

# Визуализация межструктурных коллабораций публикационной активности научно-педагогических работников

Л.С. Масальский<sup>1</sup>, О.С. Логунова<sup>1</sup>, Е.А. Ильина<sup>1</sup>, Д.Я. Арефьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова», просп. Ленина 38, Магнитогорск, 455000, Россия

## Аннотация

В статье рассматривается разработанный авторами модуль визуализации данных о публикационной активности в образовательной организации. Дано теоретическое обоснование актуальности использования визуализации в наукометрических исследованиях. Описываются применяемые авторами графовые модели для отображения внутрискрутурных и межструктурных взаимосвязей на основе неполной суммы графов. Представлен набор инструментов для осуществления комбинированной оценки количественных и качественных характеристик публикационных взаимодействий на основе результатов визуализации. Отмечается возможность применения разработанной системы для осуществления ретроспективного и вариативного анализа как для структурного подразделения, так и для отдельного автора. Выявлены недостатки используемых способов изображения ребер графа, предложены альтернативные способы для улучшения представления в отдельных случаях. По результатам опробования модуля специалистами наукометрического отдела Магнитогорского государственного технического университета имени Г. И. Носова подтверждена практическая применимость представленных в работе подходов и инструментов для принятия решений о формировании научных коллективов.

## Ключевые слова

Публикационная активность, публикационная коллаборация, визуализация, граф, межструктурная коллаборация, сумма графов.

# Visualization of Interstructural Collaborations in Publication Activity of Teaching Staff

L.S. Masalsky<sup>1</sup>, O.S. Logunova<sup>1</sup>, E.A. Iina<sup>1</sup>, D.Y. Arefeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nosov Magnitogorsk State Technical University, Lenina str. 38, Magnitogorsk, 455000, Russia

## Abstract

In this paper visualizing module developed by authors for data analysis of publication activity of educational organization is considered. The relevance of scientometrics visualizing usage is substantiated. Graph models used for interstructural and intrastructural collaborations are described. Technological solutions for combined evaluation of quantitative and qualitative properties using the visualized models are presented. The ability to use the system for retrospective and variability analysis is marked. The drawbacks of proposed methods of graph visualization are identified and alternative ways for improving the image quality are proposed. Based on the results of testing by Nosov Magnitogorsk State Technical University scientometrics department staff, practical appropriateness of proposed methods and solutions for decision-making on building the research teams is proved.

ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

EMAIL: s.masalsky@yandex.ru (Л. С. Масальский); logunova66@mail.ru (О. С. Логунова); dar\_nas@mail.ru (Е. А. Ильина); arefewa.daria@gmail.com (Д. Я. Арефьева)

ORCID: 0000-0002-6326-6055 (Л. С. Масальский); 0000-0002-7006-8639 (О. С. Логунова); 0000-0002-9143-4343 (Е. А. Ильина);

0000-0002-3491-3305 (Д. Я. Арефьева)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

**Keywords**

Publication activity, publication collaboration, visualization, graph, intersturctual collaboration, sum graph.

**1. Введение**

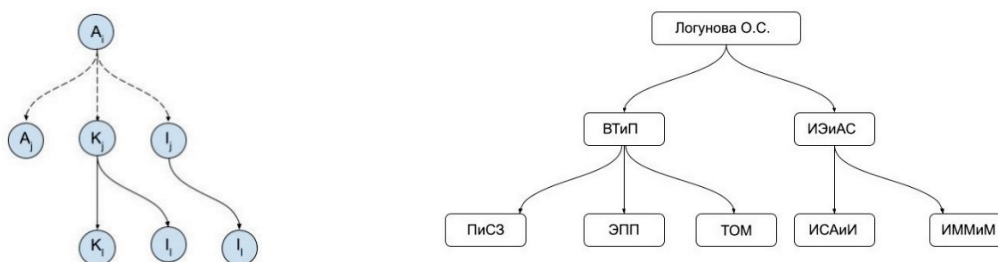
Во всех современных образовательных организациях существует необходимость выполнять оценку деятельности сотрудников, поскольку на ее основе определяются управленческие решения по вопросам формирования и функционирования научных коллективов. Оценка производится на основе показателей активности сотрудников, в первую очередь в сфере научной деятельности. Индикатором участия в научных исследованиях выступают научные публикации: статьи в журналах и сборниках конференций, монографии и пособия и т.д. Совокупность публикаций автора называют публикационной активностью, а для ее оценки применяют числовые характеристики – показатели публикационной активности [1, 2].

