

УДК 004.42+658.403+336.7

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЗАМКНУТЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЕ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Паначев Антон Анатольевич, соискатель по специальности 2.3.4, Уральский федеральный университет

Аннотация

В статье рассматривается технология управления организационно-замкнутыми экономическими системами, представленная в виде стандартного цикла управления, в котором представлены методы, применяемые на каждом шаге, а также примеры их использования. Приводится наглядный пример адаптации технологии под потребности конкретной задачи - управление организационно-замкнутой экономической системой на муниципальном уровне. Пример включает описание способа получения данных о транзакциях, алгоритмы идентификации систем, гибридную имитационную модель, конкретный набор критериев эффективности и цели управления. Представленная технология позволила идентифицировать 18 реально существующих организационно-замкнутых экономических систем на территории муниципалитета.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сетевое сообщество, экономические системы, банковские транзакции, технология управления.

ORGANIZATIONALLY CLOSED ECONOMIC SYSTEMS AT MUNICIPALITY LEVEL: IDENTIFICATION AND TECHNOLOGY OF MANAGEMENT

Panachev Anton Anatolievich, academic degree applicant, Ural Federal University

Abstract

The article observed technologies of organizationally closed economic systems management, presented in standard cycle of management which includes methods of each step and examples of their using. There is also shows a current example of using technology of the particular task purpose - organizationally closed economic systems at municipal level managing. The example includes a description of transaction data mining, algorithms of systems identification, hybrid imitation model, current range of effective criteria and purposes of management. The technology allowed to identify 18 real existing organizationally closed economic systems at municipal territory.

KEYWORDS: network society, economic systems, banking transactions, technology of management.

Введение

Объединение экономических организаций в организационные структуры направлено на повышение эффективности функционирования. Структура любой организационной системы может быть представлена в виде ориентированного графа. В общем виде в каждом таком графе могут быть выделены замкнутый и разомкнутый контуры коммуникации. Разомкнутый контур направлен на обмен коммуникациями с внешними участниками, не входящими в рассматриваемую систему. Замкнутый - включает коммуникации между агентами – участниками системы. Согласно теории аутопоэза, основная цель его функционирования – поддержание стабильности системы и самовоспроизводство [1]. В рамках данной работы рассматриваются организационно-замкнутые экономические системы.

Рассматривая экономические системы, замкнутый контур можно встретить повсеместно, как на уровне отдельного холдинга, объединяющего несколько организаций, так и на уровне муниципалитета, региона страны. Фактически данный подход может быть масштабирован на неограниченное количество организаций, но в рамках данной работы в качестве объекта исследования выступают организационно-замкнутую экономические системы на территории муниципального образования.

Для того, чтобы управлять системами данного рода, необходимо решить вопрос их идентификации в пределах исследуемого объекта (в нашем случае – муниципального образования). Проанализировав работы, позволяющие решить данную задачу, можно выделить 2 группы методов: обхода графов; нахождения кратчайшего пути.

К первой группе методов можно отнести: поиск в глубину (Depth-first-search) [17]; поиск в ширину (Breadth-first-search) [18]. Ко второй: транспортную задачу [21]; алгоритм Дейкстры [19]; алгоритм A-star (A*) [20]. Следует отметить, что данные алгоритмы позволяют найти граф, но не позволяют идентифицировать организационно-замкнутую систему. Для решения данной задачи следует комбинация методов.

Для описания технологии управления подобными системами наиболее эффективными инструментами выступают – кибернетика и подходы имитационного моделирования.

Кибернетика – один из самых эффективных инструментов для описания поведения систем в экономике. Изначально отдельная организация рассматривалась с помощью кибернетики первого порядка как черный ящик типа «вход-выход», где поток информации поступает на вход, преобразуется внутри и на выходе получается новый продукт (или поток информации) [2]. Если рассматривать группу организаций или сообщество, то модель «вход-выход» уже не подойдет. Сложная система включает множество агентов, где у каждого свое поведение и стратегия, а также присутствует замкнутый контур. Стали применять кибернетику второго порядка [3] и теорию аутопоэза для изучения внутреннего поведения агентов [4]. На сегодняшний день существует множество постановок задачи управления для организационных систем, но поведение внутри организационно-замкнутой системы не выделялось в качестве отдельного объекта исследования.

