R., Varela F.G. Autopoiesis and Cognition. The realization of the living // Boston Studies in the Philosophy of Science. 1980. Vol. 42. P. 112–123. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-8947-4>
11. Von Foerster H. Observing Systems // Intersystems Publications. 1981. 331 p. ISBN 10 1127198309
12. Von Foerster H. Understanding understanding: Essays on cybernetics and cognition. N.Y.: Springer, 2003. 362 p. <https://doi.org/10.1007/b97451>
13. Гюллинг А.О., Воронцова Н.В. Визуализация алгоритма дейкстры // Известия ТулГУ. Технические науки. 2024. № 2. С. 127–132. EDN: KTEUTY

14. Нгуен Н.Х.К., Нечаев В.Н., Малыгин В.Н. Математическая модель и применение алгоритма *a-star* для оптимизации маршрутов ОВД в воздушном пространстве районного диспетчерского центра Хошимина // *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык*. 2025. № 1. С. 64–85. https://doi.org/10.51955/2312-1327_2025_1_64 EDN: XGLVST
15. Болотов А.М. Модель транспортной задачи перевозки военных подразделений // *Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии*. 2023. № 2 (10). С. 11–16. EDN: GBMUNC
16. Энес А.З., Хажметов М.В., Бжухатлов К.Ч., Канкулов С.А. Разработка модуля предобработки изображений методом поиска в ширину для системы распознавания образов на основе мультиагентной нейрокognитивной архитектуры // *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии*. 2023. Т. 21. № 4. С. 46–53. <https://doi.org/10.25205/1818-7900-2023-21-4-46-53> EDN: COCKFI
17. Пролубников А.В. Обходы графов, реализуемые итерационными методами решения систем линейных уравнений // *Прикладная дискретная математика*. 2025. № 68. С. 71–93. <https://doi.org/10.17223/20710410/68/5> EDN: FRXJRU
18. Калугин А.А., Гурьянов Л.В. Сравнение рекурсивной и итеративной реализации алгоритма поиска в глубину // *Вестник Пензенского государственного университета*. 2024. № 4 (48). С. 57–59. EDN: DQNHMY
19. Остапович О.С., Вишневский М.Р. Алгоритм планирования пути для БПЛА по геометкам // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 4 (72). С. 606–614. EDN: YSJRDU
20. Пестов И.Е., Федоров П.О., Федорова Е.С. Анализ методов обхода ориентированного графа // *I-methods*. 2022. Т. 14. № 3. EDN: OREUCQ
21. Cordella L.P., Foggia P., Sansone C., Vento M. A (Sub) Graph isomorphism algorithm for matching large graphs // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2004. Vol. 26 (10). P. 1367–1372. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2004.75>
22. Паначев А.А., Адияк Е.В., Берг Д.Б. Алгоритм идентификации графа замкнутых транзакций между экономическими агентами // *Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика*. 2021. № 3. С. 94–104. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2021-3-94-104> EDN: SKIHM
23. Зверева О.М., Берг Д.Б. Агент-ориентированная модель коммуникаций экономической системы в условиях межотраслевого баланса Леонтьева // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление*. 2013. № 6 (186). С. 77–86. EDN: RQQT MJ
24. Азарков Г.А. Влияние теневой экономики на социально-экономическое развитие региона // *Вестник УГТУ-УПИ. Серия: Экономика и управление*. 2008. № 1. С. 75–79. EDN: JUKNMZ
25. Борцев А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // *Exponenta PRO: Математика в приложениях*. 2004. № 3–4. С. 38–47. EDN: TAXZBL
26. Анапасенко А.В., Паначев А.А., Берг Д.Б. Модельное управление ростом предпринимательской сети локального сообщества с автономизированными финансами // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2021. № 2. С. 20–26. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2021.02.02> EDN: UKDAQV
27. Берг Д.Б., Паначев А.А., Гаренских З.А. Классический сетевой эффект в организационно-замкнутых локальных экономических системах // *Новое в экономической кибернетике*. 2025. № 1. С. 11–23. EDN: BGHNAK
28. Попков В.В., Берг Д.Б., Ульянова Е.А., Селезнева Н.А. Моделирование как инструмент формирования товарной и финансовой сети в региональной экономике // *Экономика региона*. 2015. № 2 (42). С. 236–246. <https://doi.org/10.17059/2015-2-19> EDN: VHRTKZ

References

1. Andrianov V.D. *Russia. Economic and investment potential*. Moscow: Ekonomika Publ.; 1999. (In Russ.) ISBN 5-282-01957-4 EDN: VRVKQJ
2. Kolesnikova E.N. Economic security: economics and security. *Legal Science and Practice: Journal of Nizhny Novgorod Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2013;(21):170–173. (In Russ.) EDN: QZBUST
3. Filonov N.G. The analysis of structure of cumulative costs while forming the production line of innovations in logistic (economic) systems. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2012;12(127):133–140. (In Russ.) EDN: PUYNMZ
4. Bowersox D.J., Kloss D.J. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill Companies; 1996. ISBN 0070068836, 9780070068834
5. Castells M. Informationalism, networks, and the network society: a theoretical blueprint. In: Castells M, editor. *The network society: a cross-cultural perspective*. Cheltenham; Northampton, MA: Edward Elgar; 2004. p. 3–49. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10180191/> (accessed: 21.08.2025).
6. Goldman S.L. Collaborating in a complex environment. From bricks to bytes: Creating the virtual healthcare organization. *Healthcare Forum Journal*. 1998;41(3): 45–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10180191/> (accessed: 21.08.2025).
7. Paturel P. Network organizational structures creation. *Problems of theory and practice of management*. 1997;(3). (In Russ.)