В условиях научного прогресса и вызванного им роста научных организаций, количество участников исследований неуклонно растет. Вследствие этого, для современных публикационных материалов в большинстве характерно наличие значительного числа соавторов. Возникает ситуация *публикационной коллаборации* – коллаборации группы исследователей при представлении результатов совместной научной работы в виде первичной или вторичной публикации [3, 4]. Современные исследования в области наукометрии показывают [5-7], что качественная аналитика публикационных взаимодействий необходима для оценки публикационной активности в не меньшей степени, чем рассмотрение количественных характеристик. На основе анализа коллабораций авторов определяются существующие в организации научные школы, что является определяющим фактором для формирования отдельных научных коллективов [8]. Рассмотрение взаимодействий между сотрудниками полезно и при оценке деятельности отдельных авторов, например, при анализе ложных коллаборационных связей [3]. Таким образом, изучение публикационных коллабораций является необходимым для принятия решений при управлении научной работой в образовательной организации.

**2. Технология визуализации**

По мнению исследователей [9-12], модель в виде графа подходит для решения большинства задач представления взаимодействий. С учетом этого, при разработке системы «Учет результатов научной деятельности университета» ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова» (МГТУ) принято решение о создании подмодуля визуализации публикационных взаимодействий [13-14], который осуществляет отображение публикационных коллабораций с помощью графов отдельных структурных единиц организации.

Отличительной особенностью разработанного программного обеспечения является его универсальность при рассмотрении коллабораций на разных уровнях структурного взаимодействия. Схематическое изображение доступных для визуализации взаимодействий различного уровня представлено на рисунке 1.

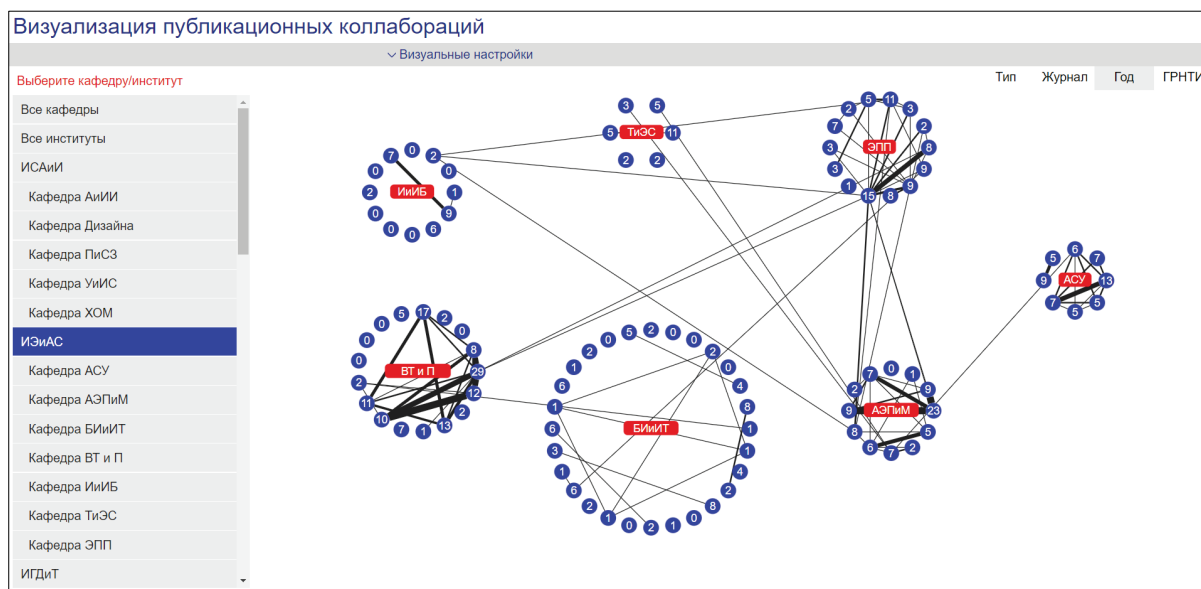


**Рисунок 1** – Схема, демонстрирующая доступные для отображения типы взаимосвязей (слева) и пример схемы для конкретного автора (справа)