Среди существующих методов моделирования выделяют: концептуальное, физическое, математическое, структурно-функциональное, имитационное [5, 6]. Они могут применяться как по отдельности, так и в синтезе, образуя гибридную модель. Имитационные модели – наиболее распространенные для описания экономических систем и отношения агентов внутри систем [7], они делятся на: дискретно-событийные, агент-ориентированные и

системно-динамические. Наиболее подходящей комбинацией для описания организационных структур является гибридная модель, состоящая из агент-ориентированной части, описывающей свойства и поведения отдельных участников [8], и системно-динамическая, описывающая состояние макросреды [9]. Среди существующих исследований, описывающих организационно-замкнутые экономические системы через подходы имитационного моделирования, можно выделить работу О.М. Зверевой, однако там используется агент-ориентированная модель, описывающая статическую модель системы.

Целью данной статьи является разработка технологии управления организационно-замкнутыми экономическими системами, включающей методы идентификации и учитывающей внутреннее поведение системы в замкнутом контуре, а также подходы агент-ориентированного и системно-динамического моделирования.

Методика

Для описания последовательности шагов при управлении организационной системой может быть использован стандартный цикл управления в базовом виде (рис. 1).



Рис. 1. Цикл управления в базовом виде

Цикл состоит из 4 минимально необходимых шагов, без которых невозможно собрать данные, сгенерировать альтернативы и принять управленческое решение. Следует отметить, что для прохождения каждого из представленных этапов, необходимо сформулировать набор методов, представленных в таблице 1.

В рамках данной работы цель управления и критерии эффективности определяются за пределами данного цикла при постановке задачи управления. Одна из основных целей экономической организаций – получение прибыли, но в рамках данной работы рассматривается организационно-замкнутый контур экономической системы, внутри

которого отсутствует прибыль (он замкнут). Следовательно, целью является поддержание собственной жизнеспособности за счет максимизации внутренних денег, минимизация нерентабельных предприятий, максимизация коммуникаций.

Идентифицируемые в рамках работы организационно-замкнутые экономические системы объединены в общую структуру, но не выделены в качестве отдельного объекта исследования, следовательно в работе отсутствует управляющий орган, но он может появиться в следствие институционализации (например, создания потребительского кооператива).

Таблица 1. Содержание этапов цикла управления в базовом виде

Этап	Метод	Пример данных
1.Сбор данных	Импорт из: 1. файла 2. базы данных	Данные о коммуникациях, взаимных поставках
2.Анализ данных	Методы обхода графов: 1. поиск в глубину (Depth-first-search) [10, 11]; 2. поиск в ширину (Breadth-first-search) [12]. Методы нахождения кратчайшего пути: 1. транспортная задача; 2. алгоритм Дейкстры; 3. алгоритм A-star (A*).	Граф транзакций
3.Генерация альтернатив	Имитационное моделирование: 1. агентное [22]; 2. дискретно-событийное [23]; 3. системная динамика [23].	Количественные показатели; Сетевой эффект
4.Принятие решения	Выбор и применение стратегии	Критерии принятия решений

Наиболее подходящими данными для анализа организационно-замкнутых экономических систем являются банковские транзакции, они позволяют понять отношение между агентами, объем потоков (денег, товаров), а также периодичность. Данные о транзакциях могут быть получены двумя способами: импорт из файла или базы данных.

После того, как данные получены, необходимо построить граф транзакций. Фактически граф – это социальная сеть между экономическими агентами с потоками сообщений, где есть те, кто отправляют сообщения (плательщики) и те, кто принимают (получатели). Среди эффективных существующих инструментов для решения данной задачи выделяют методы обхода графов (Поиск в глубину, Поиск в ширину, Алгоритмы Дейкстры и A*), а также транспортную задачу, для поиска оптимального маршрута между двумя агентами.

На этапе «генерация альтернатив» необходимо определить стратегии управления и критерии, которые позволят понять эффективность выбранной стратегии. При управлении экономическими системами, одним из самых эффективных инструментов являются подходы имитационного моделирования, а при анализе отношений между агентами, в качестве критериев эффективности можно использовать количественные критерии социальных сетей (количество агентов, связей), они же могут быть использованы для анализа сетевого эффекта через закон Маткалфа.

Выбор цели и принятие решения о применении конкретной стратегии может производиться человеком или программой. Учитывая специфику объекта исследования (экономические системы) и способ их визуализации (графы транзакций), в качестве стратегии можно выделить «присоединение новых агентов», а в качестве цели – получение прибыли.