8. Warner M, Witzel M. *Virtual organizations. New forms of doing business in the 21st century*. Moscow: Dobraya kniga Publ.; 2005. (In Russ.) ISBN 5-98124-043-1
9. Byrne JA. The virtual corporation. *Business Week*. 8 February 1993. p. 98–102.
10. Maturana HR, Varela FJ. Autopoiesis and cognition. Awareness of the living. *Boston Studies in the Field of Philosophy of Science*. 1980;42:112–123. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-8947-4>
11. Von Foerster H. *Observing systems*. Intersystems Publications, 1981. ISBN 10 1127198309
12. Von Foerster H. *Understanding: Essays on cybernetics and cognitive activity*. New York: Springer Publ.; 2003. <https://doi.org/10.1007/b97451>
13. Gulling AO, Vorontsova NV. Visualization of the Deistra algorithm. *Izvestiya Tula State University*. 2024;(2):127–132. (In Russ.) EDN: KTEUTY
14. Nguyen NHK, Nechaev VN, Malygin VN. Mathematical model and application of the a-star algorithm to optimize ATS routes in the area control Center Ho Chi Minh airspace. *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language*. 2025;(1):64–85. (In Russ.) https://doi.org/10.51955/2312-1327_2025_1_64 EDN: XGLVST
15. Bolotov AM. Model of transport task of transportation of military units. *Almanac of the Perm Military Institute of the National Guard Troops*. 2023;2(10):11–16. (In Russ.) EDN: GBMUNC
16. Enes AZ, Khazhmetov MV, Bzhikhatlov KCh, Kankulov SA. Development of an image preprocessing by bidh-search method for a pattern recognition system based on multi-agent neurocognitive architecture. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*. 2023;21(4):46–53. <https://doi.org/10.25205/1818-7900-2023-21-4-46-53> EDN: COCKFI
17. Prolubnikov AV. Graph traversals implemented by iterative methods for solving systems of linear equations. *Applied Discrete Mathematics*. 2025;(68):71–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.17223/20710410/68/5> EDN: FRXJRU
18. Kalugin AA, Guryanov LV. Comparison of recursive and iterative implementation of the depth-first search algorithm. *Vestnik of Penza State University*. 2024;4(48):57–59. (In Russ.) EDN: DQHMHY
19. Ostapovich OS, Vishnevsky MR. Path planning algorithm for UAV by geotags. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2023;4(72):606–614. (In Russ.) EDN: YSJRDU
20. Pestov IE, Fedorov PO, Fedorova ES. Analysis of directed Graph traversal methods. *I-methods*. 2022;14(3):5. (In Russ.) EDN: OREUCQ
21. Cordella LP, Foggia P, Sansone C, Vento M. A (sub)graph isomorphism algorithm for matching large graphs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2004;26(10):1367–1372. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2004.75>
22. Panachev AA, Adiyak EV, Berg DB. Algorithm for identifying a graph of closed transactions between economic agents. *Bulletin of AGTU. Ser.: Management, Computer Engineering and Informatics*. 2021;(3):94–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2021-3-94-104> EDN: SKIIHM
23. Zvereva OM, Berg DB. Economic system agent-based communication model based on Leontyev's intersectoral balance. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunications AND Control Systems*. 2013;6(186):77–86. (In Russ.) EDN: RQQTMI
24. Agarkov GA. The influence of black economy on social economic region development. *Bulletin of UGTU-UI. Series: Economics and Management*. 2008;(1):75–79. (In Russ.) EDN: JUKNMZ
25. Borshchev AV. Practical agent-based modeling and its place in the analyst's arsenal. *Exponenta PRO: Mathematics in Applications*. 2004;3-4:38–47. (In Russ.) EDN: TAXZBL
26. Apanasenko AV, Panachev AA, Berg DB. Model growth management of the local community entrepreneurial network with autonomous finance. *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences*. 2021;(2):20–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2021.02.02> EDN: UKDAQV
27. Berg DB, Panachev AA, Garensikh ZA. The classic network effect in economic systems. *New in Economic Cybernetics*. 2025;(1):11–23. (In Russ.) EDN: BGHHAK
28. Popkov VN, Berg DB, Ulyanova EA, Selezneva NA. Modeling as a tool for forming a commodity and financial network in the regional economy. *Economy of Region*. 2015;2(42):236–246. (In Russ.) <https://doi.org/10.17059/2015-2-19> EDN: VHRTKZ

Сведения об авторе

Пана́чев Анто́н Анто́льевич, соискатель кафедры анализа систем и принятия решений, Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ), Российская Федерация, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19; eLIBRARY SPIN-код: 7053-4760, ORCID: 0009-0006-7161-575X; e-mail: panachev1@mail.ru

About the author

Anton A. Panachev, PhD applicant of the Department of System Analysis and Decision Making, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (UrFU), 19 Mira St, Ekaterinburg, 620062, Russian Federation; eLIBRARY SPIN-code: 7053-4760, ORCID: 0009-0006-7161-575X; e-mail: panachev1@mail.ru