На схеме слева в виде кругов изображены сущности, функционирующие в научной организации: институт  $I$ , кафедра  $K$  и отдельно взятый представитель профессорско-преподавательского состава  $A$  (индексы  $i, j, l$  обозначают порядковые номера элементов). Стрелки показывают наличие инструментов отображения взаимосвязей соответствующих сущностей в системе визуализации. Пунктиром выделены те из них, которые реализованы не для всех представителей: на данный момент реализовано рассмотрение взаимосвязей автора только с авторами и кафедрами института, к которому он принадлежит. Как видно из представленной схемы, программный модуль реализует отображение взаимодействий на всех уровнях университета, что говорит о его применимости для комплексной аналитики в пределах масштабной научной организации.

Рассмотрение взаимосвязей на уровне отдельной кафедры ( $K_i=K_j$ ) происходит с использованием простых графов. Для отображения взаимосвязей в более широком масштабе, например, на уровне института ( $I_i=I_j$ ), обыкновенный граф становится недостаточно наглядным [15]. С целью обеспечения доступного представления информации необходимо произвести декомпозицию изображения: сгруппировать вершины в кластеры, соответствующие меньшим структурным подразделениям. При такой группировке упрощается анализ связей между авторами из разных подразделений, недоступных для рассмотрения на более низких уровнях, появляется возможность сравнения различных подразделений.

В таком случае модель рассматривается не как произвольный граф, а как подграф суммы графов кафедр, в котором представлены только ребра, соответствующие действительным связям между авторами. Под суммой графов в данном случае понимается структура, получаемая из объединения графов с непересекающимся множеством вершин путем добавления всех ребер, соединяющих вершины из разных множеств [16]. Такой подход предоставляет дополнительный функционал для аналитики, поскольку модель позволяет не только рассмотреть взаимосвязи отдельного объекта, но и локализовать его положение в подсистемах организации, проанализировать участие во внутривидовых и межструктурных коллаборациях. Пример использования данной модели в системе визуализации для отображения взаимосвязей в институте энергетики и автоматизированных систем МГТУ представлен на рисунке 2.