Результаты

В таблице 2 представлены конкретные результаты использования представленной ранее методики для управления организационно-замкнутыми экономическими системами. Рассматривая представленный вид организационной структуры, следует, что одной из важнейших задач является поддержание стабильности системы, которая может быть достигнута за счет: максимизации внутренних денег, минимизации нерентабельных предприятий, максимизации коммуникаций.

Таблица 2. Методы и примеры применения в организационно-замкнутых экономических системах

Этап	Метод	Результат применения
1.Сбор данных	Импорт из файла (*.xlsx, *.xls, *.csv) (ПО на Python [13])	Данные о банковских транзакциях из отделений Банка в муниципальном образовании [14]: 1. Плательщик; 2. Получатель; 3. Сумма; 4. Дата Выборка для исследования включает платежи между 2933 предприятиями в течение одного календарного месяца. В количественном выражении массив представлен 11 791 транзакцией.
2.Анализ данных	Синтез алгоритма Дейкстры и поиска в ширину (поиск от источника по ребрам) [15] (ПО на Python [13])	Найдено 18 организационно-замкнутых экономических систем [15]
3.Генерация альтернатив	Гибридная имитационная модель, включающая подходы агент-ориентированного и системно-динамического моделирования [18]	Количественные: 1. Nn - количество агентов 2. Ne - количество связей Интегральные показатели (Social Network Analysis)

Этап	Метод	Результат применения
		1. D - диаметр 2. Re - взаимность 3. Tr - транзитивность 4. ID_{Cenz} - входная центральность 5. OD_{Cenz} - выходная центральность 6. B_{Cenz} - центральность по посредничеств Сетевой эффект по двум аспектам: 1. структурному: Nn, Ne; 2. функциональному: $W_{вн}, W_{внеш}$
4.Принятие решения	Выбор и применение стратегии (3 стратегии)	Присоединение новых агентов 1. с наибольшим капиталом (1) 2. с наименьшим капиталом (2) Поддержание существующих агентов системы (3)

В качестве объекта исследования для применения представленной выше методики управления был выбран муниципалитет с население 59 тысяч человек, а данные о транзакциях агентов (юридических лиц) глубиной в 1 месяц брались из 4 отделений банка. В выборке участвовали предприятия из разных отраслей экономики. Топ-5 отраслей участников исследования (по ОКВЭД):

1. Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами;
2. Коммерческая организация;
3. Прочая розничная торговля в неспециализированных магазинах;
4. Прочая оптовая торговля;
5. Торговля оптовая электрической бытовой техникой.

Основная доля транзакций муниципалитета приходится на торговые предприятия. Количественные характеристики выборки в целом, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Количественные характеристики выборки

Показатель системы	Значение
Общий оборот системы, тыс. руб.	2 706 526,95
Компании, шт.	2 933
Отрасли, шт.	410
Транзакции, шт.	11 791

Следует отметить, что представленный набор данных покрывает не всю экономику исследуемого муниципального образования, представленные транзакции проходят в рамках одного банка и затрагивают движение платежей между юридическими лицами.

Для обработки данных и поиска организационно-замкнутых экономических систем был написан алгоритм на языке Python. В качестве входного набора данных использовался файл Excel, а в качестве алгоритма обработки – синтез алгоритмов Дейкстры и поиска в ширину. Первый алгоритм – позволил определить вершины, что существенно ускорило поиск, а второй (поиск в ширину) – позволили найти сами системы. В результате обработки данных на территории муниципального образования было найдено 18 систем. Совокупные количественные показатели найденных систем представлены в таблице 4.

Таблица 4. Совокупные количественные показатели найденных сетевых организационно-замкнутых экономических систем на территории муниципалитета

	Во всей выборке	Внутри организационно-замкнутых экономических систем	Доля внутри организационно-замкнутых экономических систем, %
Агентов, шт.	2933	102	3,5
Оборот, тыс. руб.	270 6528	283 624	10,5
Транзакций, шт.	11 791	262	2,2

Представленные организации внутри организационно-замкнутой экономической системы представляют собой 18 независимых графов и 67 отраслей экономики. Пример самой большой организационно-замкнутой экономической системы представлен на рисунке 2.