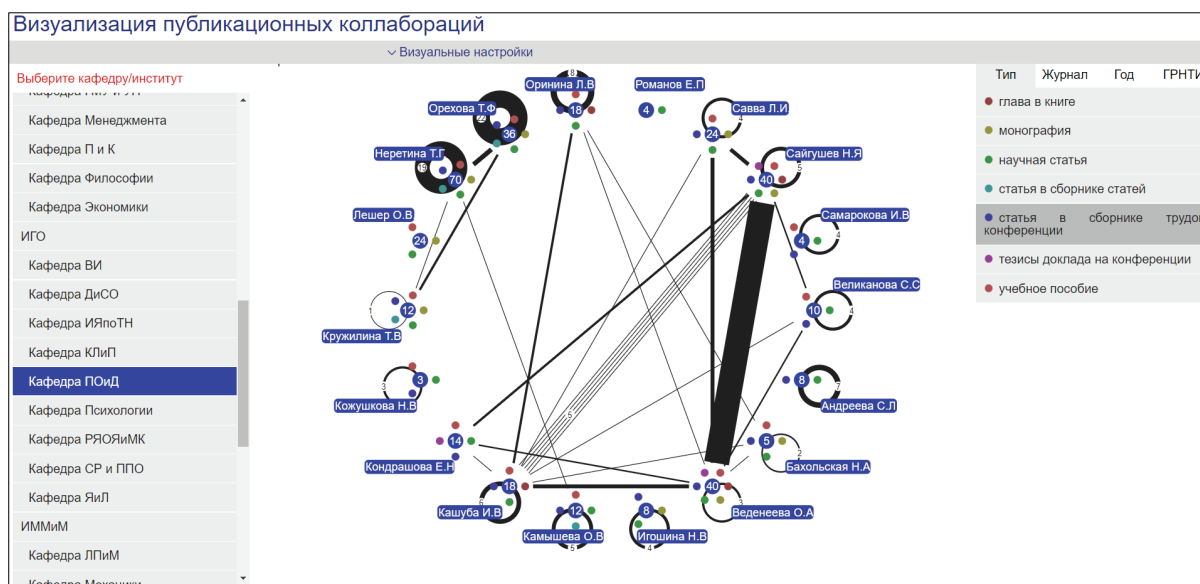


**Рисунок 2** – Пример модели, отображающей коллаборации в отдельном институте МГТУ в виде подграфа суммы графов кафедр (сгруппированы на изображении в отдельные структуры)

Помимо непосредственной визуализации взаимодействий, модуль реализует широкий инструментарий для работы с визуализируемыми объектами и последующей аналитики связанных с ними процессов.

Поскольку наукометрические исследования базируются в основном на количественных показателях, в системе предусмотрено отображение в рамках модели отдельных численных характеристик, позволяющих производить аналитику качественных и количественных

показателей одновременно. Так, например, внутри вершины записывается общее количество публикаций автора, а информация о количестве совместных работ пары авторов доступна при активации ребра графа: подробнее механизм «открытых» и «закрытых» ребер описан в [17]. Важным показателем для анализа публикационной активности автора является также количество его статей, написанных в единоавторстве [3]. Для отображения данной характеристики реализован отдельный режим, предусматривающий наличие в графе петель, позволяющих не только производить сравнение показателя между авторами, но и оценивать его по отношению к числу работ совместного авторства. Пример графа с петлями для кафедры педагогического образования и документоведения МГТУ, созданного в системе визуализации, представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3** – Пример модели, отображающей одновременно и взаимодействия между отдельными авторами, и публикации в единоавторстве

Изображенная на рисунке модель демонстрирует рассмотренную ранее ситуацию: отчетливо выделены авторы, для которых показатель публикаций в единоавторстве превалирует над статьями в совместном авторстве, о чем свидетельствует сравнение толщины петель и ребер, при этом количественные характеристики допускают более точный анализ. Также на рисунке изображен пример «открытого» ребра с численным показателем количества общих публикаций.

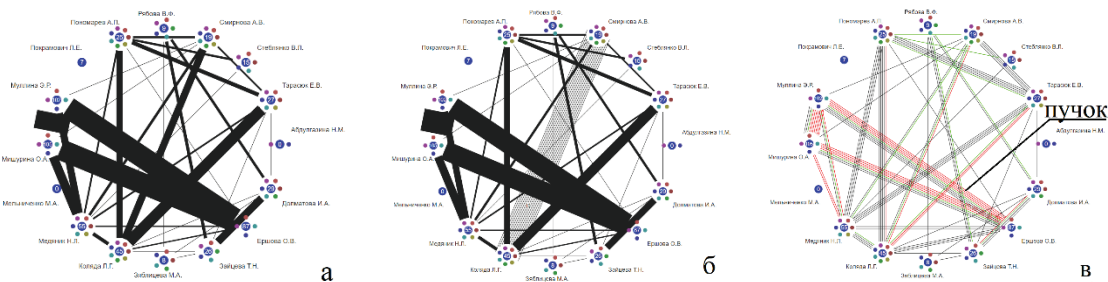
Помимо петель, публикационную деятельность авторов «лепестки», выполняющие роль легенды. Цвет «лепестков» соответствует цветам пунктов на панели справа, что позволяет сопоставить отдельному автору публикации определенного типа, журнала, года издания или тематической категории ГРНТИ. Данный визуальный инструмент предоставляет пользователю возможность оценить вариативность публикационных интересов автора, а также улучшает взаимодействие с панелью справа.