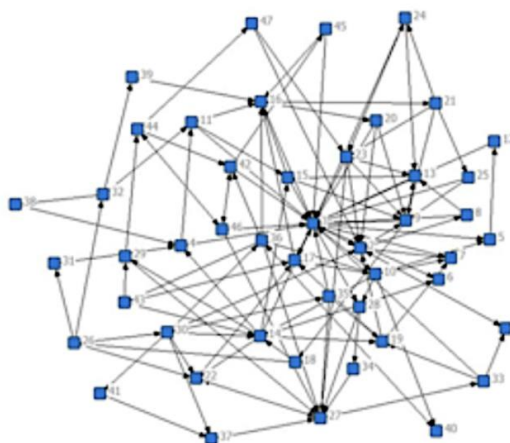


Рис. 2. Организационно-замкнутая экономическая система из 47 агентов

Безусловно, ни одна система не может существовать в вакууме и у представленной системы есть внешние связи с внешним контуром. Исследуемые предприятия на схеме пользуются коммунальными услугами, платят налоги. Но внешние связи не являются предметом данного исследования, по этой причине они не представлены на графе.

Для последующей работы с найденными системами была использована гибридная имитационная модель, представленная на рисунке 3.

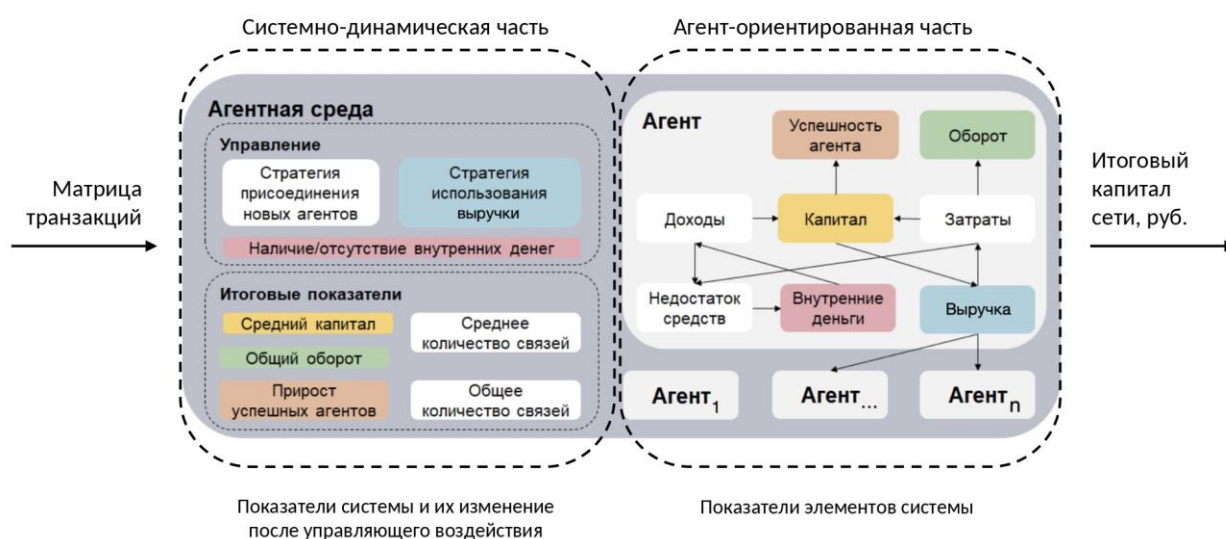


Рис. 3. Гибридная имитационная модель

Гибридная имитационная модель состоит из агентов ориентированной и системно-динамической частей, где первая – описывает отношения между агентами системы и описывает их характеристики, а вторая – за общие параметры системы.

В качестве критериев эффективности были выбраны 3 группы показателей: количественные показатели графа (агенты, связи), интегральные показатели из методологии SNA, критерии расчета сетевого эффекта. Как уже отмечалось ранее, расчет сетевого эффекта производился по двум аспектам: структурному и функциональному. Первый был рассчитан по следующей формуле:

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

где Ne – количество связей при заданном количестве агентов;

Nn – количество агентов.

Формула универсальна и подходит для любых типов графов.

Функциональный аспект рассчитывался по сложной методике, предполагающей анализ оборота внутри организационно-замкнутого контура системы. В рамках методики был произведен расчет сетевого эффекта, результаты представлены на рисунке 4.