Правая панель реализует возможность выбора отдельной характеристики (например, конкретный тип, год издания публикации), которая определяет множество работ, отображаемых на графе в виде ребер. Такой подход позволяет сравнивать графы, сформированные для работ разной тематики и разных годов, то есть производить ретроспективный и вариативный анализ публикационных взаимодействий для различных структурных единиц. Наличие «лепестков» дополняет функционал правой панели возможностью производить такую аналитику для отдельных авторов, поскольку существует возможность предварительно выбрать набор характеристик для анализа на основе соответствующих цветов.

### 3. Результаты применения технологии

В результате тестирования программного обеспечения наукометрическим отделом МГТУ выявлены недостатки в изображении отдельных экземпляров моделей. В частности, графы,

сформированные за некоторый промежуток времени, зачастую имеют достаточно протяженные в ширину ребра (например, для показателя в 80-90 совместных авторских работ). С целью решения этой проблемы предложен альтернативный вариант представления ребер: в виде разложения ребра в «пучки» по цветам, где каждый цвет обозначает определенное число составных ребер: синий цвет – 50 ребер, красный – 10 ребер, зеленый – 5 ребер и черный – единичное ребро. Таким образом, вместо обычных ребер в графе используются мультиребра, каждое из которых компактным образом представляет реальное число публикаций. Для удобства пользования, разложение ребер реализовано в виде отдельного режима отображения, доступного в настройках системы на панели сверху: у пользователя имеется возможность переключить способ изображения в зависимости от особенностей собственного восприятия и потребностей в том или ином варианте. Пример изображения, демонстрирующего граф с декомпозицией ребер представлен на рисунке 4.



**Рисунок 4** – Сравнение изображений графов для кафедры химии МГУ: а – без декомпозиции и «открытых ребер»; б – с «открытым ребром»; в – с декомпозицией в «пучки»

Инструментарий модуля визуализации использовался наукометрическим отделом МГУ при подготовке ежегодного университетского отчета о публикационной активности. По итогам применения программного обеспечения сотрудниками отмечено значительное упрощение работы по созданию графических материалов для отчетных презентационных материалов, высказаны пожелания о дальнейшем расширении функционала: добавлении возможности формировать модели для произвольных коллективов и для большего числа параметров, внедрении автоматической оценки показателей публикационной активности.

Представленные модели вызвали широкий интерес научно-педагогических работников университета, в связи с чем веб-приложение модуля размещено в открытом доступе на сайте организации в разделе «Портал научных коммуникаций» (<http://sccollab.magtu.ru/>), где каждый из сотрудников может найти и оценить сведения о своих публикационных взаимодействиях.

## 4. Выводы

В результате проведенной работы удалось опробовать и внедрить многофункциональное программное обеспечение для визуализации информации о публикационной активности в научной организации. Программный продукт позволяет облегчить работу сотрудников наукометрического отдела по подготовке отчетных графических материалов и проведению сложной аналитики публикационной взаимодействий.

Авторами используется подход для создания графовых моделей межструктурных взаимодействий – с представлением модели как подграфа суммы графов отдельных подразделений и группировкой вершин на изображении. Дополнительно в работе представлен ряд инструментов и подходов для визуализации и анализа графовых моделей, используемых в разработанном приложении. Результаты опробования моделей наукометрическим отделом МГУ подтвердили применимость представленных в работе результатов.

## 5. Благодарности

Авторы выражают благодарность МГТУ за поддержку научно-исследовательской работы и выделение ее в качестве приоритетной. Финансирование работы осуществляется за счет средств повышенной государственной академической стипендии.