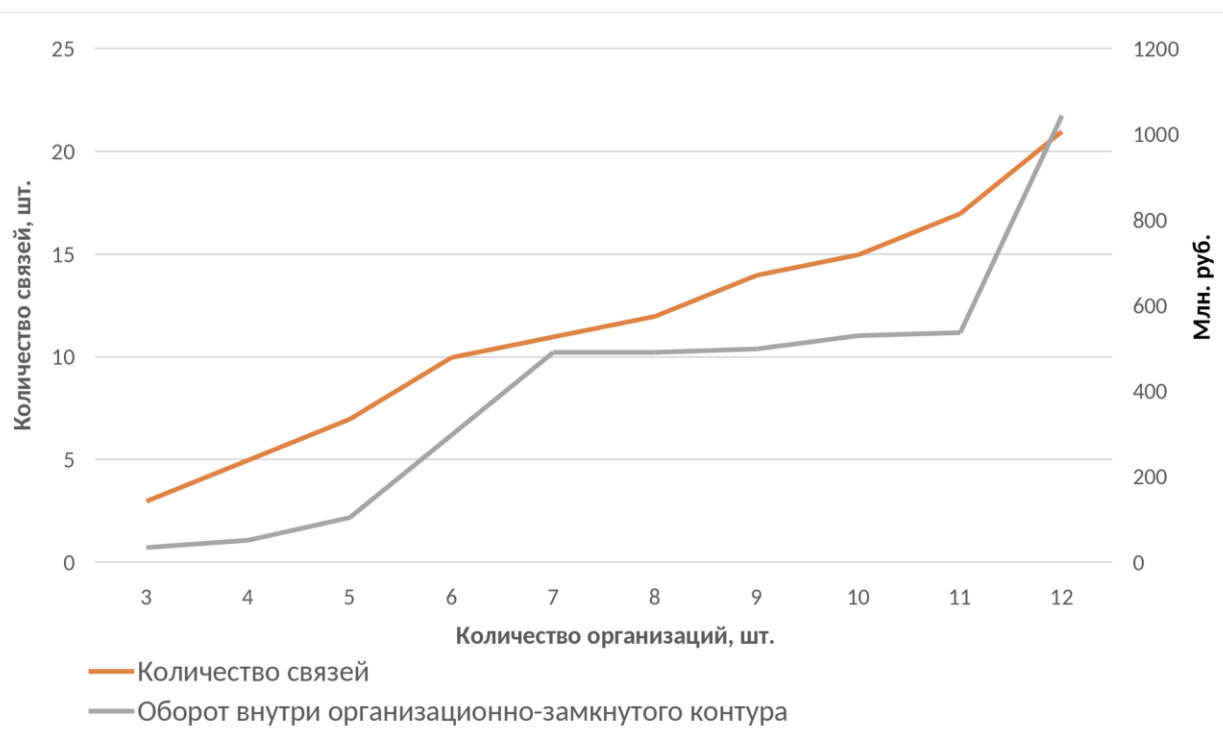


Рис. 4. Расчет сетевого эффекта по двум аспектам

Рассмотрев рисунок, можно обратить внимание, что при увеличении количества организаций – участников системы нелинейный рост наблюдается как в количестве связей, так и в обороте внутри организационно-замкнутого контура. При использовании модели наблюдается сетевой эффект.

Решение о применении конкретной стратегии принимает человек. Для развития организационно-замкнутой экономической системы необходимо максимизировать объем внутренних денег (деньги, которые не выходят за пределы системы), сократить количество нерентабельных предприятий, максимизировать количество коммуникаций между участниками системы. Для достижения данных задач выделяются несколько возможных стратегий: присоединения новых агентов (с наибольшим или наименьшим капиталом), поддержание существующих участников (субсидирование).

Дискуссия

Существует множество работ, посвященных вопросам управления экономическими системами, они встречаются и в областях кибернетики у Бира С., Абалкина Л.И., Канторовича Л., но они не уделяют должного внимания исследованию организационно-замкнутому контуру экономических систем. Данный вопрос важен, так как его углубление позволит понять, как именно достичь большей стабильности внутри организационной структуры.

Аналогичный вывод можно сделать и про алгоритмы идентификации систем данного типа. С одной стороны, алгоритмов существует большое множество, и в теории графов, и в

транспортных задачах, но они не применяются поиска совокупности экономических систем и, конечно, никак не затрагивают организационно-замкнутый контур. Среди перспективных исследований в данной направленности можно выделить вопрос оптимизации алгоритма идентификации под цель обработки больших объемов данных.

Так же важно отметить, что если рассматривать совокупность экономических агентов, которые образуют сеть, то она может исследоваться через подходы, применяемые к социальным сетям. В частности, речь о сетевом эффекте, который возникает при увеличении количества связей между агентами. Чем больше связей, тем прочнее и стабильнее система. На сегодняшний день данному вопросу должного внимания не уделялось.

Выводы

В рамках данной работы была сформулирована технологии управления организационно-замкнутыми экономическими системами, учитывающей внутреннее поведение системы в замкнутом контуре, а также подходы агент-ориентированного и системно-динамического моделирования. Данная технология включает все необходимые ключевые этапы, от сбора и анализа данных до генерации альтернатив с помощью гибридной имитационной модели и принятия решений субъектом управления. Также было проиллюстрировано практическое применение технологии на реальном объекте исследования (муниципальном образовании), что позволило найти 18 организационно-замкнутых экономических систем, описать критерии управления и варианты стратегий по их развитию.

Литература

1. 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.
2. Ashby, W.R. An Introduction to Cybernetics / W.R. Ashby. – L.: Chapman & Hall Ltd., 1957. – 156 p.
3. Ferster von, H. Observing Systems / H. von Ferster. – 2nd edition. – Intersystems Publications, 1981. – 331 p.
4. Ferster von, H. Understanding understanding: essays on cybernetics and cognition / H. von Ferster. – N. Y.: Springer, 2003.;
5. Боргоякова, Т.Г. Математическое моделирование: определение, применяемость при построении моделей образовательного процесса [Электронный ресурс] / Т.Г. Боргоякова, Е.В. Лозицкая // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – № 2 (9). – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/82TVN217.pdf>;

6. Паринов, С.И. Третья форма управления для сетевой экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rvles.ieie.nsc.ru/parinov/net-form.htm>.
7. Борщев, А.В. Практическое имитационное моделирование и его место в арсенале аналитика / А.В. Борщев // Exponenta PRO. – 2004. – № 3–4.
8. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.
9. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 300 с.
10. Овчинников, В.А. Алгоритмизация комбинаторно-оптимизационных задач при проектировании ЭВМ и систем / В.А. Овчинников. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 288 с.
11. A (sub)graph isomorphism algorithm for matching large graphs / L.P. Cordella, P. Foggia, C. Sansone, M. Vento // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2004. – Vol. 26 (10). – P. 1367–1372.
12. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Риверст. – М.: МЦНМО, 2000. – 960 с.
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021667865
14. A.A.Panachev, D.B.Berg. Prospects of implementation of complementary currencies at the municipal level by dataset of economical agents banking transactions // International Journal of Community Currency Research. —2021.—Vol.25(1). p.107-115. DOI
15. Паначев А.А., Адияк Е.В., Берг Д.Б. Алгоритм идентификации графа замкнутых транзакций между экономическими агентами / А.А.Паначев, Е.В.Адияк, Д.Б.Берг // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. —2021. — №3. с.94-104. DOI
16. Апанасенко А.В., Паначев А.А., Берг Д.Б. Модельное управление ростом предпринимательской сети локального сообщества с автономизированными финансами / А.В.Апанасенко, А.А.Паначев, Д.Б.Берг // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. —2021. — №2. — с.20-26. DOI
17. Овчинников, В.А. Алгоритмизация комбинаторно-оптимизационных задач при проектировании ЭВМ и систем / В.А. Овчинников. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 288 с.

18. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Риверст. – М.: МЦНМО, 2000. – 960 с.
19. Arif, T. Mining and Analyzing Academic Social Networks / T. Arif // Int. J. of Computer Applications Technology and Research. – 2015. – Vol. 4 (12). – P. 878–883.
20. Репин, В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.
21. Гимади, Э.Х. Аксиальные трехиндексные задачи о назначении и коммивояжера: быстрые приближенные алгоритмы и их вероятностный анализ / Э.Х. Гимади, А.И. Сердюков // Изв. высш. учеб. заведений. Математика. – 1999. – № 12. – С. 19–25.
22. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. – М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.
23. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 300 с.