## 6. Список источников

- [1] Логунова, О. С. Динамика показателей публикационной активности профессорско-преподавательского состава Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова / О. С. Логунова, Л. Г. Егорова, В. В. Королева // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2015. – № 3(51). – С. 101-112. – EDN ULEZKT.
- [2] Гринев, А. В. Использование наукометрических показателей при оценке публикационной активности в современной России / А. В. Гринев // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89, № 10. – С. 993-1002. – DOI 10.31857/S0869-58738910993-1002. – EDN UZVRYF.
- [3] Научные публикационные коллаборации: структурирование и визуализация информации / О. С. Логунова, Д. Я. Арефьева, Д. А. Сухов [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2019. – № 5(92). – С. 22-41. – DOI 10.23859/1994-0637-2019-5-92-2. – EDN LMGUHT.
- [4] Прочко, А. Л. Коллаборация и публикационная активность / А. Л. Прочко, В. И. Тищенко // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2020. – Т. 70, № 4. – С. 68-78. – DOI 10.14357/20790279200407. – EDN PDZJDX.
- [5] Национальная научно-информационная инфраструктура: проблемы, задачи и перспективы / А. Е. Гуськов, А. С. Карауш, И. Е. Меньшиков [и др.] // Управление наукой и наукометрия. – 2022. – Т. 17, № 3. – С. 380-407. – DOI 10.33873/2686-6706.2022.17-3.380-407. – EDN BVMBMI.
- [6] Sherin, V. Bibliometric Analysis and Visualization of Scientific Literature on Random Forest Regression / V. Sherin, T. Binu // Scientific Visualization. – 2022. – Vol. 14, No. 5. – P. 54-65. – DOI 10.26583/sv.14.5.04. – EDN KCKEVP.
- [7] Кетова, Н. П. Политика управления развитием региональных инновационных кластеров / Н. П. Кетова, В. Н. Овчинников // Управление наукой и наукометрия. – 2023. – Т. 18, № 1. – С. 63-87. – DOI 10.33873/2686-6706.2023.18-1.63-87. – EDN CWFEAW.
- [8] Суханова, Н. П. Научная школа в вузе: профессиональное становление исследователя / Н. П. Суханова // Наука и школа. – 2020. – № 2. – С. 39-45. – DOI 10.31862/1819-463X-2020-2-39-45. – EDN GCZESA.
- [9] Исаев, Р. А. Визуализация графовых моделей: подход к построению метафор представления / Р. А. Исаев, А. Г. Подвесовский // Научная визуализация. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 9-24. – DOI 10.26583/sv.13.4.02. – EDN SYGKVI.
- [10] Касьянов, В. Визуализация информации на основе графовых моделей / В. Касьянов, Е. Касьянова // Научная визуализация. – 2014. – Т. 6, № 1. – С. 31-50. – EDN SDELPN.
- [11] Борисова, В. В. Графовая визуализация терминологического тезауруса евангельского текста Ф.М. Достоевского (на примере биграммных моделей) / В. В. Борисова // Научная визуализация. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 45-53. – DOI 10.26583/sv.14.5.03. – EDN BBUKBJ.
- [12] Developing Non-Empirical Metrics and Tools for Ontology Visualizations Evaluation and Comparing / I. Baimuratov, Th. Nguyen, R. Golchin, D. Mouromtsev // Scientific Visualization. – 2020. – Vol. 12, No. 4. – P. 71-84. – DOI 10.26583/sv.12.4.07. – EDN YUAASS.
- [13] Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614023 Российская Федерация. Визуализация публикационных коллабораций : № 2023612531 : заявл. 14.02.2023 : опубл. 21.02.2023 / О. С. Логунова, Л. С. Масальский, Е. А. Ильина, Д. Я. Арефьева ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – EDN PAZLHZ.

- [14] Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619164 Российская Федерация. Визуализация публикационных коллабораций: межкафедральные взаимодействия : № 2023618150 : заявл. 28.04.2023 : опубл. 04.05.2023 / О. С. Логунова, Л. С. Масальский, Е. А. Ильина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – EDN FZJKUO.
- [15] Исаев, Р. А. Повышение когнитивной ясности графовых моделей представления знаний и принятия решений с применением визуализации / Р. А. Исаев, А. Г. Подвесовский // Эргодизайн. – 2021. – № 1(11). – С. 27-35. – DOI 10.30987/2658-4026-2021-1-27-35. – EDN GUGHXA.
- [16] Гладков, Л. А. Дискретная математика: Теория графов / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. – Таганрог : Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" в г. Таганроге, 2010. – 162 с. – ISBN 978-5-8327-0363-3. – EDN UYCXPU.
- [17] О вопросах организации информации в графовых моделях для научной визуализации / Л. С. Масальский, О. С. Логунова, Е. А. Ильина [и др.] // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки : Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Москва, 10 марта 2023 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2023. – С. 149-153. – EDN INPSLX.